

Développement de la méthode et résultats du monitoring du réseau de biotopes sur le Rhin 2020



Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Rapport n° 284



Mentions légales

Editeur:

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D 56068 Coblenze
Postfach 20 02 53, D 56002 Coblenze
Téléphone +49-(0)261-94252-0, téléfax +49-(0)261-94252-52

Courrier électronique: sekretariat@iksr.de
www.iksr.org

<https://twitter.com/ICPRhine/>

Développement de la méthode et résultats du monitoring du réseau de biotopes sur le Rhin 2020

- Pilotage : Nikola Schulte-Kellinghaus, Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)
- Collaboration : Heide Bogenschütz (présidente du GE BIOTOP),
Regierungspräsidium Freiburg ;
Mechthild Banning, Hessisches Landesamt für Naturschutz,
Umwelt und Geologie (HLNUG) ;
Leslie Bonnard, naturaqua PBK AG (mandatée par l'Office
fédéral de l'Environnement (OFEV), Suisse) ;
Torsten Fay, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) ;
Meike Heuner, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) ;
Matthias Herkt, Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz NRW (LANUV) ;
Thomas Hübner, Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz NRW (LANUV) (membre du GE BIOTOP
jusqu'à 2018) ;
Carina Kübert-Flock, Hessisches Landesamt für
Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) ;
Detlef Mahn, Hessisches Landesamt für Naturschutz,
Umwelt und Geologie (HLNUG)
Sönke Müller, EFTAS Fernerkundung Technologietransfer
GmbH ;
Dennis Münch, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz
(LfU) ;
Peter Schneider, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) ;
Christina Tegelkamp, Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz NRW (LANUV) ;
Gerrit Vossebelt, Rijkswaterstaat- WVL ;
Nicolas Wolff, Direction Régionale de l'Environnement, de
l'Aménagement et du Logement (DREAL) Grand Est ;
- Traduction : Dieuwke Beljon, Dominique Falloux, Fabienne van Harten,
Marianne Jacobs, Gwénaëlle Janiaud, Commission
Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)
- Coordination et rédaction : Nikola Schulte-Kellinghaus, Laura Poinot, Commission
Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)

Table des matières

Résumé.....	6
1. Introduction.....	8
1.1 Arrière-plan : restaurer le réseau de biotopes sur le Rhin	8
1.2 Espace géographique considéré	9
1.3 Groupes biotopiques	10
2. Description de l'approche suivie pour développer la méthode	11
2.1 Approches du Bade-Wurtemberg (DE), de la France, de la Hesse (DE), des Pays-Bas et de la Suisse.....	12
2.2 Approche de la Rhénanie-du-Nord-Westphalie (DE).....	15
2.3 Approche de la Rhénanie-Palatinat (DE)	16
2.4 Incertitudes et défis dans l'application des technologies de télédétection	17
2.5 Précision variable dans la classification de GB individuels.....	19
2.6 Éléments qualitatifs complémentaires.....	19
3. Résultats de la mise en réseau de biotopes 2020.....	21
3.1 Résultats pour le Rhin dans son ensemble et pour les 5 principaux tronçons du Rhin.....	21
3.2 Inventaire, évolution et actions à engager pour chaque tronçon du Rhin	24
3.2.1 Tronçon du haut Rhin : de Stein am Rhein, sortie du lac inférieur aux chutes du Rhin (PK Rhin 23,5-48)	25
3.2.2 Tronçon du haut Rhin : des chutes du Rhin à Waldshut-Tiengen (des chutes du Rhin à Schaffhouse au débouché de l'Aar : PK Rhin 48-102)	26
3.2.3 Tronçon du haut Rhin : de Waldshut-Tiengen à Bâle/Weil (du débouché de l'Aar à Bâle : PK Rhin 102-170)	28
3.2.4 Tronçon du Rhin supérieur : De Bâle à Breisach/Neuf-Brisach (PK Rhin 170-226).....	30
3.2.5 Tronçon du Rhin supérieur de Breisach/Neuf-Brisach à Kehl/Strasbourg (PK Rhin 226-292)	33
3.2.6 Tronçon du Rhin supérieur : de Strasbourg à Iffezheim (PK Rhin 292-334).....	36
3.2.7 Tronçon du Rhin supérieur : d'Iffezheim à Ludwigshafen/débouché du Neckar (PK Rhin 334-428).....	38
3.2.8 Tronçon du Rhin supérieur : de Ludwigshafen (débouché du Neckar) à Mayence (débouché du Main) (PK Rhin 428-497)	41
3.2.9 Tronçon du Rhin supérieur : de Mayence (débouché du Main) à Bingen « Inselrhein » (débouché de la Nahe) (PK Rhin 497-529)	46
3.2.10 Tronçon du Rhin moyen : De Bingen (débouché de la Nahe) à Coblenche (débouché de la Moselle) (PK Rhin 529-590)	49
3.2.11 Tronçon du Rhin moyen : de Coblenche à Bad Honnef (PK Rhin 590-642).....	51
3.2.12 Tronçon du Rhin inférieur : De Bad Honnef au débouché de la Sieg (PK Rhin 642-660,3).....	53
3.2.13 Tronçon du Rhin inférieur : Du débouché de la Sieg au débouché de la Wupper (PK Rhin 660,3-704,8)	54
3.2.14 Tronçon du Rhin inférieur : Du débouché de la Wupper à Krefeld (PK Rhin 704,8-761,3)	56

3.2.15	Tronçon du Rhin inférieur : de Krefeld au débouché de la Lippe (PK Rhin 761,3-814,4)	60
3.2.16	Tronçon du Rhin inférieur : du débouché de la Lippe à la frontière germano-néerlandaise (PK Rhin 814,4-863,7)	63
3.2.17	Tronçon du delta du Rhin 'Bovenrijn' : de la frontière germano-néerlandaise au Pannerdensche Kop (PK Rhin 857,8-867,5)	67
3.2.18	Tronçon du delta du Rhin 'Bovenwaal' : de Pannerdensche Kop à Nimègue (PK Rhin 867,5-885).....	67
3.2.19	Tronçon du delta du Rhin 'Middenwaal' : de Nimègue à St. Andries (PK Rhin 885-925)	68
3.2.20	Tronçon du delta du Rhin 'Oostelijke Benedenwaal' : de St. Andries à Zuilichem (PK Rhin 925-942)	68
3.2.21	Tronçon du delta du Rhin 'Westelijke Benedenwaal' : De Zuilichem à Gorichem (PK Rhin 942-955)	69
3.2.22	Tronçon du delta du Rhin 'Pannerdens Kanaal' : de Pannerdensche Kop à IJsselkop (PK Rhin 867,5-879).....	70
3.2.23	Tronçon du delta du Rhin 'Doorwerthse Rijn' : d'IJsselkop à Wageningen (PK Rhin 879-902)	71
3.2.24	Tronçon du delta du Rhin : 'Gestuwde Nederrijn / Lek' : de Wageningen à Hagestein(PK Rhin 902-947)	71
3.2.25	Tronçon du delta du Rhin 'Boven-Lek' : de Hagestein à Schoohoven (PK Rhin 947-971)	72
3.2.26	Tronçon du delta du Rhin 'Boven-IJssel' : d'IJsselkop à Dieren (PK Rhin 879-912)	73
3.2.27	Tronçon du delta du Rhin 'Midden-IJssel' : de Dieren à Deventer (PK Rhin 912-945)	73
3.2.28	Tronçon du delta du Rhin 'Sallandse IJssel' : de Deventer à Zwolle (PK Rhin 945-976)	74
3.2.29	Tronçon du delta du Rhin 'Beneden-IJssel' : de Zwolle à l'embouchure de l'IJssel (PK Rhin 976-1004)	74
30.2.30	Tronçon du delta du Rhin 'Biesbosch' (PK Rhin 955-983)	76
3.2.31	Tronçon du delta du Rhin : rivières soumises aux marées (PK Rhin 955-1003)	77
3.2.32	Tronçon du delta du Rhin : 'Noordrand' (PK Rhin 1003-1035)	78
3.2.33	Tronçon du delta du Rhin : 'Randmeren' : (Ketelmeer, Zwarte meer, Vossemeer, Drontermeer, Veluwemeer, Wolderwijd-Nuldernauw, Eemmeer-Nijkerkernauw, Gooimeer).....	79
3.2.34	Tronçon du delta du Rhin : 'Markermeer'	81
3.2.35	Tronçon du delta du Rhin : 'IJsselmeer'	82
3.3	Indications complémentaires pour le monitoring	83
3.3.1	Haut Rhin	83
3.3.2	Rhin supérieur.....	86
3.3.3	Rhin moyen	106
3.3.4	Rhin inférieur	108
3.3.5	Delta du Rhin	111
4.	Synopsis pour l'ensemble du Rhin	121

5.	Conclusions, recommandations et perspectives	124
6	Références	126
	Annexes	128
	Annexe 1 : vue générale des groupes biotopiques (GB) 2020	129
	Annexe 2 : Matrice de confusion pour la validation des GB à l'exemple de la Suisse, des Pays-Bas et de la Rhénanie-du-Nord-Westphalie.....	132
	Annexe 3 : Transposition des catégories de biotopes et d'états visés du plan VBS de Rhénanie-Palatinat (DE) dans la classification CIPR.	135
	Annexe 4 : Vue d'ensemble des mesures illustratives en cours ou déjà mises en œuvre dans le champ alluvial rhéan	137
	Annexe 5 : Exemples d'informations sur la présence d'espèces emblématiques/cibles sélectionnées sur le Rhin inférieur.....	139

Résumé

L'approche du « Réseau de biotopes sur le Rhin » était un volet du programme Rhin 2020 de la CIPR pour le développement durable du Rhin, dont la mise en œuvre a été décidée en 13^e Conférence ministérielle sur le Rhin 2001 (CIPR 2001).

Il a ainsi été procédé pour la première fois en 2006 à une description de l'état actuel, des objectifs de développement (état souhaité) et des actions à engager en découlant pour chaque groupe biotopique dans les 35 tronçons du Rhin depuis le lac de Constance jusqu'à l'embouchure en mer du Nord ; ces résultats ont ensuite été reportés dans l'Atlas du Rhin (cf. rapports CIPR n^{os} 154 et 155 (CIPR 2006)).

Avec le programme Rhin 2020, des objectifs concrets de restauration durable de l'écosystème du Rhin à l'horizon 2020 ont été formulés, entre autres la redynamisation de 160 km² de zones inondables sur le cours principal du Rhin, objectif pratiquement atteint avec 140 km² en 2020, et la remise en connexion avec le Rhin d'au moins 100 anciens bras et bras latéraux, objectif même dépassé avec 154 bras latéraux reconnectés jusqu'en 2020 (CIPR 2020g).

Le nouveau programme [Rhin 2040](#) de la CIPR adopté en 2020 dans le cadre de la 16^e Conférence ministérielle sur le Rhin a fixé l'objectif de préserver, protéger et restaurer d'ici 2040 les habitats typiques du milieu rhénan. Le réseau de biotopes du Rhin doit s'améliorer nettement grâce à l'extension de réservoirs de biodiversité et à la connexion de passerelles écologiques adéquates et de taille suffisante. Pour les activités en relation avec le réseau de biotopes, le plan de « Mise en réseau des biotopes sur le Rhin » reste la référence (CIPR 2020a).

Le nouveau plan de travail de la CIPR 2022-2027 vise à évaluer les progrès obtenus dans la mise en œuvre du réseau de biotopes sur le Rhin, ceci à l'aide de méthodes d'analyse et de surveillance innovantes (p. ex. par télédétection) et d'un examen des orientations du projet de mise en réseau.

Avec les résultats de la cartographie à grande échelle des groupes biotopiques identifiés sur le Rhin en 2020, le présent rapport est une pièce importante dans le monitoring du projet de mise en réseau des biotopes.

On trouvera une première vue générale des résultats dans la figure 1 qui compare l'état réel de 2006 à celui de 2020 (cf. chapitre 3.1). L'état réel, les évolutions depuis 2006 et les actions restant à engager sont exposés pour chaque tronçon du Rhin à une échelle locale à régionale (cf. chapitre 3.2). Les informations complémentaires sur les mesures de restauration mises en œuvre et les études annexes réalisées dans la plaine alluviale du Rhin sont également une composante précieuse du monitoring (cf. chapitre 3.3). On renverra à la banque de données de l'Office fédéral allemand de la protection de la nature (BfN)¹ pour d'autres projets de restauration de milieux alluviaux le long des fleuves en Allemagne.

Il n'est pas attendu de modification significative de l'état des groupes biotopiques (GB) sur le Rhin après 15 ans. Pour le Rhin dans son ensemble, on constate que la part respective des GB en pourcentage est comparable à celle de 2006. En revanche, certaines tendances sont reconnaissables. Elles s'expliquent en partie par des transformations de surfaces sous l'effet de la succession végétale naturelle ou des mesures mises en œuvre, mais elles ont aussi en partie une origine méthodique.

L'Atlas numérique² du réseau de biotopes du Rhin montre les résultats de la cartographie des biotopes de 2020 et met en relief les mesures et les projets dans lesquels ces

¹ <https://www.bfn.de/themen/gewaesser-und-auenschutz/bundesweiter-auenschutz/gewaesser-und-auenentwicklung/bundesweite-uebersicht.html> (mise à jour : 2021)

² https://geoportal.bafg.de/karten/cipr_atlas_des_biotopes_2020

mesures s'inscrivent. En outre, les espaces prioritaires et les zones déficitaires ayant une importance ou des répercussions sur le réseau de biotopes sont affichés avec des recommandations d'actions pour chaque groupe biotopique. Les informations et évolutions mentionnées dans le présent rapport sont à voir comme les bases d'une planification à grande échelle ; elles mettent en relief les actions de développement à engager, les potentialités du réseau de biotopes sur le Rhin et les défis à relever.

1. Introduction

1.1 Arrière-plan : restaurer le réseau de biotopes sur le Rhin

L'expression « **réseau de biotopes** » englobe la préservation, le développement et la restauration des conditions spatiales et des relations fonctionnelles requises dans le milieu naturel et le paysage dans l'objectif d'une protection pérenne des animaux, des plantes, de leurs biocénoses et de leurs habitats. Dans ce contexte, les conditions spatiales consistent à garantir et à mettre à disposition des surfaces pour que se mette en place une « trame » fonctionnelle qui relie les habitats et les complexes biotopiques typiques du milieu ambiant et qui compense ainsi les répercussions de la fragmentation des habitats.

Il a été procédé pour la première fois en 2006 à une description de l'état actuel, des objectifs de développement (état souhaité) et des actions à engager pour différents groupes biotopiques dans les 35 tronçons de la bande rhénane (cf. rapports CIPR n^{os} 154 et 155 (CIPR 2006)). Une analyse du réseau de biotopes à l'échelle du Rhin a débouché sur des recommandations jugées nécessaires pour le développement durable d'un réseau de biotopes sur le Rhin et pour celui de populations pérennes d'organismes significatifs eu égard aux conditions géographiques en présence.

Le projet de mise en réseau des biotopes sur le Rhin poursuit les 3 principaux objectifs suivants :

1. préservation durable et agrandissement des biotopes remarquables encore existants et / ou création de tels biotopes ;
2. création de structures de mise en connexion directes et indirectes permettant de relier les surfaces souvent isolées ;
3. réduction de l'intensité des usages sur les surfaces environnantes pour réduire l'effet d'isolement que ces surfaces occasionnent.

L'approche du « Réseau de biotopes sur le Rhin » était un volet du programme Rhin 2020 de la CIPR pour le développement durable du Rhin, dont la mise en œuvre a été décidée en 13^e Conférence ministérielle sur le Rhin 2001 (CIPR 2001 et cf. chap. 4).

Le programme Rhin 2040 de la CIPR adopté en 2020 dans le cadre de la 16^e Conférence ministérielle sur le Rhin a fixé l'objectif de préserver, protéger et restaurer d'ici 2040 les habitats typiques du milieu rhénan. Le réseau de biotopes du Rhin doit s'améliorer nettement grâce à l'extension de réservoirs de biodiversité et à la connexion de passerelles écologiques adéquates et de taille suffisante. Pour les activités en relation avec le réseau de biotopes, le plan de « Mise en réseau des biotopes sur le Rhin » reste la référence de base.

En 2015, la CIPR a rassemblé dans un rapport synoptique les mesures/projets engagés de 2005 à 2013 dans les espaces prioritaires de mise en réseau des biotopes sur le Rhin (voir rapport CIPR n^o 223).

Les résultats de la cartographie à grande échelle des groupes biotopiques identifiés sur le Rhin en 2020 sont exposés dans le présent rapport et constituent un outil important de monitoring de la mise en place du réseau de biotopes.

À titre complémentaire, les résultats du programme d'analyse biologique Rhin de 2018/2019 donnent des indications sur l'état des espèces végétales et animales dans le Rhin (cf. rapport CIPR n^{os} 273 à 276, 279 et 280). Il a également été publié un rapport sur l'état et sur l'évolution des populations d'oiseaux d'eau le long du Rhin (cf. rapport CIPR n^o 277).

1.2 Espace géographique considéré

L'espace géographique considéré pour le réseau de biotopes correspond en grande partie à celui fixé en 2006 (cf. rapport CIPR n° 154, p. 12). Des surfaces importantes ont été créées aux Pays-Bas dans le delta du Rhin par recul de digues et ont été à présent ajoutées avec le débouché de la Lippe, affluent du Rhin, dans cet espace géographique.

Les espaces considérés dans les principaux tronçons du Rhin ont été définis comme suit :

- **Haut Rhin** (de Stein am Rhein à Bâle, PK Rhin 23,5 à 170) :
fond de la vallée avec les zones inondables naturelles, y compris les zones d'intérêt écologique limitrophes jouant un rôle important dans le cadre de la mise en réseau ;
- **Rhin supérieur** (de Bâle à Bingen, PK Rhin 170 à 529) :
champ d'inondation naturel selon la « Monographie des Rheinstroms » de 1889 ;
- **Rhin moyen** (de Bingen à Rolandswerth, PK Rhin 529 à 642) :
fond de la vallée avec les zones inondables naturelles, y compris les zones d'intérêt écologique le long des affluents jouant un rôle important dans le cadre de la mise en réseau ;
- **Rhin inférieur** (de Rolandswerth à Lobith, PK Rhin 642 à 857) :
champ d'inondation naturel par rapport à la crue de 1926 ;
- **Delta du Rhin** (de Lobith à l'embouchure en mer du Nord, PK Rhin 857 à 1030)³
:
champ d'inondation existant, y compris les zones d'intérêt écologique limitrophes jouant un rôle important dans le cadre de la rétention des crues.

³ Pour les Pays-Bas, toutes les mesures et élargissements de surface ne sont pas encore compris dans l'Atlas du réseau de biotopes 2020 de la CIPR. La raison en est que la délimitation du champ d'analyse aux Pays-Bas repose sur une cartographie des écotopes qui ne comprend pas encore toutes ces mesures. Si de nouvelles cartes des écotopes sont disponibles, les limites de l'Atlas du réseau de biotopes de la CIPR peuvent également être adaptées.

1.3 Groupes biotopiques

La brochure « Réseau de biotopes sur le Rhin » de 2006 distingue 8 groupes biotopiques (GB) principaux (cf. tableau 1). Toutes les indications et tous les objectifs se fondent sur ces 8 GB. Il est toujours mentionné par ailleurs la part de l'espace géographique considéré tenue par des surfaces qui ne jouent momentanément aucun rôle pour le réseau de biotopes en raison de leur mode d'exploitation actuel. L'annexe 1 donne un aperçu détaillé des groupes biotopiques principaux et des sous-groupes biotopiques de la CIPR.

Tableau 1 : Groupes biotopiques sur le cours principal du Rhin (CIPR 2006, révisé)

GB	= groupe biotopique :
1	Milieu aquatique et amphibie des eaux courantes
2	Cours alluviaux naturels et eaux calmes artificielles proches de l'état naturel
3	Marécages, roselières et végétation de hautes herbes
4	Prairies permanentes
5	Biotopes secs
6	Forêts alluviales dans l'actuel champ d'inondation ⁴
7	Forêts de feuillus indigènes qui, par suite d'un endiguement, ne sont plus inondées temporairement ou en permanence (reliquats de forêt alluviale) ⁵
8	Autres types de biotopes significatifs pour la protection des espèces / le réseau de biotopes
	Surfaces restantes actuellement sans importance pour la mise en réseau des biotopes ⁶

Un atlas numérique interactif du réseau de biotopes⁷ du Rhin montre les résultats de la nouvelle cartographie des biotopes du champ alluvial rhénan réalisée au moyen de données Sentinel-2. On trouvera des informations complémentaires sur ce sujet au chapitre 3.1.

⁴ Le GB 6 ne comprend pas uniquement les forêts alluviales de bois tendre mais intègre également des forêts alluviales de bois dur. En faisant appel à des données sur les crues (p ex. sur les hauteurs de crue, sur leur durée etc.), on pourrait différencier à l'avenir forêts alluviales de bois dur et de bois tendre dans le champ d'inondation actuel.

⁵ La définition de 2006 pour les « autres forêts situées dans l'ancienne zone alluviale » a été précisée sous l'angle de l'analyse assistée par télédétection. (cf. rapport CIPR n° 154, p. 12).

⁶ Il s'agit p. ex. des forêts de conifères et des forêts de feuillus exotiques, cf. annexe 1.

⁷ https://geoportal.bafg.de/karten/cipr_atlas_des_biotopes_2020/

2. Description de l'approche suivie pour développer la méthode

Pour pouvoir estimer l'évolution du réseau de biotopes, il est nécessaire d'évaluer

- a) les conditions géo-écologiques et
- b) les relations fonctionnelles existant entre les habitats et les espèces faunistiques et floristiques qui y vivent.

Sur le point a) : les conditions géo-écologiques mettent en évidence la qualité d'un milieu, cette qualité étant fonction de sa superficie, de sa connectivité avec la zone de même type biotopique la plus proche, de ses caractéristiques et de l'existence de tous les complexes biotopiques requis, de leur localisation et de la présence d'espèces emblématiques significatives.

Sur le point b) : si ces conditions géo-écologiques et qualitatives sont remplies, les espèces rares et menacées de la faune et de la flore caractéristiques du milieu à l'échelle régionale peuvent constituer des peuplements aptes à survivre durablement. Les critères d'estimation des relations fonctionnelles découlent donc de l'observation (du suivi) des espèces typiques de leur région.

Des mesures exemplaires réalisées dans le « Réseau de biotopes sur le Rhin » ont été publiées en 2015 dans un rapport synoptique (cf. rapport CIPR n° 223). Ce rapport a mis en relief de manière ponctuelle comment les espaces prioritaires du réseau de biotopes ont évolué sur la période 2005-2013, mais il n'a pas encore été possible à l'époque de reconnaître le développement quantitatif de ces espaces.

En ce qui concerne l'approche suivie pour le monitoring 2020, les méthodes ci-dessous ont été appliquées.

Le « **monitoring** » vise ici l'optimisation des travaux en matière de protection de la nature et des paysages en vérifiant si les mesures ont été réalisées et en proposant des corrections si nécessaire (CIPR, 2006).

À l'opposé de l'inventaire de 2006, qui reposait essentiellement sur des relevés de terrain, le recensement du réseau de biotopes dans son état actuel le long du Rhin a été effectué pour la première fois en 2020 systématiquement par télédétection numérique. En s'appuyant sur les données satellitaires du programme européen Copernicus (Sentinel-2), il a été possible de classer les différents groupes biotopiques (tableau 1) d'une grande partie du champ alluvial du Rhin. La méthode appliquée permet à l'avenir de réaliser à intervalles réguliers et avec un meilleur rapport coûts/efficacité des monitorings systématiques semi-automatisés de GB de grande superficie dans le réseau de biotopes.

De 2016 à 2020, la CIPR a assuré le suivi technique d'un projet pilote⁸ correspondant mené par le Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz de Rhénanie-du-Nord-Westphalie (LANUV NRW). Dans le cadre du projet pilote, le LANUV NRW et la SARL EFTAS Fernerkundung Technologietransfer ont mis au point une méthode permettant de classer les groupes biotopiques du champ alluvial rhénan sur la base des données Sentinel-2 avec une résolution spatiale de 10 m * 10 m.

Les résultats de la classification du champ alluvial du Rhin dans son ensemble sont exposés dans le présent rapport.

Trois approches particulières ont été appliquées au total pour classer les GB sur l'ensemble du champ alluvial du Rhin. Elles sont exposées ci-après.

⁸ NUMO-NRW (Natur- und Umweltmonitoring -*monitoring du milieu naturel et environnemental de NRW*)

2.1 Approches du Bade-Wurtemberg (DE), de la France, de la Hesse (DE), des Pays-Bas et de la Suisse

Sur mandat des États riverains du Rhin Suisse, Pays-Bas et France, ainsi que des Länder fédéraux allemands Hesse et Bade-Wurtemberg, EFTAS s'est basée sur les enseignements du projet pilote de NRW (cf. chap. 2.2) pour cartographier les groupes biotopiques des zones alluviales des États/Länder susmentionnés au moyen de données satellitaires (EFTAS 2020).

L'approche méthodique se compose des étapes suivantes exposées plus en détail ci-après :

- (1) recensement et traitement des surfaces de référence ;
- (2) traitement des données de télédétection ;
- (3) entraînement de l'algorithme avec une partie des données de référence ;
- (4) application de l'algorithme (classification au sens propre) ;
- (5) post-classification (rassemblement des classes des 8 GB) et
- (6) validation de la méthode et du résultat.

(1) Recensement et traitement des surfaces de référence

En s'appuyant sur l'Atlas 2006 du « réseau de biotopes sur le Rhin » (CIPR 2006) et les groupes biotopiques (GB) de la CIPR, on a sélectionné et cartographié sur le terrain des surfaces de référence selon la clé de classification complète (groupes principaux et sous-groupes, cf. annexe 1).

En plus des surfaces de référence recensées sur le terrain, on a inventorié des GB supplémentaires selon la méthode dite CAPI (Computer Assisted Photo Interpretation). La méthode a été validée par vérification manuelle au moyen des données Sentinel-2 également utilisées pour la classification. On a fait appel dans certains cas à des prises de vue aériennes (par avion) pour compléter les connaissances (résolution jusqu'à 10 cm).

La très grande majorité des surfaces de référence (env. 95 %) a servi à entraîner l'algorithme (3^e étape), et on a utilisé les surfaces restantes pour valider le résultat (6^e étape).

(2) Traitement des données de télédétection

On a utilisé comme données de base des données multispectrales avec correction atmosphérique produites par les deux satellites Sentinel 2A et 2B entre le 1^{er} janvier 2019 et le 19 mai 2020. Le choix de cette période devait permettre d'assurer un déroulement du cycle phénologique des GB suffisamment bien reproduit dans les données satellitaires. Dans cette période (32 intervalles de temps au total), toutes les prises de vue avec couverture nuageuse $\leq 99\%$ ont été utilisées et des mosaïques temporelles ont été constituées tous les 16 jours, afin de minimiser les impacts négatifs des zones de nuages et d'ombres nuageuses sur la qualité des données.

(3) Entraînement de l'algorithme avec une partie des données de référence

On a utilisé le classificateur LSTM (Long Short-Term Memory) pour la classification. Il s'agit d'un algorithme d'apprentissage automatique qui utilise les données d'entraînement pour apprendre à attribuer à tous les pixels du jeu de données de télédétection des probabilités d'appartenance à une classe donnée (ici : couverture du sol). On fait ici appel aux caractéristiques des 32 jeux de données intégrant chacun 14 informations spectrales. L'idée à la base de ce classificateur est que le développement de la végétation varie au cours de l'année selon la classe d'occupation des sols et qu'il est ainsi possible de séparer et de classer les GB sur la base des différences caractérisant leur évolution phénologique.

(4) Application de l'algorithme

Deux modèles distincts ont été formés avec le classificateur, l'un pour la zone des Pays-Bas et l'autre pour l'Allemagne, la France et la Suisse, ceci en raison de la particularité géographique des tronçons néerlandais du Rhin par rapport à ceux de la Hesse, du Bade-Wurtemberg, de la France et de la Suisse.

Les deux modèles ont ensuite été utilisés pour la classification de la superficie totale. Le résultat de l'algorithme LSTM est un jeu de données composé de 12 couches et indiquant pour chaque pixel la probabilité d'appartenance à chacun des 12 classes de couverture du sol (tableau 2).

Tableau 2 :

Aperçu des 12 classes de couverture du sol et attribution aux groupes biotopiques de la CIPR (selon EFTAS 2020, cf. annexe 1)

Classe de couverture du sol	ID des classes	GB de la CIPR
CCS_Eau	1	1a, 2a, 2b, 8e, 8f
CCS_Sans végétation	2	1b, 8g
CCS_Marécages_Roselières_Végétation de hautes herbes	3	3
CCS_Prairies permanentes	4	4, 8d
CCS_Forêt de feuillus	5	6b, 7, 8a, 8b, 8c
CCS_Bois tendre	6	6
CCS_Forêt de conifères	7	Forêts de conifères
CCS_Biotope sec_Non boisé	8	5a
CCS_Biotope sec_Boisements	9	5b
CCS_Forêt de conifères_caduques	10	Forêts de conifères
CCS_Terres arables	11	Terres arables
CCS_Surfaces imperméabilisées	12	Surfaces imperméabilisées

(5) Post-classification

On a sélectionné pour chaque pixel la classe de couverture du sol dans laquelle il affichait la plus grande probabilité. Dans un second temps, les 12 classes cibles ont été attribuées aux 8 GB (voir tableau 2). Dans un dernier temps, le résultat pixelisé de la classification a été reporté dans la carte finale des GB par vectorisation.

(6) Validation de la méthode et du résultat

Une petite partie des surfaces de référence (env. 5 %) a été utilisée pour la validation de la classification. Il convient cependant d'indiquer ici que ce n'est pas le résultat final avec les 8 GB qui a été validé mais l'étape intermédiaire après la décision d'attribution des pixels à l'une des 12 classes de couverture du sol. Cette validation peut donc tout au plus être utilisée pour une validation de méthode, mais elle ne dit rien sur la qualité de la carte des GB dans son ensemble. Cette validation de méthode a été réalisée par EFTAS.

À l'opposé de la validation de la méthode décrite ci-dessus, la validation des résultats pour les GB a été effectuée par les experts de la CIPR sur la base d'un échantillon aléatoire et selon différentes approches. Pour la vérification des résultats obtenus, les Pays-Bas ont mis à disposition leur carte actuelle des écotopes⁹ avec une clé d'attribution qui subordonne les différents GB aux écotopes correspondants en considérant un rayon de 7 m.

Comme pour les Pays-Bas avec un rayon de 7 m, différentes plages de temps ont été utilisées dans les vues aériennes de Google Earth, Sentinel-2 et Bing pour la validation

⁹ <https://maps.rijkswaterstaat.nl/gwproj55/index.html?viewer=Ecotopen>

des résultats du Bade-Wurtemberg, de la France, de la Hesse et de la Suisse. En outre, on a pu faire appel à des plans d'entretien (à partir de 2015) récents fournis par la Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) pour les tronçons du Rhin de Rhénanie-du-Nord-Westphalie, Rhénanie-Palatinat, Hesse et Bade-Wurtemberg (BfG 2017a, 2017b, 2019a, 2019b, 2020, 2021).

On trouvera dans le chapitre 2.4 et dans le rapport final (EFTAS 2020) des informations sur l'évaluation et la précision des résultats.

Dans une étape suivante, les experts ont évalué la plausibilité technique des résultats de la cartographie des groupes biotopiques assistée par l'imagerie satellitaire. EFTAS a ensuite remanié les données d'entraînement de la Suisse, de la France, du Bade-Wurtemberg et de la Hesse en choisissant, entre autres, des polygones de référence plus étendus.

Pour finir, les experts ont revérifié la plausibilité des résultats recalculés. Dans le cas de la Suisse, les surfaces de validation ont été classifiées par des spécialistes disposant d'une expertise écologique à l'aide d'orthophotos (vues aériennes) récentes affichant une résolution au sol de 10 cm. Des experts ont également classifié des surfaces de validation à partir de vues aériennes pour le Bade-Wurtemberg et pour les Pays-Bas. À titre d'exemple, on invite à se reporter à l'annexe 2 présentant la matrice de confusion (matrice des erreurs) à la base de la validation de GB en Suisse et aux Pays-Bas.

Le tableau 3 ci-dessous met en relief la précision des résultats à partir de l' « User's Accuracy » pour les groupes biotopiques en Suisse et aux Pays-Bas (cf. annexe 2) : le GB 1 a été bien reconnu p. ex. en Suisse, alors que les GB 3 et 5 l'ont été plutôt mal. Cette « User Accuracy » ou précision 'utilisateur' exprime la fréquence de présence réelle sur le terrain d'un GB représenté sur la carte.

L'intervalle de confiance ou de fiabilité décrit, à partir d'un échantillon aléatoire, la marge dans laquelle les valeurs d'un ensemble évoluent avec une probabilité donnée.

La précision peut être encore affinée avec des méthodes supplémentaires.

EFTAS n'a réceptionné le retour d'information des 300 points répartis en surface de manière aléatoire que pour la Suisse et les Pays-Bas, et en a tiré une évaluation statistique des GB (précisions 'utilisateur' et 'producteur', y compris intervalles de confiance). On ne dispose pas d'indications sur le degré de précision de la classification des GB de la France, de la Hesse et du Bade-Wurtemberg.

Tableau 3 : Précision 'utilisateur' des GB pour la Suisse et les Pays-Bas

Groupes biotopiques	Suisse		Pays-Bas	
	Précision de la classification [en %]	Intervalle de confiance [en %]	Précision de la classification [en %]	Intervalle de confiance [en %]
GB 1 : Milieux aquatiques et amphibiens des eaux courantes	96,7	± 6,5	80,0	± 14,6
GB 2 : Cours alluviaux naturels et eaux calmes artificielles proches de l'état naturel	76,7	± 15,4	90,0	± 10,9
GB 3 : Marécages, roselières et végétation de hautes herbes	23,3	± 15,4	80,0	± 14,6
GB 4 : Prairies permanentes	66,7	± 17,2	80,0	± 14,6
GB 5 : Biotopes secs	10,0	± 10,9	n'a pas été validé	n'a pas été validé
GB 6 : Forêts alluviales dans l'actuel champ d'inondation	53,3	± 18,2	70,0	± 16,7
GB 7 : Forêts de feuillus indigènes non inondées	n'a pas été validé	n'a pas été validé	n'a pas été validé	n'a pas été validé
GB 8 : Autres types biotopiques	86,7	± 12,4	20,0	± 14,6
Actuellement sans importance pour la mise en réseau des biotopes	80,0	± 14,6	53,3	± 17,5
Terres arables	100,0	± 0,0	76,7	± 15,4
Surfaces imperméabilisées	83,3	± 13,6	90,0	± 10,9

L'approche méthodique suivie en NRW et RLP est précisée ci-après.

2.2 Approche de la Rhénanie-du-Nord-Westphalie (DE)

En Rhénanie-du-Nord-Westphalie également, une carte des groupes biotopiques (GB) de la CIPR assistée par télédétection a été créée pour le champ alluvial du Rhin. Ce travail a eu lieu en grande partie dans le cadre du projet Copernicus NUMO-NRW soutenu par le BMVI (Ministère fédéral des transports et de l'infrastructure numérique).

En plus des données satellitaires (Sentinel-2) du programme Copernicus, on a utilisé des données de référence de la cartographie terrestre régulière des biotopes du LANUV NRW, l'expertise d'experts de la CIPR, des connaissances méthodiques de collaborateurs du LANUV NRW et de la SARL EFTAS, associée au projet susmentionné en tant que sous-traitant, des plans d'entretien de la BfG pour valider des tronçons situés en NRW, ainsi qu'un des jeux de géodonnées actuels (voir paragraphe suivant) sur la description des plus importantes caractéristiques hydromorphologiques et phénologiques de chaque GB. Ces données ont été rassemblées et évaluées à l'aide du logiciel FELM, un outil conçu et développé en commun à l'origine par la SARL EFTAS et le LANUV NRW comme plug-in pour ESRI ArcGIS Desktop 10.x dans le projet collectif Copernicus FELM avec la SARL EFTAS et le LANUV NRW (voir Buck et al. 2018).

On a examiné dans un premier temps comme zone cible tout le champ alluvial historique le long du Rhin en se basant sur la cote de crue modélisée HQ₅₀₀. 10 à 90 (médiane 30) surfaces de référence ont été sélectionnées et la plupart d'entre elles ont été cartographiées entre 2016 et 2018 sur mandat du LANUV. Pour certains GB, les surfaces de référence ont été élaborées à partir de la méthode CAPI. On a distingué globalement 14 GB auxquels on a ajouté, pour des raisons liées à la méthode, deux autres classes sans statut de GB (terres arables et surfaces imperméabilisées). Étant donné que l'aspect externe de la plupart des GB du champ alluvial rhénan change sensiblement au cours de la période de végétation, il est judicieux d'utiliser plusieurs prises de vue satellitaires par an. Pour obtenir une carte récente de la couverture du sol, on s'est fondé sur une série chronologique Sentinel-2 englobant deux périodes de végétation (de février à août 2019 et de février à septembre 2020) et quatre bandes spectrales (RGBI) avec une résolution de 10 m * 10 m. On a généré en outre, à l'aide du processeur MAJA (<https://code-de.org>), des mosaïques mensuelles suffisamment exemptes de nuages. Les facteurs de réflexion multispectraux de ces 15 pas de temps ont ensuite été reportés dans la machine à vecteurs de support appliquée dans FELM aux fins d'entraînement d'un classificateur pour les 16 classes de couverture du sol.

Après application du classificateur final sur tout le champ alluvial du Rhin de NRW, la carte de la couverture du sol obtenue a été affinée manuellement dans ArcGIS. Avec les données de la chambre d'agriculture de NRW (LWK 2019) et de BasisDLM (Geobasis NRW 2020), les surfaces de culture agricole (uniquement les parcelles candidates à subvention et classées éligibles, à l'exception des prairies permanentes et des sols mis en jachère), de tissu urbain et de trafic ont été masquées car cette occupation des sols est incompatible avec une prise en compte dans les plans de mise en réseau de biotopes. Les zones sans dynamique d'inondation (potentielle) suffisante pour l'implantation durable d'une forêt alluviale ont été retirées au moyen de la cote de crue modélisée HQ₁₀. On a utilisé ici une carte du tracé actuel des digues mise au point par les services du cadastre de NRW pour distinguer les zones alluviales « asséchées » (GB 7) de celles qui sont ou peuvent encore être inondées. Les eaux courantes (BG 1a) ont été séparées des autres eaux (calmes) à l'aide du jeu de vecteurs « cours d'eau de NRW ». On a ensuite retiré les quelques artéfacts en utilisant un modèle altimétrique de végétation mis au point à partir de données de balayage laser (2015) et de la moyenne NDWI₂ tirée de la série chronologique Sentinel-2 mentionnée plus haut.

Afin de permettre une évaluation comparative avec d'autres États riverains et Länder fédéraux rhénans, les GB obtenus ont finalement été regroupés, quand ceci s'est avéré nécessaire, dans les huit GB (cf. tableau 1) distingués dans l'Atlas du réseau de biotopes 2006 et dans la tâche mandatée à la SARL EFTAS (voir plus haut), qui ont été complétés par les classes forêts de conifères sempervirents, terres arables et surfaces

imperméabilisées (surfaces urbanisées et axes de trafic) qui ne font pas partie des GB. Les pourcentages respectifs de ces 11 classes n'ont été calculés que pour les zones situées dans l'espace défini dans l'Atlas 2006 (et actualisées à l'ouest en fonction des délimitations actuelles du bassin du Rhin) et comprises dans la zone inondable d'une crue HQ₅₀₀ ; les surfaces restantes de l'espace susmentionné ont été désignées comme « non classées ».

La validation de la carte des GB élaborée pour le champ alluvial rhénan de NRW a été effectuée avec un jeu de données majoritairement indépendant qui a été créé à cette fin. Pour ce faire, toutes les surfaces au sein du périmètre de l'Atlas du réseau de biotopes 2020 de la CIPR ont en premier lieu été identifiées en tant que « périmètre central » (172 km²), pour lequel étaient disponibles fin 2021 des données cartographiques des biotopes du LANUV de grande qualité ayant en partie été collectées hors de la période de 2016 à 2018 et n'ayant donc pas été utilisées pour l'étalonnage de la carte des GB (ou pour l'entraînement de la Support Vector Machine). En second lieu, un échantillon de 50 points répartis aléatoirement sur l'ensemble de la surface de chaque GB au sein de ce « périmètre central » a été élaboré. Les surfaces restantes au sein du périmètre de l'Atlas du réseau de biotopes 2020 de la CIPR ont été échantillonnées de la même façon en tant que « périmètre périphérique », qui est dix fois plus grand que le « périmètre central » (1 173 km²).

Tous les 1100 points de ce jeu de données de validation en deux étapes ont ensuite été évalués par un expert en vues aériennes et ont été attribués à un des GB (indépendamment de l'endroit où se trouve le point dans la carte des GB établie). Toutes les vues aériennes de 2015 à 2021 ont été systématiquement prises en compte ainsi qu'un modèle altimétrique de végétation récent (données Lidar) et les données de chroniques Sentinel-2 déjà décrites pour évaluer la dynamique durant l'année (concrètement : valeurs minimales et maximales de NDVI et NDWI2). Pour les points de validation au sein du « périmètre central », l'attribution a été généralement effectuée au moyen des types de biotopes disponibles cartographiés sur le terrain. Il n'a été dérogé à cette règle que lorsque les données de télédétection s'y opposaient clairement et que les limites de l'objet étaient visiblement cartographiées de manière trop inexacte ou n'étaient à l'évidence plus actuelles en raison de défrichements, de l'imperméabilisation des sols, d'une succession végétale naturelle etc.

La stratification du jeu de données de validation présentée ci-dessus permet d'une part une utilisation optimale de toutes les données de référence de grande qualité disponibles (dans le périmètre central) et garantit d'autre part que l'ensemble du périmètre de l'Atlas des groupes biotopiques 2020 de la CIPR soit validé, et notamment les classes de couverture du sol sans statut de GB également (forêts de conifères sempervirents, terres arables et surfaces imperméabilisées).

Les résultats de la validation se trouvent dans l'annexe 2 sous forme de matrice de confusion.

2.3 Approche de la Rhénanie-Palatinat (DE)

Pour différentes raisons, une évaluation fondée sur la détection satellitaire n'a pas pu être effectuée de manière autonome en Rhénanie-Palatinat comme prévu à l'origine. Sur la période 2017-2020, les cartes cibles du plan « Systèmes biotopiques connectés en Rhénanie-Palatinat » (VBS) ont été actualisées.¹⁰ L'affichage et les résultats s'appuient sur une évaluation d'un grand nombre d'informations et de données environnementales numériques (cadastre des biotopes, aménagement forestier, AKTIS, cartographie de la qualité des eaux, plan de gestion Natura 2000, espèces identifiées, orthophotos numériques etc.) et sur des estimations d'experts. Ce travail a consisté pour l'essentiel à évaluer les couches de nombreuses données et informations environnementales et à remettre à jour les listes

¹⁰ https://lfu.rlp.de/fileadmin/lfu/Naturschutz/Dokumente/Arbeitshilfe_VBS.pdf

des espèces emblématiques. En raison de leurs exigences en matière d'habitat, les espèces emblématiques sélectionnées constituent la base essentielle d'une évaluation qualitative et quantitative de l'état actuel et permettent de déterminer les besoins de préservation et d'évolution future. La portée informative dépend donc de la disponibilité des données. Les données de Rhénanie-Palatinat sont très hétérogènes dans le temps et dans l'espace. Ceci conduit en partie à certaines incertitudes concernant les résultats. Le projet VBS ne fournit certes pas toujours d'indications exactes concernant la localisation, mais des informations fiables pour l'espace concerné en général. Les résultats de cette évaluation systématique effectuée à grande échelle sont adaptés pour l'évaluation du réseau de biotopes sur le Rhin et constituent la base principale du constat de l'état actuel (en 2020) des groupes biotopiques CIPR dans la vallée alluviale de Rhénanie-Palatinat (cf. tableau 1). On a procédé à cette fin à la transposition des principales catégories de biotopes et d'états visés du plan VBS dans la classification CIPR. On trouvera en annexe 3 les tableaux expliquant cette démarche de manière synthétique. Ci-dessous une explication synoptique du projet technique de Rhénanie-Palatinat comprenant des renvois correspondants vers des informations complémentaires.

Jusqu'à présent, on s'était surtout fondé sur des données du cadastre, sur des données tirées de la cartographie des biotopes de Rhénanie-Palatinat et sur les connaissances d'experts de terrain pour mettre au point le réseau de biotopes sur le Rhin et les illustrations correspondantes dans l'Atlas du réseau de biotopes. Le plan VBS¹¹ datant des années 1990 avait surtout servi à plausibiliser les résultats des analyses et des évaluations.

Le plan VBS présente de manière systématique à l'échelle du Land les objectifs régionaux et suprarégionaux de protection des espèces et des biotopes (à l'exception des zones urbaines) sous forme de textes et de cartes (au 1/25 000^e). Des objectifs sont exprimés, notamment en termes

- de préservation d'habitats proches de l'état naturel,
- de développement d'habitats proches de l'état naturel et
- d'exploitation respectueuse des groupes biotopiques.

Les aspects fonctionnels de la mise en réseau et la nécessité de préserver des surfaces avec la taille minimale requise pour l'implantation de peuplements suffisamment importants sont ici particulièrement pris en compte. Les habitats naturels ou proches de l'état naturel, qui se sont constitués en grande partie sans intervention humaine, et ceux nés de formes d'exploitation historique forment ici le noyau des objectifs déterminés. Ces habitats, qui sont devenus rares dans le paysage actuel, doivent être préservés ou développés dans leurs fonctions, c'est-à-dire autant sur le plan quantitatif que qualitatif. L'approche du plan VBS, qui se réfère aux types biotopiques, est complétée par une approche rapportée aux espèces. Les exigences de développement et de préservation découlent essentiellement des conditions écologiques requises pour les espèces spécifiques des habitats considérés (approche par espèce emblématique). Le plan VBS fournit donc des informations techniques très complètes dont la prise en compte et la concrétisation contribuent à la réalisation des objectifs de protection des espèces et des biotopes.

2.4 Incertitudes et défis dans l'application des technologies de télédétection

À l'intersection entre milieu terrestre et aquatique, la végétation rivulaire joue un rôle central dans l'hydrosystème et est en interaction avec toutes les autres composante de l'hydrosystème. Dans ce contexte, les pratiques de gestion et de rapportage doivent se fonder autant que possible sur des informations exactes et récentes sur l'état de la végétation rivulaire. La disposition spatiale, la dynamique et la difficulté d'accès à

¹¹ <https://fu.rlp.de/de/naturschutz/planungsgrundlagen/planung-vernetzter-biotopsysteme/>

certains écosystèmes rivulaires peuvent compliquer la tâche de recensement de données sur le terrain, en particulier sur des surfaces importantes (c'est-à-dire sur plus de 100 km de tracé fluvial) (JOHANSEN et al. 2007).

La télédétection est une méthode permettant fondamentalement de recenser et de faire le suivi de la végétation rivulaire. Grâce notamment à l'accès gratuit et ouvert aux données du programme européen Copernicus, elle offre des données spatiales peu onéreuses et en continu sur d'amples espaces géographiques. L'évolution permanente des capteurs et des performances de calcul a fait rapidement avancer le développement d'application dans le domaine des sciences environnementales (WULDER et al. 2012). Cependant, l'application de la télédétection à l'étude de la végétation rivulaire comporte des défis particuliers. Ils viennent de la complexité morphologique et de la répartition dans l'espace de la végétation ; ils sont également dus aux difficultés d'extraction d'éléments ou de processus caractéristiques en relation avec les fonctions de la végétation rivulaire. À ceci s'ajoute, dans le cas présent, l'étirement géographique de la zone d'analyse sur plusieurs centaines de kilomètres fluviaux, ce qui complique les relevés de terrain.

On obtient des résultats généralement satisfaisants quand on utilise des jeux de données géographiques à résolution moyenne (> 10 m à 50 m), comme ceux de Sentinel-2, pour cartographier la végétation rivulaire de larges zones de berges à la morphologie identique. En revanche, la qualité de l'analyse baisse ou devient nulle quand on se trouve confronté à des corridors rivulaires étroits ou à des unités de végétation de petite superficie. L'avantage de ces jeux de données géographiques à résolution moyenne vient cependant de leur haute résolution dans le temps (les deux satellites Sentinel-2 ont ensemble une répétitivité de 5 jours). Cette capacité est particulièrement utile dans les zones souvent nuageuses, comme celles considérées ici, de manière à avoir une base de données la plus grande possible (séries temporelles denses) pour le monitoring phénologique de la végétation.

La qualité de la classification fondée sur la télédétection dépend de chaque étape individuelle mentionnée plus haut (surtout les étapes 1 à 3, cf. chap. 2.1). Des incertitudes peuvent apparaître dans la sélection des surfaces de référence ou dans le cadre des relevés de terrain (**étape 1**). En utilisant les surfaces de référence recensées sur la base de l' « Atlas du réseau de biotopes sur le Rhin », on doit par exemple partir de l'hypothèse qu'un biotope donné n'a pas changé depuis 2006. Il est nécessaire en outre d'appliquer une clé de classification n'autorisant si possible aucune marge d'interprétation subjective.

La problématique des nuages et des ombres nuageuses dans les données optiques est adressée dans le traitement des données de télédétection (**étape 2**). Malgré la constitution de composites, des hétérogénéités géographiques peuvent apparaître dans les données disponibles. Des zones régulièrement recouvertes de nuages, p. ex. dans le delta du Rhin ou dans les zones lacustres des régions montagneuses sont ainsi plus fréquemment affectées d'incertitudes dans la base de données. La formation d'une mosaïque de 16 intervalles journaliers est également une source d'erreurs temporelles supplémentaires. Il peut arriver en cas extrême que les données d'un pixel proviennent du premier jour de la période du composite, celles du pixel voisin du dernier jour de cette période. On peut donc avoir un écart de 16 jours maximum entre les deux prises de vue, ce qui n'est éventuellement pas suffisamment sensible pour les observations phénologiques, notamment en début (surtout en phase de frondaison) et en fin de période de végétation (surtout en phase de chute des feuilles). Il serait utile et souhaitable à l'avenir de disposer d'indices chiffrés qui permettraient de caractériser la fiabilité des données (p. ex. cartes du nombre de pas de temps exempts de nuages et d'ombres nuageuses dans la série temporelle ; couche avec date de données par pixel et par pas de temps).

Le développement du modèle est également affecté d'incertitudes (**étape 3**). La qualité d'un classificateur dépend de celle des données choisies pour l'entraîner. À ce stade, des erreurs se reproduisent dans les données de référence.

Il est souvent cité comme point de critique que les données de télédétection à résolution moyenne ne décrivent souvent pas avec une précision suffisante les conditions locales et les petits modèles surfaciques de la végétation rivulaire. Dans la sélection des données de base, il faut cependant prendre en compte, en plus de la résolution spatiale des données, deux autres critères : la taille de la zone d'analyse et les coûts des jeux de données. Il est vrai que des données optiques de meilleure résolution spatiale sont proposées, mais elles le sont par des exploitants de satellites commerciaux et sont payantes, à l'opposé des données Copernicus.

Les orthophotos numériques (OPN) peuvent constituer un compromis entre relevés de terrain précis et réalisés à grand renfort de moyens sur de grandes distances et survols Sentinel-2 à haute fréquence répétitive, mais qui sont parfois imprécis voire erronés. Il existe dans tous les États riverains du Rhin des OPN que l'on pourrait intégrer comme données d'entrée supplémentaires dans un processus automatisé pour les futures classifications fondées sur la télédétection. Elles ont certes une moins bonne résolution dans le temps, mais une approche en deux étapes permettrait de mieux représenter à l'avenir les variations à petite échelle, la première étape consistant à segmenter les objets surfaciques à partir de ces OPN à haute résolution géographique et la seconde à recouper les données Sentinel-2 multi-temporelles.

Le choix du modèle statistique peut également influencer le résultat.

La qualité de la validation dépend elle à la fois de données indépendantes utilisées à cette fin et des estimations des experts consultés pour le contrôle de plausibilité des résultats.

On estime fondamentalement que le résultat global de la classification des GB est suffisamment bon, mais les potentialités de perfectionnement de la méthode fondée sur la télédétection ne sont pas encore toutes exploitées.

2.5 Précision variable dans la classification de GB individuels

On retient qu'une comparaison systématique des résultats de 2006 (cf. CIPR 2006) et de ceux obtenus en 2020 reste limitée, du fait de méthodes et de résolutions de données différentes. Pour l'instant, il est toutefois possible de comparer approximativement l'état réel 2020 et l'état réel 2006 à partir des pourcentages relatifs des GB par rapport à la superficie totale de tout un tronçon du Rhin. On peut également comparer les espaces prioritaires, leur degré d'importance et leurs déficits entre 2006 et l'état actuel. Ce travail permet d'une part de réaliser une cartographie actualisée¹² du réseau de biotopes et d'autre part d'analyser quantitativement son évolution (cf. chap. 3.1 et 3.2). Les éléments quantitatifs recensés seront complétés par un recueil des mesures exemplaires et des actions à entreprendre qui seront mises en œuvre dans la plaine alluviale du Rhin (cf. chap. 3.3).

2.6 Éléments qualitatifs complémentaires

Pour pouvoir évaluer les relations fonctionnelles entre les habitats et les espèces animales et végétales qui y vivent, il est utile à l'avenir d'observer - en plus des résultats quantitatifs de l'analyse assistée par télédétection - **l'état écologique des eaux courantes et dormantes** dans le champ alluvial du Rhin et la présence **d'espèces emblématiques et d'espèces cibles** sélectionnées, entre autres des oiseaux d'eau, des amphibiens et des poissons. Quelques exemples du Rhin inférieur sont présentés en

¹² https://geoportal.bafg.de/karten/cipr_atlas_des_biotopes_2020/

annexe 5. On renverra également au troisième Plan de gestion 'Rhin' 2022-2027 coordonné au niveau international¹³, au bilan du programme Rhin 2020 CIPR 2020g), aux résultats des analyses du programme d'analyse biologique 'Rhin' 2018/2019 (cf. rapport CIPR n^{os} 273 à 276, de même que 279 et 280), et à un rapport sur l'état et sur l'évolution des populations d'oiseaux d'eau le long du Rhin (cf. rapport CIPR n^o 277).

Les oiseaux d'eau sont comptés systématiquement dans certains segments du Rhin depuis les années 1950. Depuis les années 1980, on dispose de données fiables à l'échelle du bassin du Rhin sur les peuplements et la répartition des oiseaux d'eau hivernants non nicheurs. Le suivi des peuplements d'oiseaux d'eau est important sous l'angle de la protection de la nature et il est également utilisé pour le contrôle de traités internationaux (p. ex. la directive communautaire 'Oiseaux', la convention Ramsar, l'accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie) qui prescrivent la remise d'informations sur l'état de conservation des espèces d'oiseaux. De plus, les oiseaux d'eau sont de bons indicateurs visibles de la qualité écologique de leurs habitats et nous renseignent ainsi sur l'état et sur l'évolution des biotopes qu'ils fréquentent.

