



La biologie du Rhin

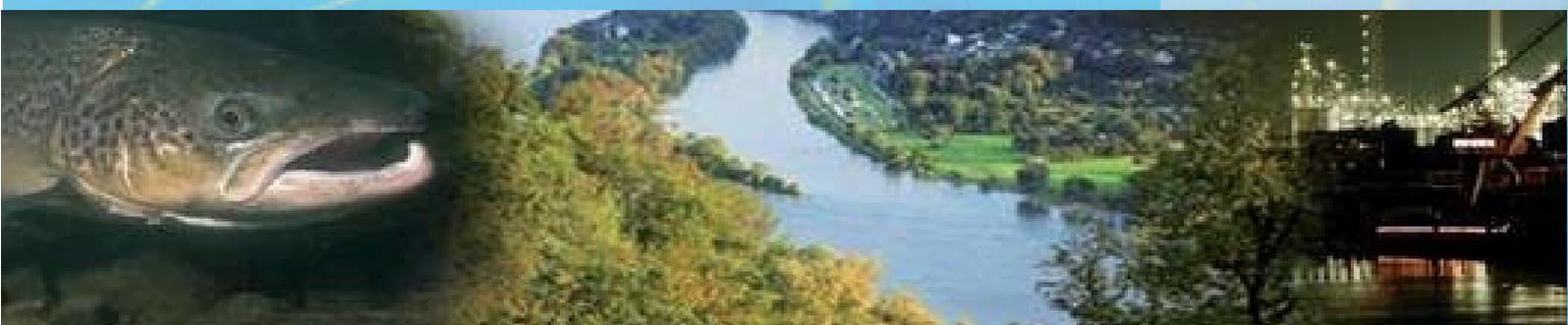
Rapport de synthèse
sur le programme d'analyse
biologique 'Rhin' 2012/2013
et évaluations nationales réalisées
au titre de la DCE

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Rapport n° 232



Editeur:

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)

Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D 56068 Coblenz

Postfach 20 02 53, D 56002 Coblenz

Téléphone +49-(0)261-94252-0, télécopie +49-(0)261-94252-52

Courriel électronique: sekretariat@iksr.de

www.iksr.org

ISBN 978-3-941994-73-7

© IKS-R-CIPR-ICBR 2015

La biologie du Rhin

Rapport de synthèse sur le programme d'analyse biologique 'Rhin' 2012/2013

Décembre 2015

- Rédacteurs responsables: Jochen Fischer (président du GE BMON), Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG), Mainz ;
- Collaborateurs : Mechthild Banning, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), Wiesbaden ;
Thomas Ehlscheid, Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG), Mainz ;
Helmut Fischer, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz ;
David Heudre, DREAL Lorraine, Metz ;
Jochen Lacombe, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) ;
Eddy Lammens, Ministerie van Infrastructuur en Milieu-Rijkswaterstaat-Waterdienst (RWS), Lelystad ;
Jean-Luc Matte, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Metz ;
David Monnier (président du GT B), Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) ;
Marieke Ohm, Ministerie van Infrastructuur en Milieu-Rijkswaterstaat-WVL (RWS), Lelystad ;
Franz Schöll, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz ;
Renate Semmler-Elpers, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe ;
Sabine Zeller, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne
- Coordination et rédaction : Nathalie Plum et Laura Gangi
Commission Internationale pour la Protection du Rhin - CIPR

Sommaire

Synthèse	2
1. Introduction	3
2. Phytoplancton	4
3. Macrophytes	8
4. Phytobenthos	12
5. Macrozoobenthos	16
6. Faune piscicole	20
7. Bilan : qu'a-t-on atteint, que reste-t-il à faire ?	26

Bibliographie	32
Glossaire	34
Annexes	36

Synthèse

Dans le cadre du programme « Rhin 2020 », les algues microscopiques en suspension (phytoplancton), les plantes aquatiques (macrophytes), les diatomées benthiques (volet spécifique du phytobenthos), les invertébrés aquatiques (macrozoobenthos) et la faune piscicole ont été analysés en 2012 et 2013 sur l'ensemble du cours du Rhin. Le « programme d'analyse biologique 'Rhin' », dont la méthode est ajustée à l'échelle internationale, est un inventaire biologique du Rhin réalisé à intervalles réguliers. Il vise à illustrer et à évaluer les modifications des biocénoses. Exception faite du tronçon aval du Rhin alpin, toutes les masses d'eau du Rhin jusqu'à Bâle (haut Rhin) sont classées naturelles puis « fortement modifiées » plus en aval (du Rhin supérieur au delta du Rhin). Ces masses d'eau n'ont pas un objectif de bon état écologique mais de bon potentiel écologique. Les eaux côtières et la mer des Wadden sont classées eaux naturelles.

Grâce à la bonne qualité actuelle de l'eau et aux mesures déjà réalisées pour améliorer la continuité et accroître la diversité morphologique, les biocénoses du cours principal du Rhin se sont régénérées depuis le début des années 90. Parmi les invertébrés, de nombreuses espèces typiques du Rhin sont revenues. L'éventail des espèces piscicoles est presque complet, même si on ne retrouve pas celles-ci dans tous les tronçons et dans des rapports de dominance tels qu'ils existaient à l'origine. Les pics de développement phytoplanctonique dans les eaux se sont nettement atténués à la suite des mesures prises pour réduire la teneur en phosphore dans l'eau. Il en résulte que l'eau du Rhin est plus limpide que par le passé. Du fait de cette meilleure « luminosité », des communautés macrophytiques typiques du milieu fluvial et alluvial de certains tronçons ont pu s'établir dans les bras anciens ou les champs d'épis protégés du Rhin et enrichir les habitats des espèces piscicoles phytophiles.

Parallèlement à cette tendance positive, on relève une immigration persistante d'espèces allochtones (néobiotes), principalement via les canaux de navigation et, par là même, un changement continu des biocénoses, notamment chez les invertébrés et, depuis 2006, également chez les poissons. Le corridor de migration principal est le canal reliant le Main et le Danube. Différents petits crustacés et mollusques ainsi que les premières espèces de gobies ont transité par cette voie depuis le Danube. La faune rhénane actuelle est ainsi sujette à des modifications continues, ce qui se reflète dans les fortes variations de peuplements d'espèces concurrentes ou dans les rapports prédateurs/proies. Il existe également des néophytes parmi les plantes aquatiques et les algues dans l'hydrosystème du Rhin. Mais seules quelques espèces présentes dans le Rhin sont jugées particulièrement expansives, comme par ex. l'élodée de Nuttall *Elodea nuttallii*.

Les poissons et les invertébrés sont déterminants pour l'évaluation écologique. Ce sont les éléments de qualité biologiques les plus touchés par ces processus de migration. L'évaluation écologique actuelle du Rhin est un aperçu instantané qui retranscrit des interactions biologiques extrêmement rapides dans le cadre des échanges faunistiques et des réactions des biocénoses aux programmes de mesures (voir tableaux 1 et 2 au chap. 7). Il arrive également parfois que des aspects méthodologiques entraînent des modifications au niveau de l'évaluation (détermination du potentiel écologique, meilleures techniques de recensement, etc., voir tableau 2 au chap. 7). Sur les vingt dernières années, les tendances à long terme permettent cependant aussi d'identifier des améliorations significatives et durables de l'écosystème. Ainsi, le phytoplancton affiche

aujourd'hui un bon, voire un très bon état, sur de longs tronçons du Rhin. Ce phénomène s'accompagne d'effets écosystémiques secondaires dont profitent les macrophytes, mais aussi une partie de la faune (notamment piscicole). La biocénose des diatomées benthiques (sessiles) tout comme celle du phytoplancton sont plus proches d'un état naturel grâce à la réduction des apports de nutriments dans le Rhin (voir chapitre 7 et tableau 1). La restauration hydromorphologique des habitats de berges, la remise en connexion de bras latéraux, les mesures de rétablissement de la continuité et la réduction des rejets thermiques sont bénéfiques à la faune indigène menacée et vont donc dans la bonne direction. Il n'est certes pas possible de refouler les néobiotes invasifs qui se sont déjà établis, mais les nombreuses mesures contribuent à atténuer les effets écologiques négatifs des changements faunistiques et à stabiliser la biodiversité dans l'écosystème rhénan.

1. Introduction

Le présent rapport de synthèse expose les résultats de l'inventaire biologique du 2^e cycle de surveillance (2012/2013) réalisé dans le cadre du Plan de gestion du district hydrographique international Rhin et les compare aux résultats du 1^{er} cycle 2006/2007. Le programme couvre l'analyse biologique du fleuve au titre du programme « Rhin 2020 » et les exigences de surveillance au titre de la Directive Cadre Eau (DCE) (évaluation de l'état ou du potentiel écologique). Dans ce cadre, les données sur les éléments de qualité biologiques phytoplancton, macrophytes/phytobenthos, macrozoobenthos et faune piscicole sont soumises à une analyse globale pour le cours principal du Rhin. Ces études sont le prolongement des rapports de surveillance biologiques effectués tous les 5 ans entre 1990 et 2000 dans le cadre du « Programme d'Action Rhin » de la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR). A l'époque déjà, ces rapports contenaient des données de comparaison qualitatives et quantitatives pour les poissons, les invertébrés benthiques (macroinvertébrés) et le plancton (phytoplancton et zooplancton). Du fait des obligations requises par la DCE, les rapports actuels traitent également du compartiment 'Macrophytes/phytobenthos'. Les informations détaillées sur les méthodes d'analyse et les méthodes d'évaluation des Etats membres figurent dans le programme d'analyse biologique 'Rhin' 2012/2013 (CIPR 2011a) ainsi que dans les rapports détaillés sur les différents éléments de qualité biologiques (CIPR 2015 a-e).

Les évaluations écologiques nationales effectuées au titre de la DCE pour le 2^e Plan de Gestion sont présentées sous forme de tableaux et de cartes (annexes) en plus des résultats du programme d'analyse biologique et comparées aux évaluations de 2009.

2. Phytoplancton

Micro-algues en suspension

Voir CIPR 2015a

En quoi le phytoplancton nous renseigne-t-il sur l'état des pressions sur une masse d'eau?

Pour qu'une biocénose phytoplanctonique puisse se constituer, il lui faut un temps de séjour suffisamment long dans un milieu aquatique. On rencontre donc cet élément de qualité en densité élevée dans les affluents du Rhin aménagés en retenues et les tronçons de son cours aval. La composition des espèces et la biomasse phytoplanctonique fournissent des indications sur les pressions par les nutriments d'un cours d'eau. Pour les eaux côtières et les eaux de transition, le phytoplancton (et ici plus précisément les éléments chlorophylle a et *Phaeocystis*) est particulièrement important car il met clairement en relief les phénomènes d'eutrophisation et agit donc comme un système d'avertissement précoce pour les eaux côtières.

Comment la biocénose du Rhin se présente-t-elle ?

Le phytoplancton, très riche en espèces, joue un rôle important dans le réseau alimentaire des grandes rivières et des fleuves. Il peut être absorbé tant par le zooplancton que par des filtreurs actifs zoobenthiques (des bivalves par ex., en particulier la moule zébrée *Dreissena polymorpha*, la palourde asiatique *Corbicula fluminea* ou encore les crustacés amphipodes du genre *Chelicorophium* présents en densités élevées). Lorsque les concentrations zooplanctoniques sont très élevées ou que les populations de bivalves ou de crustacés amphipodes sont importantes, le phytoplancton peut être retiré en très grande quantité de la colonne d'eau. Les stades juvéniles de nombreuses espèces piscicoles dépendent de la présence d'une alimentation zooplanctonique elle-même directement liée à la biomasse phytoplanctonique. La production primaire planctonique constitue donc une ressource de nourriture essentielle pour le reste du réseau alimentaire et par conséquent pour les organismes supérieurs tels que les poissons.

Au cours de la campagne d'analyse 2012, on a pu identifier au total env. 450 taxons d'algues planctoniques vivant dans le Rhin. Les diatomées (classe des bacillariophycées) représentent de loin la part la plus importante de la biomasse. Surtout pendant la phase de croissance maximale du phytoplancton au printemps, elles représentent largement plus de 90% du biovolume phytoplanctonique total dans les stations d'analyse de Mayence et de Coblenz. A Bimmen, le pourcentage de diatomées correspond fin mai exactement à 90 % du volume total. Dans le courant de l'année, ce pourcentage redescend tout en restant cependant supérieur à 50 % dans la plupart des échantillons analysés. La part occupée par les cryptomonades (cryptophycées) gagne en importance en été à Coblenz où elle atteint jusqu'à 24 %. Le pourcentage de chlorophycées augmente également à hauteur des stations d'analyse de Coblenz et de Bimmen au cours de l'été. Pendant le bloom planctonique estival, les chrysophycées représentent jusqu'à 37 % du volume phytoplanctonique total à Bimmen. Les cyanobactéries (cyanophycées) n'apparaissent qu'à l'automne dans des concentrations notables dans les stations de Mayence et de Coblenz.

Parmi les diatomées, les taxons dominants pendant la période d'efflorescence printanière sont surtout des diatomées centriques caractérisées par un pourcentage élevé mais néanmoins variable des espèces *Stephanodiscus hantzschii* et *Melosira varians*, auxquelles s'ajoute la diatomée pennée *Diatoma vulgare* qui forme d'importantes colonies. Dans les tronçons du cours aval du Rhin, on relève également la présence d'*Actinocyclus normanii* et de *Cyclotella meneghiniana*. Plus tard dans l'année, le genre *Skeletonema* (*S. subsalva* et *S. potamos*) des diatomées centriques prend une place

dominante. Parmi les cryptophycées, le genre *Cryptomonas* est celui constituant de loin la biomasse la plus conséquente, suivi du genre *Rhodomonas*. Parmi les chlorophycées, qui ne représentent globalement qu'un faible pourcentage de la biomasse, le genre dominant au printemps est *Chlamydomonas*, auquel succède temporairement plus tard dans l'année le genre *Willea*. Les cyanophycées, qui n'apparaissent qu'à l'automne, sont dominées par le genre *Oscillatoria*.

Quelle est l'évaluation écologique du Rhin ?

Depuis le **haut Rhin** jusqu'au **Rhin supérieur** (figure 1) en amont du débouché du Neckar, le phytoplancton est dans un « très bon état » (cf. annexes 1 et 5). Il est « bon » dans le tronçon qui suit et jusqu'à Duisburg sur le **Rhin inférieur**, mais descend ensuite à un niveau « moyen ». Dans le **delta du Rhin**, l'évaluation du phytoplancton a porté sur les eaux côtières et les eaux de transition, les canaux et les eaux calmes mais les grands fleuves n'ont pas été évalués. Ici, comme dans la mer des Wadden, le bon état est atteint dans la plupart des cas. Cet état n'est cependant pas encore aussi stable sur la côte de la mer des Wadden et dans la mer des Wadden que sur la côte hollandaise. L'état de la partie est de la mer des Wadden est moins bon que celui de la partie ouest.

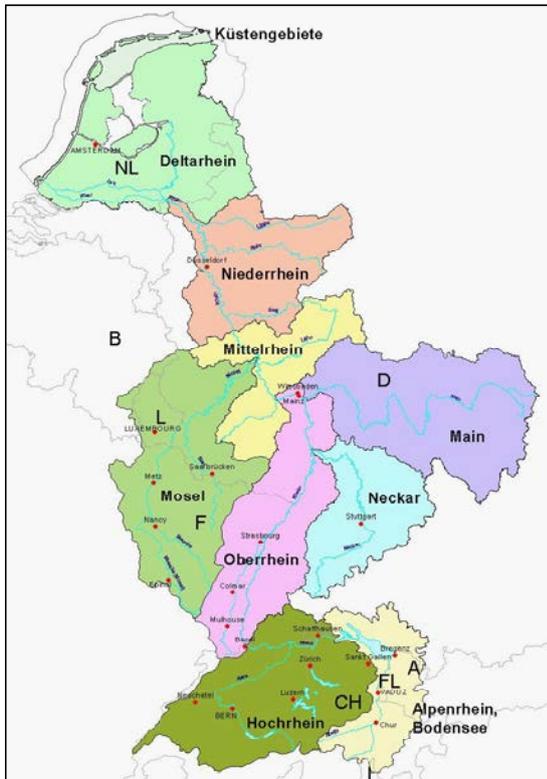


Figure 1 : tronçons du Rhin et sous-bassins dans l'hydrosystème rhénan

En comparant 2012 avec les séries d'analyse de 2000 et de 2006/2007, on constate que la biomasse phytoplanctonique est légèrement supérieure en 2012 par rapport aux années d'analyses antérieures. On relève à Coblenz et Bimmen en 2012 des concentrations de chlorophylle a correspondant globalement aux concentrations totales de pigments mesurées en 2006/2007. Comme les concentrations totales de pigments contiennent également la phéophytine, on peut en tirer la conclusion que les concentrations de chlorophylle a étaient globalement plus basses lors de la campagne d'analyse 2006/2007. En l'an 2000, les concentrations maximales de chlorophylle a étaient également légèrement inférieures à celles de 2012. On ne peut cependant pas en déduire une tendance particulière à la hausse des biomasses phytoplanctoniques. On constate plutôt ici que le développement du phytoplancton peut fortement varier d'année en année au cours d'une période de végétation (figure 2). Cette variabilité interannuelle, qui masque parfois très nettement les tendances positives dans le long terme, est

essentiellement fonction du débit. Un printemps avec un débit élevé se traduit par un faible développement phytoplanctonique alors que des phases de faible débit et d'ensoleillement prolongé génèrent des pics de développement phytoplanctonique prolongés.

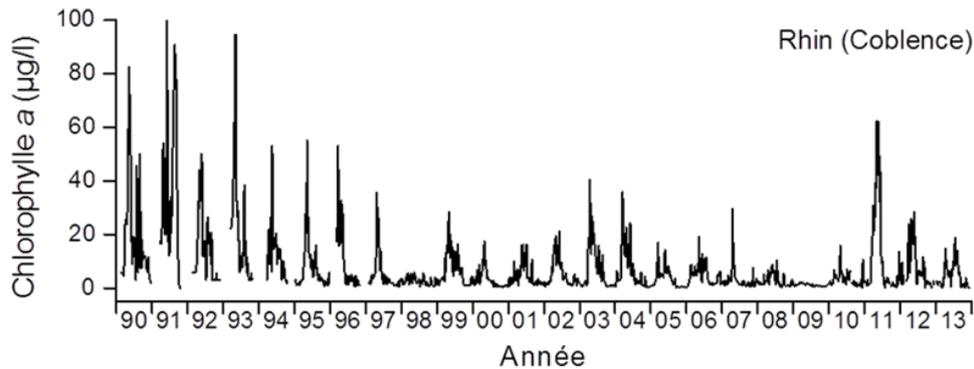


Figure 2 : évolution de la concentration de chlorophylle a à hauteur de la station d'analyse de Coblenz depuis 1990. Données : Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

A propos de l'évaluation de cet élément de qualité, on signale une modification positive de l'évaluation écologique en relation avec la poursuite de la tendance à la baisse des teneurs de phosphore dans le Rhin. On note ainsi que le tronçon du Rhin supérieur compris entre la Lauter et le débouché du Neckar évolue d'un bon à un très bon état.