Les informations sur les mesures de restauration mises en œuvre et les études annexes réalisées dans la plaine alluviale du Rhin sont également une composante précieuse du monitoring. Des mesures sont présentées à ce sujet à titre d'exemples dans le chapitre 3.3 et dans l'Atlas.

¹³ <https://www.iksr.org/fr/directives-de-lue/directive-cadre-sur-leau/plan-de-gestion-2021-1>

3. Résultats de la mise en réseau de biotopes 2020

Les paragraphes suivants exposent les résultats du recensement systématique de l'état réel 2020 du réseau de biotopes le long du Rhin. Ces résultats sont comparés à l'état réel 2006 et aux objectifs de développement définis en 2006 par la CIPR.

L'Atlas numérique des biotopes¹⁴ donne des informations détaillées sur la cartographie 2020 des groupes biotopiques.

3.1 Résultats pour le Rhin dans son ensemble et pour les 5 principaux tronçons du Rhin

La figure 1 met en comparaison les informations sur l'état réel 2020 des groupes biotopiques et l'état réel 2006 en subdivisant 5 principaux tronçons du Rhin. Il convient de souligner que des écarts plus importants sont principalement dus à des différences d'ordre méthodique existant entre l'inventaire 2006 et le recensement systématique de 2020.

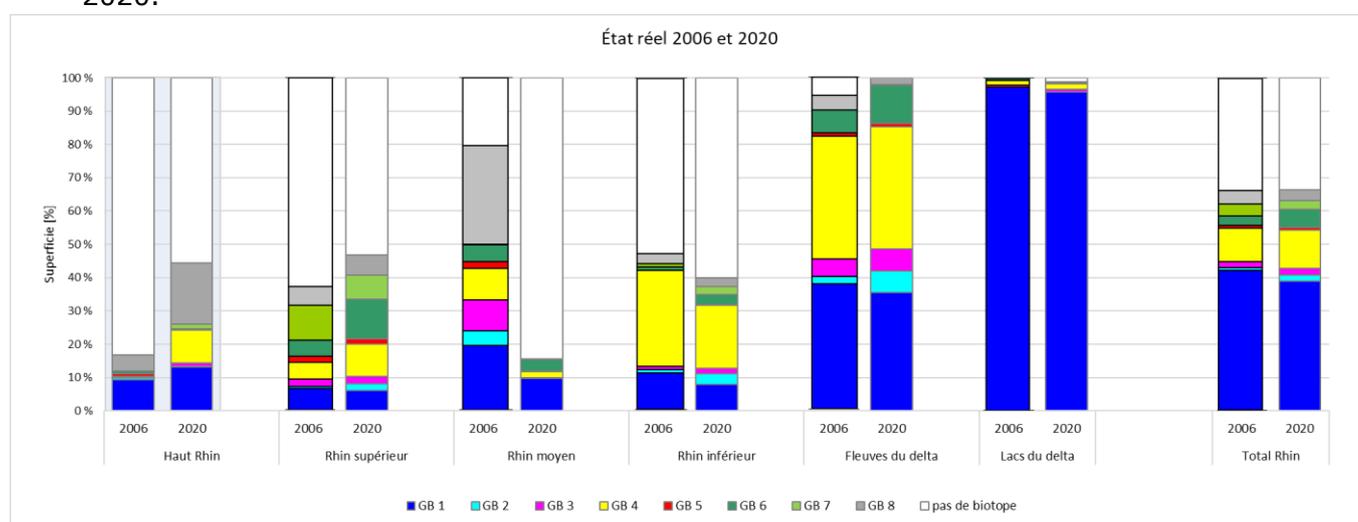


Figure 1 : Comparaison de la distribution des groupes biotopiques par rapport à la superficie totale (en %) des tronçons du Rhin et par rapport au cours principal dans son ensemble en 2006 et en 2020. Les grandes différences dans la distribution des groupes biotopiques s'expliquent principalement par l'utilisation d'une autre méthode (p. ex. Rhin moyen) ou par un espace géographique modifié (p. ex. Haut Rhin). GB 1=Milieux aquatiques et amphibie des eaux courantes ; GB 2=Cours alluviaux naturels et eaux calmes artificielles proches de l'état naturel ; GB 3=Marécages, roselières et végétation de hautes herbes ; GB 4=Prairies permanentes ; GB 5=Biotopes secs ; GB 6=Forêts alluviales dans l'actuel champ d'inondation ; GB 7=Forêts de feuillus indigènes qui, par suite d'un endiguement, ne sont plus inondées temporairement ou en permanence (reliques de forêt alluviale) ; GB 8=Autres types de biotopes significatifs pour la protection des espèces / le réseau de biotopes

Quand on regarde le Rhin « dans son ensemble », le résultat de 2020 est très similaire à celui de 2006. Si l'on observe cependant les principaux tronçons du Rhin un par un, des changements entre 2006 et 2020 apparaissent plus clairement :

on voit ainsi tout particulièrement sur le haut Rhin l'arrivée de nouvelles surfaces. Ces différences s'expliquent en grande partie par le choix d'un autre espace géographique. Sur le Rhin supérieur, on relève également une augmentation des surfaces, moindre que celle constatée sur le haut Rhin, et qui s'explique principalement par les mesures mises en œuvre. Les différences apparaissant au niveau des forêts [GB 6 + 7] sont dues à la nouvelle méthode.

La perte de surfaces sur le Rhin moyen vient en première ligne du choix de la méthode (cf. chap. 2.3). Les 80 % affichés pour l'ensemble des surfaces du réseau de biotopes

¹⁴ https://geoportal.bafg.de/karten/cipr_atlas_des_biotopes_2020/

2006 semblent néanmoins très élevés au regard de la zone alluviale très étroite par nature du Rhin moyen.

On relève également une perte de surfaces sur le Rhin inférieur et on suppose là aussi qu'elle est due à la méthode appliquée.

Comme en 2006, le delta du Rhin est subdivisé en « fleuves du delta du Rhin » et en « lacs », ceci pour éviter que la part des eaux courantes et des eaux calmes [GB 1 + 2] recouvre les autres GB et pour mieux faire ressortir ainsi ces autres GB. Les « fleuves du delta du Rhin » comprennent à la fois un agrandissement des surfaces gagnées par recul de digues et une modification des pourcentages des GB. À l'avenir, des élargissements de zones encore plus importants seront visibles.

Des informations détaillées sur les objectifs de la CIPR sont présentées dans l'annexe 3 du rapport CIPR n° 154 (CIPR 2006). Les valeurs indicatives qui y sont mentionnées décrivent la méthode permettant de générer des informations indicatives pour la CIPR sur les surfaces requises pour les différents groupes biotopiques, afin de mettre en place un réseau de biotopes durable sur le Rhin.

En 2006, des informations surfaciques ont été données en hectares pour quatre groupes biotopiques à l'échelle du cours principal du Rhin dans son ensemble (CIPR, 2006). Ces informations sont comparées ci-dessous avec les données de 2020 (cf. tableau 4 et figure 2). Les limites de la comparabilité sont expliquées dans le chapitre 2.4.

Tableau 4 : états réels 2006 et 2020 et objectifs de développement de la CIPR définis en 2006 pour quelques groupes biotopiques sur le cours principal du Rhin (surfaces indiquées en ha)

Groupe biotopique*	État réel 2006	Objectif de développement CIPR (2006)	État réel 2020
(1) Eaux courantes			247 000
(2) Eaux calmes			12 600
(3) Roselières	11 000	30 000	12 700
(4) Prairies permanentes	59 000	100 000	73 000
(5) Biotopes secs			4 000
(6) Forêts alluviales			35 000
(7) Reliquats de forêt alluviale	38 000	50 000	17 000
(8) Autres			20 000
Pas de biotopes**			214 000

* description détaillée cf. chap. 1.3 et annexe 1

** les surfaces représentées en blanc dans l'Atlas et dans les diagrammes décrivent des zones momentanément sans intérêt pour le réseau de biotopes. Il s'agit p. ex. de surfaces urbanisées et d'axes de trafic, de surfaces labourées ou encore de forêts de conifères.

Il est marquant de constater que les pourcentages surfaciques de ces quatre GB ont augmenté sur le cours principal du Rhin entre 2006 et 2020, mais dans une mesure nettement moindre pour le GB 3 que pour le GB 4 et les GB 6 et 7. Le gain de surface est dû à la fois à la méthode différente appliquée et aux mesures mises en œuvre. En outre, le GB 3 est pénalisé par le fait que les « marécages, roselières et végétation de hautes herbes » sont souvent des biotopes à forme linéaire et qu'ils sont donc plus difficiles à recenser par la méthode (cf. chap. 2.4).

L'objectif de développement défini en 2006 par la CIPR dépasse encore l'état réel 2020 sauf dans le cas des deux types regroupés « forêts alluviales » et « reliquats de forêt alluviale » pour lesquels quelques mesures ont déjà été prises ces dernières années. En raison de la différence de méthode et des surfaces considérées entre 2006 et 2020, il convient toutefois de vérifier l'objectif de développement de 2006 de la CIPR. Les objectifs de développement pour tous les groupes biotopiques doivent être adaptés sur la base de la méthode actuelle et des nouveaux résultats ainsi obtenus.

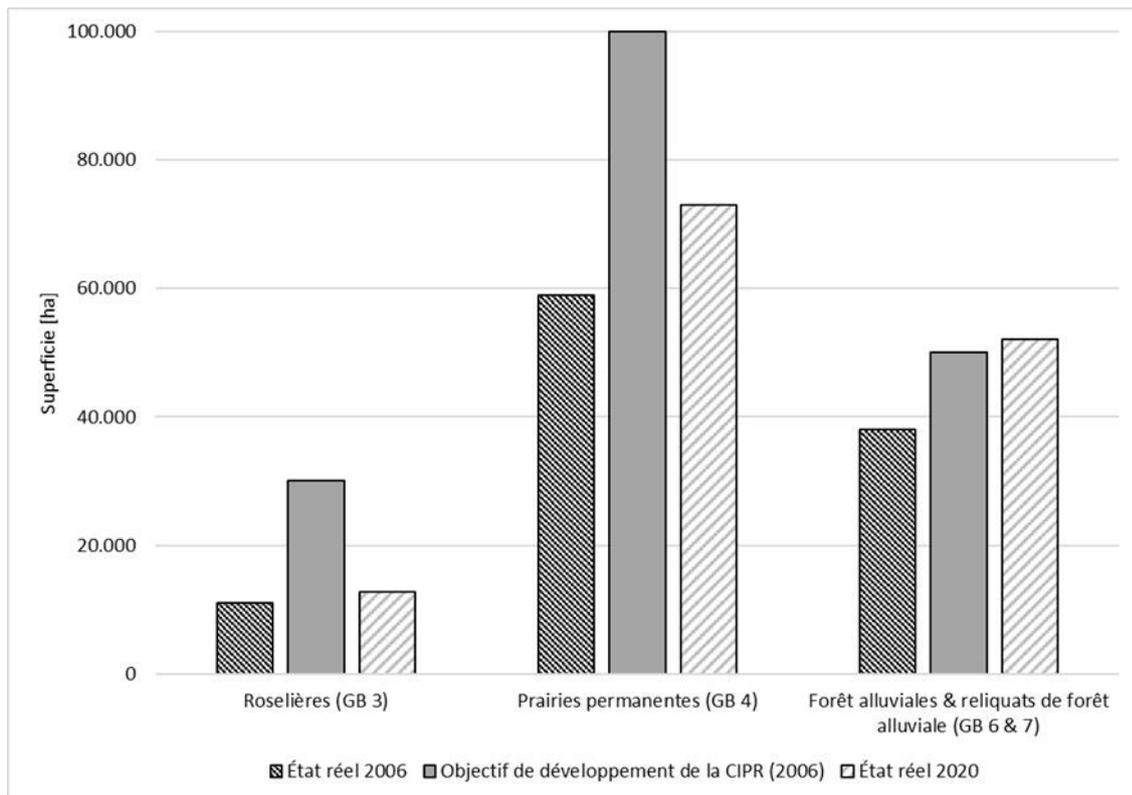


Figure 2 : état réel 2006 et 2020 et objectif de développement (2006) (superficie en ha de quelques groupes biotopiques sur l'ensemble du cours principal du Rhin). En raison de la différence de méthode, il convient de vérifier l'objectif de développement de 2006 de la CIPR. Il faut continuer de créer ou d'agrandir les forêts alluviales à l'avenir.

Le chapitre 3.2 suivant donne des informations détaillées sur chaque tronçon du Rhin en considérant l'état réel 2020, les évolutions depuis 2006 et les actions devant être engagées.

3.2 Inventaire, évolution et actions à engager pour chaque tronçon du Rhin

Au moyen de graphiques explicatifs, l'Atlas 2020 du réseau de biotopes sur le Rhin présente les 35 tronçons du Rhin de la sortie du lac de Constance à l'embouchure en mer du Nord décrits ci-dessous.

Les cartes suivantes, affichées à titre d'exemples, donnent un aperçu de l'Atlas du réseau de biotopes sur le Rhin en 2020 (cf. figure 3). Cet Atlas expose l'état réel des groupes biotopiques le long du Rhin, présente des exemples illustratifs de mesures prises pour le réseau de biotopes et désigne des zones prioritaires ou des espaces déficitaires. Les premières sont (très) précieuses pour le réseau de biotopes, les seconds ont des répercussions (très) fortes sur ce réseau, comme les surfaces imperméabilisées p. ex.

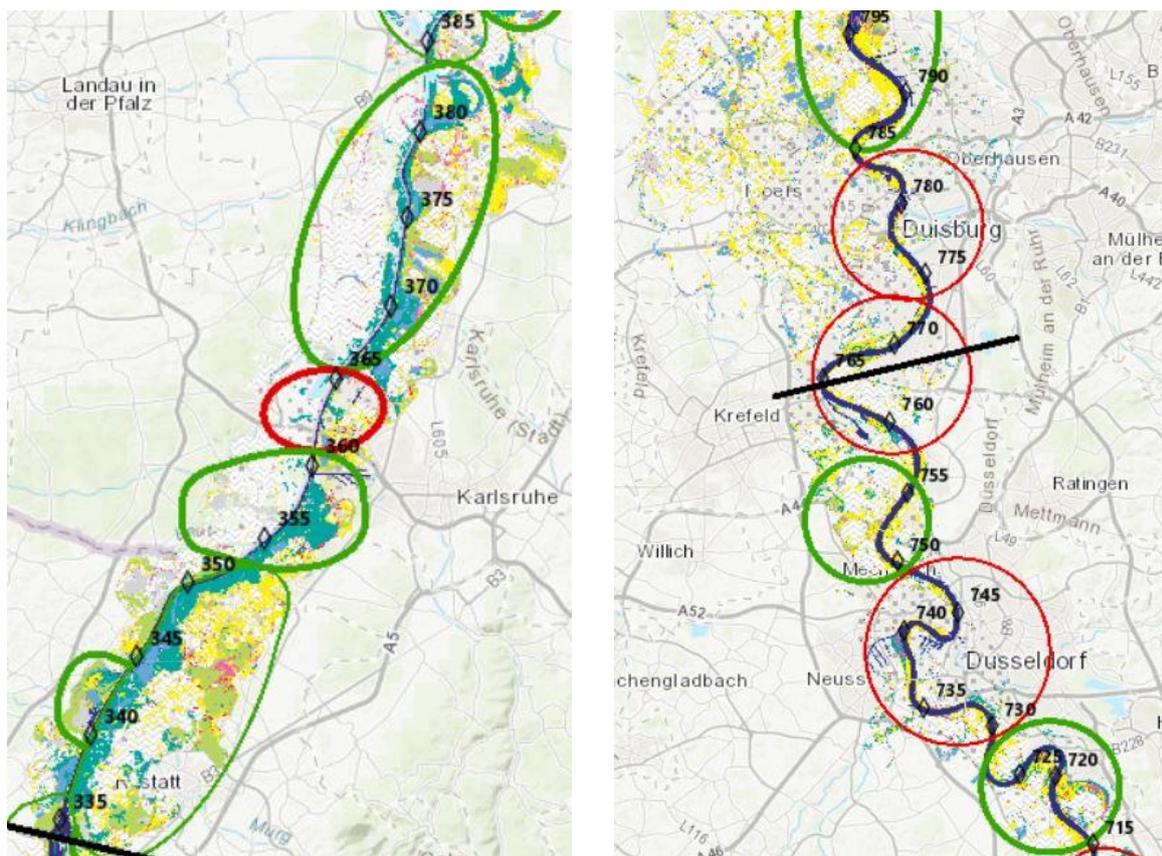


Figure 3 : exemples de cartes tirés de l'Atlas 2020 du « Réseau de biotopes sur le Rhin »¹⁵. En vert : espace prioritaire important pour la mise en réseau des biotopes ; en rouge : espace déficitaire ayant des conséquences sur la mise en réseau des biotopes.

Comme indiqué dans le chapitre 2, la méthode d'évaluation du réseau de biotopes sur le Rhin a changé depuis 2006. Ainsi, la cartographie des types biotopiques n'a été effectuée que localement en 2006, alors qu'elle a été systématique en 2020, principalement au moyen de la télédétection numérique.

De plus, il convient de prendre en compte que certaines différences dues à la méthode existent également au sein de la cartographie des types biotopiques de 2020. En Rhénanie-Palatinat, le plan des systèmes biotopiques connectés (VBS) a été utilisé en 2020. La transposition des types biotopiques et des états visés du plan VBS dans les groupes biotopiques de la CIPR peut être une source d'erreur. Des remarques y renvoient dans le texte ci-dessous.

¹⁵ https://geoportal.bafg.de/karten/cipr_atlas_des_biotopes_2020/

3.2.1 Tronçon du haut Rhin : de Stein am Rhein, sortie du lac inférieur aux chutes du Rhin (PK Rhin 23,5-48)

État réel 2020

Les eaux du Rhin [GB 1] s'écoulent sans retenue à la sortie du lac inférieur. Le courant est rapide et le lit faiblement à moyennement profond. Le niveau d'eau est soumis à des variations modérées car le lac de Constance joue un rôle tampon de réservoir. La zone de remous de l'usine de Schaffhouse se fait cependant ressentir dès Gailingen/Diessenhofen, env. 9 km en aval du lac inférieur.

Les talus sont abrupts et descendent souvent jusqu'au bord du fleuve. Il est malgré tout rare de rencontrer aujourd'hui des berges instables et exposées à l'érosion comme par le passé. Les sites sont principalement des zones boisées et des bosquets riverains proches de l'état naturel [GB 6]. On trouve souvent en avant des berges abruptes des bandes riveraines étroites de gravier et de sable [GB 1]. La formation de bancs de graviers temporairement inondés est caractéristique de ce tronçon [GB 1]. À ces endroits, comme globalement sur le reste du haut Rhin également, les saulaies blanches [GB 6] se limitent à des rubans alluviaux de forêt-galerie. À hauteur de Stein am Rhein et d'Hemishofen ainsi que dans la zone de Neuparadies, on trouve quelques marécages et roselières [GB 3] sur de grandes étendues de surface, en alternance avec des prairies permanentes humides [GB 4]. Une mosaïque de pentes sèches recouvertes de pelouses maigres [GB 5] et de forêts mixtes de hêtres proches de l'état naturel [GB 8] s'est en partie maintenue dans ce milieu. Subsistent également ça et là dans les surfaces d'exploitation agricole intensive des vergers sauvages, des bosquets champêtres et des haies [GB 8].

Les chutes du Rhin à Schaffhouse, situées sur le territoire suisse, sont la frontière de ce tronçon et constituent un obstacle naturel à la remontée de la faune piscicole.

Évolution depuis 2006

Les zones prioritaires pour la préservation et la restauration écologique sont les milieux aquatiques et amphibies. Il existe sur le haut Rhin des biotopes aquatiques et amphibies, notamment les tronçons à eaux courantes libres et les berges plates graveleuses et vaseuses.

Depuis 2006, l'accent en matière de redynamisation fluviale dans ce tronçon est mis sur la promotion d'un développement autodynamique du cours d'eau¹⁶. Les talus abrupts avec leurs berges instables et exposées à l'érosion qui font le caractère naturel de ce tronçon ont été restaurés [GB 1]. Du fait de l'érosion, des habitats graveleux se sont formés [GB 1]. De plus, des étangs pour les amphibiens et de nouvelles criques d'eaux calmes avec des roselières [GB 2 et GB 3] ainsi que des bassins d'eaux froides servant de zones d'abri pour des poissons sensibles à la chaleur dans le débouché des affluents ont été créés par exemple. Au total, plus de 8 km ont été restaurés du côté suisse et allemand¹⁷.

Actions à engager

Bien que ce tronçon puisse être considéré comme relativement proche de l'état naturel et que de grands efforts de restauration aient été faits ces dernières années, des déficits persistent au niveau aquatique et amphibie [GB 1]. Ils sont d'une part dus à l'effet de retenue de l'usine de Schaffhouse et d'autre part à l'aménagement rigide des tronçons de berges encore en place. Les berges ayant conservé leur caractère naturel sont endommagées aux endroits accessibles par des activités récréatives en partie intensives. Dans le périmètre de Schaffhouse, le nombre, l'extension et la mise en réseau,

¹⁶ Informations tirées de : Gewässerökologie Hochrhein – 20 Jahre länderübergreifende Zusammenarbeit – Bilanz und Ausblick (en cours de préparation)

¹⁷ Ces informations renvoient à la somme des mesures sur la rive droite et la rive gauche (pour une longueur du tronçon du Rhin de 24,5 km, la longueur des rives est de 49 km).

notamment au niveau des biotopes secs [GB 5] et d'autres habitats proches de l'état naturel dans et autour des zones urbaines [GB 8] pourraient être améliorés.

Il convient de préserver en priorité les derniers segments à écoulement libre de grande taille existant encore sur ce tronçon. Du côté du Bade-Wurtemberg, le haut Rhin nécessite d'être restauré en amont du débouché de l'Aar (jusqu'au lac de Constance) sur environ 10 km de long.

Autres mesures recommandées¹⁸ :

[GB 1] : continuer de retirer les aménagements rigides des berges et créer ainsi une zone de transition proche de l'état naturel entre le milieu terrestre et le milieu aquatique. Orienter le flux de visiteurs afin de restreindre la pression des activités de loisir sur les zones dignes de protection.

[GB 3] : étendre les surfaces de tourbières, marécages et roselières (végétation de hautes herbes), en particulier dans le potentiel champ d'inondations, en créant des zones adaptées à un tel développement. L'état doit être préservé par la poursuite de la fauche de prairies à litière en automne/hiver. Limiter les perturbations occasionnées par les visiteurs en quête de loisirs par des mesures informatives et incitatives.

[GB 4] : préserver et étendre si possible les sites de prairies permanentes.

[GB 5] : viser à élargir les biotopes secs. Continuer d'entretenir les surfaces existantes par les pâturages ou la fauche. Prendre des mesures pour améliorer l'état des peuplements floristiques appauvris ou de ceux qui présentent des déficits en raison d'une gestion non adaptée. Créer à cette fin des surfaces correspondantes dans l'espace déficitaire de Schaffhouse. Tolérer si possible l'érosion des talus des berges sèches. Protéger les pelouses maigres des apports de nutriments.

[BTG 6] : permettre aux forêts humides de feuillus de se transformer en forêts alluviales au travers d'inondations saisonnières récurrentes. Étendre les lisières de forêt-galerie alluviale de bois tendre, par exemple dans le prolongement des berges plates graveleuses.

3.2.2 Tronçon du haut Rhin : des chutes du Rhin à Waldshut-Tiengen (des chutes du Rhin à Schaffhouse au débouché de l'Aar : PK Rhin 48-102)

Situation actuelle 2020

Le tronçon en aval des chutes du Rhin est marqué par les retenues de trois usines. Toutefois, deux autres tronçons du Rhin à écoulement libre et plus longs [GB 1] sont également conservés. L'un se trouve en amont du débouché de la Thur (long d'env. 6 km), l'autre en amont du débouché de l'Aar (long d'env. 12 km). Dans ces deux tronçons fluviaux, les berges de gravier, de sable et de vase [GB 1] sont bien développées.

Sur ce tronçon, l'hydromorphologie est au mieux nettement ou fortement modifiée sur une grande partie du Rhin.

Depuis le lac inférieur du lac de Constance (PK 24) jusqu'à l'embouchure de la Thur (PK 65), le haut Rhin a toujours eu un régime de charriage assez faible. Du fait du régime de charriage perturbé, le lit mineur du haut Rhin est en grande partie colmaté. Vu la géologie du haut Rhin et la forme de sa vallée, les cours d'eau alluviaux [GB 2] ne sont pas typiques de ce milieu. Il en existait initialement seulement à quelques endroits, p.ex. dans les zones de débouché de la Thur, de la Töss et de la Wutach.

¹⁸ Informations tirées de : Gewässerökologie Hochrhein – 20 Jahre länderübergreifende Zusammenarbeit – Bilanz und Ausblick (en cours de préparation) et du Managementplan für das FFH-Gebiet 8218-342 „Gottmadinger Eck“ (2021)

Les marécages, les roselières et la végétation de hautes herbes [GB 3] longent en partie le cours du Rhin et de ses affluents. Les roselières d'alpistes roseaux sont largement répandues. Les marécages, roselières et végétation de hautes herbes sont présents sur de grandes étendues dans certaines réserves naturelles. Entre les chutes du Rhin et le débouché de l'Aar, il existe quelques zones permettant le développement à grande échelle de forêts alluviales [GB 6]. Ces surfaces sont proches de zones déjà précieuses, telles que la réserve naturelle de Nacker Mühle ou les débouchés de la Thur ou de la Wutach. Des biotopes secs [GB 5] occupent la terrasse basse sous forme de pelouses maigres, de pelouses sèches ou semi-sèches ainsi que de rebords de parapets boisés. Les prairies permanentes [GB 4] sont relativement répandues sur les surfaces agricoles dans cette zone.

Évolution depuis 2006

Dans ce tronçon également, l'accent en matière de redynamisation fluviale est mis depuis 2006 sur la promotion d'un développement autodynamique du cours d'eau¹⁹. Au total, plus de 20 km ont été restaurés du côté suisse et allemand²⁰. Le développement de talus abrupts avec leurs berges instables et exposées à l'érosion, qui font le caractère naturel de ce tronçon aussi et qui sont présents ici sur une grande partie du fleuve, a été encouragé [GB 1]. Du fait de l'érosion, des segments graveleux se sont formés [GB 1]. Les zones alluviales de nouveau raccordées ou créées dans ce tronçon [GB 2, 6 et 7] ont une importance particulière. Il convient de souligner le projet de champ alluvial de la Thur (350 ha), la zone alluviale Chly Rhy à Rietheim (35 ha) et le débouché de la Wutach (9 ha). Afin d'éliminer les perturbations affectant le transport de débit solide, près de 7.000 m³ par an de gravier sont prévus dans ce tronçon, dont 4.700 m³ sont déjà déversés par an²¹ [GB 1]. De plus, des étangs pour les amphibiens et de nouvelles criques d'eaux calmes [GB 2 et 3] ont été créés par exemple. Le système de montaison des poissons ne correspond à l'état de la technique que sur la première des trois usines. Pour une autre, un aménagement correspondant sera effectué sous peu.

Actions à engager

On trouve trois usines (Rheinau, Eglisau et Reckingen) sur ce tronçon. À hauteur de l'usine de Rheinau qui n'a pas encore été aménagée, l'eau est prélevée du méandre du Rhin, à l'exception d'un faible débit réservé, et transite par des galeries souterraines jusqu'à l'usine où elle est turbinée. Deux barrages annexes assurent un niveau du Rhin qui ne varie pas. L'eau s'écoule très lentement dans la boucle et donne ici au Rhin un caractère de plan d'eau. L'écoulement régulier est interrompu.

Le tronçon à écoulement libre, important sur le tronçon du haut Rhin, commence en aval de la boucle du Rhin, entre Jestetten (PK 58) et l'embouchure de la Thur (PK 65). Les berges des forêts limitrophes sont en partie consolidées. La forêt qu'atteignent parfois les crues est composée en partie de peuplements de conifères qui ne sont pas typiques dans cet habitat. Le deuxième tronçon à écoulement libre important pour le haut Rhin est à l'extrémité du tronçon entre Reckingen (PK 90) et l'embouchure de l'Aar (PK 102). On relève des déficits écologiques importants dus essentiellement à l'aménagement rigide des berges et à la structure peu diversifiée de ces dernières. Les déficits du charriage ont été en grande partie éliminés provisoirement grâce au remblayage de gravier.

Ici aussi, l'accent est mis sur les tronçons à écoulement libre pour la restauration. Du côté du Bade-Wurtemberg, le haut Rhin nécessite d'être restauré en amont du débouché de l'Aar (jusqu'au lac de Constance) sur 10 km de long. Du côté suisse, une attention particulière est portée aux zones de débouché des grands affluents du Rhin. Ici, le

¹⁹ Informations tirées de : Gewässerökologie Hochrhein – 20 Jahre länderübergreifende Zusammenarbeit – Bilanz und Ausblick (en cours de préparation)

²⁰ Ces informations renvoient à la somme des mesures sur la rive droite et la rive gauche (pour une longueur du tronçon du Rhin de 54 km, la longueur des rives est de 108 km).

²¹ Plan directeur « Mesures de réactivation du charriage dans le haut Rhin » (2013)

rétablissement de la continuité et la valorisation des habitats sont les objectifs prioritaires ²².

Autres mesures recommandées²³ :

[GB 1] : mettre en valeur l'espace fluvial entre les segments à écoulement libre en retirant les aménagements rigides des berges. Les tronçons à écoulement libre ne peuvent déployer leurs effets écologiques bénéfiques qu'avec un apport en débit solide continu, notamment à partir du débouché de la Thur ou en aval de l'usine de Reckingen. Encourager l'érosion naturelle dans la mesure où elle ne remet pas en cause la protection contre les inondations et d'autres objectifs de protection. Continuer ainsi à améliorer le régime de charriage. Étendre les habitats de berges plates. Poursuivre l'assainissement du régime de charriage afin de promouvoir la formation d'îles de graviers.

[BTG 2] : redynamiser plusieurs anciens bras là où cela est encore possible.

[GB 3] : promouvoir le développement des roselières en relation avec les activités de restauration des groupes biotopiques 1 et 2.

[GB 4] : extensifier l'exploitation des prairies permanentes. Chercher à les étendre.

[GB 5] : encourager le développement de ce type de biotopes en tolérant l'érosion des talus des berges abruptes. Protéger les pelouses semi-sèches et les prairies maigres sur la terrasse basse.

[BTG 6] : préserver les implantations forestières alluviales dans les zones de débouché des affluents et les étendre là où ceci est nécessaire et possible.

[GB 8] : promouvoir les autres habitats précieux pour le réseau de biotopes dans cette zone pour connecter et renforcer l'infrastructure écologique là où cela est possible.

3.2.3 Tronçon du haut Rhin : de Waldshut-Tiengen à Bâle/Weil (du débouché de l'Aar à Bâle : PK Rhin 102-170)

État réel 2020

À la confluence avec l'Aar, le débit du Rhin double. Le lit [GB 1] s'est profondément creusé du fait de cet apport d'eau important. Sur ce tronçon, le Rhin est caractérisé par les zones de remous des usines. Les tronçons à écoulement libre ont disparu, à l'exception de petits tronçons situés en aval des barrages des usines. Les anciens bras naturels ont également disparu pour la plupart. Les berges du haut Rhin sont pour la plupart abruptes et souvent aménagées.

À l'état initial et naturel, les affluents situés entre l'embouchure de la Thur et Bâle (PK Rhin 170) alimentaient le haut Rhin en matériau solide et en bois mort structurant en cas de crue. Le déplacement régulier des bancs de gravier entraînait une diversité du milieu physique, offrant par là même des habitats appropriés aux organismes aquatiques typiques de ce milieu. La réduction du charriage en provenance des affluents (retenues, corrections du cours d'eau) et la capacité limitée de transport de matériau solide dans les retenues du haut Rhin fait qu'aujourd'hui le charriage est inexistant sur environ la moitié du haut Rhin. Dans les autres tronçons, on ne trouve plus qu'une infime fraction du charriage initial. L'ensemble du matériau solide se dépose dans la retenue de l'usine de Ryburg-Schwörstadt. Du fait des apports de débit solide entre 2010 et 2019, 8.780 m³

²² Plans de revitalisation des cantons ZH et AG (Revitalisierungsplanung Kanton Zürich, Baudirektion Kanton Zürich, AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft; Revitalisierung Fließgewässer – Strategische Planung, Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Landschaft und Gewässer)

²³ Informations tirées de : Gewässerökologie Hochrhein – 20 Jahre länderübergreifende Zusammenarbeit – Bilanz und Ausblick (en cours de préparation), MaP Hochrhein östl. von Waldshut (2009) et MaP Wälder, Wiesen und Feuchtgebiete bei Jestetten (2010)

au total sont venus s'ajouter dans les zones de retenue. Il n'y a plus de charriage sur le tronçon situé en aval de l'usine de Ryburg-Schwörstadt. Le manque de charriage a des impacts sur le Rhin supérieur et les tronçons en aval.

À l'échelle du haut Rhin, on relève la présence d'une importante zone alluviale (env. 25 ha) [GB 6] à hauteur de l'usine d'Albbruck/Dogern en raison de la dérivation d'un ancien tronçon du Rhin à écoulement libre, avec une végétation marquée par une forêt de bois tendre avec dominance de saules blancs. On trouve en Suisse une forêt alluviale étendue (avec marécages et roselières) dans la zone du lac de retenue de Klingnau (débouché de l'Aar). D'autres fragments de forêt alluviale subsistent à proximité de Bad Säcking, au débouché de la Wehra, au nord de Schwaderloch (Rossgarten) et entre Etzgen et Sisseln. L'embouchure de la Wehra [GB 2] a une importance suprarégionale comme zone de couvain, de repos et d'hivernage des oiseaux. Plus en aval, on voit apparaître localement des berges abruptes [GB 5] recouvertes d'une végétation vigoureuse des communautés végétales de la forêt de chênes et de charmes. Sur la rive gauche du Rhin, les biotopes secs sont le plus souvent sur la basse terrasse.

À partir de Rheinfeld, le Rhin est ouvert à la navigation à grand gabarit. Les berges et le fond du fleuve sont exposés au battement des vagues et aux tourbillons formés par les bateaux.

À hauteur de Grenzach-Wyhlen, on trouve quelques anciennes gravières abandonnées de grande taille [GB 8]. Entre Mumpf et Rheinfeld, de même qu'à hauteur de Muttenz, on rencontre des surfaces forestières importantes jouissant du statut de réserve naturelle. Certaines parties sont caractéristiques du milieu alluvial [GB 6], mais la majorité sont des forêts mixtes de feuillus [GB 8]. Dans le canton de Bâle-Ville, la Wiese [GB 1] et sa plaine alluviale avec ses eaux calmes, forêts et vergers sauvages [GB 2 et 8] sont également importantes pour une mise en réseau de biotopes entre le haut Rhin et le Rhin supérieur. Dans la ville de Bâle, des sites secs précieux [GB 5] existent également dans certaines zones à proximité des cours d'eau Bâle.

Évolution depuis 2006

Les zones prioritaires pour la préservation et la restauration écologique sont les milieux aquatiques et amphibies ainsi que les eaux calmes alluviales.

Depuis 2006, l'accent en matière de redynamisation fluviale dans ce tronçon est mis sur le retrait des aménagements rigides des berges, la restauration hydromorphologique par un apport (en une seule fois) de gravier et de bois mort [GB 1] et la promotion du développement du milieu alluvial [GB 2 et 6]²⁴. Dans le tronçon court-circuité de l'usine d'Albbruck-Dogern, le règlement concernant le débit minimal a été modifié et correspond aux normes [GB 1]. La montaison des poissons correspond maintenant à l'état de la technique pour 4 des 7 usines. À certains endroits, des sites secs ont aussi été développés [GB 5]. Au total, un tronçon de près de 22 km a été restauré sur la rive suisse et allemande²⁵.

Actions à engager

7 autres usines hydroélectriques se succèdent sur le Rhin entre l'embouchure de l'Aar et Bâle. Les tronçons à écoulement libre ne se trouvent plus que sur des petits segments en aval des barrages, si tant est qu'il en subsiste. L'ensemble du tronçon est caractérisé par des déficits dans la morphologie des berges. Les talus sont souvent consolidés, notamment autour des usines. La zone d'Albbrück (PK 108-114 du Rhin) est marquée par

²⁴ Informations tirées de : Gewässerökologie Hochrhein – 20 Jahre länderübergreifende Zusammenarbeit – Bilanz und Ausblick (en cours de préparation)

²⁵ Ces informations renvoient à la somme des mesures sur la rive droite et la rive gauche (pour une longueur du tronçon du Rhin de 68 km, la longueur des rives est de 136 km).

le canal d'aménée, un grand bassin d'eau et un tronçon court-circuité. Sur de larges zones, le Rhin reste pauvre en éléments structurels et en bosquets riverains.

Les marécages, roselières et végétation de hautes herbes ainsi que les prairies permanentes humides sont trop peu nombreuses et sur de trop petites superficies. Avec le renouvellement de la concession de l'usine hydroélectrique de Rheinfelden, une série de mesures écologiques de compensation ont été réalisées et ont ainsi amélioré la situation. Entre Rheinfelden et Bâle, le Rhin est aménagé comme voie navigable fédérale permettant la navigation à grand gabarit. Les berges sont consolidées. L'exploitation agricole de la basse terrasse limitrophe est intensive. Les infrastructures de transport et le milieu urbain deviennent plus denses dans l'agglomération de Bâle. Les eaux calmes naturelles, les marécages, roselières et végétation de hautes herbes ainsi que les prairies permanentes et les forêts alluviales sont fortement décimés sur ce tronçon.

Ce dernier tronçon du haut Rhin est très altéré. Du côté du Bade-Wurtemberg, le haut Rhin nécessite d'être restauré en aval du débouché de l'Aar (jusqu'à Bâle) sur 15 km de long. Du côté suisse, ce sont les grands affluents (la Birs et la Wiese) qui jouent un rôle important en tant qu'éléments de mise en réseau dans cette zone à forte densité de population.

Autres mesures recommandées :

[GB 1] : continuer de retirer les aménagements rigides des berges et restaurer la morphologie naturelle des berges. Restaurer en particulier les zones d'embouchure des affluents là où cela n'a pas encore été fait, notamment pour assurer la remontée des poissons. Continuer à améliorer le régime de charriage. Poursuivre l'assainissement du régime de charriage afin de promouvoir la formation d'îles de graviers.

[BTG 2] : mettre en place et développer des zones alluviales proches de la nature [y compris GB 3 + 6] là où cela est encore possible. Préserver les biotopes secondaires existant ponctuellement si nécessaire.

[GB 3] : promouvoir le développement ou la création des roselières au travers de la restauration des groupes biotopiques 1 et 2.

[GB 4] : exploiter les potentialités de développement des prairies permanentes et promouvoir la création de ce type de biotope (comme passerelle biologique).

[GB 5] : conserver les biotopes secs et les étendre si possible. Les développer en tant qu'axes de connexion entre la terrasse basse et la plaine fluviale.

[BTG 6] : viser à étendre les sites de forêt alluviale dans un ordre de grandeur caractéristique pour le haut Rhin. Redynamiser et étendre les fragments forestiers alluviaux.

[GB 8] : promouvoir la biodiversité dans les zones urbaines, en particulier dans la ville de Bâle, ce qui peut contribuer à mettre en réseau les biotopes et à diversifier les espèces qui y vivent.

3.2.4 Tronçon du Rhin supérieur : De Bâle à Breisach/Neuf-Brisach (PK Rhin 170-226)

Situation actuelle 2020

Le Rhin, qui s'élargissait sur environ 4 km en un large champ alluvial ramifié avant les mesures d'aménagement de ce tronçon, s'écoule aujourd'hui en deux bras vers le nord. Un de ses deux bras est le Grand canal d'Alsace, long de 52 km. Il s'écoule en parallèle du Vieux Rhin et reçoit la plus grande part du débit du Rhin (jusqu'à 1 400 m³/s).

Le débit du Vieux Rhin [GB 1] a augmenté après 2007 avec le renouvellement de la concession de l'usine hydroélectrique de Kembs. Hors périodes de crue, le débit va désormais de 52 m³/s à 150 m³/s en fonction de la saison et du débit réel du Rhin. Avant le renouvellement de la concession, le débit était fixé à moins de 30 m³/s.

La composition de la mosaïque de types de biotopes dans la zone étudiée n'a pas beaucoup changé depuis 2006. À l'écart du lit mineur se trouvent quelques biotopes d'eau stagnante, connectés en période de hautes eaux [GB 2]. Les roselières sont de plus en plus répandues [GB 3]. Les prairies permanentes ne sont plus que fragmentaires [GB 4]. A la suite de la baisse du niveau du Rhin, des biotopes secs se sont développés sur la rive droite du Rhin et sur l'île du Rhin, entre le Grand Canal d'Alsace et le Vieux Rhin [GB 5]. Les zones inondables et les forêts alluviales qui y sont liées sont rares [GB 6]. Dans l'espace géographique considéré, le paysage est empreint de grandes forêts de chênes et de charmes et de forêts de laïches, chênes et tilleuls [GB 7]. On rencontre des vergers sauvages sur de petites surfaces tout le long de ce tronçon de même que des fragments de forêts marécageuses entre Märkt et Neuenburg. Environ 10 gravières se trouvent dans la zone d'étude [GB 8].

Évolution depuis 2006

Depuis 2006, de nombreuses mesures ont été mises en œuvre dans le cadre du Programme Intégré pour le Rhin (IRP) et le réseau de biotopes s'est grandement amélioré. Le premier segment de planification de l'**espace de rétention de Weil/Breisach**, qui se trouve le plus au sud entre Märkt et Kleinkems, a ainsi pu être achevé. Dans ce segment, des éléments paysagers fluviaux typiques se sont développés. La forte dynamique du courant forme ici les bancs de gravier typiques de la zone de ramifications [GB 1]. Depuis 2009, des jeunes forêts de peupliers et de saules se sont développées au sud [GB 6]. D'autres forêts alluviales se développent sur les surfaces reboisées.

Plus au nord, sur les surfaces décaissées près d'Efringen-Kirchen, un système primaire de fossés alluviaux a été installé. Le GB 2 s'est bien développé ici.

Entre le seuil d'Istein et Neuenburg, des travaux de décaissement sont en cours. À la suite de ces mesures, le GB 1 se développera de manière analogue à la zone entre Märkt et Kleinkems au cours des dernières années.

Dans le cadre des mesures IRP également, un nouveau lit avec une rampe rugueuse a été construit pour la Kander. Depuis 2010, la continuité du Rhin vers la Kander et inversement est ainsi assurée.

Les talus des digues, qui sont en partie très étendus le long des espaces de rétention, sont régulièrement entretenus. Le GB 5 peut ainsi bien se développer autour des talus.

Des mesures ont également été mises en œuvre dans l'espace de rétention IRP du **barrage agricole de Breisach**. Grâce au raccordement et la mise en eau de divers fossés alluviaux, une nouvelle dynamique fluviale s'est mise en place depuis 2020. Les prochaines années montreront l'effet de cette mesure sur le champ alluvial.

La construction d'une passe à poissons performante sur le barrage de la Möhlin ainsi que les ouvrages de prise d'eau équipés de dispositifs de montaison des poissons en amont du barrage agricole permettent d'assurer la continuité pour les poissons et autres organismes aquatiques.

Comme l'espace de rétention n'est pas encore opérationnel, l'état du paysage forestier n'a pas encore changé. Toutefois, un sentier d'information sur cet espace de rétention et sur l'écologie des zones alluviales a déjà été créé. L'application uRnature/Mission Kulturwehr Breisach offre l'opportunité de découvrir l'écologie des zones alluviales et le

fonctionnement des espaces de rétention de manière ludique [GB 6]. Le GB 7 a été aménagé avec des essences typiques.

En rive gauche, une opération de restauration d'envergure des milieux rhénans a été menée sur l'**île du Rhin** à hauteur de la commune de Kembs (cf. chap. 3.3.2). Les travaux ont consisté à renaturer environ 100 hectares, dédiés initialement à la culture du maïs, en reconstituant une mosaïque de milieux naturels fonctionnels permettant le retour d'une biodiversité caractéristique des milieux alluviaux. Ont ainsi été constituées sur cet espace dégradé des prairies sèches [GB 5], des prairies humides [GB 4], des roselières [GB 3], des mares... Le plus grand défi a été de recréer sur 7 km un ancien bras du Rhin [GB 1], baptisé Petit Rhin, dont le tracé a été retrouvé via une étude topographique. Il comporte un bras principal, par endroit large de 25 m, ainsi que des bras annexes et des bancs de gravier. Une prise d'eau d'un débit minimal de 7m³/s sur le Rhin canalisé assure son alimentation. Le projet s'est également accompagné, au niveau du vieux Rhin jouxtant l'île, d'opérations de recharges alluvionnaires et de créations de zones d'érosion maîtrisée des berges [GB 2]. Des ouvrages permettant la circulation de la faune piscicole et du castor ont été installés. La mise en eau du nouveau bras du Rhin a été effectuée en septembre 2014. Le projet a été inauguré le 5 juin 2015. Il s'agit d'un des plus grands projets de restauration écologique d'Europe.

Actions à engager

Mesures planifiées :

Dans l'espace de rétention de Weil-Breisach, d'autres travaux de décaissement du lit majeur sont prévus. Les surfaces décaissées seront raccordées à la dynamique des crues du Rhin afin qu'une mosaïque biotopique à caractère alluvial puisse voir le jour. Dans le futur milieu alluvial de la zone décaissée, un réseau ramifié de cours d'eau alluviaux doit être recréé et le milieu alluvial existant doit être amélioré par apport supplémentaire d'eau et raccordement de différents fossés alluviaux [GB 1 et 2].

Dans l'espace de rétention du barrage agricole de Breisach, ce sont surtout les forêts de la zone alluviale dite ancienne, longtemps déconnectées du régime de crue, qui sont à nouveau submergées régulièrement, ce qui permet à de nouvelles forêts alluviales de se développer [GB 6].

En rive gauche, il est prévu de réhabiliter d'anciens bassins de stockage de saumures anciennement exploités par les Mines de Potasse d'Alsace situés sur l'île du Rhin à hauteur de la commune de Fessenheim. Ce projet s'étend sur 160 hectares. Il va permettre de créer un vaste écosystème palustre [GB 3] grâce à des prises d'eau sur le Rhin canalisé. Cette grande zone humide ouverte devrait être propice à l'accueil, la nidification et la migration de nombreuses espèces d'oiseaux d'intérêt européen. Des équipements (sentiers aménagés, observatoires) dédiés à l'accueil et à la sensibilisation du public sont en outre prévus sur ce site.

[GB 5] : étendre ou renforcer les mesures d'entretien des surfaces subsistantes pour compenser la perte de l'actuelle zone alluviale sèche dans la zone décaissée.

[BTG 6] : créer à grande échelle des peuplements forestiers alluviaux. Les surfaces décaissées se reboiseront, ce qui renforcera l'impact de rétention des crues. Les forêts alluviales de bois dur et de bois tendre doivent s'implanter librement par phases de succession en fonction du débit du Rhin. Sous l'effet des inondations écologiques, les forêts de l'espace de rétention du barrage agricole de Breisach retrouveront progressivement un caractère plus alluvial.

Autres mesures recommandées :

[GB 3] : L'extension des représentants typiques des phytocénoses des roselières sur les sites non boisés devrait être encouragée. Améliorer la qualité des peuplements existants.

[GB 4] : Créer de nouvelles prairies permanentes dans un ordre de grandeur limité.

[GB 7] : Créer de nouveaux sites boisés avec des essences typiques en dehors de la plaine alluviale.

[GB 8] : préserver et améliorer la qualité des peuplements actuels.

3.2.5 Tronçon du Rhin supérieur de Breisach/Neuf-Brisach à Kehl/Strasbourg (PK Rhin 226-292)

Situation actuelle 2020

Les conditions sur le Rhin entre Breisach et Kehl n'ont pas beaucoup changé depuis 2006. Quatre festons du Rhin avec des barrages pour l'exploitation hydroélectrique sont reliés à des tronçons du cours principal du Rhin. En parallèle s'écoule un ancien bras du Rhin continuellement alimenté en eau et créé par raccordement de bras morts, giessen et fossés alluviaux [GB 1].

Depuis fin 2015, une passe à poisson est en service sur le barrage de Strasbourg, et depuis 2019 à Gerstheim.

Sur la rive droite du Rhin, les cours d'eau alluviaux naturels, les giessen et les plans d'eau artificiels proches de l'état naturel [GB 2] se rencontrent fréquemment dans ce tronçon du Rhin. Les roselières et les marais à grands carex [GB 3] sont des éléments caractéristiques du paysage entre Wyhl et Altenheim ainsi que des « îles du Rhin » et des zones boisées sur la rive gauche du Rhin canalisé. Des prairies très humides, humides et fraîches [GB 4] sont principalement localisées à l'ouest de Kappel-Grafenhausen ainsi que dans la zone étendue comprise entre Altenheim et Kehl. De façon générale, le tronçon situé sur la rive gauche du Rhin entre Neuf-Brisach et Strasbourg est marqué par la présence de prairies permanentes. Des pelouses sèches et semi-sèches [GB 5] se sont développées sur des sols secs et plats présentant un pourcentage élevé de gravier et sur les anciennes digues du Rhin exposées au sud en rive droite.

Les inondations écologiques qui ont lieu depuis plus de 30 ans en fonction du débit dans l'espace de rétention du polder d'Altenheim, ont permis le développement d'habitats ayant un caractère plus alluvial [GB 6]. Plus les forêts sont inondées régulièrement, plus la part d'espèces animales typiques des zones alluviales ou adaptées aux crues est importante.

De grandes forêts de chênes et de charmes colonisent les anciennes zones alluviales sur les deux rives du Rhin [GB 7]. Les biotopes renferment suffisamment de types biotopiques importants pour la protection des espèces et la mise en réseau des biotopes [GB 8].

Depuis 2004, le Polder d'Erstein participe à l'écroulement des crues importantes sur le Rhin, mais une gestion écologique de cet espace est également à l'œuvre : lorsque le débit du fleuve le permet, une redynamisation des cours d'eau phréatiques [GB 1] ou des submersions écologiques sont réalisées dans cet espace boisé de 600 hectares [GB 7].

Évolution depuis 2006

Dans ce tronçon du Rhin également, des mesures ont été mises en œuvre dans le cadre du Programme Intégré pour le Rhin depuis 2006.

Dans l'espace de rétention de **Breisach/Burkheim**, des forêts avec des essences typiques ont été aménagées sur les anciennes terres labourées à l'intérieur des terres [GB 7]. Dans l'espace de rétention, des fossés alluviaux ont été creusés ou dégagés. Ainsi, des surfaces d'eau supplémentaires ont pu être créées [GB 2]. En 2022, de nouveaux fossés seront reliés au Rhin dans l'espace de rétention. Une nouvelle

dynamique fluviale va se mettre en place. Une passe à poisson sur un des ouvrages de prise d'eau va relier les cours d'eau alluviaux au Rhin.

Le lit de la Blauwasser qui se trouve dans l'espace de rétention a été aménagé pour être plus proche de la nature et pour améliorer ainsi la connexion du fleuve et du champ alluvial et créer de nouveaux cours d'eau alluviaux.

Dans le cadre de la **protection de Rheinhausen contre les inondations**, les digues existantes dans la forêt ont été supprimées et une nouvelle digue de protection contre les inondations a été aménagée à l'intérieur des terres. Ainsi, de grandes superficies de forêts ont été raccordées à la dynamique des crues du Rhin. Avec le rabaissement de la digue sur le canal Leopold, les forêts seront également submergées par les inondations du canal Leopold [GB 6 + 8].

Avec la construction de plusieurs dispositifs de montaison, les cours d'eau alluviaux sont de nouveau alimentés naturellement en eau et les poissons peuvent remonter du Rhin dans ces cours d'eau et dans le canal Leopold. Dans la forêt, des processus morphodynamiques sont en cours avec déplacements des lits et création de bancs de sable et de gravier [GB 1].

Dans le cadre du projet **Redynamisation du Taubergießen**, la digue du Rhin et du canal Leopold a été rabaissée sur certains tronçons. Les ouvrages transversaux ont été démantelés et la continuité s'en est trouvée améliorée. La dynamisation des conditions de débit dans cette zone a profité également aux giessen [GB 1].

Depuis 2017, un ouvrage de prise d'eau central avec passe à poisson est en service dans l'espace de rétention du **débouché de l'Elz**. La continuité entre les eaux latérales et le Rhin a ainsi été rétablie.

Dans l'espace de rétention du **polder d'Altenheim**, un sentier sur la faune et la flore sauvage du champ alluvial a été créé ainsi qu'un point d'information dans le « Forum sur le Rhin ».

Des mesures ont également été mises en œuvre sur l'espace de rétention du **barrage agricole de Kehl/Strasbourg**. Dans cet espace prioritaire subordonné, de nouvelles connexions entre les eaux ont été créées et les conditions de débit améliorées dans l'espace de rétention. En outre, la répartition dans l'espace des inondations écologiques a été améliorée grâce au remplacement de petits passages couverts par des ponts. Ainsi, le GB 2 et le GB 6 ont pu être préservés ou agrandis.

En rive gauche, sur l'**île de Marckolsheim**, des travaux visant à restaurer un ancien bras du Rhin, l'Altwasser [GB 2], ont été menés en 2017. Ils ont consisté à :

- créer une nouvelle prise d'eau sur le Vieux Rhin permettant d'alimenter l'Altwasser dès que le débit du Rhin dépasse 1 500 m³ ;
- recréer un lit mineur à pente continue sur l'Altwasser avec création de faciès variés pour augmenter la diversité des habitats. Un lit unique a été favorisé pour concentrer les écoulements et conserver un potentiel morphodynamique optimal. Le creusement de ce nouveau chenal permet de rapprocher l'Altwasser du toit de la nappe phréatique et ainsi d'améliorer son alimentation par les eaux souterraines ;
- aménager des mares interconnectées à l'Altwasser en période de crues ;
- -réouvrir un ancien bras parallèle au chenal d'alimentation existant pour augmenter la capacité d'alimentation.