Quelles sont les tendances identifiables dans le long terme ?

Les études sur l'évolution du phytoplancton du Rhin dans le long terme mettent en relief une nette baisse des biomasses phytoplanctoniques correspondant au recul de la concentration en P total (FRIEDRICH & POHLMANN 2009, HARDENBICKER et al. 2014). La concentration annuelle moyenne de P total passe de 0,56 mg/l en 1978 à 0,12 mg/l en 2012 à hauteur de la station d'analyse de Coblenz (figure 3). Alors que l'on constate encore au début des années 1990 des densités maximales de phytoplancton de 80 à 100 µg/l de chlorophylle a, des valeurs aussi élevées n'apparaissent plus par la suite. Il est cependant probable que le recul des quantités phytoplanctoniques dans le Rhin ne soit pas uniquement dû à la baisse des apports de P, mais également à une diminution des apports du Lac de Constance et plus encore à la filtration intensive de la moule zébrée (*Dreissena sp.*), de la palourde asiatique (*Corbicula sp.*), espèces allochtones, ainsi qu'à sa consommation par le crustacé *Chelicorophium* (WEITERE & ARNDT 2002, HARDENBICKER et al. 2014).

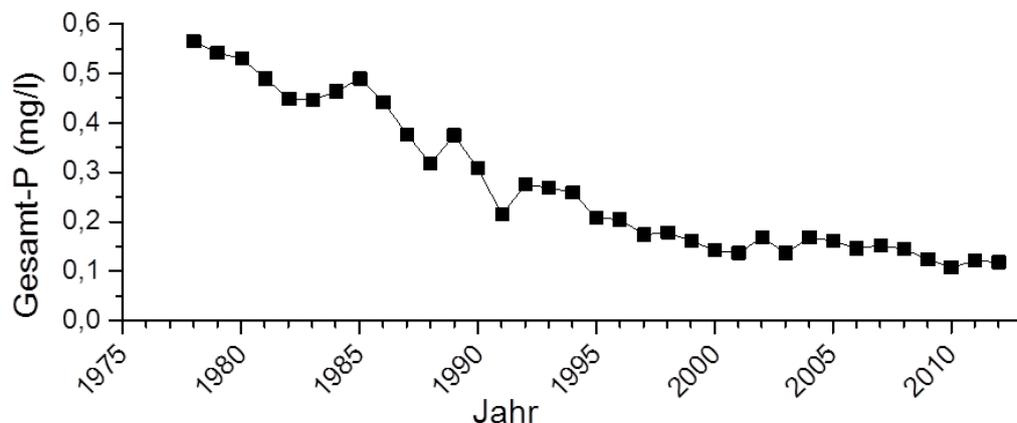


Figure 3 : évolution de la concentration de phosphore total (moyennes annuelles) au droit de la station d'analyse de Coblenz de 1978 à 2012. Données : Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

En termes de pourcentage, le phytoplancton est très largement dominé aujourd'hui comme hier par les diatomées centriques, par ex. *Stephanodiscus hantzschii*, mais l'on relève également comme groupes algaux importants les cryptomonades (cryptophycées) et les chlorophycées. Par rapport aux années antérieures, la part tenue par les chlorophycées dans la composition floristique des phytocénoses baisse toutefois nettement dans le long terme. Cette tendance s'explique par le recul de la teneur en phosphate dans le Rhin (FRIEDRICH & POHLMANN 2009).

3. Macrophytes

Plantes vasculaires, mousses, characées

Voir CIPR 2015b

Que signalent les plantes aquatiques sur les pressions que subit un cours d'eau ?

Les macrophytes aquatiques peuvent être pris en compte pour évaluer la pression exercée par les substances sur les cours d'eau. Ces organismes végétaux sont surtout d'excellents indicateurs de la trophie. Ils réagissent également sensiblement à d'autres altérations anthropiques du milieu aquatique. Il est ainsi possible d'obtenir des indications sur l'impact d'interventions sur le régime hydrologique, par ex. celui des retenues. Les caractéristiques de la végétation macrophytite renseignent également sur les conditions hydromorphologiques, par ex. sur la diversité et la dynamique du substrat ou sur le degré d'aménagement d'un cours d'eau (voir tableau 1 du chap. 7).

Comment la biocénose du Rhin se présente-t-elle ?

44 espèces de macrophytes aquatiques ont été identifiées en 2012/2013 dans 49 stations d'analyse sur le cours principal du Rhin : 27 végétaux supérieurs, 13 mousses et 4 characées. *Potamogeton pectinatus* (potamot à feuilles en peigne, 25), *Myriophyllum spicatum* (myriophylle en épis, 20), et *Fontinalis antipyretica* (mousse des fontaines, 16) sont les végétaux les plus souvent détectés. L'élodée de Nuttal (*Elodea nuttallii*) (figure 4), une espèce néophyte qui s'est implantée et répandue très rapidement en Europe centrale depuis le milieu du siècle dernier, est détectée en 2012/ 2013 dans le Rhin supérieur, le Rhin moyen et le delta, mais ne l'est plus dans le haut Rhin. Un développement massif de cette espèce n'est toutefois plus observé que dans quelques affluents du Rhin (par ex. dans les lacs de retenue de la Ruhr). A signaler sous l'angle floristique la présence de *Potamogeton gramineus* dans le Rhin supérieur et de *P. friesii* dans le Rhin moyen. Ces deux espèces sont rares dans les Etats du Rhin concernés et sont classées dans les listes rouges correspondantes dans la rubrique des espèces très menacées.



Figure 4 : exodée de Nuttal (*Elodea nuttallii*). Photo : Klaus van de Weyer

Quelle est l'estimation écologique du Rhin ?

L'élément de qualité 'Macrophytes' est considéré indépendamment des deux autres sous-éléments « diatomées benthiques » et « autres espèces phytobenthiques » dans le cadre du programme d'analyse biologique 'Rhin'. Jusqu'à présent, il n'existe de système de référence pour les phytocénoses aquatiques du Rhin qu'aux Pays-Bas. L'évaluation écologique de l'état de l'élément 'Macrophytes/phytobenthos' conformément à la DCE ne peut donc être effectuée qu'aux Pays-Bas (voir chapitre 4). Les jugements de valeur dans les autres Etats se fondent donc sur une **première estimation établie à partir d'expertises** sur quelques stations d'analyses, compte tenu du nombre d'espèces et de

formes de croissance, de la présence d'indicateurs de qualité et du niveau de couverture végétale (voir annexe 6).

Il n'est détecté dans le **haut Rhin** qu'une seule espèce par site dans trois des quatre sites de prélèvement. La couverture végétale aquatique est le plus souvent inférieure à 2 %. Le petit nombre d'espèces et le faible taux de couverture ont pour cause les méthodes appliquées et des conditions hydrologiques défavorables (crues) (voir tableau 2 au chap. 7). En 2006/2007, ce tronçon du Rhin comptait encore parmi les plus riches, avec 10 à 14 espèces au total.

La plupart des sites de prélèvement sur le Rhin supérieur et le Rhin moyen affichent des taux de couverture supérieurs à 2%. Dans le **Rhin supérieur**, les peuplements macrophytiques sont hétérogènes : certains présentent des déficits très prononcés, d'autres affichent un bon développement. Les 3 sites de prélèvement sur le **Rhin moyen** sont riches en espèces et formes de croissance. Les sites de prélèvement de Bacharach (Rhin moyen, PK 542) et Langenaue (Rhin supérieur, PK 490) affichent les peuplements macrophytiques les mieux développés sur le cours du Rhin avec 17 et 14 espèces et respectivement 7 formes de croissance sur la période d'analyse (figure 5). Le **Rhin inférieur** affiche des déficits marquants au niveau des macrophytes. Dans le Rhin inférieur, on ne détecte par site de prélèvement qu'1 à 2 espèces avec un faible taux de couverture. En 2006/2007 et en 2013, la plupart des sites d'analyse du Waal dans le **delta du Rhin** sont exempts de macrophytes aquatiques. En revanche, les sites de prélèvement du Dordtse Biesbosch, de l'Oude Maas et de l'IJsselmeer sont plus riches en espèces.