Des travaux visant à améliorer le fonctionnement hydraulique de l'Altwasser [GB 1], à réalimenter en eau un massif forestier [GB 7] et à gérer des niveaux d'eau ont été menés en 2006 dans la forêt de **Rhinau-Daubensand**. Les travaux ont consisté à :

- remettre en état des ouvrages de prise d'eau et de restitution au contre-canal de drainage pour l'Altwasser ;
- reprendre deux ouvrages de franchissement du cours d'eau par des routes forestières ;
- créer une vingtaine de mares favorables aux amphibiens et aux odonates ;
- renaturer des zones marécageuses [GB 3] ;
- développer des zones de tranquillité pour les oiseaux.

Une action de restauration de la dynamique des habitats alluviaux rhénans de l'**île du Rohrschollen** [GB 6] menée en 2015 visait à restaurer (hors périodes de crues) la connectivité piscicole et les échanges hydrobiologiques entre le cours d'eau principal du Rhin et son réseau secondaire, le Bauerngrundwasser [GB 2]. L'objectif était de retrouver un fonctionnement hydrologique du site plus proche de son fonctionnement d'origine permettant de :

- réactiver les échanges nappe / rivière pour une amélioration de la qualité des eaux et une augmentation des fluctuations des niveaux de nappe favorisant les espèces végétales typiques des milieux rhénans ;
- améliorer la connectivité latérale sur le Bauerngrundwasser pour augmenter les surfaces d'échange, favoriser le développement d'espèces végétales typiques sur la ripisylve et améliorer la qualité des habitats aquatiques.

Actions à engager

Mesures en cours de mise en œuvre :

[BTG 6] : les espaces de rétention prévus sont en grande partie boisés. Transformer ces forêts en peuplements forestiers alluviaux pour qu'ils puissent supporter sans grand dommage l'effet de rétention des crues. Des mesures d'orientation des flux de visiteurs permettent de protéger les zones particulièrement sensibles. Des sentiers pédagogiques, des parcours en barque sur les rivières et des centres d'information sur le milieu alluvial doivent être mis en place.

[GB 7] : les boisements primaires à effectuer sur les surfaces actuellement exploitées à des fins agricoles contribueront à promouvoir ce groupe biotopique. Les inondations écologiques fluctuant en fonction du débit du Rhin favorisent le développement d'un paysage alluvial.

Mesures planifiées :

[BTG 2] : préserver et améliorer la qualité des annexes hydrauliques et des plans d'eau alluviaux dans la plaine alluviale. Réduire nettement à de nombreux endroits les dépôts boueux accumulés du fait de l'absence de crues ou de leur trop faible fréquence en augmentant le débit de transit dans les cours d'eau alluviaux pendant les phases de crues et en procédant à des inondations écologiques.

Sur la rive gauche, un certain nombre d'actions sont prévues sur l'île de Rhinau [GB 6] :

- dérasement d'un chemin empêchant l'écoulement des eaux vers l'aval lorsque la partie sud de l'île est submergée ;
- reprise du profil en long du fossé d'amenée des eaux vers l'Altwasser permettant d'améliorer l'alimentation en eau du bras mort lors des épisodes de crues. L'Altwasser présente un faciès très envasé. Les travaux assureront sa redynamisation ;
- revalorisation écologique du Rhin et de ses annexes alluviales [GB 2] dans la réserve naturelle du Taubergiessen (Allemagne) et sur l'île de Rhinau dans le cadre du projet Interreg « Rhinaissance ».

Le massif forestier de Strasbourg-Neuhof/Illkirch-Graffenstaden [GB 7] a été classé en réserve naturelle en 2012. Il doit faire l'objet d'un programme de restauration de son

réseau hydrographique, afin de redonner au massif son caractère alluvial [GB 1]. Une étude devrait prochainement être lancée.

Autres mesures recommandées :

[GB 1] : viser à renforcer la diversité morphologique des zones riveraines en retirant les aménagements rigides des berges sur les segments rhénans appropriés. Rétablir la continuité en construisant des échelles à poissons et/ou des rivières de contournement.

[GB 3] : préserver et améliorer éventuellement la qualité de la végétation de joncs et de roseaux, dans la mesure où les conditions de leur implantation existent.

[GB 4] : il est souhaitable d'étendre les prairies permanentes dans les zones renfermant des fragments remarquables de ce type de végétation. Préserver et renforcer les actuelles prairies permanentes.

[GB 5] : préserver et restaurer les biotopes secs existants.

[GB 8] : préserver et améliorer la qualité des peuplements actuels.

3.2.6 Tronçon du Rhin supérieur : de Strasbourg à Iffezheim (PK Rhin 292-334)

État réel 2020

Le cours principal du Rhin va de Strasbourg à Iffezheim sur ce tronçon [GB 1]. Les usines au fil de l'eau de Gamsheim et d'Iffezheim sur le cours principal du Rhin sont toutes les deux équipées de grandes passes à poissons. La passe à poisson d'Iffezheim est entrée en service en 2000, et celle de Gamsheim en 2006.

Sur ses deux rives, le Rhin canalisé est partiellement longé de formes caractéristiques de cours d'eau alluviaux naturels et de plans d'eau artificiels proches de l'état naturel [GB 2]. Les roselières et marais à grands carex [GB 3] forment des mosaïques. De grandes prairies permanentes [GB 4] s'étendent entre les digues et la Kinzig et au sud-ouest d'Iffezheim. Les pelouses semi-sèches [GB 5] recouvrent sur certaines parties les digues de hautes eaux du Rhin et de ses affluents. Exception faite de quelques petites zones alluviales dites « bâtarde » (cf. tronçon précédent), il n'y a plus de zones inondables recouvertes de forêts alluviales [GB 6]. Les forêts de l'ancienne zone alluviale [GB 7] sont préservées dans l'espace considéré. D'autres éléments paysagers remarquables pour la protection des espèces et des habitats [GB 8] sont fréquents.

Mis à part la continuité rétablie au droit de l'usine de Gamsheim, l'état de 2006 n'a pas beaucoup changé. L'espace déficitaire de Kehl/Strasbourg persiste.

Évolution depuis 2006

La phase d'essai de mise en service de l'espace de rétention du polder de Söllingen/Greffern a eu lieu en 2010. Depuis, des inondations écologiques sont effectuées. Les surfaces fréquemment inondées ont vu l'évolution d'habitats à caractère plus alluvial.

L'étude d'impact pour l'espace de rétention de Freistett/Rhinou/Kehl est en cours de préparation. Jusqu'ici, aucune mesure n'a été effectuée ici.

Sur la rive gauche, une opération visant à restaurer le Herrengrundgiessen et le Breuschkopfgiessen [GB 1], situés dans la massif forestier de La Wantzenau [GB 7] a été menée en 2006. Elle a consisté à raccorder les deux cours d'eau au contre-canal du Rhin au moyen de deux prises d'eau et à désenvaser le fond des chenaux. Certaines zones ont été laissées en état pour préserver la faune qu'elles abritent (*Misgurnus fossilis*). Un

réseau de mares a été creusé au niveau des dépressions humides pour favoriser les amphibiens et plusieurs ouvrages de franchissement ont été reconstruits (ponts et gués).

Actions à engager

Mesures planifiées :

[BTG 6] : continuer de transformer les forêts des espaces de rétention de Ichenheim/Meißenheim/Ottenheim et de Freistett/Rheinau/Kehl en peuplements forestiers à caractère alluvial, conformément à leur future fonction. Viser à recréer une dynamique des eaux souterraines et des crues typique du milieu alluvial. Prévoir un développement dynamique naturel des forêts à exploitation extensive. Remettre en eau certains massifs forestiers en reconnectant certains anciens bras du Rhin. Empêcher la destruction de boisements alluviaux, en particulier lors de défrichements le long du Rhin.

[GB 7] : parallèlement aux boisements des surfaces labourées à l'intérieur des digues, étendre les surfaces boisées servant entre autres d'espaces de refuge aux animaux en période de crue.

[GB 8] : développer la zone alluviale dite ancienne de Auenheim-Honau pour en faire une parcelle agricole avec vergers sauvages, haies et bosquets champêtres. Les lacs de dragage sont à préserver d'activités intensives de loisirs et leurs berges doivent retrouver un caractère proche de l'état naturel.

Le massif forestier de la Robertsau et La Wantzenau a été classé en réserve naturelle en 2020. Il doit faire l'objet d'un programme de restauration de son réseau hydrographique, afin de redonner au massif son caractère alluvial [GB 6]. À cette fin, des prises d'eau sur le Rhin sont envisagées. Une étude de faisabilité est en cours.

Le massif forestier d'Offendorf [GB 6] comprend une réserve naturelle et une réserve biologique. Il a bénéficié en 2005 de travaux visant à raccorder le réseau hydrographique du Rossmoerder au Rhin, afin d'inonder le massif lors des épisodes de crues du fleuve. Une étude va prochainement être lancée afin de redynamiser les chenaux [GB 2]. La capacité d'évacuation des eaux dans le massif doit en particulier être augmentée, afin d'empêcher l'inondation statique du secteur qui favorise l'atterrissement et l'envasement des dépressions et chenaux.

Autres mesures recommandées :

[GB 1] : viser à renforcer la diversité morphologique des zones riveraines en retirant les aménagements rigides des berges sur les segments rhénans appropriés. Rétablir la continuité des affluents pour les organismes aquatiques.

[BTG 2] : réinonder les anciennes zones alluviales. Préserver et améliorer la qualité des cours d'eau alluviaux. Viser à donner également aux futurs espaces de rétention une variation dynamique des niveaux d'eau typique du milieu alluvial. Protéger les espèces végétales aquatiques remarquables dans les rivières phréatiques. Garantir la pérennité de certaines dépressions (cuvettes inondables).

[GB 3] : préserver et améliorer la qualité de la végétation de joncs et de roseaux et encourager leur développement en retirant les bosquets.

[GB 4] : étendre les prairies permanentes. Les zones prioritaires sont l'ancienne plaine alluviale de Auenheim-Honau et la plaine inondable située au sud du barrage d'Iffezheim. Préserver les prairies à molinies au travers de mesures d'entretien.

[GB 5] : préserver et restaurer les biotopes secs existants au travers de mesures d'entretien.

3.2.7 Tronçon du Rhin supérieur : d'Iffezheim à Ludwigshafen/débouché du Neckar (PK Rhin 334-428)

État réel 2020

Sur le Rhin supérieur à écoulement libre entre Iffezheim et le débouché du Neckar se trouvent des zones alluviales faiblement à fortement modifiées pour la plupart. La plaine alluviale est majoritairement boisée et contient un grand nombre de plans d'eau différents à l'état plus ou moins naturel (annexes hydrauliques, excavations). À l'échelle fédérale, elle compte parmi les zones alluviales les plus significatives, même si des formations alluviales récentes n'ont pu être préservées que dans les anciens festons du Rhin. En raison de mesures massives de génie hydraulique et de l'augmentation des capacités hydrauliques du Rhin qui en découle, les forêts ne sont plus vraiment caractéristiques du milieu alluvial, bien que beaucoup de plaines alluviales boisées recèlent encore un grand potentiel d'amélioration²⁶.

Dans ce sous-bassin, le Rhin s'écoule encore dans la zone de ramifications. La plaine alluviale atteint ici une largeur de 1 km à 1,7 km. À partir de Neuburgweier environ, là où commence la zone des méandres, la plaine alluviale dite récente se resserre sur environ 200 m de large. Sous l'impact des travaux d'endiguement, les festons rhénans ont parfois été entièrement sectionnés ou ne sont plus raccordés que par un flux souterrain. De grandes parties de la plaine alluviale récente et de la zone alluviale dite ancienne sont classées comme réserves naturelles. Le tronçon partiel de Rhénanie-Palatinat débute à hauteur de la localité de Berg (Palatinat). La plus grande partie de la zone considérée est marquée par l'agriculture ainsi que par les zones urbaines et les axes de circulation.

Les berges [GB 1] sont consolidées en majeure partie. On trouve sur quelques rives convexes, là où le tracé du Rhin n'a pas été déplacé par les corrections, des bancs de gravier pouvant être mis hors eau en période d'étiage. Le seul grand affluent rive gauche est la Sauer avec un delta d'embouchure assez naturel. Les deux grands affluents rive droite, la Murg et le Neckar, sont canalisés. La plupart des cours d'eau alluviaux [GB 2] ne sont plus reliés au Rhin que par leur débouché ou en période de crue et ont principalement un caractère d'eaux calmes avec une flore abondante de plantes à feuilles flottantes. Certains anciens bras sont encore alimentés en eau et assument les fonctions biotopiques qu'assurait le Rhin avant sa correction. Les anciens bras écartés du régime de crue ont pris un caractère d'étangs. Les gravières au caractère morphologique proche de l'état naturel assurent une fonction de biotope secondaire. On trouve de grandes étendues de roselières [GB 3] dans les anciens bras colmatés, les annexes profondes soumises à l'impact des eaux de pression et des eaux souterraines et les dépressions marginales marécageuses. Dans la plaine alluviale dite ancienne avec ses cultures labourées, on trouve de grandes étendues contiguës de prairies permanentes [GB 4], en particulier à l'intérieur des terres à l'écart des ouvrages d'endiguement et parfois sur les digues végétalisées. Globalement, les biotopes secs [GB 5] sont plutôt rares. Des deux côtés du Rhin, des bandes de forêts alluviales [GB 6] avec zonage typique s'étendent dans la plaine alluviale dite récente. Ceci concerne particulièrement les zones en aval de Germersheim. Les forêts implantées dans la zone alluviale dite ancienne [GB 7] ont surtout été conservées directement derrière les digues. Elles sont fréquemment en contact avec les forêts alluviales et leur inventaire floristique et faunistique est souvent similaire à celles-ci. La majeure partie est constituée de forêts marécageuses. La dépression marginale alimentée par la nappe souterraine est aujourd'hui fortement drainée. Sa végétation autrefois typique - forêts marécageuses, roselières, prairies humides et marécages - a fortement régressé. De nombreuses annexes hydrauliques ont été élargies et transformées en lacs de gravières [GB 8] au cours des 65 dernières années. Les surfaces agricoles ne sont guère représentées dans la plaine alluviale dite récente.

²⁶ BfN (2021) : Auenzustandsbericht 2021. Flussauen in Deutschland, p. 36-37.

Les données VBS renvoient à des jeux de données de 2015. C'est la raison pour laquelle les répercussions des années très sèches qui ont suivi ne sont pas prises en compte sur la rive gauche du Rhin.

Évolution depuis 2006

Les deux espaces de rétention de **Bellenkopf/Rappenwörth** et d'**Elisabethenwörth** ne sont pas encore en service. La phase d'essai n'a pas non plus débuté pour l'espace de rétention de l'**île Rheinschanz**. Aucune modification n'a été enregistrée concernant le réseau de biotopes.

Dans le cadre du projet européen LIFE+ « **Plaines alluviales au droit de Rastatt** », trois mesures ont été mises en œuvre sur le Rhin.

Grâce au raccordement de l'ancien bras de Wintersdorf avec un pont passant au-dessus du chemin de halage, cet ancien bras et sa population de bouvières ont pu être préservés. Les GB 1 + 2 + 6 ont été agrandis.

De nouveaux habitats d'alimentation pour les limicoles [GB 1] ont pu être créés en déplaçant le chemin de halage au sud du débouché de la Murg et en supprimant les aménagements rigides des berges.

Trois îles sont apparues sur le Rhin près d'Au grâce à la formation de brèches dans les épis et à la construction d'un ouvrage ouvert dans l'ancienne langue de terre de Kohlkopf. De plus, des aménagements rigides ont été supprimés sur les berges du Rhin. Les deux îles appelées « Tomateninseln » sont submergées en situation de débits moyens ; la « Kohlkopfinsel » est submergée seulement en cas d'inondations bisannuelles. Les « Tomateninseln », pauvres en végétation, sont des habitats d'alimentation et de refuge, la « Kohlkopfinsel » est un habitat de reproduction pour les limicoles (sterne pierregarin, petit gravelot, chevalier guignette). Grâce à l'aménagement des épis et à la connexion en amont de l'ancien bras d'Illingen au Rhin, deux canaux d'écoulement protégés du battillage d'environ 500 m et 1.000 m à fond graveleux ont été créés pour les poissons frayant sur le gravier (grande alose, saumon) [GB 1 + 6]. Dans le cadre d'un deuxième **projet européen Life (champ alluvial vivant du Rhin à hauteur de Karlsruhe)**, une digue a pu être partiellement démantelée. Grâce à l'aménagement du débouché de l'Alb et d'un cours d'eau, les surfaces des GB 1 + 2 se sont développées. La continuité des cours d'eau a été fortement améliorée par la création d'un réseau d'annexes hydrauliques dans l'ancien bras d'Enggenstein ainsi que grâce à l'ouverture des digues d'été et la construction de passages couverts.

Au total, l'état sur la rive gauche du Rhin n'a que très peu changé. Le pourcentage de prairies permanentes [GB 4] a légèrement augmenté. Ceci concerne quelques zones sur les digues et à proximité directe de celles-ci ainsi que dans les anciens bras du Rhin tombés à sec ou drainés. Avec sa structure linéaire, la digue principale du Rhin relie entre elles les principales zones de prairies permanentes. Le nombre de biotopes secs [GB 5] reste faible. La bande forestière longeant le Rhin [GB 6] a légèrement augmenté et offre une mise en réseau suffisante. La reforestation des dépressions marginales [GB 7] continue de progresser. L'étendue des sites et forêts marécageux, présents sur de grandes superficies, reste stable. Dans la plaine alluviale dite ancienne, la majorité des biotopes faisant partie du paysage traditionnel [GB 8] n'ont pas changé. Ils sont liés aux structures végétales proches de l'état naturel du paysage alluvial.

Actions à engager

Sur la rive gauche du Rhin (Rhénanie-Palatinat), les zones suivantes offrent un très fort potentiel de développement (espaces prioritaires très importants) :

- autour de la frontière française, en amont de l'Alte Lauter pour le GB 4.
- dans la réserve naturelle Goldgrund et ses alentours pour un complexe biotopique morphologiquement riche comprenant les GB 2 + 3 + 4 + 6.

- un grand nombre de zones avec très fort potentiel de développement pour certains complexes biotopiques entre Wörth am Rhein et Germersheim. Ceci concerne plus particulièrement les zones autour d'un ancien bras du Rhin au sud de Jockgrim et d'un autre ancien bras près de Neupotz avec un potentiel étendu pour les GB 2 + 4 + 6. Il convient également de souligner la zone en aval de Leimersheim derrière les ouvrages de protection contre les inondations qui offrent de grandes surfaces contiguës pour le GB 4. En outre, la réserve naturelle de la plaine alluviale de Hördt et celle appelée « Im Willig » offrent un large potentiel pour des complexes biotopiques sur de grandes surfaces pour les GB 1 + 2 + 3 + 4 + 8.
- autour de l'ancien bras du Rhin de Berghausen pour des grandes surfaces du GB 4 en combinaison avec des petites surfaces contiguës des GB 3 + 6.
- l'ancien bras d'Otterstadt pour le GB 1.

Les espaces prioritaires avec un fort potentiel de développement (espaces prioritaires importants) sont :

- la zone entre Germersheim et Mechttersheim qui présente du potentiel pour un complexe sur de grandes surfaces regroupant les GB 1 + 2 + 3 + 4 + 6.
- un grand nombre de plans d'eau artificiels à proximité directe de l'ancien bras du Rhin d'Angelhof en aval de Spire. Cet endroit présente un potentiel de mise en réseau des cours d'eau du Rhin avec un grand nombre de grands plans d'eau artificiels proches de l'état naturel [GB 1 + 2].
- la zone près d'Altrip avec du potentiel pour les GB 6 + 4 à proximité directe des ouvrages de protection contre les inondations.

Les espaces qui ne permettent pas dans un avenir proche de grandes évolutions pour le réseau des biotopes sont les zones déficitaires suivantes :

- autour de Wörth am Rhein.
- autour de Ludwigshafen am Rhein.

Dans la plaine alluviale largement boisée s'étendant sur la rive gauche du Rhin, le potentiel de développement est faible en termes de superficie. Des améliorations sont nécessaires au niveau de la qualité écologique. Dans le cadre de la création d'espaces de rétention, une attention particulière est à porter au développement d'habitats alluviaux typiques. On sondera à cet effet les possibilités de raccordement amont d'anciens bras au cours principal du Rhin.

Mesures en cours de mise en œuvre :

En rive gauche, il va être créé une roselière [GB 3] alimentée par les eaux du Rhin à l'extrémité sud de la gravière de Beinheim. Un chenal d'aménagé sera créé depuis le Rhin, afin de dynamiser l'alimentation en eau de la roselière, de garantir sa fonctionnalité et d'augmenter sa valeur écologique.

Mesures planifiées :

La restauration de la dynamique alluviale du delta de la Sauer [GB 2] à Seltz/Munchhausen est actuellement à l'étude. L'enjeu est de parvenir à redynamiser le delta pour limiter l'ensablement et produire un auto-curage naturel des sédiments. Les actions suivantes sont visées :

- abaissement du niveau de base de la Sauer
- augmentation des débits entrant dans le delta
- suppression des facteurs susceptibles de ralentir les vitesses d'écoulement en périodes de crues
- meilleur contrôle des entrées d'alluvions provenant du Seltzbach [GB 1]
- opérations ponctuelles de désenvasement

Autres mesures recommandées :

La restauration d'une roselière [GB 3] de 4 hectares en voie de fermeture (accumulation de matières organiques, développement de ligneux) dans la réserve naturelle du delta de la Sauer est envisagée.

[GB 1] : De nouvelles améliorations qualitatives sont à viser sur les affluents pour restaurer la continuité et rehausser la qualité du milieu physique. À hauteur de la plaine alluviale de Hördt, les opportunités de développement d'habitats alluviaux naturels sur de grandes superficies sont importantes.

[BTG 2] : Améliorer la qualité des cours d'eau alluviaux. Éviter que les eaux s'envasent en augmentant l'alimentation en eau dans les annexes hydrauliques. Favoriser les éboulis de berges et la formation de berges abruptes. Des accords sont à passer pour protéger les biotopes contre les activités de loisirs et la pratique de sports aquatiques. On envisage d'améliorer le débit dans les eaux calmes en favorisant l'entrée des hautes eaux en période de crues de faible amplitude.

[GB 3] : Préserver et améliorer la qualité des peuplements de phytocénoses des roselières et des marais.

[GB 4] : Préserver les surfaces occupées par des prairies permanentes et les étendre autant que possible. Les prairies permanentes privilégiées sont les habitats d'alimentation et de reproduction d'oiseaux de prairie menacés. On pourrait proposer que les surfaces agricoles qui se trouveront dans les futurs espaces de rétention soient en partie transformées en prairies permanentes à exploitation extensive. Les biotopes secs dispersés sur ces sites sont à prendre en compte dans les usages. On portera également attention à l'exploitation des prairies de vallée fluviale dans les dépressions marginales en raison de leur importance pour les lépidoptères et les oiseaux nichant dans les prairies.

[GB 5] : Préserver les sites secs et améliorer leur qualité par gestion des usages et prise de mesures d'entretien. En redynamisant le régime hydrologique naturel, on ouvre par ailleurs la voie à de nouvelles opportunités de développement des biotopes secs.

[BTG 6] : Préserver et améliorer la qualité écologique des forêts alluviales existantes. Étendre leur superficie. Transformer dans la plus grande mesure possible la forêt existante en forêt à caractère alluvial dans les futurs espaces de rétention. Créer de nouvelles forêts alluviales dans les futurs espaces de rétention.

[GB 7 + 8] : Viser à reboiser les dépressions marginales, notamment par des forêts marécageuses. Préserver et améliorer la qualité des forêts existantes.

[GB 8] : Favoriser le milieu humide dans la dépression marginale du Rhin en abandonnant l'entretien des fossés et en fermant les fossés de drainage.

3.2.8 Tronçon du Rhin supérieur : de Ludwigshafen (débouché du Neckar) à Mayence (débouché du Main) (PK Rhin 428-497)

État réel 2020

Une plaine alluviale avec de larges zones récentes et un régime de crues proche de l'état naturel n'a pu être préservée localement que sur quelques tronçons. La zone de « Kühkopf-Knoblochsaue » sur la partie septentrionale du Rhin supérieur est à souligner dans ce contexte. L'accès aux zones alluviales récentes du Rhin supérieur au nord du débouché du Neckar est en grande partie nettement à fortement modifié. Les segments de zones alluviales fortement modifiés sont souvent exploités comme prairies

permanentes, mais les forêts alluviales jouent quant à elles un rôle de second plan. Les grands affluents du Rhin présentent une image plus diversifiée²⁷.

La vallée septentrionale du Rhin supérieur est principalement caractérisée par l'exploitation de prairies permanentes, et ce autant dans le milieu alluvial que dans la zone alluviale dite ancienne. On trouve actuellement des formes caractéristiques de groupes biotopiques de grande qualité sur environ un tiers de la superficie totale. Le sous-bassin de Rhénanie-Palatinat est globalement marqué par l'agriculture.

Sur la rive droite (hessoise) du Rhin, le tronçon est caractérisé par de nombreuses anciennes boucles fluviales qui sont encore reliées au cours principal pour la plupart (anciens bras). Il s'agit, en partant du sud vers le nord, du Lampertheimer Altrhein, de la Maulbeeraue avec le Maulbeeraltrhein, de l'Hammeraue près de Groß-Rohrheim, de la zone de « Kühkopf-Knoblochsau » avec le Stockstadt-Erfelder Altrhein, ainsi que d'autres anciens bras et annexes hydrauliques tels que le Große Goldgrund près de Hessenaue, du Ginsheimer Altrhein et de l'Altrhein Bleiaue près de Ginsheim-Gustavsburg. La plupart de ces zones alluviales sont classées sous protection FFH. On y trouve des habitats aquatiques [GB 1 et 2] et des roselières [GB 3] et bosquets alluviaux [GB 6] se sont généralement développés dans le champ alluvial alentour, parfois aussi des prairies alluviales [GB 4] très diversifiées. La cartographie ne permet parfois pas de reconnaître les anciens bras et annexes alluviales de plus petite taille que recèlent les forêts alluviales.

On soulignera ici le caractère exceptionnel de la réserve naturelle de « Kühkopf-Knoblochsau » sur le Stockstadt-Erfelder Altrhein, notamment en raison de sa superficie, qui atteint env. 2 400 ha), mais aussi de la grande biodiversité et qualité écologique de ses biotopes typiques du milieu alluvial^{28, 29}. L'île de Kühkopf en soi est à nouveau connectée au régime de crue du Rhin depuis une rupture de digue survenue en 1983. Les anciennes activités agricoles sur certaines parcelles ont été stoppées entre-temps (à l'exception de la gestion écologique des prairies), de même que l'exploitation sylvicole depuis 2005. Un processus de succession vers une forme forestière alluviale est en cours sur de nombreuses anciennes surfaces labourées et un forêt alluviale de bois dur se reconstitue déjà. Au total, la réserve naturelle renferme env. 600 ha de forêt alluviale de bois dur (cartographie hessoise des habitats et biotopes, 2020). On reconnaît sans difficulté la zonation alluviale typique avec des bancs de gravier, de formes végétales des sites temporairement secs [GB 1], de roselières [GB 3], de saulaies buissonnantes et de forêt alluviale de bois tendre et de bois dur [GB 6], surtout dans les zones en dehors des nombreuses digues d'été encore présentes. Les saulaies buissonnantes et la forêt alluviale de bois tendre et de bois dur se développent aussi sur l'ensemble du Kühkopf dans les zones de bras alluvionnés. Il convient par ailleurs de mentionner les différentes surfaces en eau, tels que les anciens bras et les annexes hydrauliques, également de taille supérieure à la moyenne [GB 2]. Les prairies extensives de sites moyens humides ou à humidité variable [GB 4], issues en partie d'anciennes surfaces labourées, marquent le caractère de prairie permanente du Kühkopf. D'après le rapport BMU & BfN (2021) sur l'état du milieu alluvial³⁰, la zone de « Kühkopf-Knoblochsau » est la plus grande surface alluviale « peu perturbée » sur ce tronçon du Rhin.

Le « Lampertheimer Altrhein », en bordure méridionale de la plaine hessoise du Rhin, est digne d'être mentionné non seulement à cause de ses larges zones forestières alluviales de bois tendre et de fragments de la forêt alluviale de bois dur [GB 6], ses roselières et

²⁷ BfN (2021) : Auenzustandsbericht 2021. Flussauen in Deutschland, p. 38.

²⁸ Regierungspräsidium Darmstadt (Hrsg) (2002): 50 Jahre Naturschutzgebiet Kühkopf-Knoblochsau. 52 S.

²⁹ Baumgärtel, R. (2014): Schatzinsel Kühkopf. Jahrbuch Naturschutz in Hessen 15: S. 174-178.

³⁰ BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) & BfN (Bundesamt für Naturschutz) (2021): Auenzustandsbericht 2021 – Flussauen in Deutschland, 71 S.

<https://www.bfn.de/themen/gewaesser-und-auenschutz/bundesweiter-auenschutz/auenzustand.html>

prairies humides de laïches maigres étendues [GB 3], mais aussi et surtout à cause de ses prairies de vallée fluviale et prairies à molinies.

Pour le reste, le Rhin canalisé est bordé à quelques rares endroits par des zones riveraines présentant une certaine richesse morphologique. Ces zones sont reliées à de petites annexes hydrauliques [GB 2], des prairies permanentes humides [GB 4], des forêts alluviales de bois tendre [GB 6] et des roselières [GB 3]. Les travaux de consolidation des berges ont entraîné la disparition des biotopes typiques du milieu alluvial en de nombreux endroits de ce tronçon du Rhin. Les anciens méandres et les mares se sont asséchés très rapidement ou ont été remblayés à la suite de leur endiguement et du drainage à grande échelle. A la suite des activités d'extraction, des plans d'eau artificiels se sont formés à côté des petits cours d'eau alluviaux naturels [GB 2] que l'on rencontre encore par endroits dans la zone riveraine du Rhin ou d'anciens bras. Ces plans d'eau artificiels assument la fonction d'habitats des eaux calmes naturelles. Il faut également souligner la présence de grands plans d'eau artificiels excavés qui revêtent une importance suprarégionale pour la mise en réseau des biotopes.

En Rhénanie-Palatinat, de grands complexes de prairies permanentes plus ou moins contiguës [GB 4] et des végétations de marécages, roselières et hautes herbes continues [GB 3] se trouvent en particulier derrière les digues. Dans la zone alluviale dite récente, on trouve à côté de prairies permanentes plusieurs forêts alluviales de grande taille [GB 6], surtout aux endroits où les digues ont été mises en retrait entre Frankenthal et Worms et plus ponctuellement à l'intérieur des boucles des méandres de Hamm, d'Eich et d'Oppenheim. Il s'agit en grande partie de forêts mixtes de chênes et d'ormes. La forêt alluviale de saules blancs ne s'étend qu'à certains endroits en raison de la position élevée du milieu alluvial par rapport au fleuve. Les forêts alluviales sur rive gauche alternent avec leur équivalence sur rive droite, permettant aux organismes mobiles de rejoindre les différentes parties du réseau malgré les distances parfois très importantes entre les différents peuplements forestiers sur rive gauche. Les forêts alluviales [GB 6] se limitent toutefois sur la rive gauche à quelques petits peuplements où elles sont mélangées à des forêts de chênes et de charmes ou à des peupleraies [GB 8]. On signalera en outre des fragments de forêt alluviale de bois tendre dans l'ancien bras du Rhin de Ginsheim et celui de Bleiaubach ainsi que dans la réserve naturelle de Kisselwörth et Sändchen [GB 6] à proximité de roselières [GB 3]. En Rhénanie-Palatinat, on ne trouve plus que quelques reliquats de forêts marécageuses [GB 7]. Sur une étroite superficie à hauteur de Guntersblum se trouvent quelques surfaces de marécages, roselières et hautes herbes [GB 3], auxquelles s'ajoutent des prairies permanentes [GB 4]. De grandes roselières et des marais de grands carex [GB 3] s'étendent sur la rive gauche du Rhin dans l'ancien bras du Rhin d'Eich-Gimbsheim et dans celui de Roxheim, ainsi que dans les réserves naturelles « Wormser Ried » et « Fischsee ».

Les données VBS renvoient à des jeux de données de 2015. C'est la raison pour laquelle les répercussions des années très sèches qui ont suivi ne sont pas prises en compte sur la rive gauche du Rhin.

Sur la rive droite du Rhin, la plaine du Rhin supérieur est occupée sur toute sa longueur par des prairies permanentes [GB 4] exploitées localement de manière plus ou moins intensive. Il ne s'agit que pour une petite part de prairies permanentes riches en espèces, la plupart des surfaces étant soumises à une exploitation de moyenne à forte intensité. Dans les prairies permanentes à grande biodiversité, les prairies alluviales inondables du *Cnidion dubii*, appelées également prairies de vallée fluviale, sont caractéristiques de la vallée du Rhin supérieur. Côté hessois, elles sont principalement localisées dans les zones classées FFH de Lampertheimer Altrhein, Kühkopf-Knoblochsaue, Riedwiesen de Wächterstadt et Riedloch de Trebur, et certaines autres dans quatre réserves naturelles de ce tronçon du Rhin. De nouvelles prairies de ce type ont également été créées ces 20 dernières années hors des réserves naturelles. On

compte comme autres types biotopiques des prairies permanentes biodiversifiées les prairies à molinies, formant souvent un complexe avec les prairies alluviales inondables du *Cnidion dubii*, les prairies maigres de fauche et les prairies humides et très humides. Ces types biotopiques se rencontrent le plus souvent dans les zones Natura 2000 et leur développement qualitatif et quantitatif est donc prévu et appliqué dans la gestion de ces zones.

Le groupe des biotopes secs [GB 5] est représenté au nord-est du champ d'étude entre Nauheim et Bischofsheim par de nombreuses surfaces en partie clairsemées et représentées dans l'Atlas des biotopes. Cette zone fait partie de l'espace naturel de la plaine du Main inférieur et est caractérisée par des alluvions limoneux et caillouteux du Main parfois recouverts de sable éolien non calcaire. Les surfaces dans le périmètre de Nauheim et de Königstädten sont principalement des vergers sauvages renfermant parfois de petites parcelles soumises à exploitation agricole. On y trouve également des pelouses sèches sablonneuses de petite superficie.

Évolutions depuis 2006

Selon les résultats disponibles, certains groupes biotopiques ont parfois fortement changé. On remarque surtout un changement en ce qui concerne les prairies permanentes [GB 4] qui ont presque doublé, par rapport aux autres forêts dans l'ancienne zone alluviale [GB 7] qui ont presque complètement disparu par rapport à 2006. Cette disparition du GB 7 semble due à la méthode appliquée. A la fois dans le milieu alluvial et dans la zone alluviale dite ancienne, les prairies permanentes [GB 4] ne sont plus l'habitat prédominant. Sur la rive gauche du Rhin, les groupes biotopiques des marécages, les roselières et la végétation de hautes herbes [GB 3], des prairies permanentes [GB 4] et des forêts alluviales dans l'actuel champ d'inondation [GB 6] dominant en s'étendant sur des superficies de taille plutôt similaire. Dans les zones où des inondations naturelles sont possibles, les conditions continuent d'être favorables à une zonation alluviale typique.

À la frontière avec la Hesse, le **recul des digues de Mannheim-Kirschgartshausen** a été réalisé. Cette zone est maintenant reliée à la dynamique des crues du Rhin et des forêts alluviales peuvent se développer. Un sentier pédagogique sur le champ alluvial a été créé [GB 1 + 4 + 6].

Dans la zone alluviale dite ancienne de la Hesse rhénane, les pelouses sèches et d'autres biotopes secs [GB 5] se développent à grande échelle sur les terrasses sablonneuses. Ces biotopes secs sont connectés aux pelouses semi-sèches des prairies de vallée fluviale. On trouve sur certaines digues en retrait des pelouses sèches à caractère pannonique. Il convient de souligner leur présence sur les digues à hauteur de la réserve naturelle de « Fischsee » et derrière les digues près de Gimbsheim et en amont de Bodenheim.

Sur la rive droite du Rhin aux alentours de la ville de Riedstadt, les prairies de vallée fluviale [GB 4] ont été renaturées à grande échelle ces 20 dernières années. Près de 70 ha de prairies de vallée fluviale ont été créés sur des surfaces adaptées locales par l'épandage du produit des fauches de surfaces donatrices riches en espèces appropriées et la biodiversité des prairies existantes a été enrichie. Ainsi, le réseau de biotopes a grandement progressé pour les prairies permanentes et pour un grand nombre d'espèces menacées des prairies de vallée fluviale.³¹

Dans la zone de « Kühkopf-Knoblochsaue », la succession végétale naturelle a progressé depuis 1983 sur d'anciennes terres labourées pour donner naissance à des stades initiaux

³¹ HÖLZEL N., BISSELS, S., DONATH, T. W., HANDKE, K., HARNISCH M. U. A. OTTE (2006): Renaturierung von Stromtalwiesen am hessischen Oberrhein. Ergebnisse eines E+E-Vorhabens des Bundesamtes für Naturschutz. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 31, 263 S. plus CDROM; <https://www.riedstadt.de/stromtalwiesen.html>

de forêts alluviales. La cartographie hessoise des habitats et des biotopes réalisée en 2020 a mis en évidence la présence de 47 ha supplémentaires de forêt alluviale de bois dur par rapport au recensement des données de base de 2003. Une partie de ces nouveaux peuplements est une succession spontanée qui a atteint entre-temps un tel niveau de développement qu'elle peut être comptée parmi les forêts alluviales de bois dur.

Entre Gut Hohenau à l'ouest de Trebur et de Ginsheim, des forêts alluviales ont été plantées à grande échelle à titre de mesures compensatoires. Elles s'étendent le long de la rive est de l'ancien bras rhénan de Ginsheim, de même qu'entre ce bras et le cours principal, et sont déjà attribuées au groupe des forêts alluviales [GB 6] dans l'Atlas CIPR des groupes biotopiques.

Actions à engager³²

Dans la partie septentrionale de ce tronçon du Rhin supérieur, des actions sont à engager en ce qui concerne notamment l'extension et les caractéristiques des prairies permanentes [GB 4] et des forêts alluviales [GB 6] ainsi que des biotopes secs [GB 5] et des eaux courantes [GB 1].

La région de Hesse rhénane est globalement pauvre en surfaces forestières. On trouve des forêts alluviales suffisamment étendues, également pour les espèces animales exigeantes, aux alentours d'Oppenheim et sur les îles rhénanes de Kisselwörth et de Sändchen. Les autres forêts alluviales sont isolées et ont, du fait de leur surface réduite, tout au plus une fonction de passerelle biologique provisoire pour de nombreux oiseaux typiques du milieu alluvial. Le plus grand potentiel de développement en termes de superficie pour les GB 1 + 2 + 4 se trouve sur la rive gauche du Rhin.

On trouve en Rhénanie-Palatinat derrière les digues du potentiel de développement sur un vaste complexe regroupant les GB 2 + 3 + 4 à proximité directe de Bobenheim-Roxheim, si l'on fait abstraction de la route nationale B 9 qui coupe ce complexe en deux. Plus en aval sur le Rhin s'étend la vallée rhénane de Worms-Oppenheim sélectionnée du côté rhénano-palatin pour le potentiel de développement particulièrement élevé de son site pour tout l'éventail de groupes biotopiques typiques de la plaine alluviale du fleuve. Dans la vallée rhénane située entre Oppenheim et Ginsheim, les îles rhénanes de Kisselworth-Sändchen sont à mettre en relief en tant que zones de développement de la forêt alluviale de bois dur et de bois tendre du Ried de Laubenheim-Bodenheim et des prairies alluviales et de fond de vallée. L'accent doit être mis sur le développement de biotopes alluviaux typiques dans le cadre de la création d'espaces de rétention.

L'espace déficitaire de Mayence représente une barrière réelle pour l'échange d'organismes, car il s'étend sur plusieurs kilomètres de long jusqu'aux abords du Rhin. En milieu urbain, toutes les éventualités sont à exploiter dans les grandes zones de parking et sur les berges du Rhin pour atténuer l'effet de barrière par la mise en place de passerelles biologiques. Les mesures de restauration des îles rhénanes de Rettbergsaue et de Petersaue, ainsi que la zone riveraine de la plaine alluviale de Schierstein peuvent également contribuer utilement à lever ces barrières. Dans l'espace déficitaire de Worms, les zones de parking ont également un impact correcteur bénéfique grâce à la présence de fragments d'anciennes forêts, cet impact étant en outre renforcé par le développement d'une forêt alluviale dans la zone de mise en retrait de la digue.

Autres mesures recommandées :

[GB 1] : On recommande d'ouvrir dans leur partie amont les connexions d'anciens bras du Rhin dans la plaine alluviale (étendue sablonneuse près d'Ingelheim). En outre, les

³² Pour la partie hessoise, cf. plan de mesures NATURA 2000 (<https://natureg.hessen.de>) et plan régional de la partie méridionale de la Hesse (<https://landesplanung.hessen.de/regionalpl%C3%A4ne/regionalplans%C3%BCdhessen>)

systèmes de fossés à potentiel de développement écologique approprié devraient être restaurés.

[BTG 2] : Soutenir les niveaux affaissés de la nappe souterraine. Renforcer la formation de structures variées de roselières dans l'ancien bras colmaté (bras mort du Rhin d'Eich-Gimbsheimer) par le biais de résurgences périodiques ou épisodiques d'eaux souterraines et la formation de petites dépressions de terrain. Faire de même pour les eaux calmes naturelles ou issues d'excavations. Procéder localement et de manière ponctuelle, en fonction du milieu environnant, à la mise en place de nouvelles eaux stagnantes reliées aux biotopes existants, afin de consolider les peuplements d'organismes caractéristiques.

[GB 3] : Préserver et restaurer les roselières étendues. Stopper les altérations sur ce milieu tels que processus de colmatage et assèchement au travers de mesures d'entretien avec gestion des eaux correspondante.

[GB 4] : Préserver les surfaces occupées par des prairies permanentes et les étendre en créant de nouvelles surfaces de ce type et en tenant tout particulièrement compte des prairies de vallée fluviale.

[GB 5] : Les terrasses et les couches sablonneuses situées entre Osthofen et Gundersheim offrent des conditions tout à fait favorables à l'implantation de biotopes secs typiques du milieu alluvial. Le réseau de biotopes pourrait ici se reformer par le biais des biotopes secs répartis hors de la plaine alluviale dans la Hesse rhénane. On pourrait encourager le développement de pelouses semi-sèches sur les levées et les digues.

[BTG 6] : Promouvoir la reconstitution d'une forêt alluviale dans la zone d'Ibersheimer Werth et de la boucle rhénane d'Eich. Les sites de forêt alluviale existants sur les îles du Rhin sont à étendre et à restaurer par transformation successive des essences forestières.

[GB 7] : Viser globalement à augmenter le pourcentage de végétation forestière.

[GB 8] : Préserver et améliorer la qualité des peuplements actuels.

3.2.9 Tronçon du Rhin supérieur : de Mayence (déboché du Main) à Bingen « Inselrhein » (déboché de la Nahe) (PK Rhin 497-529)

État réel 2020

Entre Mayence et Bingen, avant sa percée dans le massif schisteux rhénan, le Rhin [GB 1] dans la zone à écoulement libre voit son lit s'agrandir et sa vitesse d'écoulement se ralentir sensiblement. C'est ainsi qu'a pu s'y développer une série d'îles, sur les berges desquelles ont encore lieu des processus dynamiques d'érosion et de sédimentation (de l'amont vers l'aval, il s'agit des îles de Petersaue, Rettbergsaue, Königsklinger Aue, Mariannenaue, Winkeler Aue, Fulder-Aue, Ilmen-Aue et Rüdeshheimer Aue) ; on y trouve p.ex. quelques annexes hydrauliques à faible courant ou à eaux calmes en contact direct avec des roselières [GB 3], des prairies permanentes humides [GB 4] ou des reliquats de forêts alluviales [GB 6]. Dans les zones d'eaux peu profondes sur les rives des îles, on observe des bancs limoneux temporairement asséchés pendant les phases d'étiage. Seuls des fragments de bande alluviale se développent sur la rive droite du Rhin, car les flancs du Rheingau et le tissu urbain des localités s'étend sinon jusqu'aux berges du Rhin.

Sur la rive gauche du Rhin, les forêts alluviales de bois tendre [GB 6] se limitent essentiellement à quelques surfaces de la plaine alluviale rhénane entre Mayence-Mombach et Heidesheim am Rhein. Plus en aval jusqu'à Bingen, ce sont en revanche les forêts alluviales de bois dur qui dominent les forêts alluviales dans cette zone. Sur les îles rhénanes de Mariannenaue, Rettbergsaue et Winkeler Aue, des forêts alluviales de bois tendre s'étendent sur 30 ha dans un paysage de prairies et également, sur la rive droite du Rhin, entre autres dans le champ alluvial de Geisenheim (zone FFH des prairies

rhénanes d'Oestrich-Winkel et de Geisenheim), ainsi que dans la Wallufer Bucht. On trouve en outre de petites surfaces de forêt alluviale de bois dur sur les îles de Mariannenaue et de Rettbergaue.

On note la présence de quelques biotopes primaires d'eaux calmes constitués par des annexes hydrauliques court-circuitées ou des mares alimentées par des eaux du Rhin sous pression [GB 2].

Les prairies permanentes sont largement implantées sur la rive gauche du Rhin dans la zone alluviale dite ancienne [GB 4]. La sécheresse estivale sur le flanc nord de la plaine du Rhin supérieur conditionne une distinction nette entre les prairies selon le relief local. On trouve ainsi à côté de quelques prairies très humides des sites principalement humides mais secs en été sur lesquels poussent des prairies à molinies clairsemées (prairies de vallée fluviale) alors que les pelouses semi-sèches, riches en espèces, se concentrent sur les crêtes de gravier et les digues [GB 5]. Il convient ici de souligner la zone près de Heidesheim am Rhein qui longe l'autoroute A 60. Sur certains segments, les prairies permanentes de la zone alluviale dite ancienne [GB 4] accueillent de larges vergers sauvages, en particulier dans la zone en aval de Budenheim. Les prairies très humides et humides [GB 4] se rencontrent exclusivement sur le Rhin dans la zone alluviale inondable et dans la zone alluviale dite ancienne. On trouve disséminés ci et là des petits fragments de prairies de vallée fluviale [GB 4] et de pelouses semi-sèches [GB 5].

Aucune présence de prairies de vallée, de prairies à molinies ou de prairies maigres de plaine ou d'autres prairies permanentes biodiversifiées n'a pu être identifiée jusqu'à présent dans les petites surfaces alluviales de la rive droite ni sur les îles du Rhin. Quand on rencontre des prairies permanentes exploitées, elles ne recèlent aucune diversité biologique particulière.

Évolution depuis 2006

Sur la rive gauche du Rhin, les forêts alluviales [GB 6] continuent à s'étendre sur de petites superficies par rapport aux prairies permanentes [GB 4]. Ce constat vaut également pour les îles. Les prairies permanentes [GB 4] dépassent du double les forêts alluviales [GB 6] et restent très répandues dans la zone alluviale. On trouve aussi par exemple un paysage caractéristique de mosaïque rassemblant habitats aquatiques et forestiers sur l'étendue sablonneuse proche d'Ingelheim.

Sur la rive gauche du Rhin, les roselières [GB 3] sont restées inchangées et restent présentes localement sur de faibles superficies le long des anciens bras et dans les cuvettes des prairies permanentes. Les forêts marécageuses [GB 7] ont presque complètement disparu.

Un ancien bras comblé a été restauré et reconnecté au Rhin (cf. chap. 3.3.2) dans la vallée alluviale sur la rive droite du Rhin entre Geisenheim et Winkel à titre de mesure compensatoire.

Dans le cadre du plan Natura 2000, des mesures ont également été engagées à différents endroits pour favoriser le développement naturel des forêts alluviales en place.

Actions à engager

Dans le cadre de la mise en réseau des biotopes au niveau national et international, l'« Inselrhein » a déjà, dans sa forme actuelle, une importance exceptionnelle pour les oiseaux migrateurs aquatiques ou des zones d'éstran. La vallée rhénane continue d'accuser des déficits notables entre Mayence et Bingen, zone caractérisée par des prairies permanentes, riches en espèces, entrecoupées de biotopes secs. Il subsiste

encore des fragments à fort potentiel de restauration, qui sont des noyaux de propagation pour de nombreuses espèces. On relève d'autres déficits en matière de superficie et de composition des peuplements forestiers alluviaux sur l'île « Fulder Aue » ainsi qu'en avant les digues.

A de nombreux endroits, l'Inselrhein assume aujourd'hui déjà des fonctions essentielles dans le réseau de biotopes. Les îles et les bras du Rhin non utilisés pour la navigation, de même que les parties de la zone alluviale dite ancienne où peuvent se développer des biotopes alluviaux parallèlement aux mesures de rétention des crues, ont été sélectionnés comme espaces prioritaires. On compte parmi ces espaces ceux de la plaine rhénane d'Ingelheim, les plaines alluviales de Königskling, de Rüdeshheim et de Schierstein, ainsi que les zones alluviales Mariannenaue, Fulder Aue / Ilmenaue, Rettbergsaue, Petersaue.

Dans les espaces prioritaires importants entre Mayence et Ingelheim Nord, il existe un large potentiel de développement pour des grandes superficies de prairies permanentes [GB 4], surtout derrière les digues et à proximité directe des ouvrages de protection contre les inondations. En aval d'Ingelheim Nord, un complexe morphologiquement riche comprenant les GB 1 + 2 + 4 + 6 pourrait se développer.

Entre Ingelheim Nord et Gaulsheim se trouve un espace prioritaire très important. Dans cette zone, de vastes superficies contiguës de prairies permanentes [GB 4] pourraient se développer en combinaison avec des végétations de marécages, roselières et hautes herbes [GB 3] ainsi que des forêts alluviales inondées [GB 6] sous forme linéaire le long du Rhin.

Autres mesures recommandées :

[GB 1] : tolérer le développement dynamique propre des eaux courantes et les phénomènes naturels d'érosion et de sédimentation, notamment dans les segments non empruntés par la navigation, ce qui permettrait de renforcer l'importance de ce tronçon du Rhin pour les oiseaux nageurs et les oiseaux d'étranger de passage. Viser à restaurer le système de fossés parallèle au Rhin.

[BTG 2] : améliorer la qualité des cours d'eau alluviaux. Éviter que les eaux s'ensavent en augmentant l'alimentation en eau dans les annexes hydrauliques. Favoriser les éboulis de berges et la formation de berges abruptes. A propos des usages de loisirs et des sports aquatiques, passer des accords de protection des habitats alluviaux.

[GB 3] : restaurer les roselières aux alentours des anciens bras par des mesures d'entretien.

[GB 4] : intégrer dans un réseau de prairies permanentes les marécages plats calcaires, les plaines de vallées fluviales et les pelouses sèches. Pour encourager cette diversité, des mesures d'optimisation des usages et d'entretien sont indispensables. Exploiter le potentiel très élevé de création et de développement de nouvelles prairies permanentes.

[GB 5] : accorder une priorité particulière à l'extension des vestiges de pelouses sèches pannoniques sur les sites sablonneux.

[BTG 6] : étendre les peuplements de forêt alluviale sur les îles du Rhin et les restaurer par transformation successive des essences forestières. Donner la priorité à la création de nouvelles forêts alluviales, avant même celle de prairies permanentes, dans la programmation d'espaces de rétention.

[GB 7] : préserver et restaurer les forêts existantes.

[GB 8] : préserver et améliorer la qualité des peuplements actuels.

On soulignera, pour la partie de ce tronçon du Rhin située sur territoire hessois, l'importance particulière de l'île du Rhin dans sa fonction d'habitat de nombreuses espèces d'oiseaux et surtout d'aire de repos pour les oiseaux d'estran et les oiseaux d'eau, ce que souligne le classement (d'une partie) de l'île comme zone humide d'importance internationale au titre de la convention Ramsar. Elle est également déclarée zone de protection spéciale au titre de la directive 'Oiseaux'.

C'est pourquoi les mesures primaires sont celles visant à promouvoir la dynamique naturelle des eaux, le développement de forêts alluviales, en premier lieu par succession naturelle, et le développement de roselières. De telles mesures individuelles peuvent notamment être planifiées et mises en œuvre dans le cadre des plans Natura 2000.

3.2.10 Tronçon du Rhin moyen : De Bingen (débouché de la Nahe) à Coblenze (débouché de la Moselle) (PK Rhin 529-590)

État réel 2020

Entre Bingen et Coblenze, le Rhin moyen se distingue nettement des autres tronçons du Rhin en raison de son champ alluvial très étroit dû aux conditions naturelles en présence. À de nombreux endroits, le champ alluvial n'a perdu que de petites surfaces inondables, mais celles-ci sont soumises à des usages intensifs ou traversées de lignes de chemins de fer ou d'axes routiers. Les berges sont consolidées et la vallée et la bande alluviale sont étroites du fait de la morphologie du terrain. On trouve sur les îles du Rhin, de même que sur quelques zones de berges douces, à hauteur de la ligne du lit mouillé, des rudiments de structures biotopiques typiques du milieu alluvial, par ex. des bancs de gravier et des écueils rocheux (p. ex. les 'Lochsteine' et 'Mühlsteinfelsen').

Dans les zones de massifs moyens, le Main, la Nahe, la Moselle et la Lahn sont bordées de zones alluviales relativement étroites sous l'angle morphologique. Là où la vallée s'élargit naturellement, des ouvrages de protection contre les inondations ou d'aménagements hydrauliques massifs ont le plus souvent déconnecté le champ alluvial de la dynamique des crues. Beaucoup de ces affluents de massifs moyens sont régulés par des barrages, soit en partie (la Lahn p. ex.), soit en quasi-totalité (la Moselle p. ex.), qui impactent fortement le régime des eaux souterraines et des crues. Ces modifications sont les plus marquantes sur la Moselle et sur ses zones alluviales très transformées. Parmi les rivières de plus petite taille, la Nahe affiche également des tronçons étendus nettement modifiés, mais cependant à un degré moindre que la Moselle³³.

Les forêts alluviales [GB 6] sont présentes dans le Bacharacher Werth, les champs d'épis du Rhin au sud de Bingen, l'Ehrenthaler Werth, le Tauberwerth, le Locher Werth, ainsi qu'au nord d'Oberwesel. Les cours d'eau alluviaux naturels sont absents. Le seul site de roseaux et de marais à grands carex [GB 3] se limitent aux surfaces en aval de Bingen à hauteur de Damianskop et au nord de Boppard près de Spay. On trouve des zones plates du milieu amphibie dans le Kauber Werth au-dessous de la ligne du lit mouillé et sous forme de bancs de cailloux temporairement asséchés dans le Lorcher Werth. Des bosquets alluviaux de bois tendre linéaires peuvent également se développer sur de longs tronçons de rives.

L'importance particulière de la vallée du Rhin moyen pour la mise en réseau de biotopes réside dans la proximité du cours fluvial et des coteaux abrupts à grande richesse morphologique. Les conditions climatiques particulières en place favorisent l'implantation de biocénoses xérothermophiles.

³³ BfN (2021) : Auenzustandsbericht 2021. Flusssauen in Deutschland, p. 38.

Évolution depuis 2006

Dans l'étroite vallée percée du tronçon méridional du Rhin moyen, le fleuve occupe pratiquement tout le champ alluvial ; les axes de trafic et le tissu urbain couvrent la totalité de la bande étroite de la zone alluviale dite ancienne. Les possibilités de développement de biotopes alluviaux restent donc extrêmement limitées et se concentrent sur les quelques îles du fleuve. Selon les résultats disponibles, on constate la disparition totale des prairies permanentes [GB 4]. En revanche, les forêts alluviales [GB 6] se sont agrandies. Ces boisements sont dans l'ensemble de très petites surfaces isolées sans connexion spatiale étroite entre différents groupes biotopiques.

Le développement de biotopes proches de l'état naturel et typiques du milieu alluvial se limite sur territoire hessois à l'île rhénane de Lorcher Werth où l'on cherche à développer une végétation aussi naturelle que possible. Ici, des petites forêts de saules argentés se sont déjà implantées et étendues. La rive droite du Rhin sur territoire hessois (du début du tronçon jusqu'à Lorchhausen) a peu de potentialités de développement car la route nationale 42 passe directement au-dessus de la berge du Rhin. Seules de très petites évolutions sont ici envisageables, p. ex. sous forme de rangées étroites de bosquets et de dépôts de substrat devant les ouvrages de consolidation des berges, comme on en observe au débouché de la Wisper à proximité de Lorch.

Les résultats peuvent cependant être faussés étant donné que le plan VBS ne s'exprime pas sur les surfaces urbanisées. Ce fait a son importance quand on sait que le tronçon du Rhin examiné est urbanisé à plus de 90 %. Les rares espaces encore libres dans les vallées se trouvent en grande partie dans les zones urbanisées. Les mesures de renaturation et de gestion des eaux se concentrent en particulier sur ces surfaces et ne sont donc pas prises en compte par le plan VBS.

Actions à engager

Dans la partie méridionale étroite de la vallée du Rhin moyen, on trouve peu de biotopes riverains ou alluviaux proches de l'état naturel servant de passerelles biologiques aux espèces de poissons grands migrateurs. Partout où les conditions locales le permettent, il convient d'ouvrir, de rendre franchissables et de renaturer les affluents des ruisseaux, le plus souvent tubés dans les zones urbaines.

La zone d'embouchure de la Nahe et les champs d'épis à Bingen (zones potentielles d'agrandissement du GB 6), ainsi que les sites de Bacharacher Werth/Kauber Werth (zones potentielles d'agrandissement du GB 6) et de Spay/ Filsen ((zones potentielles de création du GB 4, agrandissement des implantations de GB 3 + 6) ont été sélectionnés comme espaces prioritaires très importants pour le réseau de biotopes.

Dans l'espace déficitaire de Coblenz/Lahnstein, la vallée, qui s'élargit au niveau des débouchés de la Lahn et de la Moselle, est occupée dans sa quasi-totalité par des zones urbaines et des infrastructures de trafic.

Autres mesures recommandées :

[GB 1] : on recommande de dissocier les conflits d'intérêt avec les activités de loisirs. On devrait envisager de renoncer fondamentalement aux aménagements rigides des berges ou de les démanteler pour restaurer les fonctions biotopiques du milieu pour les espèces de poissons migrateurs.

[BTG 2] : préserver et restaurer les petites zones d'eaux calmes au débouché de la Nahe dans le Rhin.

[GB 3] : préserver et restaurer les petites roselières dans la zone de débouché de la Nahe et à hauteur de Spay.

[BTG 6] : préserver et restaurer les forêts alluviales de bois dur et de bois tendre au débouché de la Nahe. Tirer profit des quelques rares zones propices au développement potentiel de forêts alluviales de bois dur au niveau du Bacharacher Werth et sur la berge du Rhin à Spay pour créer de nouveaux sites de ce type. Préserver et restaurer la forêt alluviale locale de bois tendre sur l'île rhénane de Lorcher Werth.

[GB 8] : préserver et améliorer la qualité écologique des peuplements existants.

3.2.11 Tronçon du Rhin moyen : de Coblenze à Bad Honnef (PK Rhin 590-42)

État réel 2020

La vallée aval du Rhin moyen s'élargit en plusieurs endroits. Malgré tout, l'étroitesse de la vallée encaissée limite très fortement le développement naturel de biotopes alluviaux sur de longs tronçons. Dès que la vallée s'élargit, les surfaces sont soumises aux usages intensifs de l'urbanisation, des infrastructures de trafic et parfois même de l'exploitation de matières premières, ce qui explique pourquoi les reliquats d'habitats proches du naturel sont rares. En aval du débouché de la Moselle, le lit de la vallée du Rhin moyen est plus large qu'en amont, notamment là où la vallée s'élargit à Coblenze, Leutesdorf, Namedy, Rheinbrohl/Bad Hönningen, Bad Breisig /Remagen (= « Goldene Meile) ainsi que d'Erpel /Unkel jusqu'à Bad Honnef. À cet endroit, la zone alluviale ancienne atteint jusqu'à 3 km de largeur.

Du fait des formations rocheuses qui tapissent son lit par endroits et du retour à une meilleure qualité de l'eau, le Rhin est un biotope précieux d'eaux courantes. À l'exception de certains tronçons le long des îles, les berges du Rhin sont consolidées. Sur les quelques segments non consolidés, on trouve des éléments morphologiques proches du naturel comme des berges abruptes avec éboulis et des zones amphibies étendues. Les habitats naturels significatifs typiques des eaux courantes se rencontrent surtout en zone de débouché de l'Ahr et, dans une plus faible mesure, dans celle de la Nette. L'embouchure de l'Ahr est une des rares zones de débouché d'affluent dans le Rhin tolérant encore aujourd'hui des processus naturels d'alluvionnement.

Les forêts alluviales de bois tendre dominant nettement les forêts alluviales de bois dur et s'étendent surtout localement sur les îles du Rhin de Namedyer Werth, Hammersteiner Werth, Weißenthurmer Werth, Urmitzer Werth, Graswerth et Nonnenwerth. Quelques formations forestières se retrouvent dans la zone du débouché de l'Ahr, et localement sur les berges du Rhin au sud de Bendorf (face à Grasweth), sur le terrain du parc du château en amont du débouché de la Wied, à Bad Hönningen, à Unkel et à Brohl-Lützing.

Des surfaces importantes de prairies permanentes [GB 4] sont relevées entre autres à Kesselheim (entre des zones urbaines et commerciales), à l'Engerser Feld et près du débouché de l'Ahr. Dans la vallée élargie de Neuwied, l'extraction de pierre ponce et de gravier a certes fait disparaître des habitats du paysage agricole mais cependant permis la transformation des sites d'extraction en biotopes secondaires précieux, par ex. en grands plans d'eau au stade pionnier ou en végétation herbacée et buissons sur les berges [GB 8].

Évolution depuis 2006

Selon les résultats disponibles, deux évolutions ressortent clairement. On note d'une part le recul massif des prairies permanentes [GB 4] et d'autre part une augmentation de la forêt alluviale [GB 6]. À propos des forêts alluviales, il est frappant de constater que les récents peuplements sont presque tous des formations de bois tendre. On note également que des végétations de marécages, roselières et hautes herbes [GB 3]

n'existent plus que sur deux sites localisés au sud de Bendorf en combinaison avec des forêts alluviales [GB 6] et dans la zone du débouché de l'Ahr.

Les résultats peuvent cependant être faussés étant donné que le plan VBS ne s'exprime pas sur les surfaces urbanisées. Ce fait a son importance quand on sait que le tronçon du Rhin examiné est urbanisé à plus de 90 %. Les rares espaces encore libres dans les vallées se trouvent en grande partie dans les zones urbanisées. Les mesures de renaturation et de gestion des eaux se concentrent en particulier sur ces surfaces et ne sont donc pas prises en compte par le plan VBS.

Actions à engager

La partie aval de la vallée du Rhin moyen présente un fond continu offrant de bonnes conditions locales de développement de biotopes alluviaux proches de l'état naturel. Des actions doivent être engagées tout particulièrement pour les forêts alluviales de bois dur. On constate en outre un recul considérable des prairies permanentes [GB 4]. Ces deux groupes biotopiques sont de plus en plus restreints ou détruits par l'urbanisation croissante et l'intensification des usages.

On a sélectionné comme espaces prioritaires d'importance majeure pour le réseau de biotopes les zones offrant des potentialités d'amélioration et de développement. Il s'agit de l'élargissement de la vallée de Neuwied (Engerser Feld), de l'Urmitzer Werth, du Weißenthumer Werth ainsi que du débouché de l'Ahr.

Les espaces prioritaires de grande importance pour le réseau de biotopes sont l'île de Graswerth, le débouché de la Nette, le Hammersteiner Werth et le Namedyer Werth.

Autres mesures recommandées :

[GB 1] : préserver les zones de bas-fond dans l'Urmitzer Werth, notamment en raison de leur fonction de passerelle biologique pour les oiseaux de passage. On recommande de renoncer durablement à des mesures de génie hydraulique ou les limiter pour permettre la formation de processus hydrodynamiques naturels au débouché de l'Ahr. Préserver le débouché de la Nette pour la libre remontée des espèces de poissons migrateurs.

[BTG 2] : préserver l'ancien bras du Namedyer Werth.

[GB 3] : étendre les roselières au sud de Bendorf et au débouché de l'Ahr ; restaurer ou recréer ces formes sur les berges de l'île de Graswerth.

[GB 4] : pratiquer un pâturage extensif sur les friches du Engerser Feld, entretenir les prairies permanentes en friche dans la zone d'embouchure de l'Ahr et créer des prairies permanentes le long du Rhin entre Coblenz et Urmitz, dans la zone d'embouchure de la Nette, dans la zone du débouché de l'Ahr ainsi qu'à Unkel, Scheuren et au lieu-dit Rolandsmühle près de Rheinbreitbach.

[GB 5] : recréer des biotopes secs.

[BTG 6] : redonner naissance à une forêt alluviale de bois dur dans le Weißenthumer Werth, Urmitzer Werth, Hammersteiner Werth, Namedyer Werth, sur l'île de Graswerth et sur les terrasses du Rhin et de l'Ahr. Préserver et améliorer la qualité écologique des forêts alluviales de bois tendre existantes. Créer des forêts alluviales de bois tendre le long des berges du Rhin à Kaltenengers et St. Sebastian, sur l'Engerser Feld et à Bad Hönningen et Rheinbrohl.

[GB 7] : préserver et restaurer les peuplements des autres types de forêts.

[GB 8] : préserver et améliorer la qualité écologique des lacs de gravier dans la zone alluviale dite ancienne. Recréer le réseau de biotopes sur l'Engerser Feld.

3.2.12 Tronçon du Rhin inférieur : De Bad Honnef au débouché de la Sieg (PK Rhin 642-660,3)

État réel 2020

Ce tronçon du Rhin va de la frontière du Land de Rhénanie-Palatinat au débouché de la Sieg dans la vallée alluviale rhénane et est le plus petit segment du Rhin en Rhénanie-du-Nord-Westphalie. Il est surtout caractérisé par l'agglomération urbaine de Bonn. De grandes parties de l'ancien champ alluvial sont couvertes par des constructions et les groupes biotopiques de qualité n'existent plus que sous forme fragmentaire. Pour cette raison, le tronçon dans son ensemble est classé **espace de développement « Bonn/Bad Honnef »**. L'embouchure de la Sieg fait ici exception, car elle revêt une importance particulière pour le réseau de biotopes et est classée **espace prioritaire « Embouchure de la Sieg »**. On y trouve des peuplements forestiers alluviaux proches de l'état naturel côtoyant des prairies permanentes souvent riches en espèces. La Sieg est particulièrement précieuse pour son ichtyofaune migratrice, avec des espèces telles que le saumon et la lamproie fluviatile. Ce tronçon renferme par ailleurs les deux seules îles du Rhin de Rhénanie-du-Nord-Westphalie.

Évolutions depuis 2006

Selon les estimations des experts, l'état des groupes biotopiques n'a pas sensiblement changé dans l'espace de développement « Bonn/Bad Honnef ». Cependant, il est attribué une surface nettement plus importante au groupe biotopique 'eaux courantes'. Cette extension n'est cependant pas due à une évolution réelle mais à une définition différente du GB 1b (berges périodiquement inondées). Dans l'Atlas des biotopes 2020, ce groupe est recensé du niveau d'eau le plus bas au niveau d'eau le plus haut et a donc une extension plus large que dans l'Atlas 2006.

On constate de plus nettes différences entre 2006 et 2020 dans le champ alluvial de la Sieg. Elles se traduisent par une légère augmentation du pourcentage de superficie des eaux calmes proches de l'état naturel, des roselières et des hautes herbes (d'1 % respectivement), de même que par une hausse du pourcentage de prairies permanentes (de 3 %). Des bandes riveraines sont mise en place dans la vallée alluviale de la Sieg et des mesures sont appliquées pour lutter contre la berce du Caucase. L'exploitation extensive de prairies s'est développée et des friches ou prairies pauvres en espèces et soumises à des usages intensifs sont redevenues des prairies permanentes riches en espèces. On ne peut cependant pas dire avec certitude si l'extension surfacique est exclusivement le résultat d'améliorations réelles. On suppose qu'une partie au moins de cette évolution vient des différentes méthodes utilisées. En 2020 en effet, les prairies permanentes à usage intensif ont également été comptées dans le GB 4.

Un point à souligner est celui de l'augmentation de 7 % des forêts alluviales. Quelques surfaces ont été reboisées depuis 2006 et des plantations initiales d'essences alluviales ont également eu lieu. De plus, le peuplier noir, espèce autochtone, a été ajouté aux peuplements en place et des aménagements ont été réalisés dans les peuplements de peupliers hybrides. Toutefois, l'extension de la forêt alluviale n'est pas exclusivement due au développement de nouveaux boisements alluviaux. Elle résulte aussi du fait p. ex. que les peuplements forestiers recélant un fort pourcentage de peupliers hybrides sont intégrés dans le GB 6 dans l'Atlas 2020, à l'inverse de l'Atlas 2006.

Actions à engager

Dans l'**espace de développement « Bonn/Bad Honnef »**, des déficits cruciaux touchent tous les groupes biotopiques et le réseau de biotopes est dans un état médiocre. Les possibilités de lutte contre cette situation sont très limitées en raison des constructions en présence. On devrait tenter malgré tout d'exploiter toutes les

possibilités offertes pour développer des biotopes proches de l'état naturel dans le périmètre urbain de Bonn pour atténuer l'effet de barrière qu'il occasionne.

Autres mesures recommandées :

Dans le fleuve même [GB 1] et directement sur les berges, il est possible d'améliorer les connexions biotopiques en aménageant les ouvrages hydrauliques et les raccordements de bras latéraux au Rhin. Il est prévu sur certains segments de préserver et de développer de manière plus naturelle les buissons alluviaux, les forêts alluviales et la morphologie du lit et des berges.

Les prairies permanentes existantes [GB 4] devraient être exploitées de manière extensive dans la mesure du possible. Il convient d'agrandir les surfaces de roselières et de végétation altherbeuse [GB 3]. On devrait également exploiter les possibilités d'étendre largement le réseau de biotopes en dehors du champ alluvial en tirant profit des structures de raccordement des zones forestières limitrophes de la vallée alluviale (p. ex. sur le massif des 'Siebengebirge'). L'effet de barrière de l'agglomération de Bonn pourra ainsi être atténué, du moins pour quelques espèces animales.

Pour l'atteinte d'un paysage alluvial proche de l'état naturel, une attention particulière est à accorder dans ce tronçon rhénan à l'**espace prioritaire « Débouché de la Sieg »**. En raison de la situation locale avec des types de sols alluviaux et des crues fréquentes, le potentiel de développement du milieu alluvial de la Sieg est élevé. La zone de débouché de la Sieg va être aménagée pour permettre l'atteinte des objectifs de développement fixés par la DCE. Il est ainsi prévu de retirer les ouvrages techniques rigides qui restreignent la qualité des habitats et de rendre à la Sieg ses fonctions de développement autodynamiques. Le relancement de la dynamique morphologique et le développement d'un champ alluvial inondable figurent ici au premier plan. En élargissant le lit de la rivière, on agrandira la surface aquatique et la zone amphibie du cours d'eau [GB 1] et on favorisera le développement d'eaux calmes alluviales à caractère naturel [GB 2]. En outre, les forêts alluviales, qui devraient être agrandies [GB 6], profiteront également du développement d'un paysage alluvial marqué par le battement des crues. Les roselières et la végétation de hautes herbes [GB 3] sont déjà présentes au débouché de la Sieg en quantité suffisante mais elles bénéficieront aussi de l'aménagement de la Sieg. Les prairies permanentes [GB 4], déjà suffisantes en superficie, devraient être utilisées de manière à protéger la nature, si ce n'est pas encore le cas.

3.2.13 Tronçon du Rhin inférieur : Du débouché de la Sieg au débouché de la Wupper (PK Rhin 660,3-704,8)

État réel 2020

L'agglomération de Cologne-Bonn marque le paysage de ce tronçon du Rhin. Le pourcentage de surfaces imperméabilisées est élevé et, à l'exception de quelques réserves naturelles, le lit majeur a disparu ou se limite à une bande étroite. L'espace géographique considéré est endigué en majeure partie et donc déconnecté de la dynamique alluviale pratiquement partout.

Dans l'**espace de développement « Niederkassel »**, le Rhin est comprimé entre les localités urbaines mais on trouve ici et là une bande étroite du lit majeur avec des prairies permanentes et des fragments de forêts alluviales.

L'**espace prioritaire « Cologne sud »**, qui suit directement en direction du nord, fait apparaître des segments précieux pour le réseau de biotope à côté des implantations urbaines. On trouve ainsi des peuplements forestiers alluviaux de taille importante dans le méandre de Weiß, dans la forêt alluviale de Langen, et des surfaces morphologiquement riches près du port de Godorf. Les prairies permanentes et la végétation de hautes herbes s'étendent à quelques endroits du lit majeur.

Dans l'**espace de développement « Cologne »**, le bâti s'étend parfois jusqu'au Rhin et la part de biotopes de haute qualité biologique est très faible. On retrouve dans la partie septentrionale, entre autres dans la « Flittarder Rheinaue », un lit majeur avec prairies permanentes, forêt alluviale, roselières et végétation de hautes herbes. Les sites importants pour le réseau régional de biotopes sont à l'est la Wahner Heide ainsi que la Sülzaue et l'Aggeraue, cette dernière étant reliée à la Siegaue. Les structures de raccordement à l'ouest vers l'Erftaue et les surfaces forestières dans le périmètre de la « Ville » sont implantées dans la ceinture verte de Cologne et sont donc très limitées.

Plus au nord, l'**espace de développement « Leverkusen/Dormagen »** est lui aussi un segment très urbanisé. Malgré la forte densité urbaine, des segments sont écologiquement précieux, comme la « Rheinaue Langel-Merkenich ». Le lit majeur est principalement recouvert de prairies permanentes et on y trouve également une végétation de forêt alluviale, roselières et hautes herbes. Dans le périmètre urbain de Leverkusen, la rivière Dhünn offre des structures de raccordement vers l'est, ou encore vers le nord-ouest via la Wupper.

Évolution depuis 2006

On constate une augmentation de superficie de 9 % en 2020 pour la forêt alluviale. Les surfaces forestières se sont élargies ou sont venues s'ajouter aux forêts existantes dans les trois espaces de développement et dans l'espace prioritaire « Cologne sud ». Des surfaces forestières ont ainsi été implantées, p. ex. dans l'espace de développement « Niederkassel » sur d'anciens terrains de sport. Dans l'espace prioritaire « Cologne sud », quelques anciens terrains ouverts sont à présent délimités par une végétation successive et des reboisements dans les périmètres de la « Forêt alluviale de Langel » et du méandre de Weiß ; la forêt alluviale progresse en partie jusque sur les bancs de gravier en avant des berges. Une évolution similaire est observée dans l'espace de développement « Cologne » pour la « Flittarder Aue ». Dans la « Rheinaue Langel-Merkenich », de petites surfaces forestières ont également été reboisées ou sont nées en phases successives naturelles dans l'espace de développement « Leverkusen/Dormagen ». Malgré cette augmentation des surfaces de forêts alluviales dans tous ces segments, on part du principe qu'elle est due en grande partie au changement de méthode appliquée. En 2020 p. ex., des forêts mixtes à fort pourcentage de peupliers hybrides ont été attribuées aux forêts alluviales [GB 6].

Par rapport à 2006, les prairies permanentes ont perdu 2 %, et ceci bien que l'on ait attribué nettement plus de ces prairies au GB 4 dans quelques segments. En 2006 p. ex., seules les prairies permanentes riches en espèces et couvrant les digues avaient été représentées dans l'espace de développement « Cologne ». En 2020, les prairies permanentes partiellement soumises à une exploitation intensive sont aussi intégrées dans le GB 4. La baisse de prairies permanentes est due au changement de méthode et surtout aux délimitations différentes des espace géographiques considérés. Il manque ainsi des surfaces de digues dans l'espace de développement « Niederkassel » qui étaient encore prises en considération en 2006.

Ces deux délimitations distinctes des espaces géographiques sont également visibles dans l'espace de développement « Cologne ». Ici, des forêts ont été identifiées dans l'ancien champ alluvial [GB 7] sur des surfaces qui ne sont pas examinées en 2020. La délimitation de l'espace autour de la Wupper est plus large et représentée de manière plus concrète en 2020 dans l'espace de développement « Leverkusen/Dormagen ». Les divergences des arrière-plans géographiques ressortent très nettement dans l'espace prioritaire « Cologne sud ». Au niveau du méandre de Weiß, cet arrière-plan s'étend jusqu'à Rondorf en 2020 et est ainsi beaucoup plus large qu'en 2006.

De nombreuses améliorations ont été obtenues sur le site du port de Godorf dans l'espace prioritaire « Cologne sud ». Une grande surface labourée a ainsi été transformée

en prairie permanente morphologiquement diversifiée et les terrains environnants ont été mis en valeur par des plantations de bosquets.

Dans l'espace de développement « Leverkusen/Dormagen », la continuité de la Dhünn a été rétablie et d'autres mesures ont été prises dans la réserve naturelle pour optimiser le milieu aquatique. La Dhünn méandre à présent dans un lit aquatique à la morphologie variable. Les structures de raccordement de la partie est du bassin du Rhin sont ainsi améliorées. La partie septentrionale de cet espace de développement se trouve dans le tronçon suivant du Rhin, celui allant du débouché de la Wupper jusqu'à Krefeld.

Actions à engager

Dans ce tronçon du Rhin marqué par l'agglomération urbaine de Cologne, le réseau des biotopes à grande échelle souffre de déficits importants et, dans le même temps, les possibilités d'atténuer cet état de fait sont très limitées. L'objectif dans cette zone doit donc être de préserver les rares reliquats de végétation alluviale relativement naturels, d'améliorer leur état et d'exploiter toutes les opportunités de recréation de biotopes alluviaux typiques susceptibles de promouvoir la qualité du réseau de biotopes. Dans le champ alluvial rhénan, des passerelles biologiques sont à conserver et à développer, surtout dans les segments précieux déjà susmentionnés. Même dans les zones urbaines de Cologne et de Wesseling, il convient de saisir toute opportunité de création de biotopes proches de l'état naturel pour atténuer l'effet de barrière qu'elles provoquent. Il est indispensable dans ce contexte de trouver le bon équilibre entre le trafic intense dû aux activités de loisir dans ces agglomérations et les intérêts de la protection de la nature et du paysage.

Autres mesures recommandées :

Les annexes hydrauliques comme celles existant dans le périmètre de l'ancien débouché de la Wupper, sont rares dans ce tronçon du Rhin, tout comme les fossés d'inondation temporairement alimentés en eau. La qualité écologique des eaux courantes et du Rhin même doit être améliorée. Les cours d'eau artificialisés et parfois très canalisés, mais néanmoins raccordés au Rhin (p. ex. les ports) doivent être écologiquement réhabilités. Dans le fleuve même [GB 1], il convient d'améliorer les connexions biotopiques en aménageant les ouvrages hydrauliques (p. ex. les champs d'épis), en mettant en place des zones peu profondes ou en retirant les ouvrages de consolidation des berges. Sur la « berge du Rhin à Monheim », les possibilités de création d'une annexe hydraulique sont à examiner.

Il convient d'agrandir les surfaces de roselières et de végétation altherbeuse [GB 3] dans tous les segments. Les prairies permanentes [GB 4] doivent être préservées et restaurées au travers d'usages extensifs. Au sud de Cologne uniquement, les prairies permanentes ne sont pas suffisantes, ce qui entrave la mise en réseau des biotopes ; elles doivent gagner en superficie. La qualité des forêts alluviales [GB 6] doit être améliorée et leur superficie en partie élargie. Les forêts alluviales sont très fragmentées à hauteur de Leverkusen. Ici aussi, de nouvelles forêts alluviales sont à recréer.

3.2.14 Tronçon du Rhin inférieur : Du débouché de la Wupper à Krefeld (PK Rhin 704,8-761,3)

État réel 2020

Ce tronçon du Rhin s'étend du débouché de la Wupper à l'urbanisation de Krefeld. On y trouve les grands complexes urbains de Leverkusen, Dormagen, Dusseldorf, Neuss et Duisbourg, mais également de grandes zones alluviales proches de l'état naturel composées d'un ensemble biotopique de prairies permanentes, de cours d'eaux alluviaux

et de forêts alluviales relictuelles, avec ici et là de grandes rives sablonneuses ou graveleuses.

L'**espace de développement « Leverkusen/Dormagen »** s'étend dans sa partie nord jusqu'au tronçon du Rhin compris entre le débouché de la Wupper et Krefeld. La partie septentrionale est fortement urbanisée avec les agglomérations urbaines de Leverkusen, Monheim et Dormagen. Malgré la forte densité urbaine, des segments sont écologiquement précieux, comme ceux de la « Rheinaue Worringen-Langel » et du « Rheinufer Monheim ». La « Rheinaue Worringen-Langel » est une lisière végétale à caractère quasiment naturel longeant le Rhin et alternant forêt alluviale, prairies rhénanes typiques (entre autres des prairies à fromental) et mares. Un ancien bras y est également raccordé. Une zone alluviale de grande superficie a été redynamisée dans le « Monheimer Rheinbogen » par mise en retrait des digues. Les prairies permanentes dominent à côté de forêts alluviales, de roselières et de végétation de hautes herbes.

On trouve au sud-est de la « Rheinaue Worringen-Langel » l'**espace prioritaire « Worringer Bruch »**. Le Worringer Bruch, un ancien bras du Rhin a une importance internationale en tant que complexe d'anciennes forêts alluviales, de cours d'eau, de roselières et de végétation de hautes herbes. L'ancien bras progressivement alluvionné connaît des battements de nappe correspondant aux variations du niveau d'eau du Rhin.

L'**espace prioritaire de « Zonser Grind/Urdenbacher Kämpe/Himmelgeister Rheinbogen »** est un segment particulièrement précieux du Rhin avec plusieurs méandres et de grandes potentialités de mise en réseau de biotopes. Il est relié en grande partie à la dynamique des crues du Rhin. On trouve sur la rive gauche du Rhin les espaces de « Rheinaue Zons-Rheinfeld et Altrheinschlinge Zons ». Les prairies permanentes sont la forme végétale majoritaire, avec un fort pourcentage de prairies à fromental. Sur la rive droite, l'« Urdenbacher Kämpe » forme un ensemble récent de zones alluviales inondables d'importance régionale. On trouve ici des prairies alluviales rhénanes de grande qualité et en outre des forêts alluviales de bois tendre et de bois dur, avec des espaces aquatiques ouverts, des roselières et des hautes herbes. Le « Zonser Grindt » est lui aussi un ensemble alluvial morphologiquement riche et dominé par des prairies permanentes. Des niveaux d'eau variables et des épisodes de crue, accompagnés de déplacements de substrat à certains endroits, donnent naissance à des structures et biotopes alluviales typiques du milieu alluvial. Le « Himmelgeister Rheinbogen » est caractérisé par des habitats d'un paysage cultivé avec un fort pourcentage de prairies permanentes mais également de surfaces labourées. On y trouve par ailleurs des fragments de forêt alluviale. Le méandre est bien structuré avec des arbres têtard, des arbres fruitiers, des haies et des bandes boisées. Des phytocénoses particulièrement précieuses poussent sur les digues, en particulier des prairies maigres (à sauge et) à fromental.

L'**espace de développement « Dusseldorf/Neuss »** est très marqué par l'urbanisation. Au sud de Dusseldorf, l'« Uedesheimer Rheinbogen » est un segment morphologiquement riche accueillant entre autres des prairies à fromental. Dans le périmètre urbain de Dusseldorf, le Rhin est corseté sur ses deux berges par des ouvrages rigides et ne dispose que d'une bande alluviale très étroite. À l'exception des prairies permanentes, tous les autres GB sont fragmentés. On trouve une passerelle biologique avec forêt alluviale dans la « Réserve naturelle d'Ölgangsinsel ». On relève de structures régionales de raccordement à l'ouest du Rhin à hauteur de Neuss-Grimlingshausen où l'Erft se jette dans le Rhin et à l'est de Dusseldorf où les surfaces forestières forment un ruban pratiquement continu. Ce réseau forestier permet au moins aux espèces terrestres et mobiles de contourner largement les agglomérations de Dusseldorf et de Neuss. À proximité du Rhin, l'**espace prioritaire « Ilvericher Rheinbogen »** se compose d'un lit majeur marqué par des prairies permanentes et par la boucle d'un ancien bras, l'« Ilvericher Altrheinschlinge ». Cette ancienne boucle du Rhin est alluvionnée sur sa quasi-totalité de son lit et est constituée d'un ensemble d'anciennes forêts alluviales, de

plans d'eau, de roselières et de hautes herbes. La zone centrale enfermée dans la boucle du Rhin se compose pour l'essentiel de surfaces labourées.

Le groupe biotopique principal est celui des prairies permanentes [GB 4]. On juge ici le réseau suffisant, du moins sous l'angle quantitatif. Les forêts alluviales [GB 6] et les roselières [GB 3] forment une mosaïque composée de fragments de faible superficie. La mise en réseau n'est pas assurée partout. Les eaux calmes [GB 2] sont très peu représentées bien qu'elles entrent dans l'éventail des formations typiques de ce tronçon. Il en va de même pour les forêts poussant hors du champ alluvial [GB 7].

Évolution depuis 2006

Dans l'espace de développement « **Leverkusen/Dormagen** », quelques évolutions positives sont à signaler depuis 2006 dans la « Rheinaue Worringer-Langel ». L'annexe hydraulique en place a été optimisée, les usages ont été extensifiés et la prairie permanente a été complétée par des formes forestières. Une végétation de prairies permanentes se développe sur d'anciens champs labourés. Les surfaces forestières ont légèrement augmenté grâce au reboisement et à la progression d'une végétation successive. Selon un processus de succession écologique, les peuplements de forêt alluviale ont également grandi dans le « Monheimer Rheinbogen ». Par ailleurs, de petites surfaces labourées ont été transformées en prairies permanentes et en bandes boisées.

Au cours des dernières années, de nombreuses mesures de protection de la nature, qui améliorent aussi le réseau de biotopes, ont été mises en œuvre dans l'espace prioritaire « **Zonser Grind/Urdenbacher Kämpe/Himmelgeister Rheinbogen** », et plus précisément dans la « Réserve naturelle d'Urdenbacher Kämpe » et dans la « Réserve naturelle de Zonser Grind ». La forêt alluviale est de meilleure qualité et a été recrée dans de petites zones, des cours d'eau ont été optimisés et des prairies permanentes extensifiées, recrées sur des surfaces labourées ou libérées de bosquets freinant leur extension. On a ainsi surtout revalorisé surtout les formes de prairies permanentes riches en espèces et leurs prairies à fromental. Des mesures ont également porté sur les roselières et la végétation altherbeuse et ont eu un impact positif sur leur qualité. On a planté en outre des arbres têtards et des arbres fruitiers. On constate peu d'évolution dans la « Réserve naturelle d'Himmelgeister Rheinbogen ». Le recul de digue initialement prévu dans cette zone n'a pas été réalisé.

Les changements réels sont également peu nombreux dans l'**espace de développement** « **Dusseldorf/Neuss** ». La part de boisements a augmenté au sud de la « Réserve naturelle d'Ölgangsinsel ».

Des mesures ont été effectuées ces dernières années dans l'espace prioritaire « **Ilvericher Rheinbogen** » pour optimiser et agrandir la forêt alluviale. Les eaux sont proches d'un état naturel ou ont déjà été restaurées. Elles peuvent se développer de manière autodynamique et leur entretien est respectueux de la nature. Des mesures supplémentaires ont été appliquées au cours des dernières années pour optimiser le milieu aquatique. Le débouché de l'ancienne courbe du Rhin à Ilverich a été aménagée pour faciliter le passage des poissons. Depuis 2006, les prairies permanentes ont été extensifiées ou recrées sur de petites surfaces d'anciens sites de cultures labourées.

De nombreuses mesures ont été mises en œuvre dans ce tronçon du Rhin pour améliorer les habitats alluviaux. On ne peut pas affirmer avec certitude si ces mesures ont également eu pour effet de rehausser les parts de GB représentés par les eaux calmes de 2 %, les roselières et hautes herbes de 1 %, la forêt alluviale de 4 % et les forêts de l'ancien champ alluvial de 1 % sur l'ensemble de l'espace géographique considéré, ou si ces chiffres sont dus en partie aux méthodes appliquées. On présume cependant que les peuplements de forêts alluviales [BG 6] sont surestimés en 2020, car les formes de peupliers hybrides ont été pris en compte dans ce GB. La baisse des eaux courantes [GB

1] de 4 % ne correspond pas à une dégradation réelle mais est due aux effets de méthode. En 2020, les eaux courantes du « Ilverischer Rheinbogen » p. ex. ne sont pas reconnaissables dans l'Atlas 2020 en raison d'une représentation à échelle plus grossière. Comme il a déjà été indiqué pour d'autres tronçons, les prairies permanentes [GB 4] partiellement soumises à exploitation intensive sont plus largement considérées en 2020 dans ce GB car il intègre aussi celles situées hors des digues. On note malgré tout une baisse relative de 4 % de la part des prairies permanentes par rapport à 2006, car l'espace géographique s'est globalement agrandi, ce qui rend très limitée la comparaison des chiffres. Cet espace englobe désormais en 2020, entre autres, le Latumer Bruch ou la zone alluviale de l'Erft jusqu'à Reuschenberg.

Actions à engager

Pour le réseau de biotopes, ce tronçon du Rhin affiche une image très différenciée. Des fragments de forêts alluviales caractéristiques sur plusieurs méandres alternent avec des zones déficitaires. Les agglomérations de Leverkusen, Dusseldorf, Neuss et Duisbourg forment de nettes barrières pour le réseau de biotopes et présentent simultanément un faible potentiel de développement en raison du degré élevé d'imperméabilisation des sols. Dans ces zones déficitaires, tous les GB sont sous-représentés à l'exception des prairies permanentes [GB 4]. Il convient d'exploiter toutes les opportunités pour restaurer ou agrandir les biotopes alluviaux proches de l'état naturel.

Autres mesures recommandées :

Les sites présentant un potentiel alluvial typique élevé se trouvent dans la zone des méandres mentionnés plus haut, qui sont cependant en partie séparés du fleuve par des digues. Ces noyaux du réseau de biotopes devraient encore être améliorés. Un recul de digues sur le « Himmelgeister Rheinbogen » permettrait de reconnecter un précieux segment au régime des crues du Rhin. De nombreux sites et ensembles alluviaux dignes de protection sont de plus en plus menacés par des modifications du débit ou de la dynamique des eaux souterraines. L'érosion du lit du Rhin déconnecte progressivement le fleuve de son champ alluvial. L'objectif poursuivi dans le lit majeur du Rhin est de promouvoir la dynamique alluviale en tolérant les inondations naturelles et la rétention des eaux dans la zone alluviale. Comme l'érosion du lit du Rhin est irréversible, il est nécessaire d'améliorer les liens entre le fleuve et son champ alluvial en réalisant des mesures dans ce champ. Par ailleurs, le régime dynamique des eaux courantes [GB 1] doit être amélioré. Le réseau des biotopes fluviaux peut être bonifié par des mesures d'aménagement des ouvrages hydrauliques, p. ex. les champs d'épis, par le retrait des dispositifs de consolidation des berges et par la création de zones d'eau peu profondes. De plus, il convient d'optimiser les connexions entre le fleuve et ses affluents et de les rendre continues. La mise en place de bras latéraux, p. ex. dans la zone de Monheim et d'Himmelgeist, ou dans la courbe du Rhin à Uedesheim, favorise la dynamique alluviale et offre en outre des habitats importants aux poissons du Rhin. De telles mesures encourageraient également le développement de nouveau biotopes secs [GB 5] dans les segments dynamisés des cours d'eau ou les nouveaux bras latéraux, là où se dépose du substrat fin. Il conviendrait également de restaurer dans les méandres d'autres plans d'eau proches de l'état naturel [GB 2] et des zones humides avec roselières, laïches et végétation altherbeuse [GB 3]. Les prairies permanentes [GB 4] sont à préserver et à restaurer à certains endroits par une exploitation extensive. La forêt alluviale [GB 6] est fragmentée et ne constitue pas de réseau continu de biotopes. Les surfaces potentielles de développement de ce site se trouvent dans les méandres. On peut améliorer le réseau de biotopes en agrandissant les forêts existantes ou en raccordant celles qui sont jusqu'à présent déconnectées de la dynamique des crues (p. ex. « Worringer Bucht », « Ilvericher Bruch »).

3.2.15 Tronçon du Rhin inférieur : de Krefeld au débouché de la Lippe (PK Rhin 761,3-814,4)

État réel 2020

Le tronçon du Rhin est compris entre Krefeld et le débouché de la Lippe dans le Rhin. Dans sa partie méridionale, le Rhin traverse la périphérie ouest de la région de la Ruhr où l'urbanisation est très dense avec un fort pourcentage d'axes de trafic et de surfaces industrielles. Le lit majeur en avant des digues est étroit dans cette zone. On trouve des surfaces de grande qualité pour le réseau de biotopes au nord de Duisbourg.

L'**espace de développement « Krefeld »** est une zone alluviale déficitaire avec un tissu urbain qui s'étend en partie jusqu'à la berge du Rhin. À l'opposé d'autres agglomérations urbaines, on y trouve cependant au moins sur un côté du Rhin des méandres non couverts de constructions et recelant des biotopes alluviaux (« Spey », « Rheinaue Ehingen », « Rheinaue Friemersheim »).

Ces espaces sont suivis au nord par l'**espace de développement « Duisbourg »**, lui aussi à caractère fortement urbanisé. Contrairement aux autres agglomérations (Cologne-Bonn, Dusseldorf), on trouve ici sur un des côtés du Rhin des parties plus importantes de biotopes alluviaux disséminés.

L'**espace prioritaire « Orsoy et Walsum »** occupe une place de premier plan au sein du réseau de biotopes à grande échelle le long de l'axe du Rhin. À partir de Duisbourg-Walsum commence la zone de protection des oiseaux « cours aval du Rhin inférieur ». Les zones imperméabilisées de Duisbourg et de Dinslaken font certes obstacle à l'est, mais cet effet est atténué par la présence de précieuses zones alluviales. Au nord de Duisbourg-Beeckerwerth, le lit majeur est dominé par des prairies permanentes renfermant de nombreux boisements. Sur la rive droite du Rhin apparaît la « Réserve naturelle de Rheinaue Bisheim » principalement constituée de prairies permanentes. On souligne ici comme zone endiguée de grande qualité la « Walsumer Rheinaue » avec ses plans d'eaux peu profondes nés des affaissements de terrains miniers et ses roselières et végétation de hautes herbes. L'« Orsoyer Rheinbogen » a été intégré dans le champ alluvial inondable grâce à un recul de digue. On trouve ici de larges structures de fossés reliés au Rhin. La réserve naturelle englobant le lit majeur du Rhin entre Mehrum et Emmelsum s'étend sur la rive gauche du Rhin et est suivie de la « Mommniederung » dans l'arrière-pays. Cette zone endiguée est précieuse en raison de son paysage parsemé de haies typique du Rhin inférieur.

Plus à l'ouest, la vallée alluviale est reliée à grande échelle avec le bassin de la Niers par le biais des surfaces forestières et des réserves naturelles des périmètres de Rheinberg et d'Issum.

L'**espace de développement « Friedrichfeld »** se compose sur la rive droite du Rhin du lit majeur à l'est de Wallach et de la zone alluviale rhénane entre Buderich et Perrich, et sur la rive gauche du Rhin des prolongements septentrionaux du lit majeur du Rhin entre Mehrum et Emmelsum. Le canal Wesel-Dattel débouche ici dans le Rhin. Malgré la présence de nombreuses réserves naturelles, il s'agit d'une zone déficitaire pour le réseau de biotopes, car on n'y rencontre pratiquement que des prairies permanentes.

L'**espace prioritaire « Débouché de la Lippe »** est un carrefour important pour le réseau de biotopes à l'échelle régionale. La zone de débouché de la Lippe se développe librement et est constituée de biotopes alluviaux typiques.

Sur tout ce segment, les prairies permanentes forment le groupe biotopique principal pour la mise en réseau [GB 4]. Il s'agit toutefois principalement de prairies intensives

pauvres en espèces. Les habitats alluviaux typiques sont surtout présents dans les espaces de développement mais ils se limitent à de petites surfaces ou à des reliquats.

Évolution depuis 2006

Dans les **espaces de développement « Krefeld » et « Duisbourg »**, quelques évolutions depuis 2006 méritent d'être mentionnées. On note dans quelques petites zones une augmentation de boisements nés de la mise en place de bandes boisées. Dans l'**espace de développement « Duisbourg »**, la digue du méandre du Rhin à Mündelheim est actuellement mise en retrait pour permettre la création d'un espace supplémentaire de rétention. Cette mesure est déjà en grande partie achevée. Une ancienne carrière anciennement reliée au Rhin au sud de Hoch-Emmereich a été comblée. On y trouve à présent des prairies permanentes humides, des boisements, des roselières et des hautes herbes. Au nord de Alt-Homborg en revanche, une nouvelle carrière de grande dimension reliée au Rhin a vu le jour.

À hauteur de Rheinhausen, une revalorisation morphologique a été effectuée par retrait de la couverture (scories) et apport de gravier sur la berge. Il s'agit d'une surface expérimentale visant à tester la stabilité de berges graveleuses.

À hauteur de Duisbourg-Beeckerwerth, un bras latéral parallèle au Rhin a été mis en place. L'aménagement des ouvrages de consolidation des digues en place a donné naissance à une zone d'eaux peu profondes et protégée du batillage qui présente un grand intérêt, surtout pour le poissons.

Dans l'**espace prioritaire « Orsoy et Walsum »**, quelques surfaces forestières hors du champ alluvial [GB 7] ont été ajoutées depuis 2006 dans la « Réserve naturelle de Blaue Kuhle », ainsi qu'une végétation de forêt alluviale [GB 6], p. ex. dans le lit majeur de la « Walsumer Rheinaue ». Dans le segment de la « Lohheide », marqué par l'agriculture, le paysage a gagné quelques structures boisées, mais les formes de gestion sont parfois devenues plus intensives encore avec l'agrandissement des surfaces labourées. Il ressort clairement dans le segment de « Binsheim » que la nouvelle méthode appliquée en 2020 aux groupes biotopiques peut déboucher sur des écarts dans la représentation. Ainsi, le paysage bien structuré par des haies et des boisements est totalement attribué aux prairie permanentes [GB 4] en 2020 alors que ces formes végétales entraient encore en 2006 dans le GB 8. En raison des structures de petite taille et uniquement linéaires, ces éléments paysagers ne sont pas pris en compte dans l'évaluation actuelle. Des mesures ont été prises ces dernières années dans les méandres pour préserver et développer des prairies permanentes riches en espèces. L'« Orsoyer Rheinbogen » a été intégré dans le champ alluvial inondable grâce à un recul de digue. On trouve ici de larges surfaces aquatiques reliées au Rhin. Elles sont nées en partie de carrières de grande taille qui n'existaient pas encore dans cet ordre de grandeur en 2006. Leur réhabilitation n'est pas encore achevée jusqu'à présent. De nombreuses mesures ont été réalisées de 2013 à 2018 dans ce segment dans le cadre du projet LIFE « Orsoyer Rheinbogen im Vogelschutzgebiet Unterer Niederrhein ». Parallèlement à la mise en place de mares et de zones d'eaux peu profondes et à l'optimisation des berges de cours d'eau, des prairies de fauche en plaine ont été créées et les modes de gestion ont été adaptés pour répondre aux exigences des oiseaux de prairies.

Il est prévu de mettre en place un polder non manœuvrable.

L'aménagement du débouché de l'Emscher est en cours de réalisation. Le futur lit de la rivière est déjà en place et il a été construit une rampe de franchissement pour compenser le dénivelé entre l'Emscher et le Rhin.

On relève depuis 2006 dans l'**espace de développement « Friedrichsfeld »** une légère extension de la forêt alluviale sur les berges. Des modifications importantes découlent des travaux d'excavation. Ainsi, dans la partie sud du segment du lit majeur du Rhin entre Mehrum et Emmelsum, de grandes surfaces en eau raccordées au Rhin sont nées de ces excavations. Des mares ont été mises en place dans la réserve naturelle

« Rheinvorland zwischen Mehrum und Emmelsum ». Au sud-ouest du port d'Emmelsum, une grande carrière limitrophe du Rhin a été réhabilitée et laisse apparaître à présent une longue ligne de berge et de petits îlots. Une cuvette d'inondation a été mise en place plus au nord. Sur la rive opposée du Rhin, une surface excavée déjà existante en 2006 s'est agrandie.

Dans l'**espace prioritaire « Débouché de la Lippe »**, le projet « Neue Lippe-Mündungsaue bei Wesel » a donné naissance à un paysage étendu de végétation alluviale marqué par les crues dans la zone de débouché de la Lippe dans le Rhin. La Lippe peut ici se développer librement sur son cours et son profil. Des biocénoses spécifiques aux zones de débouché ont pu voir le jour. Par rapport à 2006, les surfaces d'eaux courantes et d'eaux calmes ont fortement augmenté. Les aménagements ont été réalisés en relation avec l'extraction de gravier. Par conséquent, l'aspect des carrières environnantes a beaucoup changé.

Il n'est pas judicieux pour ce tronçon de comparer les pourcentages occupés par les GB dans l'Atlas 2006 et dans l'Atlas 2020, car l'espace géographique considéré a sensiblement changé entre ces deux dates, surtout vers l'ouest.

Actions à engager

Dans sa partie orientale, ce tronçon du Rhin est couvert par la région de la Ruhr où les possibilités de mise en réseau de biotopes sont très limitées. En raison de leur qualité écologique médiocre, les rivières Ruhr et Emscher ne contribuaient pratiquement pas à cette mise en réseau jusqu'à présent. Les cours d'eau doivent donc être restaurés et leur continuité doit être rétablie avec un régime hydrologique dynamique et proche de l'état naturel.

Mesures en cours de mise en œuvre :

Dans l'espace de développement « Duisbourg », la digue du méandre du Rhin à Mündelheim est actuellement mise en retrait pour permettre la création d'un espace supplémentaire de rétention. Cette mesure est déjà en grande partie achevée. L'aménagement du débouché de l'Emscher est lui aussi déjà achevé en partie. Il est prévu de créer un raccordement de l'Emscher au Rhin sur une longueur de 1,6 km pour le passage des poissons. Le futur lit de la rivière est déjà en place et il a été construit une rampe de franchissement. La dernière tranche de construction englobe l'ouverture de la digue du Rhin et le déplacement de l'Emscher dans le nouveau champ alluvial.

Mesures planifiées :

Il est prévu de mettre en place un polder non manœuvrable dans l' « Orsoyer Rheinbogen ».

Autres mesures recommandées :

Les autres cours d'eau de plus petite taille doivent tous être raccordés au Rhin. Le réseau des biotopes fluviaux peut être bonifié par des mesures d'aménagement des ouvrages hydrauliques, p. ex. les champs d'épis, par le retrait des dispositifs de consolidation des berges et par la création de zones d'eau peu profondes.

Le potentiel de restauration écologique réside principalement dans le tronçon du « cours aval du Rhin inférieur » qui démarre à cet endroit. Il est fondamentalement concevable de restaurer des biotopes typiques du milieu alluvial dans les récents systèmes de petits bras latéraux dans la région de Büderich, Rheinberg, Orsoy et Moers. Il faut cependant tenir compte du fait que ces zones se trouvent pratiquement toutes derrière les digues. Dans le cadre de la planification, on donnera donc la priorité aux surfaces déjà ouvertes à la dynamique des crues ou à celles où le relancement de cette dynamique est prévu.

Au cours des dernières années, l'érosion du lit du Rhin a déconnecté progressivement le fleuve de son champ alluvial. Les quelques rivières alluviales naturelles tombent à sec de plus en plus fréquemment. Il convient d'examiner si des annexes hydrauliques pourraient être créées en particulier dans les zones riveraines du Rhin entre Langst-Kierst et Nierst, dans la réserve naturelle « Die Spey », dans la réserve naturelle « Rheinaue Walsum » et dans la réserve naturelle « Hasenfeld und Rheinvorland zwischen Eversael und Ossenberg ». Les surfaces en eau nées des excavations sont également à prendre en compte dans ce contexte. Des biotopes secs [GB 5], actuellement rares, pourraient se développer grâce aux dépôts de substrats fins.

Les biotopes boisés typiques du milieu alluvial [GB 6] sont sous-représentés et devraient si possible être agrandis ou recréés. Les roselières et les hautes herbes sont à préserver et leur caractère typique doit être renforcé. Ce segment est surtout déterminé par des prairies permanentes exploitées de manière intensive [GB 4] et une partie de ces surfaces devrait passer à une gestion extensive.

3.2.16 Tronçon du Rhin inférieur : du débouché de la Lippe à la frontière germano-néerlandaise (PK Rhin 814,4-863,7)

État réel 2020

Ce tronçon du Rhin, qui s'étend du débouché de la Lippe à la frontière avec les Pays-Bas, est un paysage à caractère agricole exempt de grandes urbanisations. La plaine alluviale rhénane naturelle s'ouvre ici sur une largeur de plus de dix kilomètres. Elle est en grande partie déconnectée du Rhin par des digues. Une bande continue le long du Rhin est classée Ramsar et zone de protection des oiseaux d'importance exceptionnelle pour les oies sauvages arctiques qui y hivernent.

L'**espace prioritaire « Rhin inférieur »** englobe le Rhin et son récent champ alluvial ainsi que des zones endiguées. De nombreux systèmes de petits bras latéraux dans le lit majeur en avant et en arrière des digues forment des sites quasi naturels et typiques du milieu alluvial. De nombreuses réserves naturelles riches en éléments paysagers variés s'étendent le long du Rhin et de ses affluents. Dans la plaine inondable récente, on trouve des zones écologiques remarquables et d'importance suprarégionale dans le périmètre de l'île de Bislich et dans la zone d'anciens bras de « Bienen/Griether Ort ». Les anciennes annexes alluviales du Rhin renferment encore ici et là des roselières, comme celles de « Altrhein Bienen-Praest ». Autour des surfaces aquatiques reliées au Rhin, on note également à certains endroits la présence de berges convexes sablonneuses et graveleuses et de fragments de forêts alluviales. Dans l'espace endigué, quelques prairies humides de grande valeur, comme la « Hetter », sont également à souligner. Il existe en outre des ensembles de cours d'eau particulièrement précieux, le « Kalfack » et l'« Altrhein Reeser Eyland » p. ex., qui - en plus de leur valeur écologique - ont également un rôle particulier à jouer dans le réseau de biotopes en raison de leur fonction connective. Des structures régionales de raccordement dans les environs se trouvent surtout vers l'Issel plus au nord et vers la Niers plus à l'est.

Un terrain de dunes à Wissel constitue l'**espace prioritaire « Dunes de Wissel »**. Cette zone est d'importance primordiale car elle forme le seul grand paysage caractéristique de dunes de Rhénanie-du-Nord-Westphalie raccordé au champ alluvial et offrant des biotopes secs.

L'espace prioritaire de « Bovenrin/Emmerich » est transfrontalier et se compose côté NRW des réserves naturelles « Emmericher Ward » et « Salmorth ». Ces deux zones sont dominées par des prairies permanentes mais on y trouve aussi des forêts alluviales, des roselières et une végétation de hautes herbes. Le Griethausener Altrhein forme avec le Kellener Altrhein et la « Rindersche Kolke » une structure aquatique importante de raccordement. On trouve dans l'Emmericher Ward des habitats alluviaux de grande

qualité dans et le long d'une annexe hydraulique alimentée en eau en situation de débit moyen du Rhin.

L'**espace prioritaire « Düffel »** est un paysage agraire typique du Rhin inférieur avec des structures boisées et un agencement ordonné de prairies et de pâturages. Il a en outre une grande importance pour le monde aviaire.

Les prairies permanentes dominent sur tout ce segment, mais elles sont pour la plupart soumises à exploitation intensive. Par ailleurs, de nombreuses surfaces en eau, comme des anciens bras ou des plans d'eau excavés, importants comme réservoirs biologiques, sont présents dans cet espace. Sur certains segments, une végétation de hautes herbes plus ou moins continue pousse fréquemment, notamment le long du Rhin et de ses affluents. La forêt alluviale n'est présente que sous forme fragmentaire dans ce tronçon.

Évolution depuis 2006

Les modifications les plus visibles dans l'**espace prioritaire du « Rhin inférieur »** sont celles nées des excavations. Des sites d'extraction encore actifs en 2006 ont été clos et réhabilités, comme p. ex. au sud-ouest de la « Droste Voy », mais de nombreuses autres carrières ont vu le jour. On relève ainsi, entre autres, dans la « Réserve naturelle de Lohwardt », autour du « Altrhein Reeser Eyland », de même qu'au sud du « Grietherorter Altrhein » des modifications à plus ou moins grande échelle provoquées par l'extraction de gravier. À l'opposé de ce qui figure parfois dans l'Atlas 2006, les excavations connectées au Rhin sont attribuées aux eaux courantes [GB 1] dans l'Atlas 2020. D'autres excavations, encore rangées dans la catégorie des autres biotopes [GB 8] en 2006, figurent en 2020 dans le groupe des eaux calmes [GB 2]. La hausse de 3 % de la part des eaux calmes dans l'espace géographique considéré, est due en partie à ce changement. Le recul des prairies permanentes de 12 % ne s'explique que dans une très faible mesure par la perte réelle due aux excavations. On suppose que la modification de l'arrière-plan géographique, et les conditions décalées qui en découlent, y sont responsables pour une plus grande part.

Au niveau de Rees, un chenal d'écoulement des crues a été mis en place sur la rive opposée du Rhin pour protéger la muraille de Rees contre les inondations. Ce chenal d'écoulement est très canalisé et peu naturel.