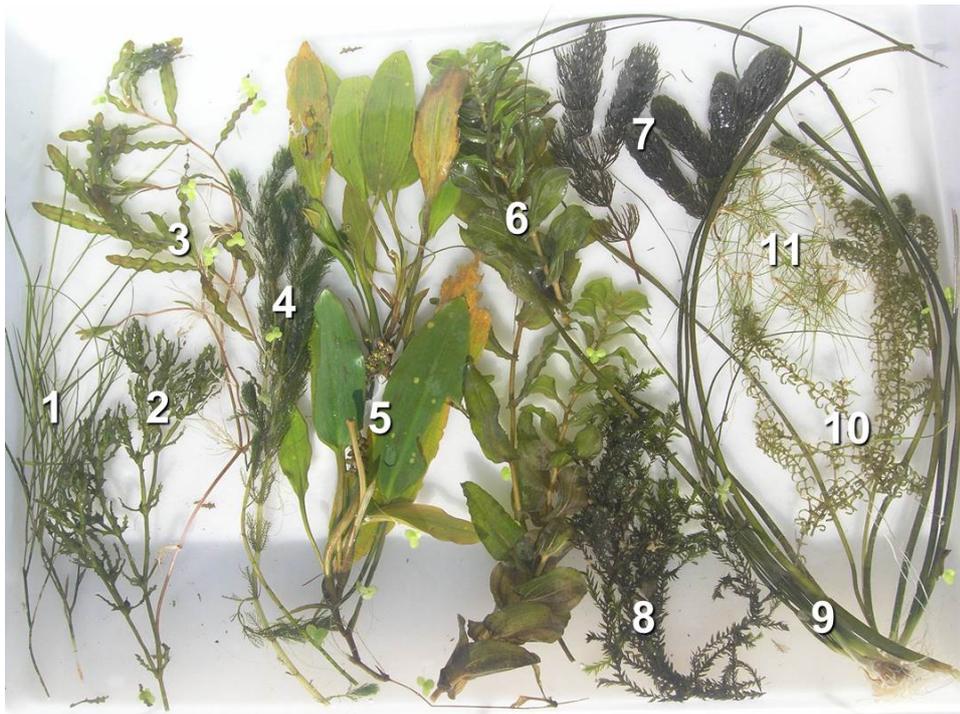


Figure 5 : collecte de plantes aquatiques dans le Rhin moyen entre Rheindiebach et Bacharach : 1) *Potamogeton pectinatus* (potamot à feuilles en peigne), 2) *Najas marina* (naïade marine), 3) *Potamogeton crispus* (potamot crépu), 4) *Myriophyllum spicatum* (myriophylle en épis), 5) *Potamogeton nodosus* (potamot noueux), 6) *Potamogeton perfoliatus* (potamot perfolié), 7) *Ceratophyllum demersum* (cornifle immergé), 8) *Fontinalis antipyretica* (fontinale commune), 9) *Butomus umbellatus* (jonc fleuri), 10) *Elodea nuttallii* (élodée de Nuttal), 11) *Zannichellia palustris* (zannichellie des marais). Photo : LUWG Mayence

Il ressort de la **comparaison avec les données de 2006/2007** que quelques espèces, dont 3 characées, ne sont plus identifiées dans le dernier cycle. Cependant, vingt espèces, dont 5 mousses, ainsi que le potamot *Potamogeton gramineus* rare dans le bassin du Rhin, sont détectés pour la première fois. Ces modifications peuvent être dues aux méthodes appliquées (recensement, voir tableau 2 au chap. 7). Elles peuvent aussi

exprimer de véritables extensions tendanciennes de certaines espèces. Cette dernière hypothèse semble plausible pour la mousse *Octodicerias fontanum* et pour quelques potamots (*Potamogeton* spp.) en Allemagne.

Globalement, la comparaison entre les recensements actuels de macrophytes et ceux de 2006/2007 fait ressortir la forte hétérogénéité des résultats autant dans le temps que dans l'espace (cf. figure 6). Trois causes entrent en ligne de compte :

- (1) difficulté d'effectuer un recensement représentatif (nécessité de faire parfois appel à des plongeurs)
- (2) variabilité des conditions hydrauliques selon les années
- (3) Fréquence locale variable d'éléments morphologiques avantageux sur les berges (par ex. champs d'épis protégés avec substrats sablonneux et graveleux, figure 7).

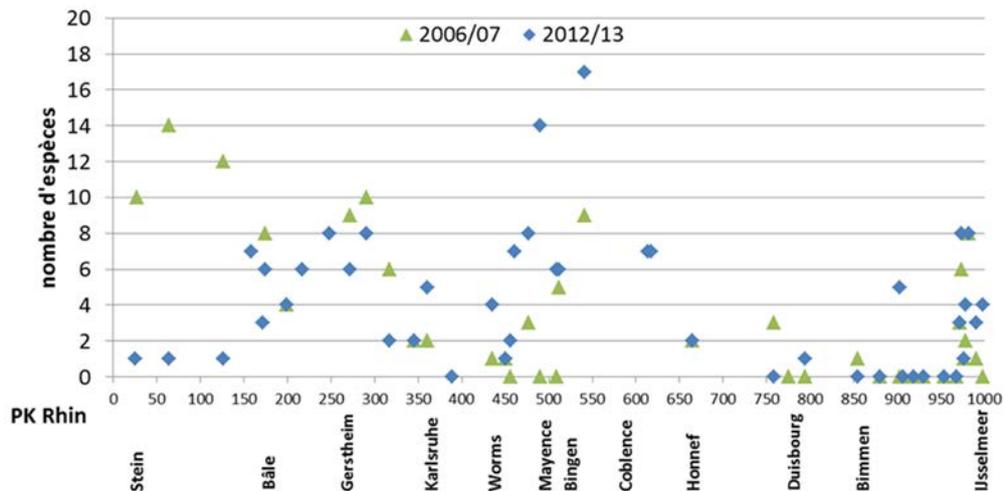


Figure 6 : nombre d'espèces de macrophytes aquatiques relevés sur les sites de prélèvement du cours principal du Rhin et dans le delta du Rhin sur les périodes d'analyse 2006/2007 et 2012/2013



Figure 7 : habitat dans les champs d'épis du Rhin Photo : LUWG Mayence

Quelles sont les tendances identifiables dans le long terme ?

Etant donné que l'analyse systématique du développement des plantes aquatiques du Rhin n'a véritablement démarré qu'en 2006/2007 dans le cadre du programme d'analyse Rhin, un examen rétrospectif reste limité. Cependant, les travaux cartographiques réalisés dans quelques tronçons du Rhin moyen et du Rhin supérieur ainsi que dans le

champ alluvial du Rhin mettent en évidence une augmentation du nombre et de la fréquence des espèces macrophytiques au cours de cette période. Cette tendance ne s'explique qu'en connaissance du recul parallèle de la biomasse phytoplanctonique dans le Rhin. Les plantes aquatiques et le phytoplancton s'inscrivent dans un rapport concurrentiel déterminé par l'apport de lumière et de nutriments. Moins le phytoplancton peut se développer au printemps, plus la luminosité augmente en profondeur dans la rivière. La lumière du soleil peut pénétrer plus profondément dans les eaux pendant la période de croissance des plantes aquatiques et favoriser ainsi le développement de peuplements plus importants. Le développement des plantes aquatiques a été particulièrement marquant en 2009 (FISCHER et al. 2010). Cette année a simultanément été la plus faible en concentration de chlorophylle a depuis des décennies (voir figure 2). Les conditions hydrauliques et plus particulièrement les crues ont un impact déterminant sur la durée et l'étendue de ces évolutions. En outre, la morphologie des berges doit offrir des conditions favorables à de nouvelles implantations. Ces conditions existent sur certains segments du Rhin supérieur et du Rhin moyen. La proximité d'annexes hydrauliques de la zone alluviale riches en espèces dans le Rhin supérieur joue aussi un rôle important sur les possibilités de recolonisation de ces tronçons rhénans.

4. Phytobenthos

Ici : les diatomées benthiques

Voir CIPR 2015c

Dans leur majorité, les Etats riverains du Rhin tiennent uniquement compte des diatomées benthiques dans l'évaluation de l'élément de qualité 'macrophytes/phytobenthos, étant donné que la détermination taxonomique du reste de la flore algale benthique est difficile du fait de l'absence d'ouvrages correspondants. Au Bade-Wurtemberg (DE-BW) et en Rhénanie-du-Nord-Westphalie, les autres formes phytobenthiques entrent cependant en ligne de compte dans l'évaluation en plus des diatomées benthiques. Les Pays-Bas évaluent en commun le phytobenthos et les macrophytes. Les eaux côtières et les eaux de transition sont évaluées à partir des zostères et des puccinellies maritimes (qualité et quantité).

Que signalent les diatomées sur les pressions que subit un cours d'eau ?

Les diatomées sont des algues microscopiques unicellulaires. Elles se développent en particulier dans les eaux courantes en formant un biofilm sur le fond des cours d'eau. Du fait de leur grande diversité, de leur large extension et de leur sensibilité aux conditions physico-chimiques de leurs habitats, ces espèces algales constituent d'excellents indicateurs biologiques. Elles permettent notamment d'estimer la pression due aux nutriments (trophie), le degré d'acidification et de pollution saline, de même que les pressions organiques (saprobie) de leur milieu (VAN DAM et al. 1994, ROTT et al. 1997). Du fait de leur temps de génération de courte durée (3 mois environ), les biocénoses diatomiques réagissent rapidement aux changements. Comme les prélèvements ont lieu à la fin de l'été, les résultats des évaluations font ressortir les pressions de substances sur le milieu aquatique en période de température élevée et souvent de faible débit.

Comment la biocénose du Rhin se présente-t-elle ?

Un total de 306 espèces de diatomées sessiles a été recensé sur les 47 sites analysés en 2012/2013, ce qui représente une diversité taxonomique très importante, même pour un grand fleuve comme le Rhin. On constate néanmoins que beaucoup d'espèces ne sont présentes que dans quelques stations, alors qu'un nombre d'espèces relativement faible (25) se retrouve dans plus de 50% des sites prospectés. La figure 8 montre la répartition de la fréquence des quatre espèces de diatomées sessiles les plus couramment rencontrées dans le Rhin (photos en figure 9).