Dans certains segments, on note la présence accrue de boisements sur les berges du Rhin depuis 2006 et de petites surfaces se sont transformées en forêts alluviales par phases végétatives successives. Quelques petits cours d'eau sont alluvionnés et progressivement couverts d'arbustes. D'anciennes surfaces ouvertes s'embroussaillent progressivement dans le périmètre de l' « île de Bislich ». Un grand chenal d'écoulement des crues a été mis en place. Il reste toujours prévu d'optimiser les connexions avec le Rhin (en amont comme en aval) de l'ancien bras du Rhin à Xanten.

Pour créer une annexe hydraulique dans le cadre d'un projet LIFE, un ouvrage de prise a été installé pour faire entrer l'eau du Rhin dans le lit majeur de « Bislich-Vahnum ».

L'ancien bras n'est raccordé jusqu'à présent que d'un côté.

Des travaux ont été réalisés dans la réserve naturelle « Gut Grindt », entre autres pour mettre en place des mares et pour aplanir la berge.

Un projet LIFE est également en cours dans le complexe d'anciens bras du Rhin de « Bienen/Griether Ort ». Les larges roselières et prairies humides qui s'étendaient jadis sur cette zone ont complètement disparu, probablement en relation avec la présence de ragondins. Les roselières et les prairies humides sont restaurées en combinaison avec une gestion intensive des populations de ragondins et des essais simultanés de réimplantation sur d'anciens sites de roselières.

L'ancien bras a été raccordé au Rhin par une échelle à poissons et un ouvrage technique.

En outre, de nombreuses mesures ont été mises en œuvre dans les réserves naturelles pour promouvoir les habitats alluviaux. Des forêts alluviales, roselières et hautes herbes ont ainsi été optimisées ou réimplantées sur de petites surfaces. Des prairies permanentes soumises à une exploitation intensive ont été extensifiées et de nouvelles prairies riches en espèces ont été créées.

À l'opposé de 2006, les biotopes secs de l'**espace prioritaire « Dunes de Wissel »** sont localisés avec précision dans l'Atlas 2020. Si l'on compare le pourcentage des biotopes secs [GB 5] en 2006 et en 2020, on constate qu'il est passé de 1 % à 0 %. Cette évolution est due à la méthode appliquée et ne reflète aucune dégradation réelle. Dans le périmètre des « Wisseler Dünen », les surfaces excavées ont fortement gagné en taille depuis 2006.

Une annexe latérale a été créée dans l'Emmericher Ward dans le cadre d'un projet LIFE réalisé dans l'**espace prioritaire « Bovenrijn/Emmerich »**. Cette annexe alimentée en eau permet de relier étroitement le fleuve et le champ alluvial et de développer des structures et habitats alluviaux typiques. Par ailleurs, la forêt alluviale a été développée et son état amélioré. Un deuxième projet LIFE, encore en cours, se consacre à la restauration du caractère humide de l'arrière-pays derrière les digues. Entre autres mesures, des mares ont été mises en place dans la réserve naturelle « Salmworth ». Un recul de digue a déjà été finalisé à Lohrwardt. Il est prévu d'agrandir un polder (Reckerfeld).

Un autre projet de recul de digue est en cours de réalisation à Rees-Löwenberg.

Un projet LIFE de développement et de gestion des prairies permanentes a été mis en œuvre dans l'**espace prioritaire « Düffel »** pour protéger les oiseaux de prairie menacés. À côté de mesures de développement de prairies permanentes extensives, la priorité est ici donnée à l'optimisation des eaux et de leur régime hydrologique.

Actions à engager

On trouve côte à côte dans ce tronçon du Rhin des formes diversifiées de grandes surfaces de prairies permanentes, d'eaux calmes, de végétation de hautes herbes et de roselières caractéristiques de ce milieu et dignes de conservation. Cette zone de grande valeur doit également être préservée pour la faune aviaire.

Les grandes zones imperméabilisées susceptibles de fragmenter le réseau de biotopes sont quasi inexistantes. En revanche, les potentialités de développement de biotopes alluviaux sont limitées du fait de l'endiguement de grandes parties de la vallée alluviale.

Mesures en cours de mise en œuvre :

Un projet de recul de digue est en cours de réalisation à Rees-Löwenberg.

Mesures planifiées :

On envisage d'agrandir le polder de Reckerfeld à Lohrwardt.

Autres mesures recommandées :

Une grande partie de l'ancien champ alluvial a été déconnecté de la dynamique alluviale et n'est donc pas utilisable pour le développement de biotopes alluviaux. Les mesures de planification du réseau de biotopes sur le Rhin devraient principalement porter sur les zones où la dynamique naturelle des crues est encore présente et sur celles où des digues ont été retirées ou en passe de l'être.

Parallèlement à l'eutrophisation des eaux, la séparation du fleuve et de ses zones alluviales due à l'érosion du lit du Rhin est un problème qui dévalue les biotopes alluviaux. L'annexe hydraulique de l'« Emmericher Ward » montre que la création de

telles rivières latérales a pour effet de raccorder plus étroitement les eaux courantes et le champ alluvial et de promouvoir l'ichtyofaune et une végétation alluviale typique. Il convient d'examiner si des annexes hydrauliques supplémentaires pourraient être mises en place, entre autres dans la réserve naturelle « Dornicksche Ward ». Il faut également poursuivre les efforts de création d'une annexe hydraulique alimentée en eau dans la zone de « Bislich-Vahnum ».

Il conviendrait d'optimiser le raccordement de l'ancien bras de Xanten au Rhin pour le réalimenter continuellement en eau.

Le projet LIFE de « Restauration du caractère de zone humide de l'Emmericher Ward » montre que la restauration de zones dans l'arrière-pays endigué est également possible. En optimisant le régime hydrologique, on fait naître des cours d'eau alluviaux diversifiés et des surfaces inondables avec une végétation typique des zones alluviales.

La qualité écologique des eaux raccordées au Rhin [GB 1] doit être améliorée. Il convient également d'améliorer la continuité des affluents vers le Rhin et vers d'autres surfaces aquatiques raccordées, de même que les structures de raccordement. En renforçant la diversité morphologique du fleuve par des mesures de démantèlement ou d'aménagement d'ouvrages hydrauliques tels que les champs d'épis, ou de création de zones d'eaux peu profondes, on favorise la mise en réseau du milieu aquatique. La qualité des eaux calmes en présence [GB 2] doit être améliorée. Il faut par ailleurs remettre en place des petits cours d'eau par ailleurs pour améliorer le réseau. Les surfaces en eau nées ou qui naîtront des activités d'extraction doivent aussi être prises en compte dans la restauration des eaux calmes et, en partie également, des eaux courantes. Ici, des structures peuvent être développées à certains endroits pour mieux protéger les espèces. Les roselières, marais de laïches et hautes herbes [GB 3] sont à protéger, optimiser et parfois aussi recréer et restaurer, là où ceci est nécessaire. Les prairies permanentes [GB4] sont présentes en superficie suffisante. Les formes existantes d'exploitation extensive sont à maintenir et à étendre en partie à des surfaces supplémentaires.

Il convient de préserver les biotopes secs [GB 5] de l'espace prioritaire « Dunes de Wissel ». En mettant en place des annexes hydrauliques, on favorisera le développement de biotopes secs également le long du Rhin.

La part tenue par les forêts [GB 6 + 7] doit augmenter, ceci néanmoins compte tenu des objectifs fixés pour la zone de protection des oiseaux.

Tronçons du delta néerlandais du Rhin

De nombreuses mesures ont été mises en œuvre ces dernières années dans le delta néerlandais du Rhin dans le cadre du programme « Espace pour le fleuve », de la directive cadre Eau (DCE), de Natura 2000, et plus récemment dans le cadre de l'approche programmatique sur les grandes surfaces en eau (PAWG), dans le but de protéger et de restaurer le milieu naturel fluvial et la qualité écologique des eaux. Les tronçons du delta du Rhin sont regroupés selon la répartition usuelle des masses d'eau aux Pays-Bas. Chaque tronçon du Rhin est suivi d'une description de la situation actuelle (2020) et d'un relevé des évolutions par masse d'eau depuis 2006, de même que de propositions de mesures pour les années à venir ³⁴.

³⁴ Les informations sur les mesures réalisées et sur celles planifiées sont tirées de la vue d'ensemble affichée dans le portail de la qualité des eaux pour 2021 : <https://www.waterkwaliteitsportaal.nl>

Masse d'eau Bovenrijn, Waal

3.2.17 Tronçon du delta du Rhin 'Bovenrijn' : de la frontière germano-néerlandaise au Pannerdensche Kop (PK Rhin 857,8-867,5)

État réel 2020

Le Bovenrijn est un fleuve incurvé dans un lit sablonneux et graveleux. On rencontre dans ce tronçon de vastes zones alluviales (p. ex. anciens bras du Rhin) que l'endiguement du fleuve a fait passer en grande partie dans le champ endigué. La mise en place de ces digues a fortement rétréci les surfaces inondables à l'origine. La dynamique fluviale est importante, mais les forces dynamiques se limitent souvent à la zone riveraine car le champ alluvial est relativement élevé. En dehors des épis en place, rien ne protège les berges sur tout leur cours. Sous l'effet de la forte dynamique fluviale, la zone riveraine de ce tronçon est caractérisée par de larges champs d'épis de sable grossier et des berges de gravier (à l'est de Lobith) [GB 1]. Le champ alluvial se compose principalement de prairies intensives [GB 4], mais comme les formes d'exploitation sont relativement extensives, on trouve encore en abondance des forêts alluviales [GB 6], de végétation de hautes herbes et de marécages [GB 3]. Les complexes de cuvettes argileuses du Lobberdensche Waard sont des formes naturelles précieuses sur ce tronçon où s'est constitué un magnifique paysage de plaine fluviale dynamique intégrant les anciens bras endigués du Rhin et formant avec ceux-ci des zones alluviales de grande valeur [GB 2, GB 3]. Du fait de son altitude relativement élevée, le Lobberdensche Waard joue par ailleurs un rôle important dans la répartition de l'eau au niveau de la ligne de séparation des eaux entre le Waal et le Nederrijn. Le vieux méandre de grande taille dénommé l'Ancien Waal (De Oude Waal), la proche carrière de sable 'De Bijland' et les prairies de la vallée fluviale sur le Bijlandijk sont d'autres éléments paysagers de grande valeur. La carrière de sable est un lieu de repos important pour les oiseaux hivernants. Le Gelderse Poort est désigné zone protégée au titre de la directive 'Habitats' et de la directive 'Oiseaux'.

3.2.18 Tronçon du delta du Rhin 'Bovenwaal' : de Pannerdensche Kop à Nimègue (PK Rhin 867,5-885)

État réel 2020

Le Bovenwaal est un tronçon où le fleuve divaguait jadis en larges méandres car la pente s'atténuait sensiblement dans cette partie du territoire. Le fleuve longe le flanc sud de la levée d'Ubbergen. L'emplacement des contreforts souterrains de la levée peuvent avoir joué un rôle dans la formation des grands méandres que trace ici le Waal. Les baies formées par les sinuosités du fleuve ont donné naissance à des zones alluviales et ont permis le développement de levées naturelles sablonneuses et de dunes fluviales. Comme le champ alluvial est plus bas, la dynamique fluviale dans cet espace est plus forte que dans le Bovenrijn : les surfaces alluviales sont plus fréquemment inondées par des débits plus abondants. Il en résulte qu'une sédimentation a lieu à la pointe du champ alluvial et constitue des levées naturelles dynamiques. Des dunes fluviales (BG 5) se sont développées sur des sites spécifiques (Milingerwaard). On y trouve également les reliquats de forêt alluviale de bois dur les plus importants des Pays_Bas (Colenbrandersbos ; GB 6). La succession de terrasses et de bras est caractéristique du Bovenwaal, car le fleuve a déplacé son lit à plusieurs occasions. Cet ancien modèle de divagation se manifeste par la présence de bras dynamiques (GB 2) bordés de complexes de végétation alluviale de hautes herbes (GB 3) et de forêts alluviales de bois tendre (GB 6). Grâce au développement du paysage naturel à grande échelle, seule une partie (25 %) du champ alluvial est encore couverte de prairies intensives (BG 4). Ce tronçon fait également partie du Gelderse Poort et est donc désigné zone protégée au titre de la directive 'Habitats' et de la directive 'Oiseaux'.

3.2.19 Tronçon du delta du Rhin 'Middenwaal' : de Nimègue à St. Andries (PK Rhin 885-925)

État réel 2020

Ce tronçon est particulièrement droit et peu sinueux. Des digues longitudinales s'étirent sur 10 kilomètres entre Tiel et Ophemert dans les courbes intérieures du fleuve, là où n'est pas ressenti l'impact de la navigation dans les bras proches des berges et où l'on trouve des habitats importants pour le frai de poissons et les coquillages indigènes. Par rapport aux tronçons précédents, les zones alluviales sont ici particulièrement étroites et le fleuve couvre lui-même une grande partie des terres situées au-delà des digues. Le champ alluvial est étroit, surtout dans la partie est, alors qu'il est plus large dans la partie ouest et se compose d'une suite de terrasses et de bras alluvionnés. Ce paysage est le résultat des divagations du fleuve hors de son lit par le passé. Aujourd'hui, la dynamique sablonneuse est encore visible de manière restreinte (entre autres à *Plaat van Ewijk*). On relève en lisière des complexes alluviaux des levées naturelles sablonneuses récentes ou des dunes fluviales. Les anciens lits du fleuve font souvent fonction de bras dynamiques alimentés en eau en situation de crue. En raison de l'endiguement des anciennes levées, la bande alluviale étroite est très dynamique, ce qui restreint l'espace de développement d'écotopes faiblement dynamiques. Dans la situation actuelle, la zone est soumise en grande partie à exploitation agricole, ce qui explique la forte dominance de prairies intensives (GB 4). Les mares nées de l'extraction de sable et d'argile sont nombreuses. De plus, cette zone est importante comme aire de repos d'oiseaux d'eau hivernants (entre autres à *Kaliwaal Boven Leeuwen*) et qui s'alimentent dans les anciens terrains alluviaux situés à l'intérieur des digues.

3.2.20 Tronçon du delta du Rhin 'Oostelijke Benedenwaal' : de St. Andries à Zuilichem (PK Rhin 925-942)

État réel 2020

Ce tronçon fluvial est plus sinueux que celui du Middenwaal traité auparavant. Les larges méandres sont nés des endiguements réalisés à l'époque où les bassins du Rhin et de la Meuse étaient encore en contact. Aujourd'hui, le fleuve est ici un cours d'eau sablonneux et peu onduleux. On y trouve cependant des reliquats de grandes boucles alluviales (anciens méandres) avec des bras dynamiques (GB 2). Les sites ont souvent servi à extraire du sable, ce qui explique la présence de lacs sablonneux. La dynamique fluviale est prononcée dans le champ alluvial. On reconnaît nettement le paysage typique de terrasses sablonneuses et de bras alluvionnés. Les bras fonctionnent actuellement comme des annexes hydrauliques très dynamiques [GB 2]. Ces anciens lits ou annexes hydrauliques du fleuve sont bordés de hautes herbes à croissance dynamique [GB 3] et, dans une moindre mesure, d'une forêt alluviale de bois tendre [GB 6]. La dynamique sablonneuse se limite aujourd'hui à la zone riveraine [GB 5]. Aux extrémités du champ alluvial, on trouve des dunes fluviales (GB 5). Les types de surfaces sablonneuses peu dynamiques sont peu nombreux sur ce tronçon, à l'exception des zones Natura 2000 *Kil van Hurwenen* et *Rijswaard* où l'espace est suffisant pour le développement de bras isolés peu dynamiques (GB 2) et de marécages (BG 3). Les mares alluviales et les prairies permanentes (GB 4) sur ce tronçon sont précieuses comme aires de repos d'espèces hivernantes, qui s'alimentent généralement sur les terres situées à l'intérieur des digues (*Land van Maas en Waal*, *Bommelerwaard*, *Maaskant*). On relève aussi des connexions écologiques importantes avec la Linge et la Meuse.

3.2.21 Tronçon du delta du Rhin 'Westelijke Benedenwaal' : De Zuilichem à Gorichem (PK Rhin 942-955)

État réel 2020

Comme les autres tronçons du Rhin, celui-ci a également le caractère d'une rivière sablonneuse et sinueuse, mais l'influence des bassins fluviaux aval (soumis aux marées) est perceptible. L'impact de la mer se ressent en particulier à marée basse, certes sans intrusion d'eau saumâtre, mais avec des niveaux stables de basses eaux, un courant ralenti et un léger marnage (50 cm). En outre, les levées naturelles sont plus basses, les zones alluviales plus étroites et les cuvettes plus étirées. Ce tronçon peut être vu comme un segment de transition entre bassins amont et bassins aval des fleuves néerlandais (de manière similaire aux tronçons Boven-Lek (cf n° 25) et Beneden-IJssel (cf. n° 29) dans le delta)). Le champ alluvial est relativement élevé par rapport à la ligne d'eau. Dans le réseau de biotopes, ce tronçon joue un rôle écologique charnière important entre le Biesbosch et Fort Sint Andries. Le lit majeur endigué [GB 4] sont précieuses en tant qu'aires de repos et d'alimentation d'oiseaux d'eau hivernants. Tout comme le précédent, ce tronçon est marqué par une forte dynamique fluviale qui s'exprime notamment par des types biotopiques tels que les terrasses sablonneuses et annexes hydrauliques [GB 1], la végétation de hautes herbes sur les levées naturelles [GB 3] et la forêt alluviale de bois tendre [GB 6]. Ce tronçon du Waal se distingue cependant des autres en cela que le champ alluvial a un caractère marécageux en raison de niveaux de basses eaux plus élevés, aspect caractéristique d'un passage progressif aux bassins fluviaux aval. On le voit également à la présence de roselières [GB 3] sur les berges.

Évolution depuis 2006

Tronçons du Rhin 17 à 21 de la masse d'eau 'Bovenrijn, Waal'

Sur l'ensemble de la masse d'eau 'Bovenrijn, Waal' (tronçons du Rhin 17 à 21), de nombreux projets ont été réalisés dans le cadre du programme « Espace pour le fleuve » et dans celui de la DCE pour promouvoir le milieu naturel et la qualité écologique des eaux fluviales. À 9 endroits, le champ alluvial a été raccordé au cours principal, ce qui a permis de recréer 322.8 hectares de zones humides au total. Des habitats d'eaux à fort courant ont vu le jour sur plusieurs sites et un obstacle à la migration des poissons a été rendu franchissable. On compte entre autres parmi les mesures réalisées le recul de digues et l'annexe hydraulique de Lent (Speigelwaal), le recul de digue de Munnikenland avec ses roselières étendues dans la zone anciennement au-delà des digues, Heesselt, Hurwenen, Gameren et les bras proches de la rive à Tiel et Ophemert.

60 arbres morts et 30 souches au total ont été déposés dans le Waal comme bois mort sur 7 sites dans le cadre de la mise en place d'habitats spéciaux pour la flore et la faune (volet 'Habitat'). Cette mesure a consisté à immerger des arbres pour favoriser la croissance d'algues, base de la chaîne alimentaire d'espèces très diverses. On a souvent utilisé ici les arbres qu'il avait fallu abattre pour mettre en place des mesures au titre de la DCE et qui ont été réutilisés sur place (cf. chap. 3.3.5).

Des efforts importants ont été investis au titre de la DCE et du programme « Espace pour le fleuve » pour mettre en place des fossés et des annexes hydrauliques. Ces mesures ont pour effet simultané d'abaisser le niveau des eaux et d'améliorer la variation des habitats d'eaux courantes. Des annexes hydrauliques ont été mises en place sur 37,6 km au total sur 15 sites. Du bois mort y a été ajouté directement ou par la suite dans un volet particulier du projet.

Actions à engager

Tronçons du Rhin 17 à 21 de la masse d'eau 'Bovenrijn, Waal'

Mesures planifiées :

La mesure consistant à mettre en place des habitats particuliers pour la flore et la faune (volet 'Habitat'), comme l'installation d'arbres immergés, se poursuit dans la troisième tranche de mesures des Plans de gestion (PdG) de districts hydrographiques. Il est prévu d'ajouter à environ 300 endroits des troncs d'arbre comme bois mort dans 3 masses d'eau (Bovenrijn, Waal ; Nederrijn, Lek et IJssel). La création de connexions dans le Boven-Rijn au titre de la DCE (volet 'Habitat') se poursuit avec la mise en place d'annexes hydrauliques et de bras ; 26,2 km sont ainsi prévus sur 8 sites au total. 3 masses d'eau vont recevoir au total 0,7 ha de substrat de gravier pour la création d'habitats spéciaux de frai de poissons. Dans le cadre de la mesure visant à élargir et à recréer des méandres d'eaux courantes, il est prévu de mettre en place sur 1 site 4 km de berges naturelles sur le Stifsche Waard. Une mesure de gestion des zones alluviales comme surfaces inondables (volet 'Raccordement de zones humides') consiste à décaisser le lit majeur sur 45 hectares sur un site du Waal. Dans cette masse d'eau, on prévoit de poursuivre les efforts de franchissabilité d'ouvrages faisant obstacle à la migration des poissons dans un volet de l'éventail complet des mesures fixées pour plusieurs masses d'eau (sur env. 150 sites concernant le Rijkswaterstaat).

Autres mesures recommandées :

L'approche programmatique sur les grandes surfaces en eau (PAWG) définit le développement des bras du Rhin dans le Gelderse Poort comme une de ses priorités (hotspot). Les hotspots sont des zones offrant de nombreuses opportunités de développement d'habitats fluviaux typiques tels que les forêts alluviales, les annexes hydrauliques, les prairies de vallée fluviales et les marécages (cf. chap. 3.3.5).

Masse d'eau Nederrijn, Lek

3.2.22 Tronçon du delta du Rhin 'Pannerdens Kanaal' : de Pannerdensche Kop à IJsselkop (PK Rhin 867,5-879)

État réel 2020

Le Pannerdens kanaal fait la jonction entre l'hydrosystème du Waal et celui du Rhin et de l'IJssel. La première partie du tronçon est un canal creusé entre le Waal et le lit de l'Oude Rijn (ancien Rhin endigué). L'influence du barrage de Driel (tronçon du delta du Rhin 'Doorwerthse Rijn', n° 23) est perceptible quand les débits sont bas. Les digues d'été placées sur les hauteurs sont fréquentes. La dynamique fluviale est nettement ressentie dans la zone riveraine caractérisée par des berges ensablées (GB 1) et une végétation alluviale de hautes herbes bien développée (GB 3). Le champ alluvial est relativement élevé (entre autres dans le Roswaard et l'Angerense Waard). Ce milieu alluvial offre de bonnes conditions pour le développement de forêts alluviales de bois dur (GB 6). Dans les zones alluviales plus basses (p. ex. Le Huissense Waard), les bras sont plus fréquents que dans les zones plus élevées. À l'heure actuelle, les prairies exploitées [GB 4] dominant dans le champ alluvial mais les terres labourées sont aussi relativement nombreuses.

3.2.23 Tronçon du delta du Rhin 'Doorwerthse Rijn' : d'IJsselkop à Wageningen (PK Rhin 879-902)

État réel 2020

Sur ce tronçon, le fleuve sinue faiblement sur un lit sablonneux. Le barrage de Driel, situé sur ce tronçon, a un impact stabilisateur notable sur les niveaux d'étiage des eaux. Ce barrage est moins souvent fermé que ceux d'Amerongen et de Hagestein, ce qui explique pourquoi ce tronçon connaît encore des variations de courant et de hauteur d'eau malgré la régulation. On trouve à hauteur de Bakenhof une annexe hydraulique alimentée en eau. La dynamique fluviale se limite essentiellement au lit et à la zone riveraine et l'impact du fleuve est peu ressenti dans le reste du champ alluvial. À l'exception de Bakenhof et de Meinerswijk, cette faible dynamique dans le champ alluvial est renforcée par son niveau élevé et par la présence de hautes digues d'été. Le tronçon jouxte le massif pléistocène de la Veluwe. Le milieu fluvial est en relation avec les eaux souterraines et l'on trouve donc des mares à Meinerswijk, sur le côté sud du Rhin, qui sont alimentées par des infiltrations de nappe. Comme les digues sont absentes en grande partie, la forêt peut s'étendre dans le champ alluvial [GB 6]. On en relève des reliquats dans les 'Doorwerthse uiterwaarden'. Des surfaces alluvionnaires naturelles se développent dans la zone riveraine sous la dynamique fluviale (GB 1, 2, 3 et 6). Dans le Plasserwaard (complexe de cuvettes argileuses), un ensemble précieux de marécages (GB 3) et de forêt alluviale de bois tendre (GB 6) s'est déployé. Plus en amont, l'IJssel se sépare du Rhin (IJsselkop). Ce bras distinct est caractérisé en outre par une urbanisation dense (Arnhem). On trouve par ailleurs dans ce tronçon plusieurs carrières de sable alimentées en eau par les infiltrations provenant de la moraine latérale à proximité, et qui offrent des conditions propices de développement de formes écologiques précieuses [GB 2]. Dans l'état actuel, le champ alluvial est dominé par les prairies [exploitées] [GB 4]. Ceci explique pourquoi la zone est également importante pour les oiseaux d'eau (hivernants).

3.2.24 Tronçon du delta du Rhin : 'Gestuwde Nederrijn / Lek' : de Wageningen à Hagestein (PK Rhin 902-947)

État réel 2020

En raison des barrages de Hagestein (tronçon du delta du Rhin 'Boven-Lek', n° 25) et d'Amerongen, ce tronçon a le caractère d'un fleuve régulé. Il en résulte que les niveaux d'eau ne varient vraiment que quand les débits sont élevés, ce qui limite la dynamique fluviale dans les zones riveraines et alluviales. La végétation du champ alluvial est marquée par les prairies exploitées (GB 4). En périphérie amont du barrage d'Amerongen, le milieu est très humide (infiltrations fluviales et afflux d'eaux souterraines provenant de l'Utrechtse Heuvelrug), ce qui a favorisé la formation de marécages (GB 3) de grande qualité et de prairies permanentes (BG 4) (entre autres la zone Natura 2000 'Amerongse Bovenpolder, Ingense Waarden'). Le passage à un paysage morainique est un élément distinctif du cours amont de ce tronçon, notamment à Amerongen et à Rhenen (cf. tronçon du delta du Rhin 'Doorwerthse Rijn', n° 23). Dans l'Amerongen bovenpolder (la hauteur de retenue est ici de 6 m au-dessus de l'échelle zéro d'Amsterdam (NAP)), le ruisseau phréatique d'Amerongen déverse ses eaux dans le bief aval (3 m au-dessus du NAP). La partie aval du tronçon est principalement caractérisée par les façades fluviales de centres urbains tels que Wijk bij Duurstede et Culemborg. On relève en outre dans ce tronçon le croisement avec le canal d'Amsterdam au Rhin et les lacs profonds laissés par les carrières de sable et de gravier.

Évolution depuis 2006

Tronçons du Rhin 22 à 24 de la masse d'eau 'Nederrijn, Lek'

Sur cette partie du Rhin (tronçons du Rhin 22 à 24), de nombreux projets ont été réalisés dans le cadre du programme « Espace pour le fleuve » et dans celui de la DCE. Il

s'agit notamment de diverses mesures d'élargissement du fleuve réalisées pour la protection contre les inondations sous forme de décaissements du lit majeur combinés à la mise en place d'annexes hydrauliques, au raccordement de zones alluviales au cours principal et de restauration écologique des berges. On a ainsi donné naissance à 35 hectares de zones humides, 7 km de berges renaturées et 12 km d'annexes hydrauliques. En outre, 4 ouvrages ont été rendus franchissables pour les poissons. 19 arbres morts ont été déposés dans le Nederrijn, Lek comme bois mort sur 5 sites et des troncs comme dispositifs de protection sur 2 sites dans le cadre de la mise en place d'habitats spéciaux pour la flore et la faune (volet 'Habitat').

Actions à engager

Tronçons du Rhin 22 à 24 de la masse d'eau 'Nederrijn, Lek'

Mesures planifiées :

Cette masse d'eau est l'une des 3 (Bovenrijn, Waal ; Nederrijn, Lek et IJssel) où il est prévu d'ajouter à environ 300 endroits des troncs d'arbre comme bois mort. Il est prévu de créer 9,7 km d'annexes hydrauliques et de bras sur 5 sites comme volet de la restauration de connexions dans le Boven-Rijn (volet 'Habitat'). Cette masse d'eau est aussi l'une des 3 où 0,7 ha de substrat de gravier va être mis en place pour la création d'habitats spéciaux de frai de poissons. Ce sont au total 10 km de berges naturelles qui sont restaurés ou optimisés. Dans le cadre de la gestion des zones alluviales en tant que champ d'expansion des crues, 43 hectares de zones humides sont raccordés au cours principal sur deux sites par décaissement du lit majeur et par restauration de liens, comme p. ex. des bras dans l'Ester Buitenwaarden. Parallèlement au faisceau global de mesures visant la promotion de la migration des poissons dans plusieurs masses d'eau, 3 sites ont été identifiés pour rétablir la continuité migratoire des poissons sur plusieurs ouvrages.

Masse d'eau 'Oude Maas'

3.2.25 Tronçon du delta du Rhin 'Boven-Lek' : de Hagestein à Schoohoven (PK Rhin 947-971)

État réel 2020

Ce tronçon fait la transition entre le bassin amont et le bassin aval des grands fleuves. Les différences se manifestent par la présence de marées (env. 1,40 m) et de roselières (GB 3) dans les parties basses du champ alluvial. Le Boven-Lek porte de nombreuses marques d'aménagements hydrauliques (entre autres le barrage de Hagestein, la coupure de méandre de Lopikerkapel) et son lit a été en partie creusé. Le tronçon est un segment de transition entre fleuve sablonneux et bassin aval des grands fleuves. On perçoit encore en amont le caractère plus dynamique des fleuves sablonneux, ce qui donne naissance à des levées naturelles sablonneuses [GB 5] et de précieuses prairies de vallées fluviales [GB 4, entre autres le Middelwaard]. Vers l'aval à partir de Lexmond, le caractère de bassin aval prend le dessus : les zones alluviales se rétrécissent. Des structures naturelles de grande valeur (en particulier des chenaux de marée (GB 1), des roselières et des joncs (GB 3) cohabitent avec des prairies de vallée fluviale de grande qualité (GB 4, De Bol). Le champ alluvial du Lek est important pour les oiseaux de prairie (GB 4). En outre, il constitue une zone de communication écologique importante (avec des formes marécageuses notamment (GB 3) s'ouvrant sur la zone de prairies tourbeuses d'Utrecht.

Évolution depuis 2006

Les zones alluviales sont raccordées à trois endroits au cours principal et 55 hectares de terrains humides sont ainsi remis en connexion avec le fleuve.

Actions à engager

Mesures planifiées :

Sur ce tronçon et le tronçon 31, on a mis en place 2 km de terrains alluviaux et de criques dans le cadre de la création d'annexes hydrauliques et de la restauration de connexions (volet 'Habitat'). Il est planifié de rétablir sur 4 sites 14,4 km de berges naturelles et d'améliorer l'état des berges et des champs d'épis (volet 'Habitat'). Sur deux autres sites, le champ alluvial va être raccordé au cours principal et 15,5 ha de zones humides seront connectés au fleuve. Parallèlement au faisceau global de mesures visant la promotion de la migration des poissons dans plusieurs masses d'eau, la continuité migratoire des poissons va être rétablie sur plusieurs ouvrages à deux endroits.

Masse d'eau 'IJssel'

3.2.26 Tronçon du delta du Rhin 'Boven-IJssel' : d'IJsselkop à Dieren (PK Rhin 879-912)

État réel 2020

Ce tronçon est une zone de transition intéressante vers la lisière de la Veluwe et le sous-sol est riche en gravier. L'extraction de gravier a donné naissance à des lacs dans les zones alluviales, et les coupures de boucles effectuées par le passé ont accentué l'érosion du lit fluvial, ce qui a eu pour conséquence d'abaisser les niveaux d'eau. Les grands méandres encore présents et les sinuosités rappellent le passé mais l'IJssel n'a plus, dans son état actuel, la capacité naturelle de reformer de tels modèles de divagation à grande échelle. Au fil du temps, de nombreux redressements artificiels des boucles fluviales ont également été réalisés. La dynamique actuelle permet uniquement de maintenir le rythme d'un fleuve sablonneux peu sinueux flanqué de berges abruptes remontant vers un champ alluvial élevé. Actuellement, les prairies exploitées dominent [GB 4] le paysage au-delà des digues mais on note également la présence régulière de biotopes de prairies naturelles de type prairies de vallée fluviale. On relève encore localement des sites influencés par les eaux d'infiltration le long de la Boven-IJssel. Ces sites (Middachten) constituent un reliquat d'une région de sources et de marais autrefois beaucoup plus étendue. La proximité de la Veluwe présente un potentiel unique de développement de zones de connexion durables dans le champ alluvial entre la vallée fluviale et les terrains plus élevés.

3.2.27 Tronçon du delta du Rhin 'Midden-IJssel' : de Dieren à Deventer (PK Rhin 912-945)

État réel 2020

La Midden-IJssel est un fleuve légèrement sinueux à écoulement libre. Des méandres se sont formés par le passé dans ce tronçon. Des berges d'atterrissement se sont formées sur ce tronçon par le passé et beaucoup d'entre elles n'ont pas été excavées (Bronkhorsterwaarden, Cortenoever, Rammelwaard, Ravenswaarden, Wilpse Weerd). Les zones alluviales ont un relief diversifié et le système d'arêtes et de bras est bien visible. Aujourd'hui, avec une dynamique fluviale plus faible et des berges consolidées pratiquement partout, il n'y a guère de levées naturelles sablonneuses et encore moins de complexes de berges d'atterrissement. Comparée au tronçon précédent, la zone alluviale est plus étroite et plus basse ; la dynamique fluviale y est plus forte. Dans les parties plus élevées du champ alluvial, des prairies de vallée fluviale (GB 4) s'étendent (entre autres Cortenoever, Rammelwaard, Ravenswaarden) mais leur qualité baisse cependant nettement. On trouve également sur ce tronçon des anciens complexes de dunes fluviales [GB 5] (Zutphen, Gorssel, Epse). Les parties plus basses du champ

alluvial sont caractérisées par un système de vieux bras [GB 2], de marécages [GB 3] et de prairies permanentes [GB 4]. Presque partout sur ce tronçon, on rencontre des haies d'aubépine dans le champ alluvial [GB 6]. Celles-ci jouent un rôle important dans le réseau de biotopes local et elles méritent donc d'être étendues. Cette remarque vaut aussi, à plus grande échelle, pour les connexions entre vallée fluviale, Veluwe et Graafschap (entre autres par les ruisseaux).

3.2.28 Tronçon du delta du Rhin 'Sallandse IJssel' : de Deventer à Zwolle (PK Rhin 945-976)

État réel 2020

Par son caractère géomorphologique, ce tronçon est très différent des autres tronçons de l'IJssel. Le fleuve à fond sablonneux est assez linéaire, avec de faibles méandres, et s'écoule généralement au milieu de son lit majeur. On ne retrouve plus le modèle de méandres fossiles qui distinguait les deux tronçons précédents de l'IJssel (cf. n^{os} 26 et 27). Le fleuve a creusé son lit dans le sous-sol sablonneux et est bordé de zones alluviales larges et élevées. Le champ alluvial est à la même hauteur que les levées naturelles et est en grande partie endigué. À hauteur de Hattem, l'IJssel traverse les contreforts du massif de la Veluwe.

La dynamique dans le lit mineur et la zone riveraine est relativement importante, ce qui donne naissance à un système de bancs et de petits bras. Le tronçon est caractérisé par plusieurs bras en connexion avec le fleuve et pratiquement pas de digues d'été. L'impact des eaux fluviales se fait donc mieux ressentir dans le champ alluvial, plus en tout cas que dans le cours amont et moyen de l'IJssel. Les fluctuations de l'eau sont beaucoup moins dynamiques dans une grande partie du champ alluvial (moins de 50 jours de submersion par an). Le potentiel de développement de forêts alluviales de bois dur et de bois tendre (GB 6) dans ces zones alluviales est également élevé. En l'état actuel, une grande partie de la plaine alluviale est soumise à exploitation agricole (prairies exploitées (GB 4)). Les biotopes importants à préserver se trouvent à Duursche et Oenerwaarden (complexe de forêts alluviales (GB 6), bras dynamiques (GB 2), végétation de hautes herbes et marécages (GB 3)). La zone de jonction entre milieu fluvial (non endigué) et levée boisée en direction de la Veluwe est également intéressante.

3.2.29 Tronçon du delta du Rhin 'Beneden-IJssel' : de Zwolle à l'embouchure de l'IJssel (PK Rhin 976-1004)

État réel 2020

L'IJssel a ici le caractère d'un bassin aval : le fleuve perd en puissance et les fluctuations du niveau d'eau sont faibles. Le fleuve formait jadis de larges levées naturelles derrière lesquelles s'étendaient des cuvettes marécageuses de tourbe. Au fil du temps, des digues ont été mises en place sur les levées naturelles pour protéger ces cuvettes marécageuses. Un phénomène important de dynamique fluviale sur ce tronçon est la mise en retenue de l'IJssel pour protéger les terres contre le soulèvement de l'eau de la Ketelmeer sous l'effet du vent (tronçon du delta du Rhin 'Randmeren', n^o 33). Ceci se traduit jusqu'à Olst par des niveaux d'eau plus élevés.

À l'embouchure s'est formée l'île de Kamper, d'une part par le fleuve même (delta), d'autre part par des alluvions marins (Zuidersee). Le delta de l'IJssel est l'un des moins aménagés (pas de grand port ou d'industrie). Pourtant, on ne peut pas dire que ce delta soit naturel. Il a été fortement resserré : le nombre d'embouchures a été ramené à 2, la plaine alluviale a perdu en largeur et les cuvettes ont été coupées du cours principal (digues) et asséchées. Dans la zone d'embouchure, le fleuve est bordé de marécages et de roselières [GB 3].

L'IJssel aval est un tronçon particulier sous l'angle écologique. Dans sa partie amont, on peut encore parler d'un milieu dynamique, ce qui est dû à la sinuosité du fleuve. On observe aujourd'hui encore la formation de levées naturelles et de berges d'atterrissement. Le champ alluvial présente une grande diversité géomorphologique avec de remarquables prairies de vallée [GB 4] sur les arêtes sablonneuses plus élevées. Dans le Koppelerwaard à hauteur de Wilsem, la dernière arête élevée est visible, puis le fleuve prend définitivement sa forme deltaïque. C'est également sur ce tronçon que l'on trouve le seul site longeant l'IJssel où pousse la fritillaire pintade (GB 4) (« Scherenwelle »). Dans la partie amont, le fleuve est bordé d'un système de vieux bras (GB 2), de végétation de hautes herbes et de marécages (GB 3). La plaine alluviale est relativement élevée. Le Zalkerbos [GB 6] est un espace naturel important dans cette zone. La partie située la plus en aval a le caractère d'un cours aval marécageux. L'extraction de sable a donné naissance à de nombreuses carrières dans la plaine alluviale [GB 2]. Les niveaux d'eau bas étant stables, le champ alluvial est dominé par des roselières et des marécages [GB 3].

Évolution depuis 2006

Tronçons du Rhin 26 à 29 de la masse d'eau 'IJssel'

Dans le but de restaurer les connexions (volet 'Habitat'), des annexes hydrauliques ont été créées sur 12 sites et sur 39,1 km au total. 62 arbres morts ont été déposés dans l'IJssel comme bois mort sur 10 sites dans le cadre de la mise en place d'habitats spéciaux pour la flore et la faune (volet 'Habitat'). Au total, 12,7 km de berges ont été renaturés sur deux sites et 216 ha de zones humides ont été remises en connexion avec le cours principal sur sept sites ; à six autres endroits, des ouvrages ont été rendus franchissables pour les poissons. 286 004 m³ de matériaux de dragage contaminés ont été retirés sur trois sites.

Actions à engager

Tronçons du Rhin 26 à 29 de la masse d'eau 'IJssel'

Mesures planifiées :

L'IJssel est la 3^e masse d'eau à côté du Bovenrijn-Waal et du Nederrijn-Lek où des arbres morts sont placés à environ 300 endroits dans le cours d'eau. Par ailleurs, la création de connexions (volet 'Habitat') se poursuit avec la mise en place d'annexes hydrauliques et de bras ; il est ainsi prévu d'en ajouter 50,8 km sur 13 sites au total. 3 masses d'eau vont recevoir au total 0,7 ha de substrat de gravier pour la création d'habitats spéciaux de frai pour les poissons. Dans le cadre de la mesure visant à élargir et à recréer des méandres d'eaux courantes, il est prévu de mettre en place sur 2 sites des berges naturelles ou d'améliorer la qualité des berges et des champs d'épis. Une mesure de gestion des zones alluviales comme surfaces inondables (volet 'Raccordement de zones humides') prévoit le décaissement d'environ 21 hectares dans le lit majeur sur 3 sites. Parallèlement au faisceau global de mesures visant à promouvoir la franchissabilité d'obstacles dans plusieurs masses d'eau (dont l'IJssel), la continuité fluviale a été rétablie sur 2 sites pour les poissons.

Autres mesures recommandées :

Le delta IJssel-Vechta est également un hotspot PAGW. Ce delta de plaine typique offre de grandes opportunités de connexion et d'extension de zones humides et de marais roseliers à grande échelle, de même que d'amélioration de la qualité écologique d'espèces végétales diversifiées et typiques des marécages en combinaison avec des mesures de développement dans le Ketelmeer, le Zwarte Water, le Zwarte Meer et Kampereiland, ainsi que dans plusieurs petits bras fluviaux.

Masses d'eau 'Dordtse Biesbosch' ; 'Brabantse Biesbosch' ; 'Boven Merwede' et 'Beneden Merwede'

30.2.30 Tronçon du delta du Rhin 'Biesbosch' (PK Rhin 955-983)

État réel 2020

Le Biesbosch est une large zone marécageuse unique dans le bassin du Rhin néerlandais. Elle fait la transition entre le fleuve et l'(ancien) estuaire, au centre de la zone d'eau douce influencée par les marées. À partir de ce tronçon, le Rhin rejoint la Meuse en direction de la mer. Ce tronçon regroupe le Sliedrechtse Biesbosch, le Dordtse Biesbosch et le Brabantse Biesbosch, le Nieuwe Merwede, l'Amer et le Bergsche Maas dans l'hydrosystème de la Meuse. Le Biesbosch est né de la crue de St. Elisabeth (1421). Il s'est formé à partir de la grande mer intérieure apparue à cette date et des processus de sédimentation de la mer et des fleuves. Les processus de sédimentation et d'érosion, les poldérisations et les cultures de joncs, de roseaux et d'oseraies ont également contribué à la formation de cette zone. À la suite des ouvrages érigés dans le cadre du « Plan Delta », la dynamique initiale des marées a disparu en grande partie. Il ne reste plus qu'un marnage limité : d'environ 2 mètres en 1969, il est passé à quelque 60 centimètres dans le Sliedrechtse Biesbosch et 30 centimètres dans la partie située dans le Brabant et le Dordt.

L'ancien régime des marées se retrouve aujourd'hui encore la morphologie du paysage : un vaste système de rigoles de petite et de grande taille en alternance avec des bancs de sable [GB 1], des terrains alluviaux, des polders et des îles. Avec la dépoldérisation du Noordwaard, des terrains agricoles se sont transformés en paysage naturel de littoral. En situation de crue, l'eau est retenue dans le polder. Par ailleurs, les rigoles naturelles sont souvent canalisées et une partie de l'espace naturel initial a disparu à la suite de la mise en place de grands réservoirs (pour l'approvisionnement en eau potable). L'interruption presque totale de la marée entraîne un colmatage des rigoles naturelles et on observe à grande échelle une érosion des berges. Avec l'abandon des cultures de roseaux et d'oseraies, les anciens champs de roseaux [GB 3] et les oseraies reviennent à l'état sauvage et une grande partie du Biesbosch se transforme progressivement en une saulaie sauvage [GB 6]. Les champs de joncs quant à eux ont pratiquement disparu [GB 3]. Néanmoins, cette zone est un espace naturel remarquable et joue un rôle récréatif important. Elle est classée parc naturel national et classée en grande partie au titre de la directive 'Habitats' et/ou directive 'Oiseaux'.

Évolution depuis 2006

En tant que volet du programme « Espace pour le fleuve », le Noordwaard a été dépoldérisé par retrait partiel des digues côté fleuve. Désormais, le Nieuwe Merwede peut s'écouler plus rapidement vers la mer en phase de crue en empruntant le Noordwaard.

En vue de la restauration de connexions (volet 'Habitat'), 100 ha de zones humides ont été reliés au cours principal du fleuve dans le Dordtse Biesbosch, 328 ha sur deux sites dans le Brabantse Biesbosch et 77 ha sur deux sites également dans le Boven Merwede et le Beneden Merwede. Un ouvrage a été rendu franchissable pour les poissons dans le Brabantse Biesbosch. Enfin, 320 240 m³ de matériaux de dragage contaminés ont été retirés sur deux sites dans le Dordtse Biesbosch et 226 667 m³ sur un site dans le Boven Merwede et le Beneden Merwede (Sliedrechtse Biesbosch).

Actions à engager

Mesures planifiées :

Environ 100 arbres ont été placés comme bois mort dans le Boven Merwede et le Beneden Merwede au titre de la création d'habitats spéciaux pour la faune et la flore

(volet 'Habitat'). Sur 2 sites (Noordbovenpolder/Sliedrechtse Biesbosch d'une part et Dalemse Gat/Woelse Waard d'autre part), 87 ha de décaissement du lit majeur sont prévus pour raccorder le milieu humide (paysage littoral) au cours principal du fleuve. Parallèlement au faisceau global de mesures visant à promouvoir la franchissabilité d'obstacles dans plusieurs masses d'eau, la continuité fluviale d'ouvrages a été rétablie pour les poissons sur 4 sites et sur 3 passes à poissons sous gestion nationale/régionale partagée.

Autres mesures recommandées :

Le Biesbosch est le 3^e hotspot PAGW. On se trouve ici dans une zone de transition entre les fleuves et les eaux zélandaises et de la Hollande Méridionale ; les opportunités de création d'écosystèmes fluviaux de vallées sous influence des marées y sont grandes. Les connexions avec les pâturages tourbeux et les grands marais roséliers font de cette zone un biotope idéal pour les ardéiformes, les cigognes et les loutres ; les grandes étendues humides offrent en outre des habitats remarquables pour les poissons et pour certaines espèces d'oiseaux telles que la cigogne noire, le balbuzard pêcheur et le remiz penduline. À la différence du delta de l'IJssel, les fluctuations dynamiques du niveau d'eau sont apportées par les marées, de même que par l'afflux dynamique des eaux fluviales et par les raz-de-marée côté mer. Ce hotspot peut s'agrandir jusqu'à 15 000 ha et se raccorder au Parc national du Biesbosch qui couvre lui-même 9 000 ha.

Masse d'eau 'Oude Maas'

3.2.31 Tronçon du delta du Rhin : rivières soumises aux marées (PK Rhin 955-1003)

État réel 2020

Ce tronçon comprend un grand nombre de bras de rivières, à savoir l'Oude Maas, le Spui, le Dordtsche Kil, le Beneden Merwede, le Noord, le Lek, le Boven Merwede et l'Afgedamde Maas. Ces bras de rivières présentent une grande diversité bien qu'ils souffrent aujourd'hui des mêmes problèmes. En raison de la navigation, les cours d'eau ont été régulés et les berges en grande partie consolidées ou dotées d'ouvrages sur les avant-berges. En outre, le lit majeur est généralement très étroit. La zone intertidale est, de ce fait, étroite et peu développée et les biotopes de la zone d'eau douce soumise aux marées ne sont que localement dans un état de développement satisfaisant (par exemple le long de l'Oude Maas). Comme dans le tronçon précédent du delta (Biesbosch, n° 30), la construction des ouvrages du "Plan Delta" a nettement réduit l'influence des marées, faisant perdre à cette zone en partie son caractère de zone d'eau douce soumise aux marées. Le marnage ne pénètre plus à l'intérieur des terres que par le Nieuwe Waterweg (tronçon du delta du Rhin 'Noordrand', n° 32). Dans la partie septentrionale, les rivières soumises aux marées ont encore un marnage d'un mètre ou plus (Oude Maas, Noord, Spui), alors qu'il n'atteint plus que quelques décimètres dans les autres bras. Une autre conséquence de la réduction de l'influence des marées est l'érosion des berges à grande échelle. Le niveau d'eau, stable sur une longue période, entraîne un battement de vague concentré et, par là même, un recul de la ligne de berge, parfois sur plusieurs dizaines de mètres par an. La mise en place d'aménagements rigides sur les avant-berges a stoppé cette érosion des berges.

L'espace disponible pour le développement naturel est limité dans ce tronçon des digues et de la canalisation du cours fluvial. La zone est souvent soumise à une forte pression urbaine et industrielle. Les eaux douces libres dominent mais une petite portion d'eau salée (GB 1) se retrouve dans l'Oude Maas. Il reste encore de belles zones limoneuses (GB 1), des terrains alluviaux et des oseraies (sauvages), notamment le long de l'Oude Maas. Le long du Lek également, on note la présence de zones limoneuses et de terrains alluviaux soumis à l'influence des marées. Les terrains alluviaux sont recouverts de

joncs, de roseaux et de végétation de hautes herbes [GB 3] qui alternent avec des oseraies. Cette zone reste toutefois étroite.

Évolution depuis 2006

0,83 km de berges a été renaturé sur un site pour réalimenter le milieu en eau (volet 'Habitat') et 100 ha de zones humides ont été reliés au cours principal sur trois sites. 14 000 m³ de matériaux de dragage contaminés ont été retirés sur un site.

Actions à engager

Mesures planifiées :

Plusieurs berges ont été renaturées dans le Spui lors du 3^e cycle du PdG. La province de Hollande Méridionale transforme également un polder en réserve naturelle (Leenheerenpolder) (voir plus d'informations dans le tronçon 25).

Masses d'eau 'Nieuwe Maas' ; 'Nieuwe Waterweg'

3.2.32 Tronçon du delta du Rhin : 'Noordrand' (PK Rhin 1003-1035)

État réel 2020

Ce tronçon du delta du Rhin englobe le Nieuwe Waterweg, la Nieuwe Maas, le Calandkanaal, le Beerkanaal, le Hartekanaal et la Hollandsche IJssel. En l'état actuel, ce trajet est la seule ouverture entre le Rhin et la mer du Nord. Dans l'intérêt de la protection contre les inondations (et de la navigation), on a opté ici pour la construction d'un barrage anti-tempête mobile plutôt que d'une digue. Le Noordrand est un tronçon fortement anthropisé, avec peu d'espace pour la nature et la restauration des milieux naturels. Presque tout le tronçon est régulé et canalisé et la pression humaine est très forte sur la « zone riveraine » (urbanisation et industrie, entre autres le port de Rotterdam). Il en découle un gradient brutal entre milieu humide et milieu sec, avec des berges consolidées et un estran étroit. Dans les cas extrêmes, la séparation entre milieu aquatique et terrestre est un mur de digue abrupt.

En raison de son ouverture sur la mer, le Noordrand est fortement soumis à l'influence des marées et aux intrusions salines. Le milieu aquatique (GB 1) se compose donc en grande partie d'une couche profonde d'eau saumâtre et d'une couche profonde d'eau salée (profonde car le tirant d'eau est assuré pour la navigation (bateaux de haute mer) par des travaux de dragage); la couche profonde d'eau douce est très limitée. Le Noordrand étant la seule voie ouverte sur la mer, il est également la seule voie de migration ininterrompue pour les espèces piscicoles passant du fleuve à la mer et vice-versa. Les berges [GB 1] sont souvent consolidées mais on relève sporadiquement une végétation de roseaux et de joncs [GB 3] dans la zone riveraine. La surface restante, composée de bancs de sable asséchés, de zones limoneuses et de terrains alluviaux, est très restreinte. Ce tronçon constitue plus ou moins un goulot d'étranglement anthropogène pour le réseau de biotopes du Rhin. Le Stormpoldervloedbos (Krimpen aan de IJssel) et le Kleine Zaag (Krimpen aan de Lek) renferment entre autres des vestiges précieux de la zone d'eau douce soumise aux marées [GB 2, 3, 4 et 6].

Évolution depuis 2006

Au total, 8 km de berges ont été renaturés dans la Nieuwe Maas sur trois sites pour réalimenter le milieu en eau (volet 'Habitat'). 1,4 km de berges ont également été restaurés dans le Nieuwe Waterweg sur 2 sites et 10 ha de zones humides ont été reliés au cours principal. Sur la Nieuwe Maas, trois ouvrages ont été rendus franchissables pour les poissons et deux ouvrages sur le Nieuwe Waterweg.

Actions à engager

Mesures planifiées :

Pour réalimenter le milieu en eau (volet 'Habitat'), il est prévu d'optimiser dans la Nieuwe Maas 1,1 km de berges et champs d'épis sur 1 site et de mettre en place des berges renaturées ; il est également envisagé de restaurer 4,8 km de berges dans le Nieuwe Waterweg. Ici aussi, un ensemble de mesures globales est prévu sur plusieurs masses d'eau pour créer des zones d'interdiction de pêche au droit d'équipements assurant le passage migratoire des poissons. Environ 150 sites gérés par le Rijkswaterstaat sont concernés.

Zone de l'IJsselmeer

Entre le delta et le bassin du Rhin dans son ensemble, la zone de l'IJsselmeer forme un élément à part. Cette zone est un complexe de lacs d'eau douce de plaine nés de la séparation de la Zuiderzee par la digue de fermeture. La zone de l'IJsselmeer est en majeure partie un milieu d'eau (douce) s'étendant sur env. 2 000 km². Les éléments naturels les plus importants sont donc logiquement reliés à ce milieu aquatique. La zone joue un rôle important pour les oiseaux d'eau et a été classée pour cette raison au titre de la directive 'Oiseaux'. En plus de sa fonction d'espace naturel, cette zone est d'un intérêt majeur pour le régime des eaux de la région environnante et pour les activités de loisir.

La zone de l'IJsselmeer est soumise à une gestion variable du niveau d'eau qui peut évoluer sur 20 cm. Dans cette fourchette de fluctuation, la ligne d'eau de l'IJsselmeer, du Markermeer et des lacs périphériques (Randmeren) peut varier quand les conditions le permettent. Pour accentuer la dynamique, il a été introduit un « niveau d'eau printanier » à caractère écologique et une baisse de niveau d'eau limitée est tolérée plus tôt à l'automne.

La zone est décrite dans les passages suivants sur les tronçons du delta du Rhin constitués des Randmeren (n° 33), du Markermeer (n° 34) et de l'IJsselmeer (n° 35).