Sur le cours du Rhin, les communautés diatomiques constituent des ensembles aux propriétés caractéristiques indicatives (guildes). Leurs formes successives reflètent la baisse de la vitesse d'écoulement et l'enrichissement en nutriments et matières organiques qui les accompagnent : Dans le haut Rhin, la composition des espèces est typique des écosystèmes fluviaux faiblement impactés par les nutriments et les matières organiques. Les espèces caractéristiques de milieux eutrophes (riches en nutriments) prennent une part importante à partir du Rhin supérieur et jusque dans le delta du Rhin. On trouve en outre dans le delta du Rhin des espèces planctoniques et halophiles.

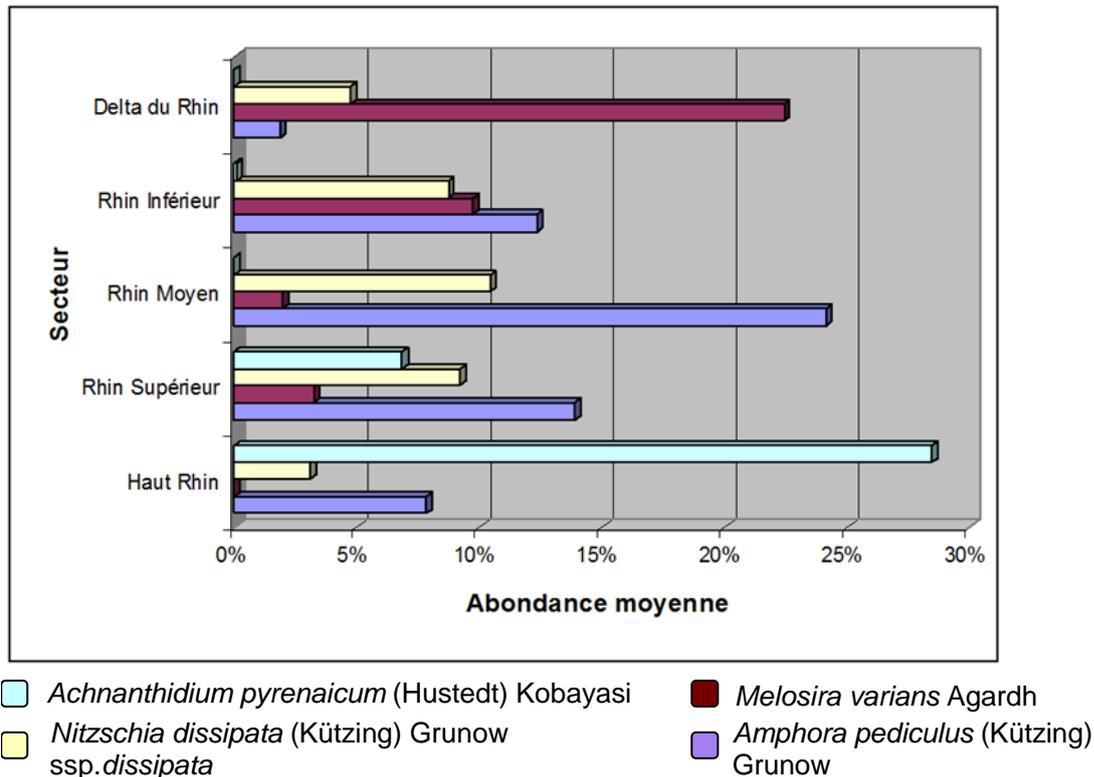


Figure 8 : abondance¹ moyenne de quatre espèces structurantes de diatomées benthiques dans les tronçons du Rhin

Achnanthydium pyrenaicum est une espèce sensible à la pollution et très fréquente dans le haut Rhin (figure 8). *Amphora pediculus* est largement représentée, en particulier dans le Rhin moyen. Considérée euryèce et ubiquiste, c'est-à-dire privilégiant les eaux moyennement riches en nutriments, cette espèce tolère des conditions variables dans ses habitats. C'est une espèce pionnière des habitats présentant un fort broutage du biofilm (par exemple par les macroinvertébrés ou les poissons).

Nitzschia dissipata : comme la plupart des représentants de ce genre, l'espèce fait partie de la guilda des « mobiles » capables de se déplacer rapidement et adaptées aux milieux turbulents et à concentration élevée en nutriments.

Melosira varians est une espèce benthique tychoplanctonique, c'est-à-dire typique des eaux calmes eutrophes (riches en nutriments). Elle prend une place majeure dans les échantillons prélevés dans le cours aval du fleuve. Des photos des quatre espèces les plus fréquentes sont rassemblées dans la figure 9.

En termes de trophie (c'est-à-dire d'offre en nutriments), le haut Rhin et les premières stations d'analyse du Rhin supérieur offrent des habitats aux conditions mésotrophes (figure 10). Plus en aval, le Rhin s'enrichit en nutriments et l'on constate une abondance croissante de taxons méso-eutrophes et eutrophes. Les espèces eutrophes apparaissent en plus grand nombre à partir de la station d'analyse de Wyhl et sont dominantes (avec une part supérieure à 50%) à partir de celle de Biblis (n° 21).

¹Voir glossaire

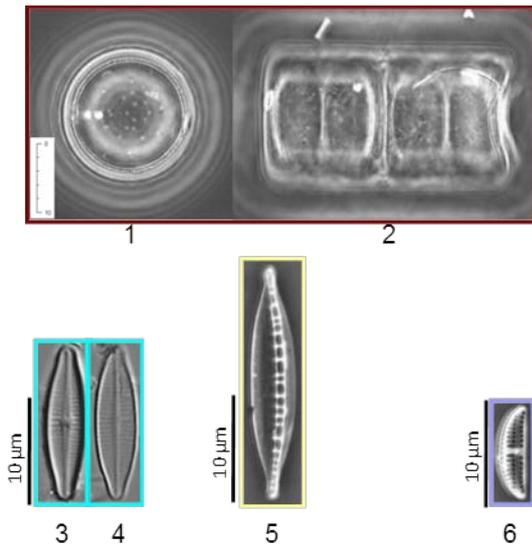


Figure 9 : les quatre espèces structurantes de diatomées benthiques dans le Rhin 1-2: *Melosira varians* vue de dessus (1) et de côté (2) ; 3-4: *Achnanthyidium pyrenaicum*, 5: *Nitzschia dissipata*; 6: *Amphora pediculus*; Photos D. Heudre)

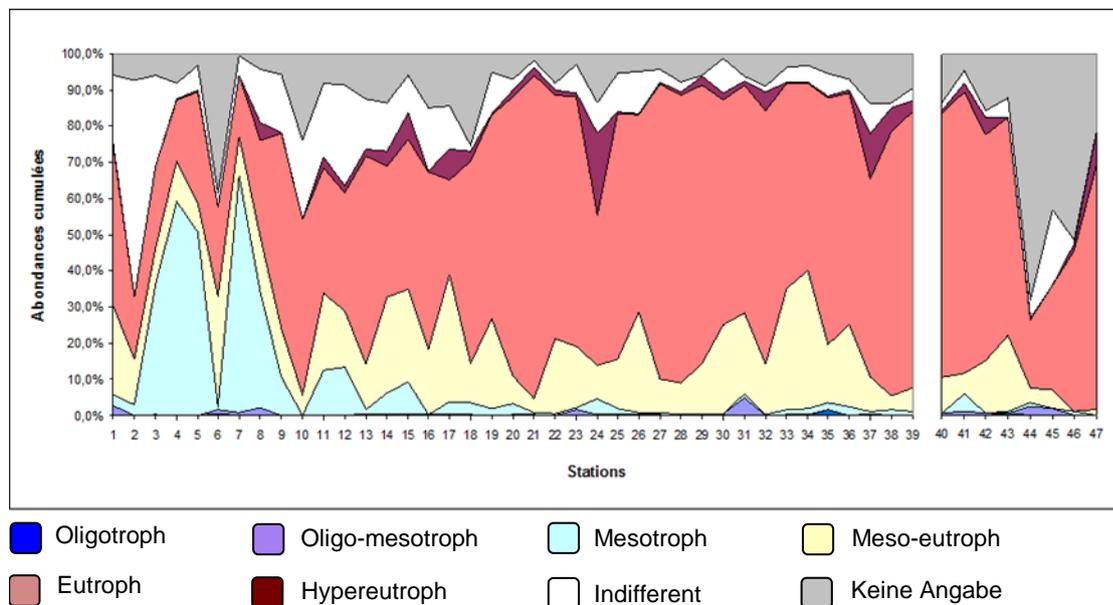


Figure 10 : abondance cumulée des espèces réparties en fonction de leur sensibilité aux nutriments (VAN DAM ET AL. 1994). Haut Rhin : stations 1 - 5 ; Rhin supérieur : 6 - 28 ; Rhin moyen : 29 - 32 ; Rhin inférieur : 33 - 36 ; delta du Rhin : 37 - 39 ; IJssel : 40 - 45 ; Noordzeekanaal : 46 ; Hollandsche IJssel : 47.

Quelle est l'évaluation écologique du Rhin ?