Masses d'eau 'Ketelmeer', 'Vossemeer', 'Reevediep' ; 'Zwarte Meer' ; 'Randmeren-oost' ; 'Randmeren-zuid'

3.2.33 Tronçon du delta du Rhin : 'Randmeren' : (Ketelmeer, Zwarte meer, Vossemeer, Drontermeer, Veluwemeer, Wolderwijd-Nuldernauw, Eemmeer-Nijkerkernauw, Gooimeer)

État réel 2020

Après fermeture de l'ancienne Zuiderzee, la poldérisation de la zone du nord-est et du Flevoland a donné naissance aux Randmeren. Ces lacs périphériques jouent un rôle important dans le régime hydraulique de la région environnante. Les Randmeren de l'est, qui ne sont directement reliés ni à l'IJsselmeer ni au Markermeer (par ex. le Drontermeer, le Veluwemeer, le Wolderwijd et le Nuldernauw), ont en été et en hiver des niveaux d'eau supérieurs à ceux des autres lacs et sont séparés de ces systèmes aquatiques par des écluses. L'afflux d'eau du Ketelmeer passe en particulier par l'IJssel. On compte en outre un nombre de plus petits apports d'eau (provenant notamment de ruisseaux), le plus important étant l'Overijsselse Vecht/Zwarte Water avant le Zwarte Meer. Le massif de la Veluwe alimente les lacs périphériques de la Veluwe via divers ruisseaux, alors que les polders du Flevoland évacuent leur eau par les pompes de Lovinck quand il y a manque d'eau. L'Eem constitue l'un des principaux apports d'eau des lacs d'Eem et de Gooi et du Nijkerkernauw.

Les Randmeren peuvent être vus comme des lacs d'eau douce peu profonds [GB 1]. Les parties plus profondes sont principalement celles creusées par le chenal de navigation

(marchande). Les berges sont en partie consolidées et abruptes (notamment du côté des polders), mais on rencontre aussi des bandes riveraines naturelles en grande partie végétalisées (notamment du côté du « Vieux Pays », GB 1). On y trouve encore des champs étendus de roseaux, joncs et hautes herbes (GB 3). Le paysage environnant est soumis à des usages agricoles [GB 4] avec alternance de forêts (exploitées) [GB 6]. Les Randmeren constituent une chaîne de lacs peu profonds et sont, de ce fait, une partie importante de la Structure Ecologique Principale des Pays-Bas et de l' « Axe Humide » (de Natte As). Ils ont une fonction de lien écologique entre la zone des mares tourbeuses de la Vecht près d'Utrecht et la zone de lacs et des mares de la région nord-ouest de l'Overijssel et de la Frise. Presque toutes les parties de cette zone sont classées au titre de la directive 'Oiseaux' ou de la directive 'Habitats'.

Évolution depuis 2006

Dans le cadre du projet du delta de l'IJssel « Espace pour le fleuve » (cf. chap. 3.3.5), un nouveau bras fluvial a été tracé à Kampen dans le delta de l'IJssel ; il s'agit du Reevediep avec de nouvelles digues et ouvrages d'art. Le lit mineur est approfondi au sud de Kampen et un paysage naturel s'est développé dans certaines parties du champ alluvial pour compenser l'assèchement du delta.

Une gestion active de la végétation (greffes, semences, plantations) a été instaurée sur 40 km le long du Zwarte Meer pour atténuer les effets de la régulation des niveaux d'eau. Une gestion durable de la pêche est pratiquée dans toute la masse d'eau (gestion des peuplements de poissons). Pour améliorer la qualité des eaux, des mesures d'entretien et de fauche (eau et berges humides) sont appliquées sur 15 km de linéaire le long du Randmeren-Zuid. Dans le Ketelmeer et le Vossemeer, 3 km de berges naturelles ont été créés et 836 470 m³ de matériaux de dragage contaminés ont été retirés sur deux sites. Des berges naturelles ont été reformées sur 5,4 km le long du Zwarte Meer. 4 400 m³ de matériaux de dragage contaminés ont été retirés du Randmeren-Oost et 4 sites ont été rendus franchissables pour les poissons.

Actions à engager

Mesures en cours de mise en œuvre :

La gestion active de la végétation va se poursuivre sur 36 km pour atténuer l'effet de la gestion des niveaux d'eau du Kettelmeer et du Vossemeer.

Mesures planifiées :

Dans le cadre du volet 'Raccordement de zones humides', 15 ha vont être renaturés et 13 km de berges vont faire l'objet d'une restauration écologique le long du Zwarte Meer dans le cadre du volet 'Restauration écologique des berges' ; la zone de bas-fonds va être élargie sur 2 km le long des Randmeren-Oost et des projets locaux de restauration auront lieu sur 8,4 km le long des Randmeren-Zuid. Pour atténuer l'effet de la gestion des niveaux d'eau, une gestion d'entretien et de fauche (eau et berges humides) est prévue sur 3 km le long des Randmeren-Oost. 42 ha (8,4 km) de zone riveraine vont être restaurés par creusement accompagné d'un talus en pente douce dans les Randmeren-Zuid. On souhaite ainsi favoriser le développement de plantes aquatiques en créant une large zone de transition entre milieu humide et milieu sec. Ici aussi, un ensemble de mesures générales est prévu pour interdire la pêche au droit des équipements assurant le passage migratoire des poissons. 9 ouvrages vont être rendus franchissables dans les Randmeren-Oost et une passe à poissons va être installée sur l'écluse de Nijkerker.

Masse d'eau 'Markermeer'

3.2.34 Tronçon du delta du Rhin : 'Markermeer'

État réel 2020

Le Markermeer est séparé de l'IJsselmeer par la digue reliant Enkhuizen et Lelystad et était initialement réservé à une nouvelle poldérisation (Markerwaard), mais ce projet a été abandonné. Le Markermeer est un lac peu profond en grande partie entouré de digues. Les zones non endiguées sont rares et sont localisées entre autres en bordure méridionale de la Gouwzee et au sud de l'IJmeer. Il n'est donc pas étonnant que les eaux libres [GB 1] soient la forme dominante dans cette zone. Tout comme les autres lacs de la région de l'IJsselmeer, le Markermeer joue un rôle important pour l'approvisionnement en eau de la zone environnante. En raison de la grande superficie de ses eaux, le Markermeer remplit également des fonctions récréatives importantes.

Du fait de la grande surface d'eau peu profonde qu'il offre, le Markermeer est une zone de grande valeur pour différentes espèces d'oiseaux d'eau et est classée au titre de la directive européenne 'Oiseaux'. La mise en place d'ouvrages de protection des avant-berges s'accompagne localement de mesures de développement écologique pour compenser l'impact de la ligne de berge généralement consolidée [GB 1 et 3]. Au sud(-ouest) du Markermeer, la Gouwzee et la zone côtière de Muiden sont des espaces de grande valeur écologique classés au titre de la directive 'Habitats' (près de Marken). On y trouve une végétation étendue de plantes aquatiques (avec, entre autres, la characée relativement rare *Nitellopsis obtusa*). La côte sud de l'IJmeer est un autre espace remarquable (oiseaux d'eau), du fait notamment de la présence de zones de repos et d'alimentation à l'intérieur des digues. Par ailleurs, le Markermeer constitue un maillon important du réseau « humide » constitué du Noord-Hollandse Waterland, du bassin de l'Utrechtse Vecht et des marécages du Flevoland (Lepelaarsplassen, Oostvaardersplassen).

Évolution depuis 2006

Le Marker Wadden est un ensemble de cinq nouvelles îles naturelles et inhabitées qui ont été créées artificiellement dans le Markermeer entre 2016 et 2021. On a utilisé le limon qui colmatait le fond du Markermeer pour donner naissance, entre autres, à des îles et à des berges naturelles. La partie submergée est revitalisée et la partie en surface est une nouvelle aire d'implantation de plantes et d'animaux.

Dans le cadre du volet 'élargissement de la zone de bas-fonds', 72 km au total de zone peu profonde ont été mis en place dans le Trintelzand, face à la partie ouest de la digue de Houtrib, au profit des plantes aquatiques, de la macrofaune et des poissons (Hoornse Hop et Marker Wadden). Une gestion durable de la pêche est pratiquée dans toute la masse d'eau (gestion des peuplements de poissons). En outre, 20 km de berges ont été renaturés et 10 sites rendus franchissables pour les poissons.

Actions à engager

Mesures en cours de mise en œuvre :

La gestion active de la végétation (greffes, semences, plantations) va se poursuivre sur 11 km pour atténuer l'effet de la gestion des niveaux d'eau.

Une gestion durable de la pêche se poursuit sur toute la masse d'eau (gestion des peuplements de poissons).

Mesures planifiées :

Ici aussi, un ensemble de mesures générales est prévu pour interdire la pêche au droit des équipements assurant le passage migratoire des poissons, 9 ouvrages vont être rendus franchissables et une passe à poissons va être installée sur la digue de Houtrib.

Autres mesures recommandées :

Le développement des Marker Wadden est intégré dans la prochaine tranche de planification de l'Approche programmatique 'Grandes surfaces en eau' (PAGW).

Masse d'eau 'IJsselmeer'

3.2.35 Tronçon du delta du Rhin : 'IJsselmeer'

État réel 2020

L'IJsselmeer est le plus grand lac du delta du Rhin et joue un rôle important dans le régime hydraulique d'une grande partie de la Hollande Septentrionale. La séparation entre IJsselmeer et Zuiderzee en 1932 (au moyen de la digue de fermeture) et la disparition consécutive des marées ont eu pour effet de transformer profondément la morphologie de cette zone. Les anciens fossés profonds creusés par les marées se remplissent lentement de limon, ce qui nivelle le lit aquatique. Depuis la fermeture de l'IJsselmeer, la principale source de sédiments est l'IJssel (par le biais du Ketelmeer) (tronçon du delta du Rhin 'Randmeren', n° 33).

Tout comme le Markermeer, l'IJsselmeer est un lac peu profond principalement entouré de digues. Dans la plupart des cas, la ligne de transition entre l'eau et les terres est rigide et relativement abrupte. On trouve encore des zones riveraines naturelles le long de la côte frisonne [GB 1]. C'est également là que se concentrent les principales surfaces non endiguées [GB 3 et 4]. Il en existe quelques autres, de plus petite taille, le long de la côte de la Hollande Septentrionale. Un des principaux problèmes auxquels est confrontée l'IJsselmeer, à côté de la faible diversité des habitats, est celui de l'eutrophisation. La très grande superficie d'eau peu profonde [GB 1] constitue une zone d'alimentation et de repos importante pour les oiseaux d'eau hivernants qui est également classée au titre de la directive 'Oiseaux'. La partie nord-ouest de la côte frisonne de l'IJsselmeer est une zone classée au titre de la directive 'Habitats'.

Évolution depuis 2006

La continuité pour les poissons a été améliorée sur 14 ouvrages dans l'IJsselmeer. Un gestion durable de la pêche est pratiquée dans toute la masse d'eau (gestion des peuplements de poissons). 24 000 m³ de matériaux de dragage contaminés ont été retirés sur 2 sites au total.

Actions à engager

Mesures en cours de mise en œuvre :

La gestion active de la végétation (greffes, semences, plantations) va se poursuivre sur 30 km pour atténuer l'effet de la gestion des niveaux d'eau.

Une gestion durable de la pêche se poursuit sur toute la masse d'eau (gestion des peuplements de poissons).

Mesures planifiées :

Dans le cadre du volet 'Raccordement de zones humides', 15 ha vont être renaturés. Ici aussi, un ensemble de mesures générales est prévu pour interdire la pêche au droit des équipements assurant le passage migratoire des poissons.

Autres mesures recommandées :

L'Approche programmatique 'Grandes surfaces en eau' (PAGW) se consacre au développement de berges écologiques et à la création d'habitats là où ils font défaut le long de la côte frisonne de l'IJsselmeer.

3.3 Indications complémentaires pour le monitoring

Les informations sur les mesures de restauration mises en œuvre et les études annexes réalisées dans la plaine alluviale du Rhin sont également une composante précieuse du monitoring. Des mesures sont présentées dans le chapitre ci-dessous à titre d'exemples. On renverra à la banque de données de l'Office fédéral allemand de la protection de la nature (BfN)³⁵ pour d'autres projets de restauration de milieux alluviaux le long des fleuves en Allemagne.

L'Atlas numérique³⁶ du réseau de biotopes du Rhin montre les résultats de la cartographie des biotopes de 2020 et met en relief les mesures et les projets dans lesquels ces mesures s'inscrivent. En outre, les espaces prioritaires et les zones déficitaires ayant une importance ou des répercussions sur le réseau de biotopes sont affichés avec recommandations d'actions pour chaque GB.

3.3.1 Haut Rhin

Raccordement du Chly Rhy dans la zone alluviale de Rietheim

Segment rhénan partiel : chutes du Rhin – Waldshut-Tiengen CH/D ; PK Rhin 48-102

Zone prioritaire : zone alluviale de Rietheim

Projets individuels importants dans la zone prioritaire :

- **débouché de la Thur**
- **Klingnau - débouché de la Wutach/Judensäule**
- **anciens bras de Rietheim**
- **dragage du lac de Klingnau**

Localisation : Rietheim ; PK Rhin 97-102

La zone : la zone alluviale de Rietheim est la plus grande de ce type dans le parc naturel alluvial du canton d'Argovie. Elle est caractérisée par des terres ouvertes, des bandes boisées et des eaux calmes et courantes. Cette zone jouxte les Koblenzer Laufen, le plus long segment à écoulement libre du Rhin dans ce tronçon.

Mesures et objectifs : la zone du Chly Rhy a été restaurée à grande échelle grâce à l'acquisition de terrains par le canton et l'organisation Pro Natura : dragage du bras latéral Chly Rhy, retrait de plantations de peupliers et décaissement, restauration d'îles dans la zone de débouché et mise en place d'étangs phréatiques. On a pu, en outre, faire passer les surfaces agricoles limitrophes à un mode d'exploitation extensive.

L'eau peut à nouveau traverser et modeler la zone. La surface rejoue sa fonction d'habitat et d'élément de mise en réseau pour diverses espèces alluviales.

Statut de protection : réserve naturelle (zone alluviale d'importance nationale selon l'ordonnance suisse sur la protection du milieu alluvial, site d'importance nationale pour la reproduction des batraciens)

Taille de la zone : 35 ha ; aménagement d'env. la moitié de la superficie

Financement & réalisation : fédération, canton d'Argovie, Pro Natura, compagnie électrique de la ville de Zurich (ewz), fonds Naturmade Star

³⁵ <https://www.bfn.de/themen/gewaesser-und-auenschutz/bundesweiter-auenschutz/gewaesser-und-auenentwicklung/bundesweite-uebersicht.html> (mise à jour : 2021)

³⁶ https://geoportals.bafg.de/karten/cipr_atlas_des_biotopes_2020/

Coûts : environ 10 millions de CHF

Mise en œuvre : 2014/2015

Informations complémentaires :

https://www.ag.ch/media/kanton_aargau/bvu/dokumente_2/umwelt_natur_landschaft/naturschutz_1/auenschutz_1/Faltblatt_Riethem_Druckdaten_06062015.pdf



Figure 4 : vue aérienne 2013 avant les travaux (en haut) et vue aérienne 2018 deux ans après fin des travaux (en bas)



Übersichtsplan Auenrenaturierung "Chly Rhy" Rietheim

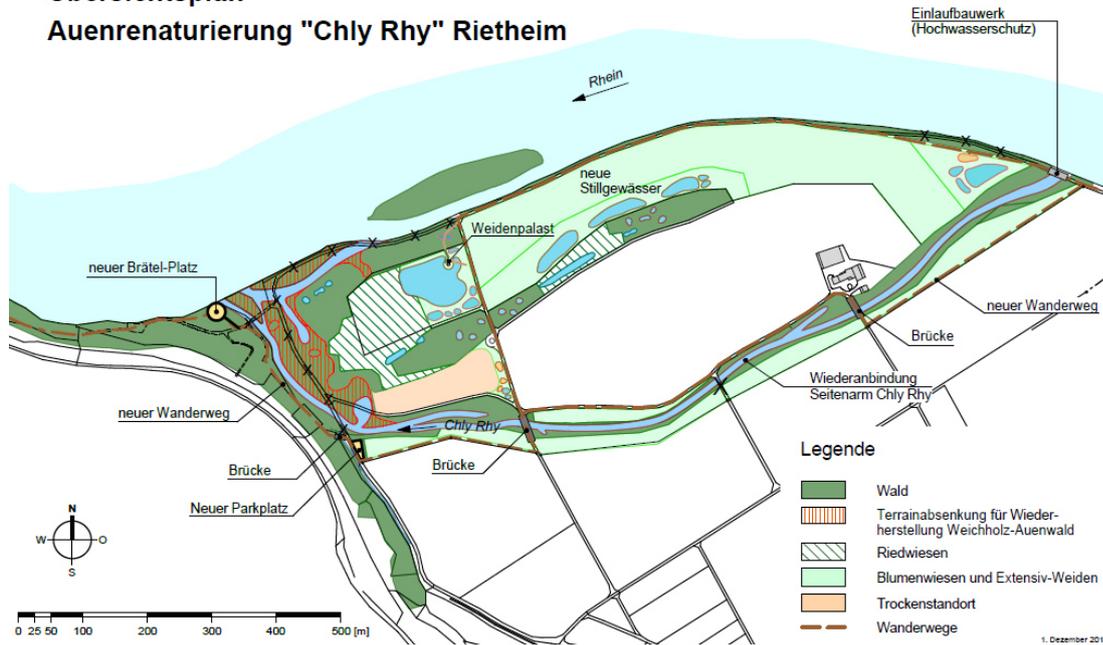


Figure 5 : plan de situation du projet

3.3.2 Rhin supérieur

Rhin supérieur méridional (canalisé)

Espace de rétention de Weil-Breisach dans le cadre de l'IRP (programme intégré pour le Rhin)

Segment rhénan partiel : PK Rhin 175,3-218,8

Zone prioritaire : espace de rétention de Weil-Breisach

Projets individuels importants dans la zone prioritaire :

- Renouvellement de la concession de Kembs
- Projet de protection du milieu alluvial sec
- Espace de rétention PIR (programme intégré pour le Rhin) de Weil-Breisach, y compris raccordement/restauration de bras latéraux (Kander, Feuerbach, Hodbach)
- Restauration écologique du débouché de la Kander
- INTERREG IV - Redynamisation du Vieux Rhin
- Life Rhin vivant - restauration de prairies sèches
- Extension de la Réserve Naturelle Nationale de la Petite Camargue-Saint-Louis

Localisation : Weil-Breisach/Neuf-Brisach

La zone : dans le prolongement du Programme Intégré pour le Rhin (IRP), des surfaces sont décaissées sur la rive droite du Rhin depuis 2009 pour agrandir l'espace de rétention des crues de Weil-Breisach. Le décaissement du terrain actuel permet de raccorder celui-ci à la dynamique du Rhin et donne principalement naissance, par phases successives, à des forêts alluviales de bois tendre sur les surfaces basses de gravier brut et - grâce à des plantations correspondantes - à des forêts alluviales de bois dur sur les surfaces restantes plus élevées.

Mesures et objectifs : La réalisation du premier segment (env. 65 ha, env. 2,8 millions de m³ de volume de rétention) entre Märkt et Kleinkems a bien progressé (voir figure 6). Les segments où sont dès à présent implantées de nouvelles forêts alluviales sont déjà inondées et aident à retenir les crues en contribuant à freiner leur avancée. Les affluents tels que la Kander et le Feuerbach ont retrouvé un lit proche du naturel, de sorte que les poissons et de nombreux autres organismes aquatiques peuvent à nouveau migrer sans entrave. Des biotopes secs de grande valeur s'implantent sur les talus, comme le montrent les monitorings (p. ex. 72 espèces d'abeilles sauvages identifiées dont 33 provenant de la Liste Rouge). Les travaux du segment III situé au nord ont été lancés en 2013. Un volume de rétention des crues de 7,8 millions de m³ doit être créé ici sur une superficie d'environ 182 ha.

Statut de protection : zones FFH, zone RAMSAR

Taille de la zone : 596 ha (mesure globale)

Financement & réalisation : Regierungspräsidium de Fribourg

Mise en œuvre : 2008-2020

Informations complémentaires :

<https://rp.baden-wuerttemberg.de/themen/wasser/irp/rueckhalteraeume/weil-breisach/>

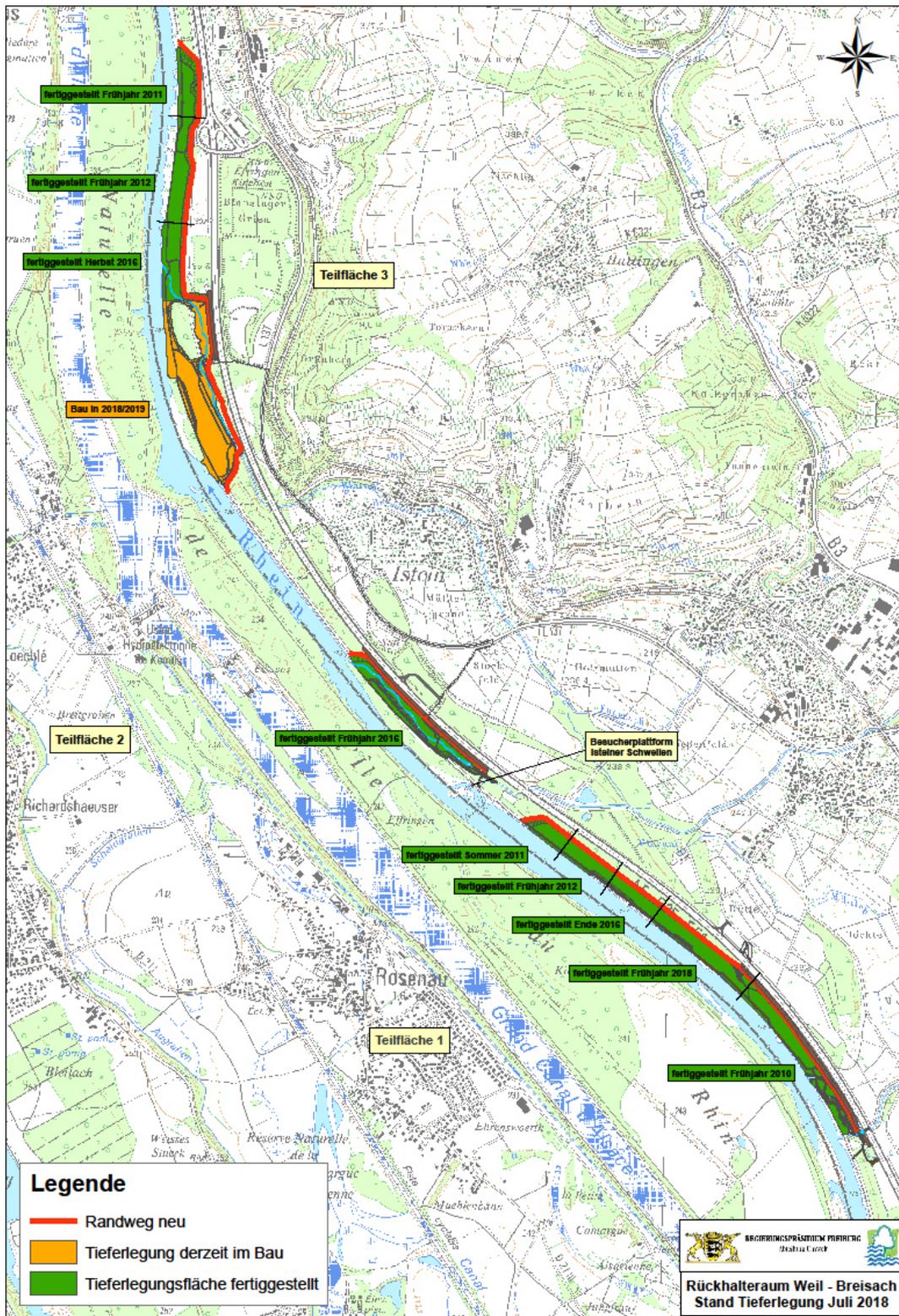


Figure 6 : avancement des travaux du projet IPR d'espace de rétention de Weil-Breisach (segment I). Mise à jour : juillet 2018 (source : Regierungspräsidium Freiburg)



Figure 7 : Espace de rétention de Weil-Breisach (segment I), succession de peupliers et de saules en 2012, 2014, 2016 et 2019 (de haut en bas) après décaissement (source : Regierungspräsidium de Freiburg)

Zone prioritaire de Weil-Breisach

Segment rhénan partiel : Bâle-Breisach/Neuf-Brisach - Kehl/Strasbourg FR/DE-BW – PK Rhin 226-292

Projets individuels importants dans la zone prioritaire :

- Renouveau de la concession hydroélectrique de Kembs
- Redynamisation du Vieux Rhin
- Life Rhin vivant - restauration de prairies sèches
- Extension de la Réserve Naturelle Nationale de la Petite Camargue-Saint-Louis

Localisation : Village-Neuf/Kembs

La zone : une opération de restauration d'envergure des milieux rhénans a été menée sur l'île du Rhin à hauteur de Kembs dans le département du Haut-Rhin. Les travaux ont été financés par la société EDF, dans le cadre du renouvellement de la concession hydroélectrique de Kembs.

Mesures et objectifs : l'objectif était de renaturer environ 100 hectares, dédiés initialement à la culture du maïs, en reconstituant une mosaïque de milieux naturels fonctionnels permettant le retour d'une biodiversité caractéristique des milieux alluviaux. Ont ainsi été constitués sur cet espace dégradé des prairies sèches, des prairies humides, des roselières, des milieux boisés, des mares. Le plus grand défi a été de recréer sur 7 km un ancien bras du Rhin, baptisé Petit Rhin, dont le tracé a été retrouvé via une étude topographique. Il comporte un bras principal, par endroits large de 25 m, ainsi que des bras annexes et des bancs de gravier. Une prise d'eau d'un débit minimal de 7m³/s sur le Rhin canalisé assure son alimentation. Des ouvrages permettant la circulation de la faune piscicole et du castor ont été installés. Le projet s'est également accompagné, au niveau du vieux Rhin jouxtant l'île, d'une augmentation significative du débit minimum (débit réservé), d'opérations de recharges alluvionnaires et de créations de zones d'érosion maîtrisée des berges.

La mise en eau du nouveau bras du Rhin a été effectuée en septembre 2014. Le projet a été inauguré le 5 juin 2015. Il s'agit d'un des plus grands projets de restauration écologique d'Europe.

Le secteur a de surcroît bénéficié depuis 2006 d'un classement en réserve naturelle et ainsi d'une gestion écologique active du site : conservation de l'ouverture des milieux à l'aide du pâturage (chevaux Konik, vaches Highland Cattles, chèvres), opérations de fauches, entretien des mares.

Un suivi environnemental destiné à évaluer l'évolution des milieux et des habitats est réalisé. Il a permis de démontrer que le projet de restauration a eu des effets significatifs sur le cortège d'espèces implantées dans l'espace concerné.

Au niveau du Vieux Rhin, trois nouveaux habitats d'intérêt communautaire (Natura 2000) sont apparus. Une augmentation significative de la végétation aquatique 3 ans après les actions de restauration (*Potamion pectinatus*, *Batrachion fluitantis*) et l'apparition de 6 nouvelles espèces d'insectes dont des odonates ont été constatées.

Au niveau du Petit Rhin, l'amélioration rapide de la qualité des substrats a permis une augmentation rapide de la diversité taxonomique des macro-invertébrés, ainsi que l'augmentation progressive du nombre de taxons d'intérêt. On peut noter l'apparition de *Hydropsyche exocellata* sur liste rouge et considérée comme éteinte en Suisse. La diversité des espèces végétales aquatiques est très élevée. On peut noter l'apparition de plusieurs espèces patrimoniales : *Butomus umbellatus*, *Juncus subnodulosus*, *Ranunculus sceleratus*, *Veronica catenata*, *Nasturtium microphyllum*, *Callitriche brutia* var. *hamulata*.

La richesse piscicole a fortement augmenté passant de 7 espèces recensées en 2015 à 24 espèces cumulées en 2019, dont le barbeau (*Barbus barbus*), le brochet (*Eox lucius*), le goujon (*Gobio gobio*), l'ombre (*Thymallus thymallus*), la truite (*Salmo trutta*), le hotu (*Chondrostoma nasus*). À noter aussi la colonisation du cours d'eau par le castor européen (*Castor fiber*), en particulier dans la partie forestière.

Au niveau de la biodiversité terrestre, on peut noter une explosion des populations d'amphibien, notamment du sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*), un peuplement relativement riche et diversifié d'odonates, un cortège remarquable d'oiseaux, dont plusieurs couples de pie-grièche écorcheur (*Lanius collurio*) et de bruants jaunes (*Emberiza citrinella*), ainsi que de nombreuses espèces de mammifères.

Statut de protection : zone RAMSAR, Réserve Naturelle Nationale, Natura 2000 (Directives Oiseaux et Habitats)

Taille de la zone : env. 100 ha

Financement : Électricité de France EDF (mesures compensatoires dans le cadre du renouvellement de la concession de l'usine de Kembs), Agence de l'eau Rhin-Meuse

Coûts : 60 millions d'euros

Mise en œuvre : 2009–2015

Réalisation par : Région Alsace, EDF (mesures compensatoires dans le cadre du renouvellement de la concession)

Informations complémentaires :

<https://alsace.edf.com/actions/le-projet-mene-par-edf-a-kembs/>

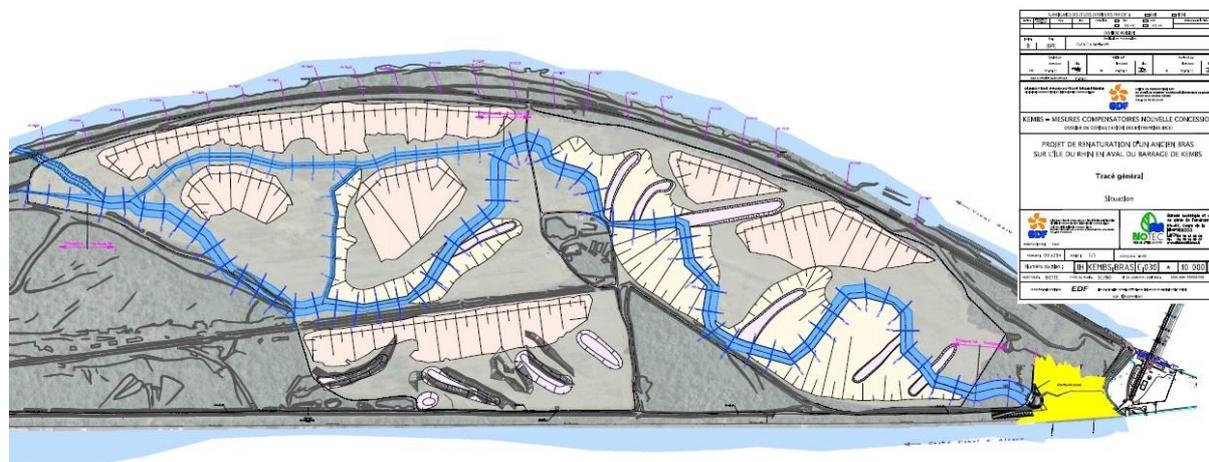


Figure 8 : plan de situation du projet



Figure 9 : île du Rhin à hauteur de Kembs

Rhin supérieur septentrional

Lac d'Eich sur l'ancien Rhin

Segment rhénan partiel : Worms-Mayence, PK Rhin 467-468

Zone prioritaire : plaine alluviale rhénane à hauteur d'Eich

Projets individuels importants dans la zone prioritaire :

- séparation des utilisations et rétablissement du réseau des biotopes

Localisation : Eich (DE-RP), PK Rhin 467

La zone : la commune d'Eich se situe entre les deux agglomérations urbaines Rhin-Main et Rhin-Neckar. En raison de sa situation dans la plaine alluviale rhénane et de son patrimoine naturel, elle assume des fonctions de préservation pour la production d'eau potable, l'extraction de gravier et de sable et pour la protection de la nature à l'échelle suprarégionale. Les restrictions au titre de l'aménagement du territoire ne permettent qu'un développement communal limité. La communauté de communes d'Eich vise pour cette raison le développement d'un « tourisme durable » avec des activités de loisirs et de détente respectueuses du milieu.

Mesures et objectifs : la présence de dunes intérieures, de sentiers creusés dans le loess et de zones humides fait de ce paysage une zone d'importance fédérale et européenne protégée au titre du droit de la protection de la nature.

Des perturbations et des interventions ont eu lieu par le passé dans l'ancienne zone alluviale, entre autres avec l'aménagement d'une gravière et la formation de remblais à grande échelle en plein cœur de la zone humide. Par ailleurs, un site de baignade a été mis en place dans l'actuelle zone protégée Natura 2000. Dans le périmètre de la gravière, des usages illicites et le site de baignade local ont eu des effets perturbateurs notables sur la zone protégée.

Le concept de séparation des utilisations et de renaturation a donc prévu de déplacer le site de baignade en dehors de la zone protégée. Les masses importantes déblayées (env. 165 000 m³) ont été utilisées pour aménager une large plage au bord du cours d'eau nord. Le droit d'eau modifié dans le cadre de la procédure de déclaration d'utilité publique permet d'agrandir sensiblement la surface de baignade et de plage, la faisant passer de 2,5 ha à 22 ha avec une grande plage de sable et pelouse. Une infrastructure moderne comportant un kiosque et des installations sanitaires accessibles à tous a été mise en place.

Statut de protection : site classé, NATURA 2000

Taille de la zone : env. 55 ha

Financement & réalisation : Les fonds proviennent de paiements obligatoires de l'entreprise Juwi AG en compensation de la construction d'éoliennes ainsi que de compensations obligatoires mises à disposition par l'administration de la gestion des eaux en Rhénanie-Palatinat. Grâce à la renaturation de la zone humide, il a été possible d'épargner env. 16 ha de terres cultivées qui auraient normalement dû servir aux mesures compensatoires. Par ailleurs, on a ainsi pu réaliser une mesure de protection de la nature qui n'aurait pas pu être financée à partir du budget ordinaire alloué à la protection de la nature.

Les habitats à créer dans le cadre de la renaturation se sont fondés sur les éléments de qualité requis pour la marouette ponctuée et le blongios nain, deux espèces emblématiques importantes sous l'angle de la protection de la nature, à savoir des

roselières étendues dans des eaux peu profondes avec protection contre les prédateurs et autres perturbations dues au lac limitrophe. La nouvelle morphologie subaquatique permettra à l'avenir le développement de peuplements étendus de plantes aquatiques. Pour éviter l'implantation indésirable de bosquets, la zone a été largement décaissée à un niveau inférieur au niveau moyen de l'eau du lac.

Le lac de baignade et la plage de la commune d'Eich sont à présent à l'extérieur de la réserve naturelle Natura 2000 et disposent de nombreuses options d'extension.

Un sentier pédagogique (sentier de découverte Vieux Rhin/Eich de la communauté de communes / conception et mise en oeuvre réalisées par le bureau d'études Brauner en 2015) permet aux visiteurs d'observer la nature et de s'immerger plus intensément dans le paysage ambiant optimisé depuis qu'ont été réalisés les travaux de renaturation.

La planification minutieuse et l'implication de tous les acteurs (l'entreprise Juwi AG exploitante d'éoliennes, la gravière, la commune et la communauté de communes d'Eich, l'administration de la circonscription d'Alzey les pêcheurs à la ligne, l'exploitante du kiosque, les ornithologues et le secteur de la gestion des eaux) ont permis de créer une situation gagnant/gagnant qui a des effets positifs sur la protection de la nature, la découverte des paysages et les activités récréatives et accroît parallèlement la création de valeur régionale en promouvant le tourisme doux.

Coûts : env. 1,4 million d'euros

Mise en œuvre : 2016 - 2019

Auteur de la contribution et informations supplémentaires : Bureau d'étude Brauner, Franz-Otto Brauner, Worms

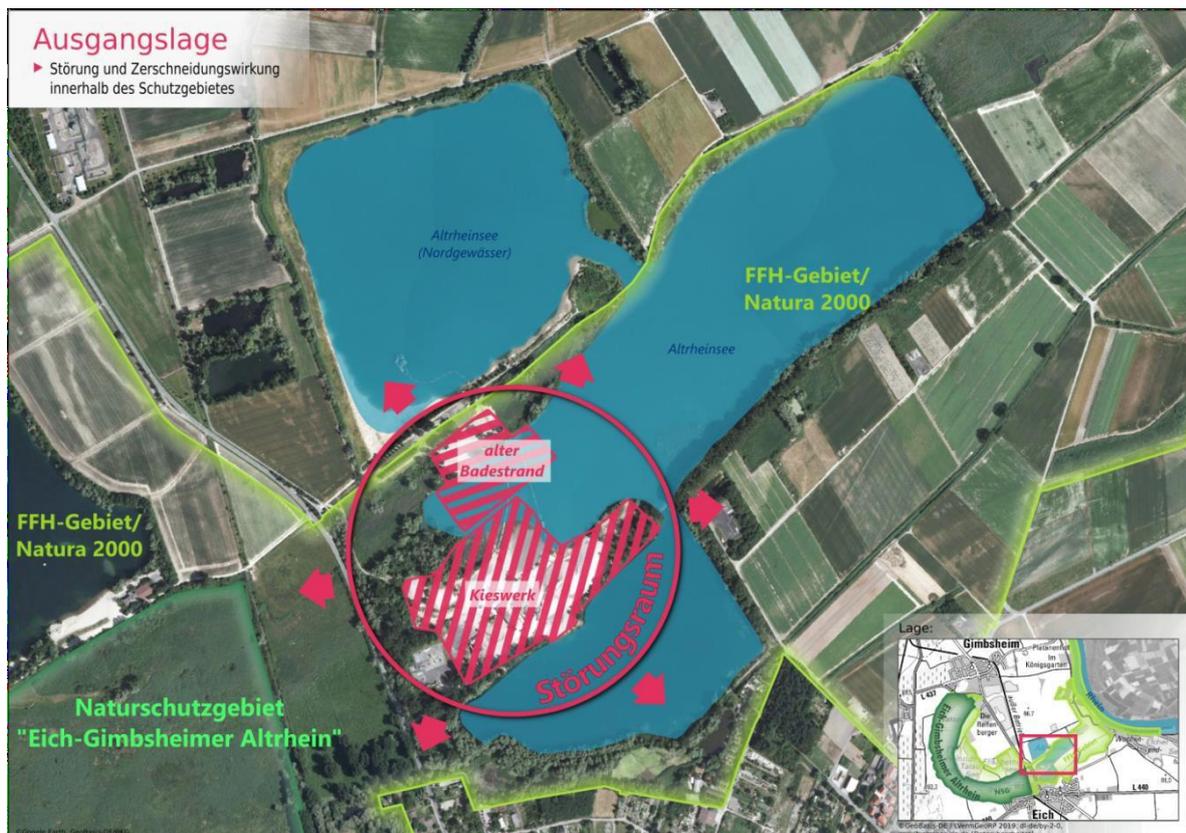


Figure 10 : situation de départ avec gravière et site de baignade au cœur de la zone Natura 2000 (graphique : bureau d'étude Brauner, L. Hebermehl, vue aérienne : ©GeoBasis-DE / LVermGeoRP (2019) dl-de/by-2-0, www.lvermgeo.rlp.de [données traitées])

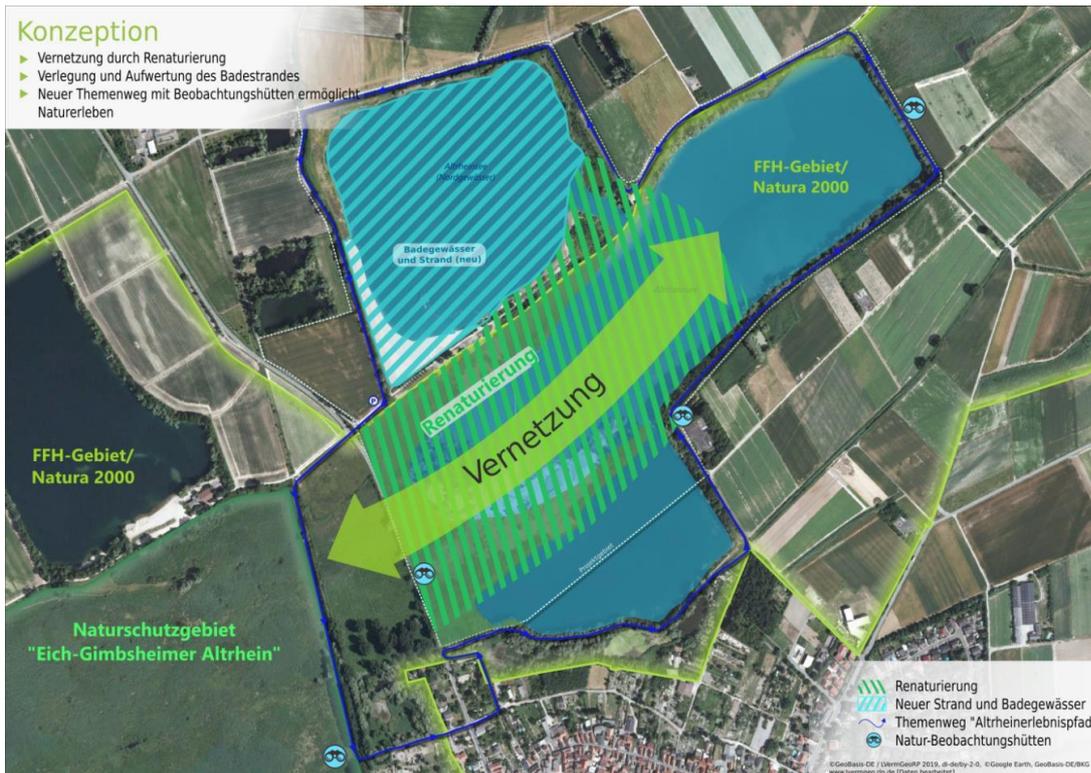


Figure 11 : le déplacement du site de baignade et la renaturation de la surface de la gravière débouchent sur une remise en réseau de biotopes (graphique : bureau d'étude Brauner, L. Hebermehl, vue aérienne : ©GeoBasis-DE / LVermGeoRP (2019) dl-de/by-2-0, www.lvermgeo.rlp.de [données traitées])

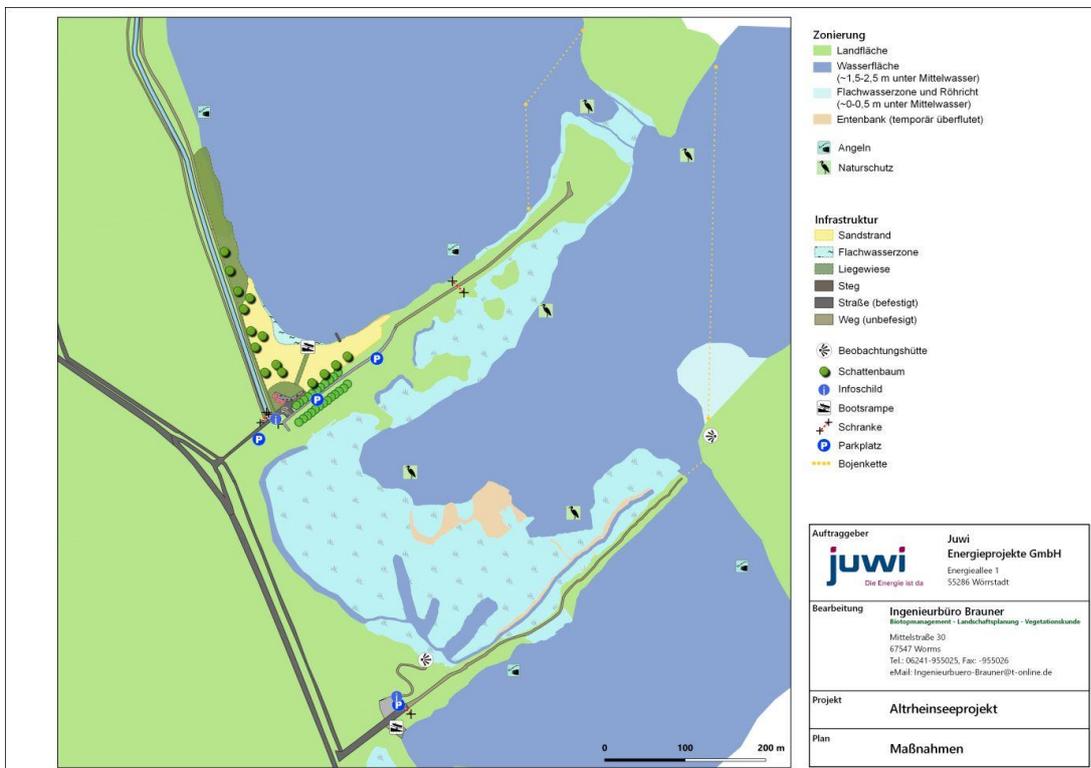


Figure 12 : conception des mesures (graphique : bureau d'étude Brauner, L. Hebermehl, vue aérienne : ©GeoBasis-DE / LVermGeoRP (2019) dl-de/by-2-0, www.lvermgeo.rlp.de [données traitées])



Figure 13 : ancienne gravière au cœur de la zone Natura 2000 (photo : Franz-Otto Brauner)



Figure 14 : zone de la surface renaturée à l'aide des moyens financiers de gestion des eaux en Rhénanie-Palatinat (photo : Franz-Otto Brauner)



Figure 15 : espèce cible : marouette ponctuée (*Ardea purpurea*) (photo : Matthias Schäf, www.living-nature.eu)



Figure 16 : espèce cible : blongios nain (*Ixobrychus minutus*) (photo : Matthias Schäf, www.living-nature.eu)



Figure 17 : Surface renaturée d'un ancien bras et (au milieu de la photo à droite) le site de baignade à présent déplacé de la commune d'Eich (2020) (photo : Franz-Otto Brauner)

Renaturation des berges et des zones alluviales de Laubenheim
 (Programme fédéral « Blaues Band Deutschland, BBD » ; bande bleue Allemagne)

Nombre de projets modèles sur le Rhin : 3

Segment rhénan partiel : PK Rhin 490,6-492,5

Zone prioritaire : Rhin supérieur septentrional entre Karlsruhe et Mayence

Projets individuels importants dans la zone prioritaire :

- Renaturation des berges et des zones alluviales de Laubenheim (exécution des travaux de construction, partie A 2019/20)
- Renaturation des berges à Kühkopf-Knoblochsau (exécution des travaux de construction 2019/2020, PK Rhin 474,0-476,5 - zone limitrophe au nord de la réserve naturelle de Kühkopf-Knoblochsau)
- Renaturation des berges et du champ alluvial de Monsterloch (en préparation, PK Rhin 397,5-403,0 sur la rive droite du Rhin au Bade-Wurtemberg face à Spire)

Localisation : Mayence-Laubenheim (DE- RP) ; PK du Rhin 490,6-492,5

La zone : la zone de projet, à proximité immédiate du quartier de Laubenheim à Mayence, s'étend le long de la berge du Rhin, au-delà de la digue principale du Rhin, et est donc raccordée directement à la dynamique hydrologique du Rhin. De ce fait, le site est exposé à une chaleur et une sécheresse extrêmes en période de canicule, mais parfois aussi submergé pendant des jours en période de crue. La zone est importante pour les activités récréatives et fait partie du concept d'activités récréatives de la ville de Mayence. Est venue s'y ajouter avant la mise en œuvre du projet une surface en friche - utilisée auparavant comme camping - à l'ouest de la berge entre les PK 491,9 et 492,3 du Rhin.

Mesures et objectifs : le projet modèle a pour objectif de créer des milieux rivulaires pour la faune et la flore et de développer des structures riveraines dynamiques et proches de l'état naturel. Les aménagements rigides du talus de la berge, qui consistaient en un pavement et des enrochements, ont été démantelés ; depuis, le talus de la berge est raccordé à la dynamique du Rhin. Les zones de transition avec le pavement résiduel ont été consolidées par des mesures technologies biologiques pour garantir la stabilité.

Les processus hydromorphologiques étant tolérés, le remodelage de la berge progresse très rapidement. C'est pourquoi les peupliers hybrides qui longeaient la rive ont été retirés au préalable. Dans la phase initiale, des saules de différentes essences appropriées, en partie autochtones, ont été plantés sous formes de plançons, de boutures ou de buissons. La route de service de l'administration de la gestion des eaux et de la navigation (WSV), qui longeait directement la berge, a été déplacée vers les terres. Les installations de l'ancien camping ont été démantelées. L'ancienne aire de camping est à présent une prairie, recouverte en partie d'espèces typiques de prairies de vallée fluviale. Une zone a également été prévue pour des activités récréatives.

La Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG – Institut Fédéral d'Hydrologie) accompagne le projet dans le cadre d'un monitoring pluriannuel de la faune, de la flore et de l'hydromorphologie. Ce monitoring est complété par l'utilisation de drones dans le cadre du projet de recherche « mDRONE4rivers » (« Capteurs modernes et télédétection aérienne pour des applications botaniques et hydromorphologiques le long des voies navigables fédérales »). Un autre monitoring de l'Institut fédéral du Génie hydraulique (BAW) a pour objectif de déterminer l'influence de la navigation ainsi que d'éventuelles répercussions sur le trafic fluvial.

Dans une première étape, les mesures ont été réalisées dans la zone partielle située entre le PK 491,5 et le PK 492,5 du Rhin.

Statut de protection : site classé, NATURA 2000 (Rhin)

Taille de la zone : près de 2 km de longueur de berge

Réalisation : Wasserstraßen – und Schifffahrtsamt Oberrhein, C8,3 , 68159 Mannheim, <https://www.wsa-oberrhein.wsv.de>

Partenaires de coopération : ville de Mayence, Land de Rhénanie-Palatinat, représenté par la Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd

Suivi technique : Bundesanstalt für Immobilienaufgaben/Bundesforstbetrieb Rhein-Mosel, NABU Naturschutzzentrum Rheinauen

Financement : par le Ministère fédéral de l'Environnement (BMU) dans le cadre du programme fédéral Bleues Band

Coûts : env. 0,8 million d'euros

Mise en œuvre : en cours d'exécution depuis 2019/2020

Autres informations : www.blaues-band.bund.de, www.bfn.de/blauesband.html



Figure 18 : projet modèle - Renaturation des berges et des zones alluviales de Laubenheim (objectif visé en 2017)



Figure 19 : situation de départ - pavement sur de longs tronçons



Figure 20: travaux de démantèlement sur la berge



Figure 21 : enrochement enherbé avec plançons en bourgeonnement



Figure 22 : tronçon de berge après travaux



Figure 23 : les hautes herbes colonisent la zone alluviale

Le Rhin supérieur, un axe vital **(programme fédéral sur la biodiversité)**

Länder fédéraux associés : Rhénanie-Palatinat, Bade-Wurtemberg, Hesse

Segment rhénan partiel : Iffezheim–Bingen, PK Rhin 334-529

Projets individuels importants dans la zone prioritaire :

- Arche Noah für seltene Pflanzen (arche de Noé pour plantes rares)
- Neue Kinderstuben für Grasfrosch & Co. (nouvelles nurseries pour la grenouille rousse & Co.)
- Trittsteine für die Natur im Siedlungsraum (biotopes relais en milieu urbain)
- Neues Wasser für eine alte Kulturlandschaft (une eau nouvelle pour un ancien paysage de cultures)

La zone : le hotspot 10 « Plaine septentrionale du Rhin supérieur avec plaques de la forêt du Hardt » s'étend sur les trois Länder Rhénanie-Palatinat, Bade-Wurtemberg et Hesse. Un élément paysager typique de cette zone est le Rhin avec ses rivières latérales et son milieu alluvial. En même temps, ce fleuve allemand majeur et ses digues constituent un axe de connectivité d'importance suprarégionale pour la faune et la flore. La grande diversité d'habitats, humides à secs, est une autre caractéristique essentielle de la zone. Plusieurs millions de personnes vivent dans la zone du hotspot et à proximité immédiate, ce qui accroît la pression due aux usages, aux activités récréatives et à l'habitat dans la région.

Mesures et objectifs : le projet a pour objectif d'accroître la diversité biologique à hauteur du hotspot. Pour ce faire, des mesures de protection de la nature entre autres sont réalisées dans des types d'habitat particulièrement remarquables et des activités intenses de relations publiques accroissent l'identification de la population aux mesures prises dans le hotspot.

Les zones forestières proches de l'état naturel sont devenues très rares dans le milieu alluvial du hotspot, notamment les peuplements les plus anciens. Les forêts alluviales résiduelles sont préservées, entre autres par l'achat de vieux arbres, alors que les néophytes sont refoulés, p. ex. sur des surfaces de friche appropriées, et des actions de plantation sont réalisées pour que se développe une forêt alluviale.

Les périodes de sécheresse seront plus fréquentes et plus longues à l'avenir sous l'effet du changement climatique et entraîneront probablement un assec plus fréquent des petits cours d'eau. Pour faire face à la dégradation attendue de la qualité des habitats et mettre mieux en réseau les peuplements d'amphibiens dans le milieu alluvial, des petits cours d'eau sont redynamisés ou mis en place à des nombreux endroits dans la région. Avec cette densification des petits cours d'eau dans le paysage, on améliorera sensiblement leur mise en réseau et leur fonction de biotopes relais.

Les écosystèmes aquatiques peuvent également être restaurés grâce au raccordement d'anciens bras et de cuvettes d'inondation aux hydrosystèmes existants.

Le projet prévoit également une restauration écologique des prairies permanentes sèches et humides existantes, comme les prairies de vallée fluviales, les pelouses sèches et les dunes, mais aussi l'aménagement de nouvelles surfaces. Cette dernière mesure est réalisée entre autres par le transfert de foin depuis des surfaces appropriées.

Des inventaires sont réalisés pour les espèces et les habitats typiques et valorisants (p. ex. les prairies de vallée fluviale ou les peuplements d'amphibiens) pour combler les lacunes de données existantes. Les résultats sont publiés et intégrés dans les systèmes existants de recensement des espèces des Länder pour servir de base à des mesures supplémentaires.

Sur la base d'inventaires et de l'identification d'habitats appropriés, des mesures concrètes de réintroduction de la cistude d'Europe et de la loche d'étang ont été mises en

œuvre. Quels que soient les peuplements existants, les espèces floristiques rares, comme les prairies de vallée fluviale et les pelouses sèches sur sable, font l'objet de cultures de sauvegarde à partir desquelles elles peuvent se redéployer plus largement. Quand un hotspot est situé dans une région comptant plusieurs millions d'habitants, les impacts négatifs sont multiples, tels qu'une forte occupation de surfaces, des effets de morcellement importants et une pression élevée due aux activités récréatives. Mais des opportunités existent également, comme celle d'atteindre un grand nombre de personnes et de les sensibiliser aux objectifs du projet. Il est donc accordé une importance particulière aux activités de relations publiques et aux mesures de communication dans le cadre du projet. Il est prévu d'atténuer les effets négatifs des activités récréatives croissantes à l'aide de mesures de gestion des flux de visiteurs comme des tours d'observation, des biotopes de découverte de la nature ou des tableaux d'information. Une exposition interactive sur les habitats et les espèces typiques de la zone informera un public aussi large que possible sur les particularités du hotspot et le motivera à s'engager pour la protection de la biodiversité.

Porteur(s) du projet : NABU Landesverband Rheinland-Pfalz

Partenaires du projet : NABU Landesverband Baden-Württemberg

Organismes de financement :

- Ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la Nature et de la Sécurité nucléaire (BMU) / Office fédéral de la Protection de la nature (BfN)
- Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Viticulture et des Forêts, Rhénanie-Palatinat
- Ministère du Milieu rural et de la Protection des Consommateurs, Bade-Wurtemberg
- Ministère hessois de l'environnement, de la protection du climat, de l'agriculture et de la protection des consommateurs

Coûts : 5,21 millions d'euros

Mise en œuvre : du 01.10.2013 au 30.09.2019

Informations complémentaires :

- Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2020): Lebensader Oberrhein - Naturvielfalt von nass bis trocken. Bonn. <https://biologischevielfalt.bfn.de/bundesprogramm/projekte/projektbeschreibung/en/lebensader-oberrhein.html> (31.08.2020)
- Naturschutzbund Deutschland (NABU) (2018): Gemeinsam Vielfalt schützen ... am Oberrhein zwischen Bingen und Bühl, 1. Auflage. Stuttgart. https://lebensader-oberrhein.de/files/NABU/PDF/180719_Broschuere_LAO-Ansicht.pdf (31.08.2020)

Digues fleuries sur le Rhin supérieur hessois**(projet réalisé dans le cadre du plan de protection du climat intégré hessois « Integrierten Klimaschutzplans Hessen » (IKSP))****Segment rhénan partiel :** Ludwigshafen (débouché du Neckar) - Mayence (débouché du Main) (PK Rhin 428-497)**Zone prioritaire :** plaine alluviale rhénane de Worms - Oppenheim, Kühkopf, Maulbeeraue**Projets individuels importants dans la zone prioritaire :**

- Mise en réseau des populations de noctuelles des Peucédans
- Molinies bleues dans l'Hammeraue

Localisation : Groß-Rohrheim, Stockstadt, Riedstadt, Trebur, Ginsheim**La zone :** digues du Rhin dans la partie hessoise du Rhin supérieur

Mesures et objectifs : L'objectif est de développer au mieux les digues hessoises du Rhin (puis également les digues secondaires du Rhin et les digues du Main) en tant que structure du réseau de biotopes et de mettre ainsi en réseau les nombreuses zones protégées le long du Rhin. Le projet comprend l'expérimentation de semences/grains de battage autochtones afin d'améliorer la biodiversité et la résilience au climat des prairies permanentes sur les digues et de tenir compte également des exigences en matière de sécurité des digues. Toutefois, outre l'augmentation de la biodiversité, le régime de fauche en particulier est déterminant pour un réseau de biotopes efficace. Pour cette raison, un plan d'entretien adapté qui met en œuvre de manière systématique les fauches échelonnées et prend en compte les espèces qui dépendent de périodes précises de la fauche doit être élaboré en parallèle.

Dans le cadre du plan IKSP, les projets suivants directement en relation avec digues du Rhin vont également être mis en œuvre :

1. « Mise en réseau des populations de noctuelles des Peucédans » : des surfaces adaptées sont identifiées à cette fin en avant et en arrière des digues et leur entretien est modifié de manière à permettre l'établissement de la noctuelle des Peucédans. Pour remettre en réseau les populations relictuelles de *Gortyna borelii*, il est essentiel de mettre à disposition suffisamment de surfaces comportant des peucédans dans le périmètre de vol des noctuelles des Peucédans. Étant donné que les peucédans sont également présents sur les digues du Rhin et dans certaines zones protégées du Rhin, ces deux projets sont étroitement liés.
2. « Molinies bleues dans l'Hammeraue » : ce projet promeut le développement ou la restauration des molinies bleues (type d'habitats 6410) et des prairies maigres de fauche en plaine (type d'habitats 6510). Comme l'Hammeraue de Gernsheim et de Groß-Rohrheim se trouve directement à proximité de la digue du Rhin, il y a aussi ici des effets positifs de synergie avec le projet « digues fleuries ». De plus, des mesures d'introduction de noctuelles des Peucédans sont effectuées également ici (voir ci-dessus).

Statut de protection : majoritairement hors des zones protégées**Superficie de la zone :** 12,5 kilomètres de digue**Financement :** fonds issus du plan de protection du climat intégré hessois « Integrierten Klimaschutzplans Hessen » (IKSP)**Porteur(s) du projet :** Regierungspräsidium Darmstadt

Mise en œuvre : depuis 2019, Dezernat 41.6 Staatlicher Wasserbau et Dezernat 53.2 Naturschutz du Regierungspräsidium Darmstadt

Informations complémentaires :

<https://rp-darmstadt.hessen.de/pressemitteilungen/bl%C3%BChende-deiche-am-rhein-rp-stellt-hessisches-pilotprojekt-vor>



Figure 24 : fauches échelonnées près de Trebur



Figure 25 : vue printanière sur la digue de Groß-Rohrheim

Renaturation d'un ancien bras du Rhin près de Geisenheim

Segment rhénan partiel : Wiesbaden/Mayence - Geisenheim ; PK Rhin 521-523

Zone prioritaire : Schönborn'sche Aue, plaine alluviale rhénane à hauteur de Geisenheim

Projets individuels importants dans la zone prioritaire :

- redynamisation d'un ancien bras à hauteur de Geisenheim
- dragage du nouveau lit mineur
- installation d'un barrage pour débris flottants sur l'affluent dans l'ancien bras du Rhin
- construction de deux ponts pour desservir la nouvelle île
- installation d'aides à la nidification pour les martins-pêcheurs
- décolmatage d'une mare comblée afin de recréer un habitat pour le crapaud calamite

Localisation : Geisenheim

La zone : Dans les prairies du Rhin, entre Oestrich-Winkel und Geisenheim, il existe un ancien bras du Rhin devenu terrain émergé sous l'effet de la construction d'épis au XIX^e siècle. Ce bras du Rhin a été largement comblé par les matériaux issus du dragage du Rhin pour le « Binger Loch ». Ainsi, l'ancienne île appelée « Schönborn'sche Aue », qui abrite aujourd'hui essentiellement des jardins potagers et des surfaces agricoles, s'est trouvée reliée à la berge du Rhin de Geisenheim.

Mesures et objectifs : Avec l'élargissement de l'autoroute A 643 à 6 voies entre l'échangeur autoroutier de Mayence (A 60) et celui de Wiesbaden-Schierstein (A 66) et la reconstruction du pont de Schierstein qui traverse le Rhin, la renaturation des anciens bras du Rhin dans la plaine alluviale du Rhin à hauteur de Geisenheim représente une mesure compensatoire de préservation du paysage.

L'ancien bras du Rhin sera réactivé avec la plaine alluviale attenante par dragage d'un ancien lit mineur de 1,2 km alimenté en permanence en eau et relié au Rhin à ses deux extrémités. Dans les zones humides qui en résulteront, une végétation typique du milieu alluvial devrait se développer à côté du lit mineur par succession naturelle. Dans ce cadre, la priorité est donnée au renforcement et à la redynamisation des processus naturels du milieu alluvial ainsi qu'à l'apparition d'une forêt alluviale naturelle.

Statut de protection : zones de protection des oiseaux 5914-450 « Inselrhein » (*île du Rhin*) ; zones FFH 6013-301 « Rheinwiesen von Oestrich-Winkel und Geisenheim » (*prairies rhénanes de Oestrich-Winkel et Geisenheim*) ; zones FFH 5914-351 « Wanderfischgebiete im Rhein » (*habitats de poissons migrants dans le Rhin*) ; réserve naturelle « Rheinwiesen von Oestrich-Winkel und Geisenheim » (*prairies rhénanes de Oestrich-Winkel et Geisenheim*), NATURA 2000

Superficie de la zone : 4,7 ha

Financement : Hessen Mobil

Partenaires du projet : Services supérieurs de protection de la nature et Services supérieurs de gestion des eaux de l'administration centrale de Hesse, Wasser- und

Schiffahrtsverwaltung Südwest (*Administration des eaux et de la navigation du Sud-Ouest*), bureaux d'études mandatés, Hessen Forst, Hessen Mobil

Coûts : 5,6 millions d'euros

Mise en œuvre : fin 2013 jusqu'à 2015

Autres informations : <https://www.schiersteinerbruecke.de/artikel/renaturierung-eines-altrheinarms> (Sabine Hilker, Hessen Mobil)



Figure 26 : le Rhin à hauteur de Geisenheim avec la plaine alluviale « Schönborn'scher Aue » aujourd'hui



Figure 27 : présentation des travaux planifiés pour restaurer l'ancien bras du Rhin

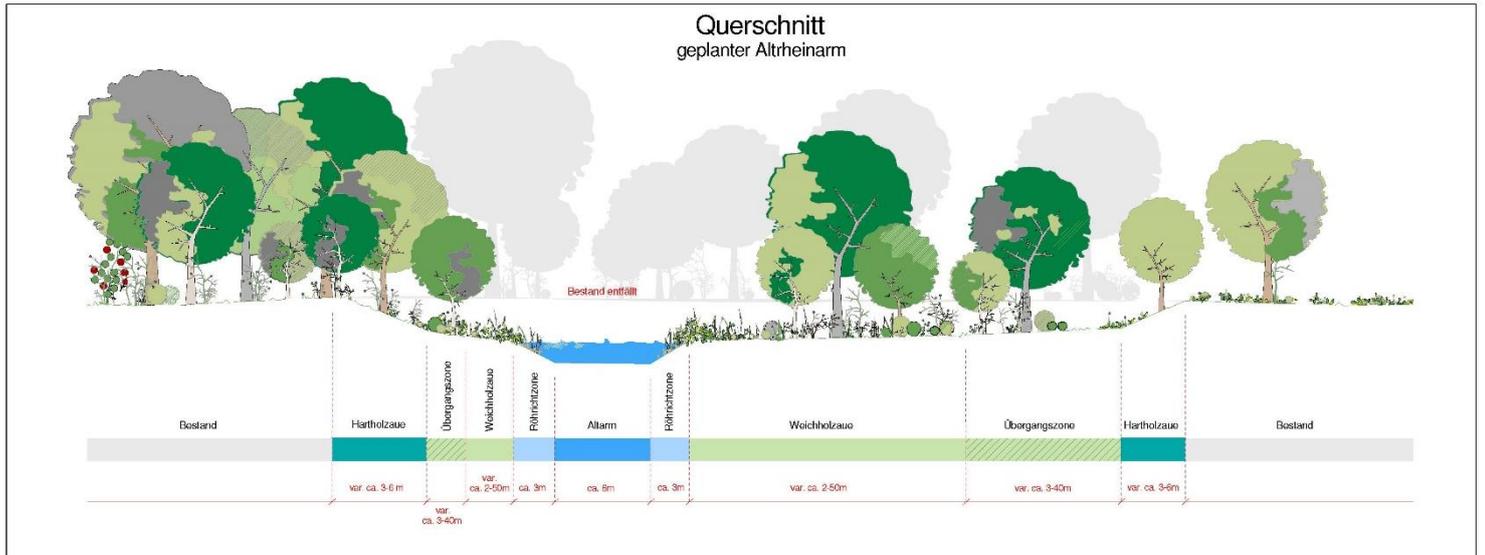


Figure 28 : Vue transversale de l'ancien bras du Rhin

3.3.3 Rhin moyen

Aménagement de la berge du Rhin à Braubach et Lahnstein

(« **Aktion Blau Plus** » - exemple de projet)

Länder fédéraux associés : Rhénanie-Palatinat

Segment rhénan partiel : PK Rhin 581-583,5

Actions prioritaires :

- rétablir la diversité morphologique et la biodiversité
- refouler les exploitations illégales des plaines alluviales
- rendre le milieu fluvial plus perceptible, redonner au Rhin son « caractère romantique » typique

Localisation : tronçon du Rhin Bingen (débouché de la Nahe) - Coblenze (débouché de la Moselle)

Aktion Blau Plus :

Le projet « Aktion Blau Plus » est un programme d'action du Land de Rhénanie-Palatinat pour rétablir la fonctionnalité écologique des cours d'eau. Les cours d'eau doivent être conçus de manière à être adaptés aux débits de crue par leur forme et leur morphologie et, dans cet équilibre durable, à pouvoir remplir toutes leurs fonctions essentielles pour l'équilibre naturel et pour l'homme. Le programme d'action comprend toutes les activités du Land, des circonscriptions, des communes et d'acteurs individuels qui travaillent à cet objectif.

Un état des eaux proche de l'état naturel est uniquement possible dans des zones alluviales proches de l'état naturel. La restauration écologique des cours d'eau est nécessairement liée à la réapparition de structures et de sites naturels dans les zones alluviales environnantes. Dans tout le Land, 75 % des cours d'eau ont besoin de restauration à des stades plus ou moins élevés. C'est une grande tâche qui va nécessiter plusieurs décennies. Le projet « Aktion Blau Plus » doit contribuer à ce que les cours d'eau et les zones alluviales puissent de nouveau remplir pleinement leurs fonctions écologiques.

Le projet « Aktion Blau Plus » peut être divisé en quatre domaines d'action :

- mise au point d'une méthode (par ex. cartographie hydromorphologique, évaluation des cours d'eau écomorphologique)
- mise à disposition des données (par ex. atlas des types de cours d'eau, bulletins d'information dans le cadre du système de parrainage des cours d'eau)
- projets de développement (par ex. plan d'assainissement de la Selz)
- mise en œuvre (par ex. projets pour les bandes riveraines sur la Ruwer, programme sur la Nahe)

La zone : entre Braubach et Lahnstein, les importants ouvrages de consolidation des berges ont été enlevés, la berge a été aplatée et restructurée. Des peupliers, des prairies basses ainsi que des plages de sable et de gravier font revivre le caractère très particulier et autrefois typique de ce tronçon du Rhin.

Mesures et objectifs : l'objectif de ce projet est de promouvoir la dynamique des zones alluviales ainsi que d'augmenter la biodiversité et la grande variété de sites dans la plaine alluviale du Rhin. Celui-ci peut être atteint plus particulièrement au travers des mesures suivantes :

- élimination des ouvrages de consolidation des berges et restauration d'une transition naturelle entre l'eau et les zones alluviales

- installation d'habitats de substitution typiques des zones alluviales dans le milieu amphibie
- soutien de la végétation typique des zones alluviales et élimination des peupliers allochtones et exposés au déracinement par le vent
- création d'offres de détente au contact de la nature
- gestion des flux de visiteurs dans la plaine alluviale rhénane
- amélioration de l'attractivité des berges du Rhin dans les localités

Porteur(s) du projet : Land de Rhénanie-Palatinat

Partenaires du projet : SGD Nord, Wasser- und Schifffahrtsamt Bingen (*service des eaux et de la navigation de Bingen*), Stadt Braubach, Stadt Lahnstein, DLR Osteifel – Westerwald (*centre de prestations pour le milieu rural*)

Organismes de financement : Ministère de l'environnement, de l'énergie, des transports et des forêts du Land de Rhénanie-Palatinat

Coûts : environ 300 millions d'euros jusqu'à présent (plus de 1 300 projets jusqu'à présent)

Mise en œuvre : programme d'action depuis 1995 (projet-pilote : 2009-2015)

Sources et autres informations :

- Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (Hrsg.) (2020): Aktuelle Projekte - Warum wird es am Rhein so schön? Zwischen Braubach und Lahnstein. Mainz. <https://aktion-blau-plus.rlp-umwelt.de/servlet/is/11328/>. (14.12.2020)
- Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (Hrsg.) (2020): Aktion Blau Plus. Mainz. <https://lfu.rlp.de/de/unser-amt-service/projekte/aktion-blau-plus/>. (14.12.2020)



Figure 29 : ouvrages massifs de consolidation des berges (photo : Angelika Halbig, BjörnSEN Beratende Ingenieure, Koblenz)



Figure 30 : Élimination des ouvrages de consolidation des berges et restauration d'une transition naturelle entre l'eau et les zones alluviales (photo : Martin Hoffmann)

3.3.4 Rhin inférieur

Zone européenne de protection des oiseaux 'Unterer Niederrhein'

Nombre de projets : 8 projets pour une enveloppe financière supérieure à 1 million d'euros ; nombreux autres projets de moindre ampleur

Segment rhénan partiel : du débouché de la Lippe jusqu'à la frontière germano-néerlandaise, PK Rhin 814,4-863,7

Projets individuels :

- Projet LIFE+ « Développement de prairies pour protéger les oiseaux de prairies dans la zone communautaire de protection des oiseaux « Unterer Niederrhein » (zone prioritaire de Düffel) » - en cours de réalisation
- Projet LIFE+ visant à restaurer le caractère de zone humide dans la plaine alluviale rhénane Emmericher Ward - en cours de réalisation
- Projet LIFE+ visant à mettre en place une annexe hydraulique alimentée en eau et une forêt alluviale dans l'Emmericher Ward - achevé
- Projet LIFE+ « Optimisation des habitats des peuplements de barges à queue noire dans la zone NATURA 2000 « Réserve naturelle Hetter-Millinger Bruch, avec extension » - achevé
- Projet LIFE+ « Roselières vivantes » - en cours de réalisation
- Projet LIFE+ « Bras latéral à Bislich-Vahnum » - achevé
- Projet LIFE+ « Mise en œuvre des mesures dans la zone de protection des oiseaux Unterer Niederrhein de la réserve naturelle « Orsoyer Rheinbogen » - achevé
- Projet LIFE+ « Oiseaux de prairies NRW » - en cours de réalisation
- Aménagement du débouché de la Lippe - achevé
- Projet d'aménagement d'un bras latéral prévu sur l'Ile de Bislich

Localisation : Millingen/Emmerich, PK Rhin 814,4-863,7 ; Düffel, PK Rhin 857-863,7

La zone : le cours aval du Rhin inférieur est caractérisé par de grandes prairies, parfois de très grands vieux bras et annexes hydrauliques, des débuts de forêts alluviales, des berges de gravier/sable proches de l'état naturel le long du Rhin et de nombreux plans d'eau dégravoyés. L'Ile de Bislich, zone d'importance nationale, est une des zones alluviales les plus proches de l'état naturel en Rhénanie-du-Nord-Westphalie.

Mesures et objectifs : les objectifs pour les types d'habitats FFH et les espèces FFH sont présentés dans des trains de mesures se référant à des zones individuelles. Les objectifs pour les espèces d'oiseaux dans la zone de protection des oiseaux Unterer Niederrhein sont présentés dans le train de mesures Unterer Niederrhein.

Huit projets LIFE sont réalisés ou en cours de réalisation dans la zone communautaire de protection des oiseaux. Ils ont pour objectif premier d'optimiser et de développer les prairies humides, la forêt alluviale et les cours d'eau. L'aménagement d'annexes hydrauliques dans l'Emmericher Ward et à hauteur de Bislich-Vahnum permettront à la fois de mettre en œuvre la directive communautaire sur la protection des oiseaux et FFH et d'atteindre des objectifs de la DCE. Le débouché de la Lippe a été écologiquement réaménagé.

Le projet LIFE « Roselières vivantes » se concentre sur la restauration de roselières naturelles telles qu'elles existaient encore dans les années 1990. Outre des plantations initiales protégées contre la prédation, le contrôle du ragondin (*Myocastor coypus*),

espèce envahissante, est essentiel. Ainsi, le projet contribue également à la mise en oeuvre du règlement européen sur les espèces envahissantes.

Des cuvettes inondables ont été aménagées sur l'Ile de Bislich dès 2001. Celles-ci se sont développées entre-temps comme habitat de grande qualité pour de nombreuses espèces menacées d'oiseaux et de plantes. A partir de ces cuvettes inondables, il est prévu de reconnecter le Xantener Altrhein au Rhin dans le cadre d'autres projets afin que ce grand vieux bras puisse être à nouveau alimenté en eau de manière naturelle. D'autres projets LIFE visent essentiellement la préservation des oiseaux de prairies.

Statut de protection : zone communautaire de protection des oiseaux, grands secteurs de zones FFH et de réserves naturelles.

Superficie de la zone : améliorations sur env. 4 000 ha et env. 15 km de linéaire du Rhin

Financement :

- Projet LIFE+ « Düffel » : UE, Land de NRW, station NABU de protection de la nature sur le Rhin inférieur, Fondation 'Natur und Heimat in de Gelderse Poort'
- Projet LIFE+ de restauration du caractère de zone humide du Emmericher Ward : UE, Land de NRW, station NABU de protection de la nature sur le Rhin inférieur
- Projet LIFE+ visant à mettre en place une annexe hydraulique et une forêt alluviale dans l'Emmericher Ward : UE, Land de NRW, Fondation Kurt Lange, Fondation HIT de protection de l'environnement et de la nature, station NABU de protection de la nature sur le Rhin inférieur
- Projet LIFE+ « Hetter » : UE, Land de NRW, Fondation Rhénanie-du-Nord-Westphalie, station NABU de protection de la nature sur le Rhin inférieur, Centre de protection de la nature de la circonscription de Clèves
- Projet LIFE+ « Roselières vivantes » : EU, Land de NRW, Fondation Stöckmann, circonscription de Clèves, Deichverband Bislich-Landesgrenze, Fondation HIT de protection de l'environnement et de la nature, Centre de protection de la nature de la circonscription de Clèves
- Projet LIFE+ « Bras latéral à Bislich-Vahnum » : EU, Land de NRW, Fondation Kurt Lange, Fondation Michael Otto pour la protection de l'environnement, station NABU de protection de la nature sur le Rhin inférieur, station biologique de la circonscription de Wesel, Planungsbüro Koenzen, Université de Cologne
- Projet LIFE+ « Orsoyer Rheinbogen » : UE, Land de NRW, circonscription de Wesel, Fondation HIT de protection de l'environnement et de la nature, station biologique de la circonscription de Wesel
- Projet LIFE+ « Oiseaux de prairies NRW » : UE, Land de NRW, Comité de travail sur la protection de l'environnement biologique de la circonscription de Soest, station biologique de Gütersloh/Bielefeld, station biologique de Minden-Lübbecke, station biologique de la circonscription de Paderborn-Senne, station biologique de la circonscription de Wesel, station biologique de la circonscription de Steinfurt, station biologique de Zwillbrock, station NABU de protection de la nature sur le Rhin inférieur, Centre de protection de la nature de la circonscription de Clèves, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Association de promotion de la nature, de l'environnement et d'une bonne gestion de l'énergie à Geseke et dans ses environs (VerBund)

Mise en œuvre : 2012-2027

Informations complémentaires :

- <http://www.life-wiesenvoegel-niederrhein.de/index.php/de/>
- <http://www.life-emmericher-ward.de/de>
- <http://www.life-rhein-emmerich.de/de/service>
- <http://www.life-uferschnepfe.de/>
- <https://www.lebendige-roehrichte.de/de/>

- <http://www.life-rhein-bislich.de/cms/>
- <http://www.orsoyer-rheinbogen.de/>
- <https://www.lanuv.nrw.de/life-wiesenvoegel-nrw>



Figure 31 : ancien bras de Bienen avec des plantations initiales dans le cadre du projet LIFE « Roselières vivantes » (photo : Deichverband Bislich-Landesgrenze)



Figure 32 : forêt alluviale dans l'Emmericher Ward (photo : NABU-Naturschutzstation Niederrhein)

3.3.5 Delta du Rhin

Différents programmes ont été mis en œuvre ces dernières années dans le delta néerlandais du Rhin, soit pour restaurer directement le milieu naturel et la qualité des eaux, soit comme volets intégrés dans un projet de protection contre les inondations. Plusieurs programmes sont brièvement mentionnés dans un premier temps et certains d'entre eux, déjà mis en œuvre, sont ensuite exposés plus en détail.

Ainsi, des mesures spécifiques ont été prises dans trois programmes (N2000, DCE, PAGW) pour améliorer la qualité de eaux. Il peut s'agir de mesures concrètes ou d'accords. Chaque zone appelle des solutions 'sur mesure' et il est donc nécessaire de déterminer pour chaque zone les mesures pouvant y être appliquées. Les différents programmes ci-dessous indiquent les mesures retenues.

Il existe par ailleurs d'autres programmes visant d'autres objectifs de qualité des eaux et de restauration de la nature, comme celui relatif à la gestion des zones alluviales (Beheer van de Uiterwaarden).

Programme « Espace pour le fleuve »

Tronçons fluviaux :

Bovenrijn, Waal :

- Tronçon du delta du Rhin : de Nimègue à St. Andries (PK Rhin 885-925)
- Tronçon du delta du Rhin 20 'Oostelijke Benedenwaal' : de St. Andries à Zuilichem (PK Rhin 925-942)
- Tronçon du delta du Rhin 'Westelijke Benedenwaal' 21 : de Zuilichem à Gorichem (PK Rhin 942-955)

Nederrijn - Lek

- Tronçon du delta du Rhin 22 'Pannerdens Kanaal' : de Pannerdensche Kop à IJsselkop (PK Rhin 867,5-879)
- Tronçon du delta du Rhin 23 'Doorwerthse Rijn' : d'IJsselkop à Wageningen (PK Rhin 879-902)
- Tronçon du delta du Rhin 23 : 'Gestuwde Nederrijn-Lek' : de Wageningen à Hagestein (PK Rhin 902-947)

IJssel

- Tronçon du delta du Rhin 26 'Boven-IJssel' : d'IJsselkop à Dieren (PK Rhin 879-912)
- Tronçon du delta du Rhin 27 'Midden IJssel' : de Dieren à Deventer (PK Rhin 912-945)
- Tronçon du delta du Rhin 28 'Sallandse IJssel' : de Deventer à Zwolle (PK Rhin 945-976)
- Tronçon du delta du Rhin 29 'Beneden-IJssel' : de Zwolle à l'embouchure de l'IJssel (PK Rhin 976-1004)

Sites : les sites des projets du programme « Espace pour le fleuve » sont affichés dans la figure 31.



Figure 33 : vue générale des sites où sont réalisées les mesures des projets « Espace pour le fleuve ».

La zone : IJssel, Waal, Nederrijn et Lek

Mesures et objectifs : « Espace pour le fleuve » est un programme mis en place par décision nationale d'aménagement du territoire ; il a pour objectif de lutter contre les inondations des grands fleuves et d'améliorer la « qualité de l'espace » fluvial.

En raison des inondations extrêmes survenues dans les années 1990, le programme « Espace pour le fleuve » a constitué en l'an 2000 le nouveau point de départ de l'approche de protection contre les inondations dans les bassins fluviaux néerlandais.

Depuis 2006, l'État et les régions ont pris des mesures en concertation étroite avec les riverains sur 34 sites le long de l'IJssel, du Waal, du Nederrijn et du Lek. On a ainsi amélioré la sécurité, la qualité de l'environnement et du cadre de vie d'environ 4 millions de Néerlandais.

Les mesures appliquées dans le cadre du programme « Espace pour le fleuve » englobent les reculs de digues, la mise en place de fossés d'évacuation des crues, l'abaissement d'épis, la mise en place de digues longitudinales, le retrait d'obstacles, la dépolderisation, le décaissement de zones alluviales, le stockage d'eau, l'abaissement du lit mineur et la restauration de digues.

Donner plus d'espace au fleuve signifie également reconcevoir la gestion de bassins fluviaux. Le résultat obtenu n'est pas uniquement une meilleure protection contre les hautes eaux, mais également la création de nouvelles zones naturelles et récréatives, et par conséquent un milieu plus attrayant pour les hommes et pour la faune. Cette nouvelle orientation a parfois son prix : quand des zones ont été dépolderisées ou des digues déplacées, des particuliers et des entreprises ont dû être délocalisés pour donner plus d'espace au fleuve.

Statut de protection : variable en fonction du site du projet

Superficie de la zone : 34 sites le long de l'IJssel, du Waal, du Nederrijn et du Lek.

Financement : autorités publiques

Coûts : Les coûts totaux du programme « Espace pour le fleuve » se sont élevés à 2,3 milliards d'euros.

Réalisation : coopération du Rijkswaterstaat, du ministère de l'infrastructure et de la gestion de l'eau, du ministère de l'agriculture, de la nature et de la qualité alimentaire, de divers syndicats des eaux, de provinces et de communes.

Mise en œuvre : 2006-2019

Sources et autres informations :

- <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/maatregelen-om-overstromingen-te-voorkomen/ruimte-voor-de-rivieren> (dernier contrôle 28 avril 2021)
- <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/maatregelen-om-overstromingen-te-voorkomen/ruimte-voor-de-rivieren/maatregelen-rivierengebied> (dernier contrôle 28 avril 2021)
- Graphique info de tous les projets « Espace pour le fleuve » : https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_162887_31/ (dernier contrôle 28 avril 2021)
- https://nl.wikipedia.org/wiki/Ruimte_voor_de_rivier (dernier contrôle 28 avril 2021)

Espace pour le fleuve - delta de l'IJssel

(exemple de projet)

Tronçon fluvial : Cours aval de l'IJssel juste avant son débouché dans l'IJsselmeer ; Tronçon du delta du Rhin 29 : 'Beneden-IJssel' : de Zwolle à l'embouchure de l'IJssel (PK Rhin 976 - 1004)

Site : Zwolle, Kampen (IJssel)

La zone : Le paysage de la Midden-IJssel est caractérisé par de nombreux méandres. En aval de Deventer, la Sallandse IJssel serpente dans un champ d'inondation plus large caractérisé par d'anciens bras et des levées naturelles. Le paysage se compose en majeure partie de prairies permanentes où paissent en partie des bovins et des chevaux, ainsi que de plusieurs plans d'eau de grande étendue et de petites forêts. Il y a quelque temps, l'espace considéré a été complètement régulé : les petits méandres ont été en partie déconnectés du fleuve, des épis ont été mis en place et les berges consolidées. Ces interventions ont eu pour effet de faire augmenter la vitesse d'écoulement et, par conséquent, de creuser du lit fluvial.

Mesures et objectifs : Afin de réduire le risque d'inondation à Zwolle, à Kampen et dans l'arrière-pays, on rend plus d'espace à l'IJssel, par ex. en creusant un fossé d'évacuation des crues appelé Reevediep. Par ailleurs, on développe de nouveaux espaces naturels sur 450 ha, en particulier des zones humides qui renforcent le caractère du delta de l'IJssel. Là où démarre le Reevediep, les zones alluviales de l'IJssel (Onderdijkse waard) sont restaurées et dotées d'un bras latéral alimenté en eau et d'un chenal (d'eaux dormantes) pour activités de loisirs équipé d'une écluse vers le Reevediep. Il est prévu d'y ajouter plus tard un bras latéral alimenté en eau pour les poissons migrateurs. Un espace limité d'env. 40 ha sera ajouté à la zone Natura 2000 'Veluwerandmeren' où sont principalement mis en place des marais roseliers pour offrir des habitats à la rousserolle turdoïde, au butor étoilé ainsi qu'à la musaraigne aquatique, à la bouvière, à la loche d'étang et à la loche de rivière. À côté de ces marais roseliers, d'autres types d'habitats sont aménagés, p. ex. des plans d'eau ouverts et des prairies d'essences herbeuses variées. Ces habitats profitent à de nombreuses autres espèces comme la grande aigrette, la guifette noire, le canard souchet, le râle des genêts et le vespertillon des marais. Les premières mesures commencent déjà à faire effet : la végétation se développe de manière satisfaisante.

Statut de protection : Zone Natura 2000

Superficie de la zone : 450 ha

Financement : Ministère de l'infrastructure et de la gestion de l'eau, organisation du projet « Espace pour le fleuve » et province d'Overijssel

Coûts : Coûts : 300 millions d'euros pour le développement de la zone dans son ensemble

Réalisation : Ministère de l'Infrastructure et de l'Environnement, organisation du projet « Espace pour le fleuve » (2/3) et province d'Overijssel (1/3) ; la protection contre les inondations et le plan d'aménagement du territoire (Nota Ruimte) étant les principaux motifs du financement.

Mise en œuvre : 2013–2019

Sources et autres informations :

- https://puc.overheid.nl/PUC/Handlers/DownloadDocument.ashx?identificer=PUC_162898_31&versienummer=1 (dernier contrôle 28 avril 2021)

- <https://www.ijsseldeltaprogramma.nl/programma-ijsseldelta/afgeronde-projecten/reevediep/> (dernier contrôle 28 avril 2021)

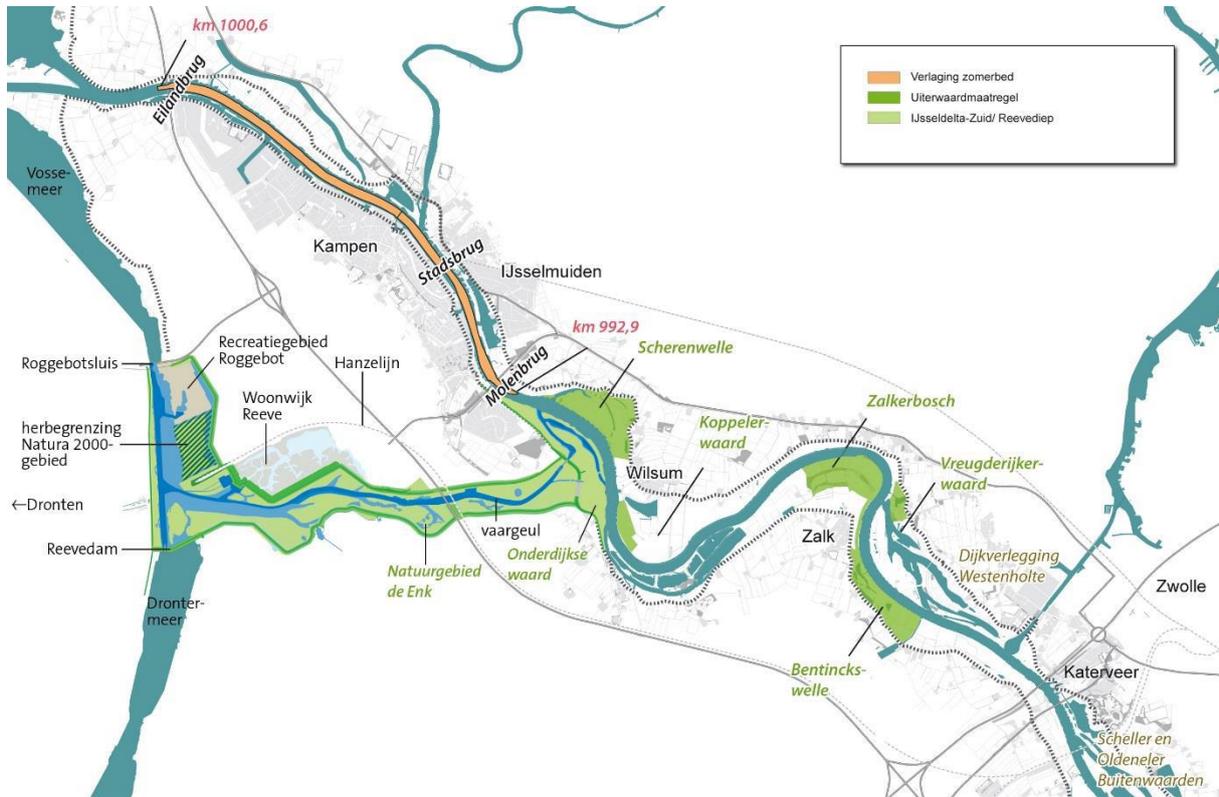


Figure 34 : localisation du delta de l'IJssel avec le Reevediep

Mesures DCE en relation avec les plans de gestion N2000

Tronçon fluvial : tous les tronçons du delta du Rhin

Mesures et objectifs : La directive cadre 'Eau' stipule que les eaux doivent offrir en 2027 aux plantes et aux animaux indigènes un bon cadre de vie. Il y a encore beaucoup à atteindre ici en restaurant les habitats, en rétablissant la libre circulation des poissons et en préservant la propreté et la qualité sanitaire de l'eau. Il convient également de protéger la qualité chimique de l'eau. La DCE et la directive Natura 2000 se superposent dans le bassin. Le réseau européen Natura 2000 de zones naturelles vise à protéger et à promouvoir l'extension d'espèces végétales et animales indigènes. Pour les zones Natura 2000, un plan de gestion est également établi ou des contributions lui sont apportées. Les mesures prises au titre de la DCE n'ont pas pour seule objectif d'améliorer la qualité des eaux mais elles contribuent également à l'atteinte des objectifs Natura 2000. Les mesures DCE se présentent principalement sous les approches suivantes :

- creusement et mise en place de fossés et de bras latéraux
- construction de passes à poissons
- aménagement écologique de berges
- apport de bois mort
- création de zones humides
- restauration des estuaires
- mise en place d'habitats faisant défaut
- mise en réseau de zones et création de zones de transition
- dépollution des sols aquatiques

Plan de gestion Natura 2000 : Un plan de gestion est établi pour chaque zone Natura 2000. Il y figure les biens naturels à protéger ou à restaurer dans la zone, ce qu'on appelle les objectifs de conservation de la zone, ainsi que les mesures nécessaires à la réalisation de ces objectifs. Chaque plan s'étend sur 6 ans. On regarde ensuite si le plan doit être prolongé ou ajusté. L'État et les provinces fixent dans le plan de gestion ce qui peut être réalisé dans une zone, le but étant de trouver le juste équilibre entre l'atteinte des objectifs écologiques et les souhaits des particuliers et des entrepreneurs. Pour cette raison, un plan de gestion est mis en place en concertation avec toutes les parties directement concernées.

Statut de protection : variable en fonction du site du projet

Superficie de la zone : le lit majeur des bras du Rhin est classé en grande partie zone Natura 2000. En outre, l'IJsselmeer, le Markermeer, les Randmeren et la mer de Wadden sont classés zones Natura 2000. Les masses d'eau DCE englobent tous les bras du Rhin. Les digues d'hiver délimitent les masses d'eau et intègrent de fait le lit majeur dans les masses d'eau DCE.

Financement et réalisation : autorités publiques

Mise en œuvre : de 2006 à aujourd'hui

Sources et autres informations :

- <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/wetten-regels-en-vergunningen/natuur-en-milieuwetten/kaderrichtlijn-water> (dernier contrôle 28 avril 2021)
- <https://iplo.nl/thema/water/oppervlaktewater/kaderrichtlijn-water/> (dernier contrôle 28 avril 2021)
- <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/kaderrichtlijn-water/> (dernier contrôle 28 avril 2021)

- Mesures DCE :
<http://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/maatregelen-waterkwaliteit>(dernier contrôle 28 avril 2021)
- Visualiseur Geoweb des mesures réalisées au titre de la DCE par le Rijkswaterstaat Oost et Zuid Nederland :
https://maps.rijkswaterstaat.nl/gwproj55/index.html?viewer=ON_KRW.Webviewer_extern (dernier contrôle 28 avril 2021)
- <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/beheer-en-ontwikkeling-rijkswateren/natura-2000>
- <https://www.rwsnatura2000.nl/home/default.aspx>
- https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_159685_31/

Mise en place de bois mort dans le milieu fluvial (exemple de projet)

Tronçon fluvial :

Voir <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/maatregelen-waterkwaliteit/rivierhout> pour obtenir une vue d'ensemble des mesures et des tronçons fluviaux où sont placés des arbres, des souches ou des troncs d'arbres comme dispositifs de protection.

Site :

On a placé le long :

- du Nederrijn-Lek 19 arbres sur 5 sites et des troncs comme dispositifs de protection sur 2 sites,
- le long du Waal 60 arbres et 30 souches sur 7 sites ;
- le long de l'IJssel 62 arbres sur 10 sites.

La zone : Nederrijn-Lek, Waal, IJssel

Mesures et objectifs : Dans des conditions naturelles, du bois mort s'amoncelle dans les fleuves néerlandais. Sur ces débris de bois et autour d'eux, diverses espèces d'insectes et de poissons trouvent leurs habitats et c'est pourquoi le Rijkswaterstaat ancre des arbres morts dans les fleuves. Il est ainsi restauré un maillon important dans la chaîne alimentaire et la qualité des eaux s'améliore également. Les arbres sont disposés partout là où ils n'entravent pas le chenal de navigation ou les opérations de dragage éventuellement nécessaires.

Les interactions entre plantes et animaux sur les écueils formés par ces arbres sont exposées dans une illustration de la fondation ARK (fig. 35) :

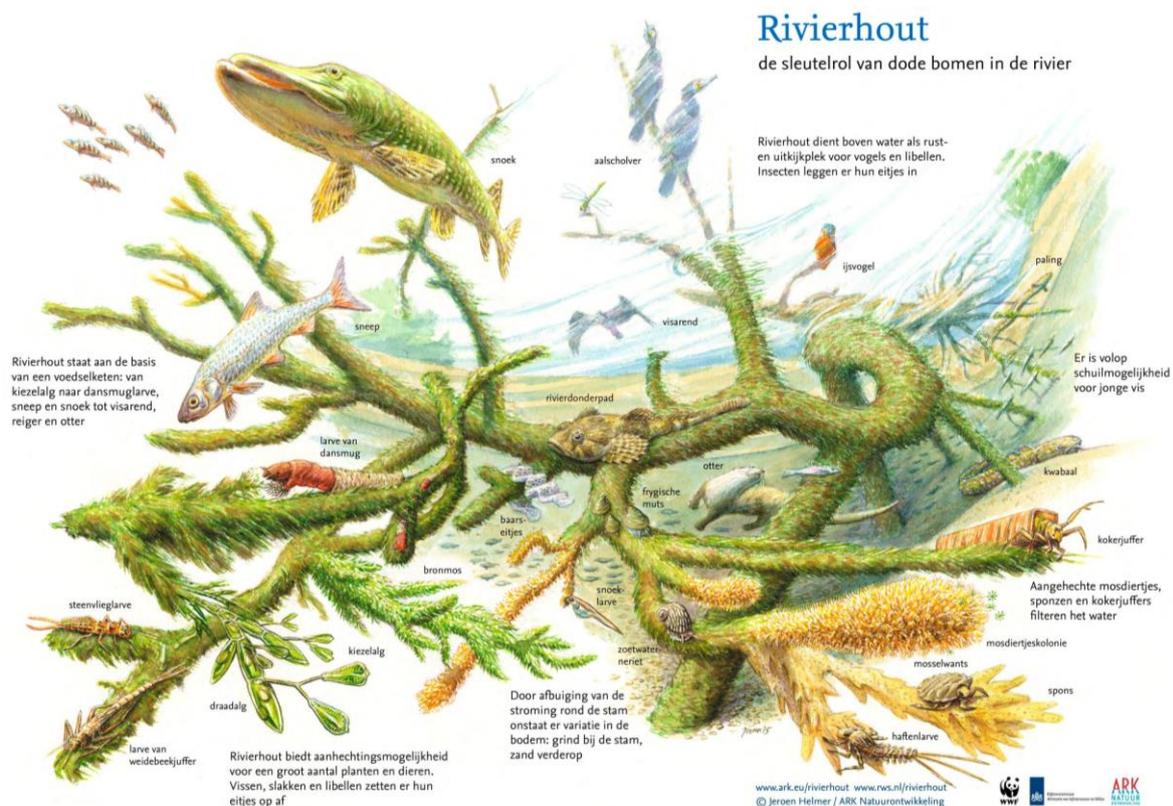


Figure 35 : bois en rivière, le rôle clé des arbres morts dans les cours d'eau
(https://www.ark.eu/sites/default/files/media/Tekeningen/Sleutelrol_van_rivierhout_in_de_natuur_kl.pdf)

Superficie de la zone : 22 sites le long du Nederrijn-Lek, du Waal et de l'IJssel

Financement : Mesures au titre de la DCE

Coûts : Le transport, ébranchage et ancrage d'un arbre coûtent au total entre 2 000 et 5 000 euros.

Réalisation par : Rijkswaterstaat

Mise en œuvre : 2015-2021

Sources et autres informations :

- <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/maatregelen-waterkwaliteit> (dernier contrôle : 28. April 2021)
- <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/maatregelen-waterkwaliteit/rivierhout> (dernier contrôle : 28. April 2021)
- https://www.ark.eu/sites/default/files/media/Tekeningen/Sleutelrol_van_rivierhout_in_de_natuur_kl.pdf (dernier contrôle : 28. April 2021)
- Groen Blauwe Rijn Alliantie (2021) : Afwegingen bij plaatsing en beheer rivierhout : voor initiatiefnemers en uitvoerders. Version traduite en allemand : <https://www.gbra.eu/sites/default/files/2021-06/Flussholz%20Manual%20DEUTSCH%20%28002%29.pdf>

Approche programmatique 'Grandes surfaces en eau' (PAGW)

Tronçon fluvial : en complément des programmes de la DCE et de Natura 2000, des mesures spéciales sont requises d'ici 2050 pour pérenniser la qualité des cours d'eau nationaux.

Site : Le faisceau de mesures se compose au total de 33 projets répartis sur les grandes surfaces en eau.

La zone : Grandes surfaces en eau : delta sud-ouest, zone de l'IJsselmeer, mer des Wadden, Ems-Dollard et grands fleuves.

Mesures et objectifs : Les pressions du changement climatique et des usages de la société sur les grandes surfaces en eau augmentent plus qu'elles ne baissent. Des mesures complémentaires sont donc examinées dans le cadre de la PAGW pour tenter au moins de maintenir la qualité de l'eau atteinte et si possible pour l'améliorer. Avec les mesures de la DCE et celles du réseau Natura 2000, elles forment un ensemble d'actions cohérentes visant à renforcer la résilience écologique et à stabiliser la nature dans les grandes surfaces en eau.

Les mesures ancrées dans les projets visent principalement à dynamiser les capacités naturelles des eaux et à restaurer les processus écologiques locaux. On envisage ici de mettre en place des habitats faisant défaut (en particulier des marécages et des prairies permanentes humides à très humides), de renforcer le caractère estuarien du delta, de restaurer les processus dynamiques naturels et de retrouver des zones de transition progressive entre milieu terrestre et aquatique et entre eaux douces et eaux salées et/ou de meilleures connexions entre la mer, les estuaires et les fleuves.

On vise à créer pour les hotspots des zones connexes de grande superficie et de haute qualité écologique pouvant former des zones centrales de migration vers les parties périphériques du bassin. La superficie des hotspots garantit la résilience des écosystèmes face aux conditions changeantes.

Réalisation : L'État, l'office national de gestion des forêts et l'agence nationale de promotion de l'entrepreneuriat (RVO) travaillent à l'Approche programmatique 'Grandes surfaces en eau' (PAGW) pour le compte du ministère de l'infrastructure et de la gestion de l'eau (IenW) et du ministère de l'agriculture, de la nature et de la qualité alimentaire (LNV).

Mise en œuvre : 2018–2050

Sources et autres informations :

- www.pagw.nl
- <https://iplo.nl/thema/water/oppervlaktewater/ecologie-maatregelen-effecten/programmatische-aanpak-grote-wateren/>
- <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/ecologie/programmatische-aanpak-grote-wateren-pagw/> (dernier contrôle 28 avril 2021)
- Factsheets PAGW: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/ecologie/programmatische-aanpak-grote-wateren-pagw/@178960/factsheets-programma/> (dernier contrôle 28 avril 2021)
- Informationsblatt Projecten PAGW: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/ecologie/programmatische-aanpak-grote-wateren-pagw/@212499/informatiebladen-projecten-pagw/> dernier contrôle 28 avril 2021)

4. Synopsis pour l'ensemble du Rhin

Le réseau de biotopes sur le Rhin a été analysé tronçon par tronçon dans les chapitres précédents. L'état réel, les évolutions depuis 2006 et les actions restant à engager ont été exposées à une échelle locale à régionale. Dans son analyse du réseau de biotopes sur le Rhin, l'intérêt de la CIPR porte principalement sur les aspects transfrontaliers reconnaissables à grande échelle.

Avec le programme « Rhin 2020 », des objectifs concrets de restauration durable de l'écosystème du Rhin à l'horizon 2020 ont été formulés, entre autres la redynamisation de 160 km² de zones inondables sur le cours principal du Rhin, objectif pratiquement atteint avec 140 km², et la remise en connexion avec le Rhin d'au moins 100 anciens bras et bras latéraux, objectif dépassé avec 154 bras au total (CIPR 2020g).

Le programme Rhin 2040 de la CIPR s'est donné pour objectif de préserver, protéger et restaurer d'ici 2040 les habitats typiques du milieu rhénan. Le réseau de biotopes du Rhin doit s'améliorer nettement grâce à l'extension de réservoirs de biodiversité et à la connexion de passerelles écologiques adéquates et de taille suffisante. Pour les activités en relation avec le réseau de biotopes, le plan de « Mise en réseau des biotopes sur le Rhin » reste la référence (CIPR 2020a).

Le nouveau plan de travail de la CIPR 2022-2027 vise également à évaluer les progrès obtenus dans la mise en œuvre du réseau de biotopes sur le Rhin, ceci à l'aide de méthodes d'analyse et de surveillance innovantes (p. ex. par télédétection) et d'un examen des orientations du projet de mise en réseau.

Les résultats rassemblés dans le présent document constituent la base d'une représentation du Rhin dans sa globalité. Une première vue générale des résultats est donnée dans la figure 1 du chapitre 3.1 qui compare l'état réel de 2006 à celui de 2020. Les remarques générales indiquées dans le rapport CIPR n° 154 (cf. p 83, CIPR 2006) sont encore valables aujourd'hui.

Comme décrit dans le chapitre 3, les déclarations sur l'état réel par tronçon du Rhin résultent des données des États riverains du Rhin et sont également reproduites dans l'Atlas du réseau de biotopes. Ces déclarations sont exposées plus en détail dans les paragraphes suivants pour chaque groupe biotopique.

GB 1 & 2 : milieu aquatique et amphibie des eaux courantes & cours d'eau alluviaux naturels et eaux calmes artificielles proches du naturel

Comme en 2006, la part occupée par les eaux de surface dans l'espace géographique considéré est relativement importante. Elle correspond pour l'essentiel au cours principal du Rhin. On rencontre surtout des eaux alluviales calmes dans le delta du Rhin mais elles sont aussi en augmentation sur le Rhin supérieur et le Rhin inférieur. Pour ces deux groupes biotopiques, les actions à engager portent logiquement sur la conservation et en grande partie sur la création de nouvelles surfaces dans un but d'extension.

Pour la mise en réseau des biotopes, la continuité fluviale est un élément important. Jusque fin 2018, presque 600 obstacles à la migration ont été démantelés ou équipés de passes à poissons dans le Rhin et dans les affluents importants pour la réimplantation des poissons migrateurs. On s'est certes rapproché progressivement de l'objectif de réouverture du Rhin à la migration des poissons depuis la mer du Nord jusqu'en Suisse, mais il n'est cependant pas encore atteint (CIPR 2020g). Le Plan directeur 'Poissons migrateurs' Rhin remis à jour en 2018 montre comment préserver et réimplanter durablement les espèces de poissons migrateurs dans le bassin du Rhin (CIPR 2018).

GB 3 : marécages, roselières et végétation de hautes herbes

On trouve diverses zones prioritaires de ce groupe dans le bassin du Rhin, par exemple sur le Rhin supérieur (îles du Rhin), sur le Rhin moyen (Bacharacher et Lorcher Werth), sur le Rhin inférieur (ancien bras de Bienen) ou dans le delta du Rhin (delta Rhin-Meuse). La part relative actuelle qu'il occupe est comparable à celle de 2006. Le développement de ce groupe biotopique doit encore être nettement renforcé car les corrections hydrauliques et l'exploitation agricole du champ alluvial ont gravement fait baisser ses surfaces et les espèces dépendantes de ce milieu. Des actions doivent notamment être engagées sur le Rhin inférieur pour étendre les aires d'implantation de cette végétation. Ce GB doit être préservé sur le haut Rhin, le Rhin supérieur et le Rhin moyen.

GB 4 : prairies permanentes

Les résultats disponibles ne font pas la distinction entre prairies permanentes soumises à exploitation extensive ou intensive. On rappellera cependant que les surfaces de prairies permanentes exploitées de manière extensive sont celles précieuses en premier lieu pour le réseau de biotopes. À l'avenir, il faudra essayer de faire une distinction dans leur examen.

Ce groupe biotopique est encore dominant sur de grandes parties du paysage alluvial. Les prairies permanentes sont principalement présentes dans le delta du Rhin et, dans une moindre mesure, sur le Rhin inférieur. La part surfacique relative de ce GB a augmenté sur le haut Rhin et le Rhin supérieur entre 2006 et 2020, ce qui est probablement dû aux mesures mises en œuvre. On estime que l'application de méthodes variables est à l'origine de la baisse de superficie relevée sur le Rhin inférieur et plus encore sur le Rhin moyen. Sur le Rhin inférieur, les actions doivent se concentrer sur la conservation des surfaces. Une extension de surface doit avoir lieu sur le Rhin supérieur (cf. chap. 3.2).

GB 5 : Biotopes secs

Ce groupe biotopique a un caractère très régional et le pourcentage surfacique qu'il occupe sur l'ensemble du bassin est, par nature, le plus bas. On trouve la plupart des biotopes secs sur le Rhin supérieur mais on en rencontre également sur le haut Rhin et le Rhin inférieur. Dans le choix des actions, on note une légère préférence pour les mesures de conservation mais les efforts visent aussi à agrandir et à créer de tels GB. Des potentialités de développement significatives sont localisées sur le Rhin supérieur dans l'île rhénane proche de Kembs entre le Grand Canal d'Alsace et le Vieux Rhin, de même que dans la « Wisseler Düne », un paysage caractéristique de dunes relié au milieu alluvial.

GB 6 : forêts alluviales

Comme en 2006, les forêts alluviales s'étendent en majeure partie sur le Rhin supérieur dans le bassin du Rhin. On peut citer ici comme exemples de zones prioritaires l'île de Rhinau et la Rastatter Rheinaue. L'accent doit porter ici sur la préservation des forêts alluviales existantes. Ce groupe biotopique requiert un développement important et c'est pourquoi la priorité doit ici être donnée à l'agrandissement des surfaces dans le bassin du Rhin. Si l'on compare les chiffres de 2006 et de 2020 (cf. figure 1), on constate déjà une extension surfacique des aires d'implantation au cours des dernières années, p. ex. au travers de la mise en place d'espaces de rétention. L'objectif de développement de la CIPR doit être adapté sur la base de la méthode actuelle et des nouveaux résultats ainsi obtenus afin de continuer à promouvoir les forêts alluviales à l'avenir.

GB 7 : reliquats de forêt alluviale

Les corrections des cours fluviaux et l'exploitation agricole des zones alluviales ont fait disparaître en majeure partie les forêts alluviales. Certains reliquats subsistent là où s'étendait jadis la vallée alluviale. Pour maintenir intactes les fonctions du réseau de biotopes, il est nécessaire à la fois d'agrandir et de recréer des surfaces ainsi que de remettre en place des structures de connexion. Les zones prioritaires se trouvent ici sur le Rhin supérieur et le Rhin inférieur.