Comme le montrent l'annexe 2 et l'annexe 7, le **lac de Constance** est évalué en 2012 dans un « bon » état dans toutes ses parties, tout comme le **haut Rhin** dans son ensemble et le **Rhin supérieur méridional** jusqu'au barrage d'Iffezheim. Plus en aval (**Rhin supérieur septentrional, Rhin moyen**), l'état du Rhin est jugé moyen jusqu'à la frontière germano-néerlandaise, à l'exception d'un tronçon en état « médiocre » dans le **Rhin inférieur** (du débouché de la Wupper au débouché de la Ruhr). Dans le **delta du Rhin**, de nombreuses masses d'eau atteignent le bon état / le bon potentiel écologique dans l'élément de qualité 'Macrophytes/phytobenthos' : le Boven Rijn / Waal, IJssel, les lacs de bordure, le Ketelmeer, le Vossemeer, le Zwartemeer et tous les grands canaux. Le Nederrijn/Lek, le Merwede, l'Afgedamde Maas, le Noord, le Dordtsche Kil et le Markermeer affichent un état moyen, l'Hollandsche IJssel un état médiocre. Le **littoral**

de la mer des Wadden est jugé moyen et la **mer des Wadden** médiocre. La **côte hollandaise** constitue un autre type auquel n'est pas appliquée l'évaluation fondée sur les zostères et les puccinellies maritimes.

Dans le cadre du **programme d'analyse biologique Rhin 2012/2013**, des échantillons ont été prélevés dans 47 stations d'analyse, c'est-à-dire 11 de plus qu'en 2006/2007. Ceci explique que le total des espèces (306) est de 14 % supérieur à celui obtenu en 2006/2007. Les espèces structurantes restent cependant les mêmes dans les deux cycles d'analyse. L'ordre de classement des deux espèces les plus fréquentes (*Amphora pediculu* et *Nitzschia dissipata* ssp. *dissipata*) est inchangé. Cette remarque vaut également pour la constance (probabilité d'occurrence d'une espèce dans une station d'analyse). On relève en outre comme autres espèces dominantes *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* et *Navicula cryptotenell*. En revanche, l'espèce algale *Melosira varians*, également dominante dans le plancton, est plus fréquemment rencontrée en 2012/2013.

L'évaluation écologique tirée des résultats est relativement stable et le cours principal du Rhin reste dans un bon état jusque dans la partie septentrionale du Rhin supérieur. Vers l'aval, les zones sont principalement évaluées en état moyen jusqu'à la transition entre Rhin inférieur et delta du Rhin. On relève toutefois ici que les masses d'eau 'Waal' et 'IJsselmeer' obtiennent une meilleure évaluation, passant d'une classe « moyenne » à « bonne ». La qualité du Nieuwe Waterweg s'améliore également d'un état moyen à un bon état.

Quelles sont les tendances identifiables dans le long terme ?

Etant donné que les diatomées benthiques ont été analysées pour la première fois en 2006/2007 dans le cadre du programme d'analyse Rhin, il est encore impossible de tirer des conclusions sur les tendances évolutives de ce groupe dans le long terme. Il est cependant indéniable que la biocénose, tout comme le phytoplancton, est plus proche d'un état naturel grâce à la réduction des apports de nutriments dans le Rhin.

5. Macrozoobenthos

Faune invertébrée benthique

Voir CIPR 2015d

En quoi la faune invertébrée nous renseigne-t-elle sur l'état des pressions sur une masse d'eau?

De par sa composition et ses rapports de dominance, le macrozoobenthos est le reflet de la qualité des eaux et de la quantité et de la qualité des habitats du milieu aquatique. La colonisation du fleuve par des néozoaires thermophiles permet également de tirer des enseignements sur la pression thermique.

Comment la biocénose du Rhin se présente-t-elle ?

Plus de 500 espèces macrozoobenthiques ont été identifiées au total dans le Rhin depuis les Alpes jusqu'à la mer du Nord. Les plus caractéristiques sont les mollusques, les oligochètes, les crustacés, les insectes, les spongillidés et les bryozoaires. La biodiversité macrozoobenthique est élevée dans le **Rhin antérieur**, le **Rhin postérieur** et le **Rhin alpin**. On relève une dominance des insectes rhéophiles, c'est-à-dire des larves d'éphéméroptères, de plécoptères et de trichoptères, typiques de l'hydrosystème du Rhin alpin. Aucune des espèces néozoaires introduites dans les autres tronçons du Rhin n'a percé jusqu'à présent dans le cours aval du Rhin alpin. Le **haut Rhin** regroupe les éléments biocénotiques d'un large éventail de types de cours d'eau depuis le ruisseau de montagne et les fleuves des massifs moyens jusqu'aux grands lacs préalpins et au milieu potamal. La faune est riche en espèces et parfois encore proche de l'état naturel malgré quelques espèces invasives. Dans le Rhin navigable canalisé en aval de Bâle (Rhin supérieur, Rhin moyen, Rhin inférieur et delta du Rhin), la faune benthique est en majeure partie uniforme avec dominance de néozoaires et d'espèces communes et abondantes qui colonisent les grands fleuves et sont peu exigeantes vis-à-vis de la qualité de leurs habitats (espèces ubiquistes). On retrouve ponctuellement des éléments faunistiques naturels typiques dans les anciens bras et les festons du Vieux Rhin raccordés à la dynamique fluviale. Le pourcentage de néozoaires baisse dans le **Rhin supérieur septentrional** en aval de Mayence et dans le **Rhin moyen**, celui de quelques espèces rhénanes caractéristiques augmente. La recolonisation du Rhin par des espèces autochtones à partir de refuges situés dans les affluents joue manifestement un rôle ici. Ces tendances positives s'atténuent sur le cours aval du **Rhin inférieur** jusqu'à Cologne. Dans la plaine, le fleuve change de caractère. Les substrats sablonneux sont plus fréquents. Dans le **delta du Rhin**, ceux-ci sont principalement colonisés par des chironomides, des oligochètes et des bivalves, alors que l'on observe sur le substrat dur une biocénose comparable à celle du Rhin inférieur. A proximité des côtes, la faune se compose d'espèces du milieu saumâtre et marin.

Quelle est l'évaluation écologique du Rhin ?

Comme le montrent l'annexe 3 et l'annexe 8, les tronçons alpins du Rhin jusqu'en amont du débouché de l'Aar (**Rhin alpin** et certaines parties du **haut Rhin**) sont riches en espèces et affichent un bon état écologique. Le pourcentage d'espèces allochtones augmente sur le cours aval du **haut Rhin** jusqu'à Bâle, de sorte que l'évaluation débouche uniquement sur un état moyen. Sur la partie navigable du Rhin à partir de Bâle, l'objectif environnemental est le bon potentiel écologique. Ce dernier est moyen jusqu'à Breisach dans le Rhin supérieur méridional. De là à Strasbourg et de Karlsruhe au débouché du Neckar, il est considéré médiocre alors que le tronçon reliant Strasbourg à Karlsruhe et celui démarrant en aval du débouché du Neckar pour rejoindre Mayence ont à nouveau un potentiel estimé moyen (voir annexe 8). La situation s'améliore sur le cours du **Rhin supérieur septentrional** et à partir du Rheingau le **Rhin moyen** atteint même le bon potentiel écologique. Le potentiel écologique du **Rhin inférieur** est classé moyen jusqu'à Cologne où il passe dans la catégorie 'médiocre' jusqu'à la frontière

néerlandaise. Les bras du Rhin Boven Rijn/Waal et Neder Rijn/Lek, de même que l'IJssel, sont estimés médiocres. Cependant, les autres masses d'eau du delta ont un meilleur état/potentiel : Cependant, les autres masses d'eau du delta ont un meilleur état/potentiel : moyen pour le Markermeer, la mer des Wadden et la côte hollandaise, et bon pour l'IJsselmeer, le Nieuwe Waterweg et la côte de la mer des Wadden.

L'évolution observée dans le Rhin supérieur septentrional à partir du débouché du Neckar jusqu'au premier tronçon du Rhin inférieur (inclus) à hauteur de Leverkusen est une **modification positive par rapport au premier cycle de surveillance**. L'élément 'macrozoobenthos' s'améliore ici d'une classe (passant d'un état médiocre à un potentiel moyen) et même de deux classes (d'un état médiocre à un bon potentiel) entre Mayence et Bad Honnef (dernier tronçon du Rhin supérieur et Rhin moyen). Trois raisons expliquent ces améliorations :

- (1) Extension tendancielle d'espèces rhénanes indigènes de grande valeur écologique : On observe depuis 2006 la recolonisation du Rhin par la nérite fluviatile (*Theodoxus fluviatilis*) à partir du Main (figures 11 et 12)². Son implantation dans le Rhin se concentre à l'heure actuelle entre Karlsruhe et Coblenze. Elle constitue des peuplements denses en aval de Mayence. Le Rhin moyen est « ensemencé » par ailleurs par quelques espèces d'insectes typiques du Rhin. Ces insectes sont implantés dans la Nahe où ils trouvent refuge.
- (2) Régression de la fréquence des néozoaires : ce phénomène est très net dans certaines parties du Rhin moyen. Les espèces nouvellement introduites font concurrence aux « anciens » néozoaires, les espèces les plus touchées étant les espèces apparentées et/ou celles dont les niches se recoupent en grande partie. On citera à titre d'exemple la moule quagga (*Dreissena rostriformis bugensis*) qui repousse progressivement la moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) (SCHÖLL et al. 2012) ou l'espèce *C. robustum* qui évince le crustacé d'eau douce *Chelicorophium curvispinum* (FISCHER 2013). Les hivers rigoureux 2009/2010 et 2012/2013 et la suppression de quelques rejets thermiques sur le Rhin ont vraisemblablement entraîné une régression des espèces thermophiles comme la palourde asiatique (*Corbicula fluminea*) dont la sensibilité au froid est démontrée (SCHÖLL 2013) (voir tableau 2 au chapitre 7).
- (3) Améliorations pour des raisons méthodologiques : On a appliqué pour la première fois en Allemagne la méthode d'évaluation du potentiel aux masses d'eau fortement modifiées du Rhin. Dans le 1^{er} cycle de surveillance, ces masses d'eau avaient été traitées comme des masses d'eau naturelles et évaluées de ce fait trop sévèrement (voir tableau 2 au chap. 7).

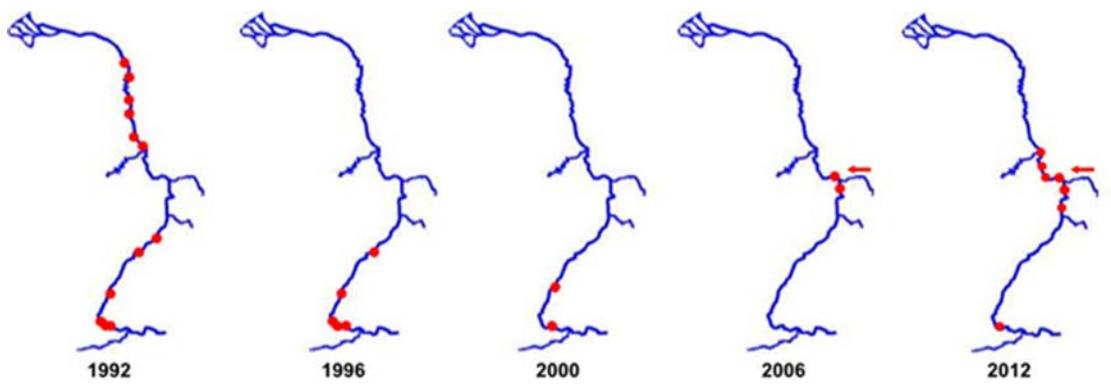


Figure 11 : propagation de la nérite fluviatile *Theodoxus fluviatilis* dans le Rhin navigable (WESTERMANN ET AL. 2007, COMPLETE), les affluents ne sont pas pris en compte.

² Le peuplement de *Theodoxus fluviatilis* qui se propage dans le Rhin depuis 2006 vient d'une cohorte génétique implantée dans le bassin du Danube (« cryptic invader »). C'est le résultat d'études scientifiques très récentes (GERGS et al. 2014). Le statut de l'espèce et son rôle dans l'écosystème du Rhin n'en sont pas affectés.



Figure 12 : *Theodoxus fluviatilis*. Photo : LUWG Mayence

La seule dégradation par rapport au 1^{er} cycle de surveillance (d'un état écologique moyen à un potentiel écologique médiocre) est constatée dans une masse d'eau du Rhin supérieur septentrional. La classe d'état/de potentiel ne peut pas encore être considérée stable ici.

Quelles sont les tendances identifiables dans le long terme ?

Après la forte augmentation de la diversité des espèces macrozoobenthiques imputable à l'amélioration croissante de la qualité des eaux du Rhin dans les années 80 et 90, on observe depuis l'an 2000 environ une évolution opposée (figure 13). Les insectes aquatiques notamment présentaient entre 1995 et 2000 une diversité bien supérieure à celle d'aujourd'hui. Cette tendance peut s'expliquer par l'immigration d'espèces invasives et allochtones. Il est difficile de dire à l'heure actuelle si cette tendance se stabilisera. Dans le cadre du cycle d'analyse actuel, elle a au moins pu être freinée dans certains tronçons (Rheingau, Rhin moyen).

A l'opposé des poissons migrateurs (voir ci-dessous), les tendances positives observées chez les macroinvertébrés sont rarement imputables à des mesures individuelles concrètes. C'est plutôt la somme de toutes les mesures, dont certaines ont été prises il y a longtemps, qui font évoluer positivement la situation.

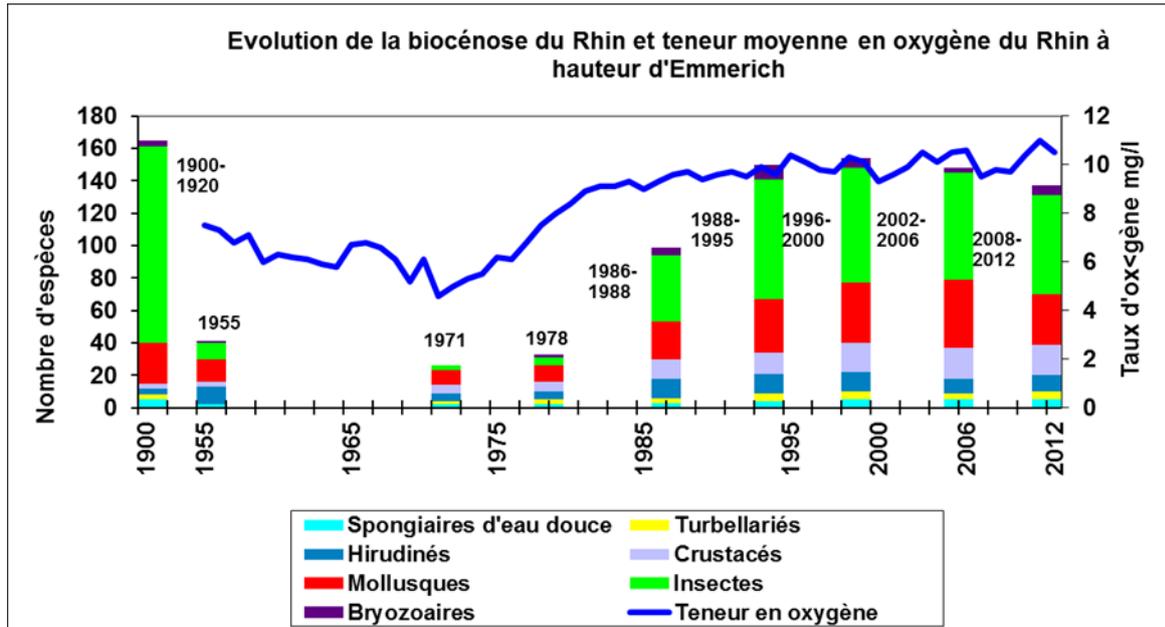


Figure 13 : évolution historique de la biocénose du Rhin entre Bâle et la frontière germano-néerlandaise par rapport à la teneur moyenne en oxygène du Rhin à hauteur de Bimmen (groupes d'espèces sélectionnés)

6. Faune piscicole

Voir CIPR 2015e

En quoi la faune piscicole nous renseigne-t-elle sur l'état des pressions sur une masse d'eau?

La composition, l'abondance et la structure d'âge des poissons sont, à grande échelle, des indicateurs de la qualité des habitats importants pour les différents stades de vie et du degré de continuité des cours d'eau. Les modifications du régime hydrologique (retenue, prélèvement, dérivation) et les pressions thermiques ont un impact sur la composition des espèces.

Comment la biocénose du Rhin se présente-t-elle ?

Avec 64 espèces au total (y compris les cyclostomes tels que la lamproie fluviatile et la lamproie marine), la faune piscicole est aujourd'hui diversifiée. Toutes les espèces rhénanes historiques ont été identifiées à l'exception de l'esturgeon européen. Les résultats des pêches électriques sont dominés en de nombreux endroits par des gobies allochtones, en premier lieu par le gobie à taches noires (figure 14), notamment dans les zones riveraines avec enrochements. Les espèces à bonne capacité d'adaptation écologique, telles que le gardon, la brème, le chevesne, la perche fluviatile et l'ablette, restent les plus fréquentes.

Les espèces piscicoles sont les plus nombreuses dans le Rhin supérieur et le delta du Rhin. Ceci s'explique d'une part par la densité des sites d'échantillonnage et d'autre part par la présence de types d'habitats particuliers dans ces tronçons. Dans le Rhin supérieur, les zones alluviales riches en plantes aquatiques jouent un rôle important, dans le delta du Rhin, ce rôle est tenu par les habitats saumâtres et l'IJsselmeer. La végétation macrophytique a très fortement augmenté, en particulier dans le Rhin supérieur et dans les anciens bras et les champs d'épis du cours principal du Rhin moyen. Ce développement favorise la reproduction d'espèces phytophiles. De nombreuses autres espèces trouvent ainsi dans ce milieu des habitats de juvéniles adéquats.



Figure 14 : ponte de gobies. Photo : LUWG Mayence

25 espèces ont été recensées dans le **haut Rhin**. La faune piscicole y est dominée par le spirilin, le chevesne, le gardon et le barbeau. Il n'est pas rare non plus d'y rencontrer des hotus, des chabots et des anguilles. Selon une étude spéciale sur l'identification des peuplements de juvéniles, le pourcentage de néozoaires (*pseudorasbora parva*, carassin doré, gobie de Kessler, perche-soleil et sandre) atteint env. 14% et est relativement faible. 31 espèces ont pu être détectées dans le **Rhin supérieur méridional**. C'est ici que commencent à dominer les espèces de gobies allochtones. Le gobie à taches noires et le gobie de Kessler représentent plus de la moitié de tous les poissons capturés, suivis d'espèces moins exigeantes comme le chevesne, le gardon, l'épinoche, la loche franche et l'ablette. Dans les retenues des barrages, il manque les habitats propices aux espèces

rhéophiles comme le hotu qui n'est pas très fréquent. Malgré des habitats favorables au saumon, notamment dans le Vieux Rhin, les poissons migrateurs anadromes sont encore extrêmement rares dans ce secteur, car la continuité écologique n'est pas rétablie au niveau des barrages de Strasbourg (inauguration de la passe prévue fin 2015), Gerstheim (travaux programmés en 2016-2017), Rhinau, Marckolsheim, et du Grand Canal d'Alsace.