GB 8 : autres types de biotopes significatifs pour le réseau de biotopes

Ce groupe biotopique rassemble d'autres types de biotopes significatifs pour le réseau de biotopes rhénan qui ne correspondent pas aux caractéristiques des types décrits plus haut. Une vue d'ensemble se trouve en annexe 1.

Si l'on considère le Rhin dans son ensemble, on constate que le pourcentage surfacique de ce GB n'a pas changé entre 2006 et 2020. En observant de plus près les différents tronçons du Rhin, on relève cependant que ce GB a disparu du Rhin moyen et fortement augmenté sur le haut Rhin. La raison en est l'application de différentes méthodes. Des recommandations d'actions ne sont pas exprimées pour ce GB.

Bilan de la synopsis

En synthèse, il convient de rappeler que l'écosystème du Rhin est une structure complexe au sein de laquelle des biotopes distincts renferment des organismes diversifiés, et qu'une analyse séparée de groupes biotopiques individuels ne peut reproduire correctement cette complexité globale. L'Atlas numérique³⁷ sur le réseau de biotopes du Rhin est donc une pièce complémentaire importante du rapport, car il ne se limite pas aux résultats de la cartographie 2020 des groupes biotopiques mais donne également une vue d'ensemble du réseau des biotopes rhénans avec ses espaces prioritaires précieux pour le réseau et ses zones déficitaires impactant le réseau. Les informations et évolutions susmentionnées sont à comprendre comme des recommandations pour les États riverains du Rhin à planifier à grande échelle pour mieux reconnaître les orientations souhaitées ainsi que les opportunités et les défis. La CIPR appuie le monitoring de la mise en œuvre des mesures dans le cadre de son programme Rhin 2040 (CIPR 2020a).

Les déclarations relatives aux superficies des biotopes au sein du réseau rhénan ont pour but, comme en 2006 déjà, de contribuer à orienter le développement vers les objectifs ambitionnés (cf. entre autres chap. 3.1). Il est cependant nécessaire de rappeler les écarts pouvant venir des méthodes appliquées. À l'étape suivante, c'est aux États membres que revient la tâche de mettre concrètement en œuvre les mesures sur le terrain.

Le chapitre suivant présente en synthèse des recommandations et des propositions de mesures, de même que des perspectives de protection, de conservation, de développement et d'amélioration du réseau de biotopes sur le Rhin.

³⁷ https://geoportal.bafg.de/karten/cipr_atlas_des_biotopes_2020/

5. Conclusions, recommandations et perspectives

Aucune modification significative de l'état des groupes biotopiques sur le Rhin n'est observée après 15 ans. Pour le Rhin dans son ensemble (figure 1), on constate que la part respective des GB en pourcentage est comparable à celle de 2006. L'analyse a plus vocation à mettre en relief des tendances actuelles étant donné que les mesures appliquées en relation avec la directive cadre 'Eau' et les projets réalisés comme « Espace pour le fleuve » ont un effet sur les biotopes le long du Rhin. Il est possible d'identifier en partie des modifications de surfaces pour les différents principaux tronçons du Rhin, sachant que les agrandissements de surface sur le haut Rhin, le Rhin supérieur et le delta du Rhin s'expliquent vraisemblablement essentiellement par les mesures mises en œuvre alors que les pertes de surface sur le Rhin moyen et le Rhin inférieur sont vraisemblablement dues à un effet de méthode.

Le recensement de l'état actuel du réseau de biotopes sur tout le cours du Rhin a été effectué pour la première fois en 2020 principalement par télédétection numérique. En s'appuyant sur les données satellitaires du programme européen Copernicus (Sentinel-2), il a été possible de classer les différents groupes biotopiques de la majeure partie du champ alluvial du Rhin. Cependant, la méthode de télédétection appliquée présente encore des limites qui restreignent la portée informative des déclarations et n'autorisent pas jusqu'à présent une évaluation fiable de tous les GB (cf. chap. 2 et en partie chap. 3).

Comparer sous forme quantitative les différents GB est également un exercice limité aux GB 3 + 4 + 6 + 7 (cf. tableau 4 et figure 2) : la croissance visible de superficie entre 2006 et 2020 est due à la fois aux différentes méthodes et aux mesures appliquées. Les projets planifiés et ceux en cours de réalisation mettent en évidence les superficies requises à l'avenir pour le réseau de biotopes sur le Rhin (cf. chap. 3.2).

L'analyse du réseau de biotopes sur l'ensemble du Rhin montre de manière claire qu'une extension géographique substantielle des biotopes est nécessaire si l'on veut obtenir un réseau de biotopes fonctionnel (cf. objectifs du projet de mise en réseau des biotopes sur le Rhin, chapitre 1.1.). Cependant, l'espace rhénan est également revendiqué par l'urbanisation, l'industrie, l'agriculture et les intérêts de protection contre les inondations. Il est donc décisif de trouver le bon équilibre entre la superficie requise pour le développement écologique et les attentes des autres formes d'exploitation (cf. aussi CIPR 2006, p. 89 et suivantes).

Les informations et évolutions mentionnées dans le présent rapport sont à voir comme les bases d'une planification à grande échelle ; elles mettent en relief les actions de développement à engager, les potentialités du réseau de biotopes sur le Rhin et les défis à relever (cf. chapitre 3.2). Au moyen de graphiques explicatifs, l'Atlas 2020 du réseau de biotopes sur le Rhin présente les 35 tronçons du Rhin exposés depuis sa sortie du lac de Constance jusqu'à son embouchure en mer du Nord, y compris désignation des zones prioritaires et des espaces déficitaires (cf. figure 3).

Il revient aux États la tâche de mettre concrètement en œuvre les mesures le long du Rhin. Les propositions de mesures décrites en 2006 restent valables (cf. CIPR 2006, p. 92 et suivantes). La CIPR appuie le monitoring de la mise en œuvre des mesures dans le cadre de son programme Rhin 2040 (CIPR 2020a).

Des analyses de suivi resteront nécessaires à l'avenir pour vérifier l'état des surfaces du réseau de biotopes et la progression des mesures de développement appliquées pour améliorer ce réseau.

Dans le cadre de la future vérification d'une remise à jour du projet de mise en réseau des biotopes, les objectifs de développement de tous les groupes biotopiques devront en outre être adaptés sur la base de la méthode actuelle et des nouveaux résultats ainsi obtenus.

L'analyse des GB fondée sur la télédétection permet à l'avenir de réaliser à intervalles réguliers des monitorings systématiques du réseau de biotopes. On essaiera à l'avenir de faire la distinction entre prairies permanentes extensives et intensives lors de l'analyse. Quelques points sont à respecter dans l'application des techniques de télédétection pour remédier aux incertitudes :

l'approche par télédétection devrait être accompagnée d'une mise en connexion plus étroite des services publics, des consortiums et des experts en télédétection. Dans l'idéal, les représentants des services publics de protection de la nature et de la gestion des eaux disposeront eux-mêmes de l'expertise de télédétection requise. Dans la phase initiale d'une passation de marché pour une analyse par télédétection, il conviendrait de mettre en évidence les possibilités et les limites de la méthode fondée sur la télédétection (HUYLENBROECK et al. 2020).

Il faut déterminer par exemple :

- les particularités à cartographier (classes),
- l'échelle des observations (résolution spatiale),
- la distinction possible des groupes biotopiques (cf. annexe 1),
- le temps nécessaire pour obtenir des informations exploitables,
- l'utilisation d'orthophotos numériques,
- l'utilisation de la carte néerlandaise des écotopes,
- la période de référence et
- la fréquence de remise à jour.

Les objectifs peuvent être affinés pendant le processus de mise au point ou dans le cadre d'un nouveau marché.

Les défis et les recommandations d'actions ont été regroupés à partir d'un article de revue intitulé « Utilisation de la télédétection pour caractériser la végétation riveraine : un aperçu des outils disponibles et des perspectives pour les gestionnaires » (titre original : « *Using remote sensing to characterize riparian vegetation: A review of available tools and perspectives for managers* ») de HUYLENBROECK et al. (2020) :

- Pour retranscrire des objectifs de monitoring dans une approche de télédétection, il est nécessaire de faire coopérer les spécialistes en télédétection et les gestionnaires. Les gestionnaires sont souvent indécis quant aux potentialités opérationnelles des approches fondées sur la télédétection.
- Cette indécision va croissant, car les nouvelles technologies (p. ex. les satellites, les véhicules aériens sans pilote (UAV, EN : *unmanned aerial vehicles*)) semblent connaître un développement très rapide, parfois même plus rapide encore que les applications possibles qu'offre leur utilisation.
- C'est pourquoi il est nécessaire de définir des objectifs de surveillance en coopération avec les spécialistes en télédétection.
- À ceci s'ajoute le fait que les approches de terrain et celle de télédétection ne sont pas parfaitement interchangeables.
- Le processus de collaboration doit donc être suffisamment ouvert pour autoriser l'adaptation de procédures usuelles de travail. De manière similaire, il est impératif de faire appel au besoin à des gestionnaires et scientifiques de différents domaines.
- Il est important de combiner les multiples perspectives scientifiques (p. ex. géomatique, aménagement du paysage, écologie riveraine) pour éviter que les solutions proposées soient trop rigides ou inadaptées.

Toutes ces déclarations montrent qu'il est nécessaire de perfectionner la méthode utilisée, qui s'appuie sur les technologies de télédétection, et de poursuivre la coopération interdisciplinaire en vue de mettre en place à l'avenir un monitoring du réseau de biotopes sur le Rhin.

6 Références

- BFG, WSA BINGEN (2017a): Unterhaltungsplan Rhein Km 499,00 bis Km 505,00 und Km 510,00 bis Km 522,00. Mandaté par Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes Bingen. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Coblenz, BfG-1989.
- BFG, WSA BINGEN (2019a): Unterhaltungsplan Rhein Km 592,60 bis Km 602,10, linkes Ufer und Km 593,65 bis Km 594,65, rechtes Ufer. Mandaté par Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes Bingen. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Coblenz, BfG-1980
- BFG, WSA MANNHEIM (2017b): Unterhaltungsplan Rhein Km 483,80 bis Km 493,50. Mandaté par Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes Mannheim. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Coblenz, BfG-1914.
- BFG, WSA RHEIN (2019b): Unterhaltungsplan Rhein Km 695,00 bis Km 718,20. Mandaté par Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes Rhein. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Coblenz, BfG-2062.
- BFG, WSA RHEIN (2020): Unterhaltungsplan Rhein von Km 605,00 bis Km 642,00 (6 Abschnitte). Mandaté par Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes Rhein. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Coblenz, BfG-2018.
- BFG, WSA RHEIN (2021): Unterhaltungsplan Rhein Km 529,00 bis Km 563,00. Mandaté par Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes Rhein. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Coblenz, BfG-2030.
- BUCK, O., RÜHL, J., SCHROIFF, A., MÜNCH, D., WIEDE, S., BICSAN, A., MÜLLER, S., KLINK, A., HINTERLANG, D., MUETERTHIES, A. (2018): Der Einsatz von Fernerkundung im FFH-Monitoring am Beispiel der Anwendung FELM. *Natur und Landschaft*, Vol. 93, Nr. 5, S. 215-222; doi: 10.17433/5.2018.50153577. 215-223
- CIPR (2001) : Programme Rhin 2020, rapport CIPR n° 116, www.iksr.org/fr/.
- CIPR (2006) : Réseau de biotopes sur le Rhin - Brochure et Atlas/cédérom, rapports CIPR n° 154 et 155, www.iksr.org/fr/.
- CIPR (2013) : Le Rhin et son bassin : un survol. Brochure de la Conférence ministérielle 2013 avec résultats du programme Rhin 2020 (2005–2012).
- CIPR (2015a) : Rapport synoptique sur le « Réseau de biotopes sur le Rhin », rapport CIPR n° 223, www.iksr.org/fr/.
- CIPR (2015b) : Plan de gestion 2015 coordonné au niveau international du district hydrographique international Rhin, www.iksr.org/fr/.
- CIPR (2018) : Plan directeur 'Poissons migrateurs' Rhin, 2018, rapport CIPR n° 247 – www.iksr.org/fr/
- CIPR (2020a) : Programme Rhin 2040. Le Rhin et son bassin : un milieu géré durablement et résilient aux impacts du changement climatique, www.iksr.org/fr/.
- CIPR (2020b) : Le phytoplancton du Rhin 2018. Rapport CIPR n° 273, www.iksr.org/fr/.
- CIPR (2020c) : Distribution des macrophytes dans le Rhin 2018/2019 Rapport CIPR n° 274, www.iksr.org/fr/.
- CIPR (2020d) : Diatomées benthiques dans le Rhin 2018/2019 Rapport CIPR n° 275, www.iksr.org/fr/.
- CIPR (2020e) : Le macrozoobenthos du Rhin 2018. Rapport CIPR n° 276, www.iksr.org/fr/.
- CIPR (2020f) : Les oiseaux d'eau dans la vallée internationale du Rhin : chiffres, répartition et tendances. Rapport CIPR n° 277, www.iksr.org/fr/.
- CIPR (2020g) : Bilan Rhin 2020, www.iksr.org/fr/.

- CIPR (2021a) : Poissons dans le Rhin 2018/2019. Rapport CIPR n° 279, www.iksr.org/fr/.
- CIPR (2021b) : La biologie du Rhin : Rapport de synthèse sur le programme d'analyse biologique 'Rhin' 2018/2019 et évaluations nationales réalisées au titre de la DCE. Rapport CIPR n° 280, www.iksr.org/fr/.
- EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH (2020) : Classification des GB sur la base des principaux groupes biotopiques de la CIPR dans la plaine alluviale du Rhin. Rapport final. V.3.0.
- Geobasis NRW (2020): Historisches Digitales Basis-Landschaftsmodell NW für das Jahr 2020 (disponible sous le lien : https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geobasis/lm/basis-dlm/2020_basis-dlm_EPSG25832.zip;; téléchargé 2021-06) ; Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0.
- HUYLENBROECK, L., LASLIER, M., DUFOUR, S., GEORGES, B., LEJEUNE, P., MICHEZ, A. (2020): Using remote sensing to characterize riparian vegetation: A review of available tools and perspectives for managers. *J Environ Manage.* 267:110652. doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110652.
- JOHANSEN, K., PHINN, S., DIXON, I., DOUGLAS, M., LOWRY, J. (2007): Comparison of image and rapid field assessments of riparian zone condition in Australian tropical savannas. *For. Ecol. Manag.* 240, 42–60. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.12.015>.
- Landwirtschaftskammer NRW (2019): Historische beantragte und als förderfähig festgestellte Teilschläge in NRW für das Wirtschaftsjahr 2019 (disponible sous le lien : https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/umwelt_klima/bodennutzung/landwirtschaft/LWK-TSCHLAG-HIST_EPSG25832_Shape.zip; téléchargé 2021-06); Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0.
- WULDER, M.A., WHITE, J.C., NELSON, R.F., NÆSSET, E., ØRKA, H.O., COOPS, N.C., HILKER, T., BATER, C.W., GOBAKKEN, T. (2012): Lidar sampling for large-area forest characterization: A review. *Remote Sens. Environ.* 121, 196–209. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.02.001>.

Annexes

Annexe 1 : vue générale des groupes biotopiques (GB) 2020

(cf. BIOTOP(3)19-04)

Remarque : les résultats de la cartographie des groupes biotopiques de 2020 ne se fondent que sur les groupes principaux, voir également l'Atlas du réseau de biotopes 2020 de la CIPR.

GB n°	Nom du groupe biotopique (groupes principaux et sous-groupes)	Explications et principales caractéristiques
1	milieu aquatique et amphibie des eaux courantes	
1a	zone aquatique d'eaux courantes	zones du lit d'été (des tronçons fluviaux) et cours d'eau latéraux en partie régulés
1b	habitats pionniers périodiquement inondés et zones d'estran	bancs ouverts de gravier, de sable ou de vase avec végétation pionnière de courte durée se développant seulement à la fin de l'été ou en automne et se composant principalement d'espèces annuelles ; sur les berges d'eaux courantes et d'eaux calmes avec variations périodiques du niveau des eaux (le plus souvent entre la ligne des eaux moyennes et la ligne des basses eaux) et le long de cuvettes inondables
2	Cours d'eau alluviaux naturels et eaux calmes artificielles proches de l'état naturel	
2a	cours d'eau alluviaux d'origine naturelle	sources, anciens bras, annexes hydrauliques, niches d'érosion continuellement ou périodiquement recouvertes, cuvettes temporairement inondées
2b	cours d'eau alluviaux d'origine secondaire proches de l'état naturel	fossés de type similaire aux anciens bras et aux annexes hydrauliques, cours d'eau importants pour la protection des espèces et autres eaux artificielles dont la morphologie correspond pour l'essentiel à celle de cours d'eau alluviaux naturels
3	marécages, roselières et végétation de hautes herbes	
3a	prairies de cypéracées, marécages plats	prairies humidifiées par les eaux souterraines et à dominance de carex et de joncs
3b	roselières et marais à grands carex	type de végétation des berges et des criques fluviales élevées, ainsi que des zones d'alluvionnement des eaux calmes, avec dominance de roseaux, d'alpistes roseau, de hautes glycéries ou de grands carex
3c	végétation de haute herbe	zones de végétation à dominance de hautes herbes le long des berges ou sur les surfaces de friche (stade de succession avec parfois un fort pourcentage de néophytes)

4	prairies permanentes	
4a	prairies permanentes humides à très humides	prairies et pâturages influencés par les eaux souterraines et les inondations
4b	prairies permanentes mésophiles	prairies et pâturages sur sites frais à moyennement secs à l'intérieur ou à l'extérieur de la plaine alluviale et sur les digues de hautes eaux
4c	prairies maigres	prairies et pâturages sur des sites avec indicateurs de sécheresse, souvent sur des digues de hautes eaux ; exploités
5	Biotopes secs	
5a	sites non boisés	pelouses semi-sèches et sèches sur les versants de berges rendues instables par l'érosion ; dunes fluviales et petits biotopes graveleux ; pas ou peu exploités
5b	sites boisés	buissons et forêts sèches sur les versants de berges généralement plus stables
6	Forêts alluviales dans l'actuel champ d'inondation	
6a	forêts de bois tendre	forêts influencées par les eaux souterraines, fréquemment inondées et à dominance de saules, notamment le long des cours d'eau
6b	forêts de bois dur	forêts influencées par les eaux souterraines, temporairement inondées, parfois riches en essences nobles de feuillus
7	Forêts de feuillus indigènes qui, par suite d'un endiguement, ne sont plus inondées temporairement ou en permanence (reliquats de forêt alluviale)	forêts de feuillus indigènes proches de l'état naturel dans le champ alluvial asséché par endiguement (avec caractéristiques plus humides mais non marécageuses)
8	Autres types de biotopes significatifs pour la protection des espèces / le réseau de biotopes	
8a	forêts de feuillus indigènes sur des sites qui, <i>par nature</i> , ne sont pas inondés temporairement ou en permanence	forêts de feuillus indigènes proches de l'état naturel, le plus souvent sur des sites de moyenne altitude (par ex. forêts de hêtres) qui, par nature, ne sont pas temporairement inondés (comme les forêts alluviales) ni en contact permanent avec les eaux souterraines proches de la surface (comme les forêts marécageuses)
8b	Forêts marécageuses	forêts de feuillus indigènes prenant la forme de forêts marécageuses (par ex. peuplements de bouleaux pubescents et de forêts d'aulnes le long des dépressions marginales de la plaine alluviale récente ou ancienne)
8c	haies, bosquets, lignes et groupes d'arbres feuillus indigènes	bandes végétales herbacées et boisées sur les sites de moyenne altitude le long de surfaces exploitées ou de cours d'eau, ligne ou groupe d'arbres feuillus indigènes

8d	vergers sauvages	arbres en haute tige d'essences diverses dans les prairies permanentes soumises à une exploitation extensive
8e	eaux dormantes des gravières et sablières	plans d'eau excavés (potentiellement) très importants en tant qu'habitats secondaires (à l'exception des fossés proches de l'état naturel mentionnés au point 2b), par ex. pour les poissons, lorsqu'ils sont raccordés au cours principal, ou pour les espèces d'oiseaux aquatiques
8f	plans d'eau artificiels retenus	étangs, plans d'eau retenus (potentiellement) très importants en tant qu'habitats secondaires
8g	surface terrestre à végétation clairsemée	zones au moins temporairement pauvres en végétation ou sans végétation, souvent à la marge de plans d'eau excavés ; y compris végétation annuelle issue de perturbations de terrain, mais sans celle due aux inondations (GB 1b) ; moins naturelle en tendance que les biotopes secs non boisés (GB 5a)
9	Surfaces restantes actuellement sans importance pour la mise en réseau des biotopes (GB uniquement distinct pour des raisons méthodiques)	Ces surfaces ne sont listées ici qu'à titre d'information ; leur prise en compte en tant que GB indépendants accroît l'exactitude la carte classifiée de couverture du sol pour les GB mentionnés auparavant.
9a	forêts de feuillus exotiques	p. ex. forêts de robiniers
9b	forêts de conifères sempervirents	p. ex. forêts de pins
9c	forêts de conifères caduques	p. ex. forêts de mélèzes
9d	forêts atypiques	p. ex. reboisements
9i	ombres projetées	surfaces qui se trouvent toujours à l'ombre dans les données de télédétection prises en compte

Annexe 2 : Matrice de confusion pour la validation des GB à l'exemple de la Suisse, des Pays-Bas et de la Rhénanie-du-Nord-Westphalie

(cf. BIOTOP(1)21-04-01)

Matrice de confusion pour la validation des GB de la Suisse

		Référence										Total	User's accuracy	margin of error 95% confidence level	
		GB 1 Milieux aquatiques et amphibie des cours d'eau	GB 2 Cours d'eau alluviaux naturels et eaux calmes artificielles proches du naturel	GB 3 Marécages, roselières et végétation de hautes herbes	GB 4 Prairies permanentes	GB 5 Biotopes secs	GB 6 Forêts alluviales dans l'actuel champ d'inondation	GB 7 Forêts de feuillus indigènes non inondées	GB 8 Autres types biotopiques	BTG 9 Types biotopiques supplémentaires	terres arables				Surfaces imperméabilisées
C a r t e	GB 1 Milieux aquatiques et amphibie des cours d'eau	29					1						30	96,67%	+6,53%
	GB 2 Cours d'eau alluviaux naturels et eaux calmes artificielles proches du naturel		23	2			3					2	30	76,67%	+15,39%
	GB 3 Marécages, roselières et végétation de hautes herbes			7	5	1	5		3		7	2	30	23,33%	+15,39%
	GB 4 Prairies permanentes				20				2		5	3	30	66,67%	+17,16%
	GB 5 Biotopes secs					3	2		6		4	15	30	10,00%	+10,92%
	GB 6 Forêts alluviales dans l'actuel champ d'inondation						16		10		2	2	30	53,33%	+18,16%
	GB 7 Forêts de feuillus indigènes non inondées												0		
	GB 8 Autres types biotopiques	1		1			1		26		1		30	86,67%	+12,37%
	BTG 9 Types biotopiques supplémentaires	1							5	24			30	80,00%	+14,56%
	terres arables										30		30	100,00%	+0,00%
	Surfaces imperméabilisées	1					1		2		1	25	30	83,33%	+13,56%
Total	32	23	10	25	4	29	0	54	24	50	49	300			
Producer's Accuracy	82,43%	100,00%	22,31%	98,12%	50,12%	31,87%		89,01%	100,00%	84,04%	76,03%		Overall accuracy	margin of error 95% confidence level	
margin of error 95% confidence level	+20,04%	+0,00%	+33,18%	+1,48%	+48,18%	+25,64%		+4,95%	+0,00%	+8,99%	+15,80%		84,84%	+5,16%	

Matrice de confusion pour la validation des GB des Pays-Bas

		Référence										Total	User's accuracy	margin of error 95% confidence level		
		GB 1 Milieux aquatiques et amphibie des cours d'eau	GB 2 Cours d'eau alluviaux naturels et eaux calmes artificielles proches du naturel	GB 3 Marécages, roselières et végétation de hautes herbes	GB 4 Prairies permanentes	GB 5 Biotopes secs	GB 6 Forêts alluviales dans l'actuel champ d'inondation	GB 7 Forêts de feuillus indigènes non inondées	GB 8 Autres types biotopiques	BTG 9 Types biotopiques supplémentaires	terres arables				Surfaces imperméabilisées	
C a r t e	GB 1 Milieux aquatiques et amphibie des cours d'eau	24	3						1			2	30	80,00%	+14,56%	
	GB 2 Cours d'eau alluviaux naturels et eaux calmes artificielles proches du naturel		27	3									30	90,00%	+10,92%	
	GB 3 Marécages, roselières et végétation de hautes herbes		1	24	3		1		1				30	80,00%	+14,56%	
	GB 4 Prairies permanentes			1	24				2	1	1	1	30	80,00%	+14,56%	
	GB 5 Biotopes secs			17	2				1	1	2	6	29	0,00%	+0,00%	
	GB 6 Forêts alluviales dans l'actuel champ d'inondation		1	4	1		21			3			30	70,00%	+16,68%	
	GB 7 Forêts de feuillus indigènes non inondées															+0,00%
	GB 8 Autres types biotopiques		6	1	2		1		6	9	1	4	30	20,00%	+14,56%	
	BTG 9 Types biotopiques supplémentaires		1	1	2				2	16		8	30	53,33%	+17,51%	
	terres arables			1	6						23		30	76,67%	+15,39%	
	Surfaces imperméabilisées								1	1	1	27	30	90,00%	+10,92%	
Total		24	39	52	40		23		14	31	28	48	299			
Producer's Accuracy		100,00%	73,83%	33,91%	85,07%		96,12%		17,01%	8,80%	89,65%	77,15%		Overall accuracy	margin of error 95% confidence level	
margin of error 95% confidence level		+0,00%	+12,15%	+14,05%	+7,61%		+5,10%		+14,31%	+6,15%	+12,46%	+14,23%		76,85%	+6,55%	

Matrice de confusion pour la validation des GB de Rhénanie du Nord Westphalie

Validation au sein du périmètre total	Points par GB dans l'Atlas :	100	GB dans le jeu de données de référence (réalité de terrain)											(€)	Précision utilisateur	Erreur type	Précision utilisateur	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				CH	NL
																	CH	NL
Milieus aquatiques et amphibie des eaux courantes	GB dans l'Atlas 2020	1	88	1	0	8	0	0	0	2	0	0	1	100	88%	2,51	97%	80%
Cours alluviaux naturels et eaux calmes artificielles proches de l'état naturel		2	3	95	0	0	0	1	0	0	0	0	1	100	95%	2,72	77%	90%
Marécages, roselières et végétation de hautes herbes		3	2	0	51	18	1	8	5	10	3	0	2	100	51%	1,42	23%	80%
Prairies permanentes		4	0	1	2	89	0	0	1	4	1	1	1	100	89%	2,53	67%	80%
Biotopes secs		5	2	1	1	35	23	2	1	19	9	1	6	100	23%	1,10	10%	0%
Forêts alluviales dans l'actuel champ d'inondation		6	2	0	5	2	0	36	1	40	12	0	2	100	36%	1,40	53%	70%
Forêts de feuillus indigènes : plus inondées en raison de l'endiguement		7	2	2	3	2	0	0	74	6	10	0	1	100	74%	2,07	0%	0%
Autres groupes biotopiques importants pour le réseau de biotopes		8	0	0	2	3	0	8	5	69	8	2	3	100	69%	1,91	87%	20%
Autres groupes biotopiques non pertinents ici		9	1	1	2	7	0	0	10	12	67	0	0	100	67%	1,88	80%	53%
Terres arables		10	0	0	1	35	0	0	0	1	1	62	0	100	62%	1,95	10%	77%
Surfaces imperméabilisées (milieu urbain et axes de trafic)		11	3	2	3	37	1	6	5	19	0	0	24	100	24%	1,16	83%	90%
Échantillon (n)			103	103	70	236	25	61	102	182	111	66	41	Précision générale (%)				
Précision producteur			85%	92%	73%	38%	92%	59%	73%	38%	60%	94%	59%	62%				
Erreur type (intervalle de confiance 95 %)			2,49	2,71	1,42	2,55	0,66	1,01	2,07	1,99	1,85	1,77	0,66	Erreur type précision générale :		0,59		
Pour comparaison, autres précisions producteur		CH	82%	100%	22%	98%	50%	32%	0%	89%	100%	84%	76%	Précision générale				
		NL	100%	74%	34%	85%	0%	96%	-	17%	9%	90%	77%	Précision générale :			85%	77%

Annexe 3 : Transposition des catégories de biotopes et d'états visés du plan VBS de Rhénanie-Palatinat (DE) dans la classification CIPR.

Tableau 5 : Attribution des types visés par le plan VBS aux GB de la CIPR (VBS : plan de systèmes biotopiques mis en réseau en Rhénanie-Palatinat)

Types visés par le plan VBS	(principaux) GB de la CIPR
Terres arables, parcelles viticoles, vergers	0
Forêts marécageuses durablement ou temporairement inondées	7
Ruisseaux et leurs forêts alluviales riveraines, fossés	1
Dunes et pelouses sablonneuses	5
Fleuves, zones alluviales et annexes hydrauliques du milieu fluvial	1
Fleuves, zones alluviales et annexes hydrauliques alimentées en eau	1
Forêts sur amoncellements pierreux	5
Pelouses semi-sèches et friches viticoles	5
Pelouses semi-sèches et friches viticoles / pelouses sèches, rochers, amoncellements pierreux, buissons secs	5
Forêts alluviales de bois dur	6
Forêts alluviales de bois dur/tendre	6
Forêts alluviales de bois dur / prairies mouillées et humides (avec marais à petites laïches)	6
Forêts de feuillus	8
Forêts de feuillus / forêts sèches	8
Prairies maigres et pâturages de sites de moyenne altitude	4
Prairies maigres et pâturages de sites de moyenne altitude / dunes et pelouses sablonneuses	4
Prairies maigres et pâturages de site de moyenne altitude / prairies mouillées et humides (avec marais à petites laïches)	4
Prairies maigres et pâturages de sites de moyenne altitude /eaux calmes	4
Prairies maigres et pâturages de sites de moyenne altitude / arbustes	4
Prairies maigres et pâturages de sites de moyenne altitude, dunes et pelouses sablonneuses	4
Prairies maigres et pâturages de sites de moyenne altitude, pelouses semi-sèches et friches viticoles	4
Prairies mouillées et humides (avec marais à petites laïches)	4
Prairies mouillées et humides (avec marais à petites laïches) / roselières et marais à grands carex	4
Végétation pionnière	1
Végétation pionnière / milieu urbain	1
Sources et ruisseaux de source	2
Roselières et marais à grands carex	3
Roselières et marais à grands carex /forêts marécageuses durablement ou temporairement inondées	3
Roselières et marais à grands carex /eaux calmes	3

Roselières et marais à grands carex, prairies maigres et pâturages de sites de moyenne altitude	3
Milieu urbain	0
Milieu urbain, axes de trafic	0
Eaux calmes	2
Arbustes	8
Arbustes / végétation pionnière	8
Pelouses sèches, rochers, amoncellements pierreux, buissons secs	5
Forêts sèches	5
Forêts/pelouses sèches, rochers, amoncellements pierreux, buissons secs	5
Forêts alluviales de bois tendre	6
Prairies et pâturages de sites de moyenne altitude	4
Autres forêts et boisements	8

Tableau 6 : attribution des catégories d'états visés du plan VBS au projet de mise en réseau de biotopes de la CIPR

Catégories d'états visés du plan VBS	Projet de mise en réseau de biotopes de la CIPR
Préservation	Préservation et restauration écologique
Développement	Création / agrandissement
Espaces prioritaires : développement de structures biotopes en milieu agricole	Préservation et restauration écologique
Extensification de surface d'exploitation intensive, rehaussement de la part de prairies permanentes	Préservation et restauration écologique

Annexe 4 : Vue d'ensemble des mesures illustratives en cours ou déjà mises en œuvre dans le champ alluvial rhénan

Les mesures en cours ou déjà mises en œuvre listées ici sont présentées dans l'Atlas numérique des biotopes³⁸ ainsi qu'en partie dans ce rapport (*).

Tronçon du Rhin	Nom de la mesure	Lien
Haut Rhin	Ried de z'Hose	https://sh.ch/CMS/Webseite/Kanton-Schaffhausen/Behorde/Verwaltung/Baudepartement/Tiefbau-Schaffhausen/Abteilung-Gew-sser-und-Materialabbau-2049416-DE.html
	Redynamisation du débouché de la Thur	https://naturzentrum-thurauen.ch/
	Zone alluviale Chly Rhy à Rietheim*	https://www.ag.ch/media/kanton_aargau/bvu/dokumente_2/umwelt__natur__landschaft/naturschutz_1/auenschutz_1/Faltblatt_Rietheim_Druckdaten_06062015.pdf
	Lac de retenue de Klingnau - Débouché de l'Aar	http://www.klingnauerstausee.ch/
	Mesures compensatoires dans le cadre du renouvellement de la concession de l'usine d'Albbruck-Dogern	http://www.radag.de/index.php?id=286
	Mesures compensatoires dans le cadre du renouvellement de la concession de l'usine de Ryburg-Schwörstadt	https://www.krsag.ch/mensch-umwelt/
	Rivière de contournement de l'usine de Rheinfelden	https://www.energiesdienst.de/produktion/wasserkraft/wasserkraftwerk-rheinfelden/
	Redynamisation des berges de Bâle	https://www.tiefbauamt.bs.ch/baustellen-und-projekte/abgeschlossene-baustellen-projekte/rhein_kiesschuettungen.html
Rhin supérieur	Espace de rétention de Weil-Breisach dans le cadre de l'IRP (programme Intégré pour le Rhin)*	https://rp.baden-wuerttemberg.de/themen/wasser/irp/rueckhalteraeume/weil-breisach/
	Projet de restauration de la dynamique des habitats alluviaux rhénans sur l'île du Rohrschollen à Strasbourg	https://reserves-naturelles.strasbourg.eu/partenaires/projet-life/
	Renaturation écologique de l'île du Rhin à Kembs*	https://www.edf.fr/hydraulique-alsace-vosges/kembs-un-projet-environnemental-d-exception
	Réhabilitation écologique des bassins de stockage des saumures de l'île du Rhin	https://biodiversite.grandest.fr/projets/rehabilitation-ecologique-des-bassins-de-stockage-des-saumures-de-lile-du-rhin-accueil-du-public-et-mise-en-valeur-de-la-biodiversite/
	Travaux de restauration de l'Altwasser sur l'île de Marckolsheim	http://www.sage-ill-nappe-rhin.alsace/wp-content/uploads/2018/12/Fiche-Retour-Exp_SDEA_AltwasserVF.pdf
	Champ alluvial de Rastatt	http://www.rheinauen-rastatt.de/
	Champ alluvial vivant du Rhin à hauteur de Karlsruhe	https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpk/abt5/ref56/rheinauen/
	Projet du lac du Vieux Rhin à Eich*	Entreprise Juwi AG
	Axe vivant Rhin supérieur - Nurserie de grenouilles rousses	https://lebensader-oberrhein.de/

³⁸ https://geoportal.bafg.de/karten/cipr_atlas_des_biotopes_2020/

	Bande Bleue - renaturation des berges et des zones alluviales de Laubenheim*	http://www.blaues-band.bund.de ; https://www.bfn.de/blauesband.html
	Axe vivant Rhin supérieur - Arche de Noé*	https://lebensader-oberrhein.de/
	Digues fleuries sur le Rhin supérieur hessois*	/
	Renaturation d'un ancien bras du Rhin près de Geisenheim*	https://www.schiersteinerbruecke.de/artikel/renaturierung-eines-altrheinarms
Rhin moyen	Action Bleu Plus - aménagement de la berge du Rhin à Braubach et Lahnstein*	https://aktion-blau-plus.rlp-umwelt.de/servlet/is/11328/
Rhin inférieur	Projet sur le débouché de la Sieg	https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/leistungen/abteilung05/54/sonderprojekte/siegmueendung/index.html
	Ancien bras d'Urdenbach : redynamisé comme rivière de plaine	https://www.flussgebiete.nrw.de/urdenbacher-altrhein-wieder-dynamisch-durch-die-niederung-850
	Zone d'eaux peu profondes à Duisburg-Beeckerwerth	https://www.flussgebiete.nrw.de/lebensraum-flachwasserzone-duisburg-beeckerwerth-847
	Aménagement du débouché de l'Emscher	/
	Mise en œuvre des mesures dans la zone de protection des oiseaux Unterer Niederrhein de la réserve naturelle « Orsoyer Rheinbogen ».	http://www.orsoyer-rheinbogen.de/
	Nouvelle zone alluviale au débouché de la Lippe à Wesel	https://www.eglv.de/lippe/lebendige-lippe/
	Bras latéral du Rhin à Bislich-Vahnum	http://www.life-rhein-bislich.de/cms/
	Reeds for LIFE – Roselières vivantes	https://www.lebendige-roehrichte.de/de/
	Habitat de barges à queue noire à Hetter	http://www.life-uferschneepfe.de/
	Restauration du caractère de zone humide du Emmericher Ward	http://www.life-emmericher-ward.de/de
	Mise en place d'une annexe hydraulique et d'une forêt alluviale dans l'Emmericher Ward	http://www.life-rhein-emmerich.de/de/service
	Développement de prairies permanentes pour protéger les oiseaux de prairies menacés dans la zone UE de protection des oiseaux « Unterer Niederrein »*	http://www.life-wiesenvoegel-niederrhein.de/index.php/de/
Delta du Rhin	Programme « Espace pour le fleuve »*	https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/maatregelen-om-overstromingen-te-voorkomen/ruimte-voor-de-rivieren
	Espace pour le fleuve - delta de l'IJssel*	https://www.ijsseldeltaprogramma.nl/programma-ijsseldelta/afgeronde-projecten/reevediep/
	Mesures DCE en relation avec les plans de gestion N2000*	https://www.rijkswaterstaat.nl/water/wetten-en-regels-en-vergunningen/natuur-en-milieuwetten/kaderrichtlijn-water
	Apport de bois mort*	https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/maatregelen-waterkwaliteit/rivierhout
	Approche programmatique 'Grandes surfaces en eau' (PAGW)*	https://www.pagw.nl/

Annexe 5 : Exemples d'informations sur la présence d'espèces emblématiques/cibles sélectionnées sur le Rhin inférieur

La présence de quelques espèces emblématiques et espèces cibles est exposée à titre d'exemple pour le Rhin inférieur.

On trouvera une vue détaillée des espèces emblématiques et spécifiques des groupes biotopiques dans le rapport CIPR n° 154 (pp. 13-29) (CIPR 2006).

Oiseaux³⁹

Petit gravelot :

Distribution : Le petit gravelot colonise pratiquement tout le champ alluvial rhénan de Bonn à Emmerich. Les habitats de nidification importants sont d'une part les surfaces caillouteuses, graveleuses et sablonneuses du Rhin sans végétation ou pauvres en végétation, et d'autre part les gravières limitrophes de sable et de gravier.

Développement : Les peuplements de petits gravelots sont régulièrement recensés de manière standardisée dans les réserves naturelles proches du Rhin de la zone de protection des oiseaux Unterer Niederrhein. En tendance, l'évolution des peuplements de cette espèce dans le champ alluvial rhénan est globalement négative en raison de la trop faible reproduction due aux dégradations et perturbations très importantes provoquées par les activités de loisir. En outre, la croissance végétale et la reconversion des carrières modifient fréquemment les habitats secondaires. La principale **mesure** de protection de cette espèce est de créer des surfaces graveleuses non soumises à perturbations sur les berges du Rhin à la période de nidification.

Cigogne noire :

Distribution : Les zones de nidification de la cigogne noire en NRW sont les sites de moyenne montagne et la région montagneuse de la Weser (Weserbergland). Dans la vallée alluviale du Rhin entre Bonn et Emmerich, la cigogne noire est uniquement observée, en règle générale, lorsqu'elle est de passage ou pour s'alimenter, surtout en août et en septembre, et pendant sa migration automnale. Elle profite alors souvent des anciens bras du Rhin, p. ex. à Bienen-Praest et sur l'île de Bislich et séjourne également dans les zones d'eaux peu profondes et de mares du lit majeur du Rhin.

Développement/mesures : On ne connaît pas de sites de couvaison dans la vallée rhénane de NRW, notamment sur le Rhin inférieur. Pour améliorer les surfaces d'alimentation de cette espèce, des projets de restauration des zones alluviales ont été réalisés, entre autres dans l'Emmericher Ward, dans la zone alluviale de Bislich-Vahnum, dans la courbe du Rhin à Orsoy et dans les Urdenbacher Kämpe.

Cigogne blanche :

Distribution/développement : La première couvaison de cigognes blanches dans le cours aval du Rhin inférieur a été relevée en 1996. Depuis, les effectifs nicheurs augmentent continuellement le long de l'axe rhénan entre Duisbourg et la frontière germano-néerlandaise. Une quarantaine de couples nichent actuellement dans la réserve naturelle « Cours aval du Rhin inférieur ». La plupart du temps, les cigognes blanches nidifient dans la vallée alluviale du Rhin sur des mâts installés à cet effet et utilisent le lit majeur du Rhin pour s'alimenter.

³⁹ Voir également rapport CIPR n° 277 (2020)

Mesures : L'espèce profite nettement de l'amélioration des habitats alluviaux. La couvaison dans les arbres augmente ces dernières années, en particulier dans la réserve naturelle de l'île de Bislich. La création de prairies permanentes inondées, de mares et de cuvettes d'eaux peu profondes fait augmenter les possibilités d'alimentation de ces grands oiseaux.

Milan noir :

Distribution/développement : La Rhénanie-du-Nord-Westphalie se trouve à la limite nord-ouest de l'aire européenne de répartition du milan noir. Les effectifs nicheurs de cette espèce ont augmenté au cours des dernières années sur le territoire du Land. Le système alluvial du Rhin entre Bonn et Emmerich héberge env. 12 couples, ce qui représente la plus forte densité actuelle. Les effectifs nicheurs sont recensés par des ornithologues bénévoles et des stations biologiques.

Mesures : Le milan noir profite de la création et du développement des habitats alluviaux le long de l'axe rhénan. Il est important pour cette espèce de préserver également des sites de couvaison non perturbés, p. ex. la zone centrale de l'île de Bislich où deux couvées ont eu lieu en 2019.

Butor étoilé :

Distribution : Le butor étoilé nidifie de manière irrégulière en NRW mais est cependant observé régulièrement comme migrateur de passage et espèce hivernante. On constate également la présence de butors étoilés en faible nombre en période de migration sur l'ensemble de la vallée alluviale du Rhin. Cependant, l'absence de grandes roselières aux abords des rivières empêche l'implantation de cette espèce.

Développement : Les zones de roseaux régressent sur le cours aval du Rhin inférieur ces dernières années. Cette perte d'habitats est due aux variations des niveaux d'eau, à l'abaissement de la nappe phréatique et aux dégâts nutritifs des ragondins et des oies cendrées.

Mesures : Le projet LIFE « Roselières vivantes » dans la réserve naturelle du Bienener Altrhein et du Grietherorter Altrhein soutient l'avifaune des roselières et par conséquent le butor étoilé.

Oie rieuse :

Distribution/développement : La population hivernante de l'oie rieuse en Europe occidentale est actuellement estimée à un chiffre compris entre 950 000 et 1,2 million d'individus, dont une partie hivernant en NRW, notamment sur le Rhin inférieur. À l'échelle du Land, les peuplements hivernants de l'oie rieuse oscillent ces dernières dix années (depuis l'hiver 2004/05 jusqu'à 2013/14) entre 124 000 et 247 000 individus, dont env. 80 % sur le cours aval du Rhin inférieur. Le groupe de travail 'Oies' de la société ornithologique de Rhénanie-du-Nord-Westphalie recense les effectifs d'oies rieuses et est appuyé dans cette tâche par la station biologique du cours aval du Rhin inférieur. Les peuplements venant se reposer ou hiverner entre Duisbourg et la frontière germano-néerlandaise varient nettement en fonction des conditions météorologiques et de l'alimentation disponible.

Mesures : Le Land de NRW compense les pertes dues aux dégâts provoqués par les oies rieuses pour s'alimenter. En contrepartie, les exploitants des surfaces ne doivent pas déranger les oies ni tenter de les chasser de leurs aires d'alimentation. L'espèce profite également des nombreuses eaux alluviales où elles séjournent pour boire ou pour dormir.

Rainette verte

Distribution/développement : la rainette verte comptait jadis parmi les espèces « communes » les plus largement répandues dans toute l'Allemagne. Sa distribution était très large dans les plaines des grands fleuves en NRW où elle constituait une espèce typique du milieu alluvial. Dès les années 1980, l'état des populations est décrit comme problématique et on constate à partir des années 1990 que la rainette verte est devenue une des espèces amphibienne les plus menacées.

Aujourd'hui, l'aire de distribution de la rainette verte en NRW est concentrée sur le Münsterland et sur les circonscriptions limitrophes de Soest et d'Unna ainsi que sur la ville de Hamm. Les anciens peuplements très denses du Rhin inférieur ont pratiquement disparu dans leur totalité. Entre 2006 et aujourd'hui, aucune évolution notable n'est reconnue pour les peuplements de rainettes vertes dans le bassin du Rhin inférieur.

La raison de la régression massive de cette espèce est la destruction et le morcellement des habitats. Pour qu'une population de rainettes vertes puisse subsister, il est essentiel qu'elle évolue dans un système de biotopes en réseau. Les spécimens isolés doivent pouvoir se reproduire régulièrement, car la rainette verte a une faible espérance de vie en milieu sauvage. Cependant, l'absence de progéniture est généralement la règle, parfois sur plusieurs années, quand les rivières de frai sont asséchées et qu'il n'existe aucune autre rivière refuge. On comprend ainsi aisément que les groupes isolés, même nombreux, ne peuvent assurer sur le long terme la pérennité des populations dans la région rhénane. Seul un réseau de biotopes fonctionnel peut garantir la survie des peuplements dans la plaine rhénane fortement morcelé.

Des efforts intenses ont été engagés en NRW dans le cadre du **programme de soutien de la rainette verte** intégré dans le programme NRW de protection des espèces. La rainette verte y figure comme représentante d'une approche intégrée de protection des espèces en raison de son statut d'espèce menacée au niveau du Land comme au niveau fédéral. Le programme a démarré en 1989 avec une large étude des paramètres de base dont sont ressortis comme résultats des objectifs de protection, d'entretien et de développement qui ont été retranscrits sous forme de mesures d'entretien et de développement ainsi que de plans de conservation et de mise en réseau des biotopes. Cette phase de planification a été suivie du lancement de travaux de restauration partielle de l'aire historique de distribution par mise en connexion de peuplements isolés. La dernière étape du programme de soutien de cette espèce consiste à surveiller et à fixer le degré d'efficacité des mesures.

Des mesures de lâcher de rainettes vertes ont notamment été prévues dans la **Lande de Dingden** dans le cadre du programme de soutien. Depuis 1987, la Lande de Dingden a progressivement été transformée en une réserve de prairie humide d'importance suprarégionale et pourra assurer à l'avenir une fonction précieuse de mise en contact des populations de rainettes vertes vivant dans la province néerlandaise de l'Overijssel à l'ouest et de celles implantées dans la province néerlandaise de Gelderland au nord-est. Cette réimplantation a porté ses fruits et la population de la Lande de Dindgen est stable jusqu'à aujourd'hui.

À l'avenir également, les efforts de protection devraient se concentrer sur la conservation des populations relictuelles et sur leur mise en réseau compte tenu du système des métapopulations.

Par ailleurs, un projet étendu de remise en réseau, intitulé « un roi à la recherche de son royaume », est engagé en NRW, mais son champ d'action se situe hors Rhénanie dans la région de Münster (le Münsterland).

De plus, le Land de NRW diffuse de nombreuses informations, surtout préventives, pour endiguer la propagation de maladies menaçant les amphibiens et transmises par des vecteurs fongiques.

Triton crêté

Le triton crêté (*Triturus cristatus*) est une espèce typique des espaces ouverts de plaines et de collines. Son aire centrale de distribution le long du Rhin est dans la baie et dans les plaines du Rhin inférieur.

Distribution : Le champ alluvial et les anciens bras des grands hydrosystèmes comme celui du Rhin sont les habitats primaires du triton crêté en NRW. On ne trouve cependant pratiquement plus de rivières alluviales naturelles avec fortes variations de niveaux d'eaux. C'est ce qui explique pourquoi cette espèce est rarement détectée aujourd'hui dans les annexes hydrauliques. Les grandes surfaces en eau issues d'excavations entrent en ligne de compte comme habitats secondaires.

Les tritons crêtés fraient exclusivement dans les eaux dormantes, surtout dans les petits étangs et mares herbeux et peu ombragés. Ils choisissent de préférence les eaux profondes (plus de 50 cm) caractérisées par une riche morphologie et une végétation abondante de plantes subaquatiques et de roseaux dans les terrains de plaine ouverts et plus rarement dans les grands espaces forestiers et évitent les eaux poissonneuses. L'assèchement régulier (même si les écarts sont de plusieurs années) ou périodique des eaux est utile comme protection contre les prédateurs (poissons, libellules) quand il démarre en août.

La présence de rivières voisines reliées par des habitats terrestres appropriés est avantageuse pour l'espèce.

Les habitats terrestres sont les prairies permanentes et d'autres biotopes ouverts, plus rarement les forêts. Ces habitats terrestres sont souvent à proximité immédiate des eaux. La plupart des tritons crêtés hibernent à terre à proximité des surfaces aquatiques et un paysage cultivé morphologiquement varié améliore leurs conditions de vie.

Les **principales menaces** pesant sur cette espèce sont l'intensification de l'exploitation agricole qui eutrophise les cours d'eau, les alevinages de poissons et l'emprise foncière, surtout à proximité des agglomérations urbaines. Le morcellement des habitats qui en résulte et la disparition de métapopulations sont des facteurs significatifs de menace pour le triton crêté.

Un plan technique spécifique a été développé pour le triton crêté dans la réserve naturelle du Worringer Bruch et établi dans le cadre du polder prévu à Cologne-Worringen. Il comprend des mesures cohérentes pour préserver la population de tritons crêté implantée sur ce site, un projet de monitoring et une gestion des risques (entre autres pour minimiser les apports potentiels de poissons) ajustée entre le LANUV et la ville de Cologne.

Poissons⁴⁰

Développement : Bien que de nombreuses opérations de pêche soient réalisées, il est particulièrement difficile d'évaluer les peuplements de poissons dans le Rhin. Ceci est surtout dû aux difficultés méthodiques de détectabilité de quelques espèces de poissons (diversité des périodes de recensement optimal, des habitats et des méthodes) et aux enseignements très restreints pouvant être tirés en termes d'abondance des différentes espèces. En outre, les années météorologiques extrêmes 2018 et 2019 accompagnées de températures élevées des eaux et de niveaux d'eau bas ont probablement modifié en profondeur l'éventail des espèces.

Même si on ne dispose pas de chiffres exacts sur chaque espèce, on constate globalement que le Rhin reste affecté de nombreux déficits qui se traduisent par un état insatisfaisant des peuplements de poissons. Il manque entre autres des zones protégées

⁴⁰ Voir également rapport CIPR n° 279 (2021)

du courant, des zones peu profondes et des annexes hydrauliques raccordées offrant des refuges aux poissons et des zones de grossissement à leurs juvéniles. La navigation ainsi que les pressions thermiques et autres ont également des impacts négatifs sur les populations de poissons présentes. Des espèces telles que le brochet et la loche d'étang souffrent en particulier de la déconnexion croissante du fleuve et de son champ alluvial.

De plus, quelques espèces exotiques, en partie envahissantes (p. ex. divers gobies), se sont propagés dans le Rhin ces dernières années et sont identifiés en peuplements parfois très denses. On continue à relever des impacts de ces poissons sur les espèces indigènes.

Mesures : Dans le cadre de la mise en œuvre de la **directive cadre Eau** (DCE), de nombreuses mesures ont été planifiées et réalisées en NRW. Les mesures ont pour fonction de combler les déficits morphologiques et écologiques en place et se traduisent p. ex. par un enrichissement de la morphologie des berges. En outre, les poissons profitent tout particulièrement des mesures prises pour améliorer la continuité des rivières, comme p. ex. la construction de passes à poissons ou l'aménagement d'ouvrages transversaux. Il en est de même avec le rétablissement de la continuité dans les annexes hydrauliques et les anciens bras, qui sont déjà équipés en partie de dispositifs d'aide à la montaison.

À côté des planifications et des mesures élaborées et mises en œuvre dans le cadre de la DCE, de nombreuses autres mesures et projets ont été engagés au titre de la directive FFH au profit des espèces de poissons reconnues significatives par cette directive et de l'ichtyofaune dans son ensemble. On peut ici faire référence, entre autres, au Projet LIFE visant à restaurer le caractère de zone humide dans la plaine alluviale rhénane 'Emmericher Ward' ou le projet LIFE sur le bras latéral du Rhin à Bislich-Vahnum.

Un plan de mesures est actuellement élaboré pour la zone FFH de protection des poissons couvrant des parties du champ alluvial rhénan et du fleuve et visant à protéger surtout les poissons rhénans figurant à l'annexe II parallèlement aux types biotopiques fixés dans la directive FFH. Les mesures de ce plan doivent garantir le bon état de conservation des espèces de poissons significatives (lamproie fluviatile, chabot, saumon, grande alose, lamproie marine, loche de rivière) et se focalisent principalement sur la connexion et la création d'annexes hydrauliques et sur l'aménagement de champs d'épis et de zones riveraines. De plus, un grand nombre de projets de mesures sont en cours de mise au point pour les zones FFH (et quelques-unes déjà en phase de réalisation). Ils portent sur le champ alluvial du Rhin ou sur des parties des affluents du Rhin (p. ex. la Lippe, la Sieg).

Depuis 1998 déjà, des affluents du Rhin tels que la Sieg ou la Wupper sont optimisés pour l'espèce migratrice que représente le saumon et les saumons sont enregistrés à la montaison dans le cadre du programme sur les poissons migrateurs. Jusqu'à nouvel ordre, on continue à produire et à faire grandir en élevage des alevins à partir des adultes de retour et à relâcher ensuite ces jeunes poissons pour soutenir les stocks de saumons sauvages. Le projet porte ses fruits : plus de 3 500 saumons adultes de retour ont été identifiés depuis le lancement des efforts de réimplantation.

De 2011 à 2015, un autre grand programme de réimplantation a été réalisé dans le bassin du Rhin, celui de la « Protection et restauration des peuplements de grandes aloses dans les bassins du Rhin et de la Gironde » ancré dans le Projet LIFE Alosa alosa. Les peuplements de grandes aloses continuent aussi à être appuyés par des alevinages effectués dans le cadre du programme sur les poissons migrateurs.