On note avec satisfaction que la bouvière a recolonisé le Rhin. Cette espèce se propage régulièrement, notamment dans le **Rhin supérieur septentrional**. La loche de rivière, espèce rarement rencontrée dans le Rhin par le passé, se signale à nouveau dans le Rhin supérieur par une présence régulière. Avec une fréquence de 64 % des effectifs pêchés, le gobie à taches noires atteint ici son taux de dominance le plus élevé. Il est suivi du gardon, du gobie de Kessler, de l'ablette et de l'anguille. 28 espèces y ont été recensées au total. La vitesse du courant augmente dans la vallée étroite du **Rhin moyen**, créant ainsi de bonnes conditions pour les espèces rhéophiles. 21 espèces sont recensées au total. Ici aussi, les gobies à taches noires représentent la moitié des captures. La composition des autres espèces ressemble à celle du Rhin supérieur septentrional. On notera cependant que l'anguille est un peu plus fréquente dans le Rhin moyen, où elle représente 5% des effectifs recensés. Le **Rhin inférieur** affiche 27 espèces. Dans ce tronçon du Rhin également, les gobies à taches noires représentent presque la moitié des captures. L'ablette est également dominante avec un pourcentage de 20%. Le hotu et la perche fluviatile présentent des abondances sous-dominantes. **Le delta du Rhin et l'IJsselmeer** affichent conjointement la plus grande densité d'individus et d'espèces par rapport aux autres tronçons du Rhin. La grémille y est de loin l'espèce la plus fréquente, suivie du gardon, de la brème, de la perche fluviatile, du gobie fluviatile et de l'éperlan. 44 espèces ont pu être recensées au total.

Quelle est l'évaluation écologique du Rhin ?

Chaque Etat du Rhin a évalué la qualité du compartiment piscicole sur la base de sa méthodologie nationale. Les tronçons transfrontaliers ont toutefois fait l'objet d'une concertation bilatérale. L'état du **Rhin antérieur et postérieur** suisse n'a pas été évalué. Comme le montrent les annexes 4 et 9, le potentiel de la faune piscicole est jugé mauvais dans le **Rhin alpin** autrichien. Ce classement est principalement dû au fait que la continuité longitudinale n'est pas rétablie et à l'exploitation des usines hydroélectriques selon un régime en écluses. Le **lac de Constance** est dans un bon état ichtyoécologique. La faune piscicole du **haut Rhin** canalisé est estimée de qualité moyenne. Sur la rive droite du Rhin, la faune piscicole du **Rhin supérieur méridional** est évaluée en état moyen, à l'exception du tronçon compris entre Breisach et Strasbourg qui est en état médiocre. Sur la rive gauche du Rhin, l'évaluation des tronçons correspondants débouche sur un bon état. Il n'a pas été obtenu d'accord sur cet élément de qualité biologique.

Dans le **Rhin supérieur septentrional** et le **Rhin moyen**, l'évaluation est également moyenne à une exception près (état médiocre). Le potentiel du **Rhin inférieur** est moyen. A partir du débouché de la Ruhr et jusque dans la première masse d'eau du **delta du Rhin** (Bovenrijn/Waal), la qualité du Rhin est estimée médiocre. La faune piscicole du Merwede, du Nederrijn/Lek, du Nieuwe Waterweg, de l'Oude Maas, du Spui, de la Vechte, de l'Hollandse IJssel, de l'IJssel et de l'**IJsselmeer** entre dans la catégorie moyenne. Les masses d'eau dans lesquelles la faune piscicole est estimée dans un bon état ou potentiel sont le Markermeer, le Ketelmeer, le Vossemeer et les Randmeren (lacs de bordure). L'état du Dordtse Biesbosch est classé médiocre. La directive ne prescrit pas d'évaluation de la faune piscicole pour les **eaux côtières** et la **mer des Wadden**.

La **modification** la plus prononcée **par rapport au dernier recensement de la CIPR effectué dans le Rhin en 2006/2007** est la forte extension de l'aire d'implantation et l'augmentation des peuplements d'espèces de gobies allochtones (CIPR 2013)c. Par rapport au recensement antérieur, on observe des décalages parfois importants des rapports de dominance. On note sur les sites de prélèvement que le gobie à taches noires représente en moyenne 28% des spécimens détectés. Dans le Rhin supérieur, sa

fréquence relative peut même dépasser localement 90% du total. On peut supposer que les gobies ont un effet d'éviction sur les espèces indigènes. La grémille par exemple, que l'on rencontre régulièrement, voit ses populations diminuer là où dominent les enrochements. Les gobies y trouvent un habitat idéal qui leur permet de se développer en masse. La pression prédatrice des gobies contribue ici à abaisser la dominance des néozoaires benthiques implantés dans ces mêmes habitats (par ex. *Chelicorophium*, *Dikerogammarus*, voir chap. 2 et tableau 2 au chap. 7).

Il convient cependant de rester attentif aux évolutions futures. Il est également possible que d'autres poissons prédateurs comme le sandre, le barbeau, l'aspe et la perche fluviatile adaptent leur mode d'alimentation sur ces petites espèces piscicoles. On peut donc imaginer que des changements sensibles se produiront à l'avenir dans la chaîne alimentaire et qu'ils pourront se traduire dans le long terme par une baisse des populations de gobies.

Quelles sont les tendances identifiables dans le long terme ?

La faune piscicole du Rhin a connu des transformations sensibles au cours des 20 dernières années. Sous l'effet de l'amélioration de la qualité des eaux, quelques espèces ont pu s'étendre à nouveau, de sorte que le nombre d'espèces a augmenté. Cette évolution notable ressort de la comparaison des chiffres de recensement d'espèces au cours des quatre campagnes d'analyse de la CIPR de 1995 à 2013 (figure 15). Les espèces piscicoles allochtones représentent aujourd'hui 16% de l'éventail des espèces.

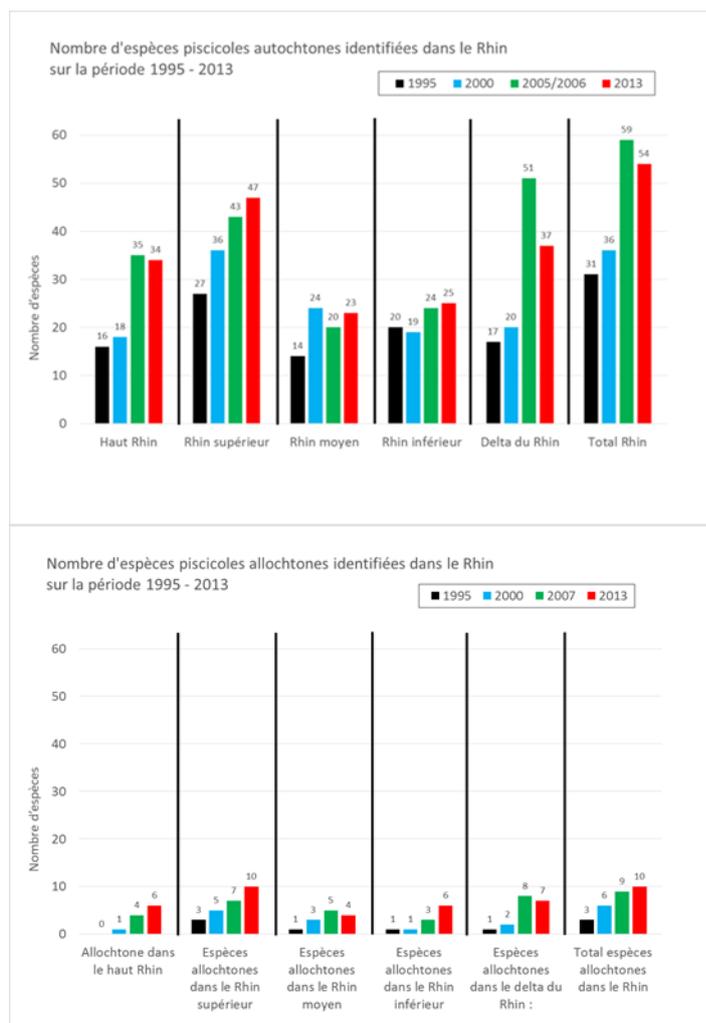


Figure 15 : nombre d'espèces indigènes (en haut) et allochtones (en bas) identifiées dans le Rhin sur la période 1995-2013

Le nombre d'espèces ne peut toutefois être le seul critère pour juger de l'amélioration

écologique car il augmente également, comme on l'a vu, par l'immigration d'espèces allochtones. Par ailleurs, l'intensité des analyses a augmenté dans le cadre de la surveillance requise par la DCE et de nouvelles méthodes de recensement ont été introduites, par ex. les stations de contrôle automatique au droit des dispositifs de franchissement. On peut ainsi détecter de temps à autre des espèces rares qui, sinon, ne pourraient être identifiées (voir ci-dessous et tableau 2 au chap. 7).

Quant à l'abondance des différentes populations piscicoles, les données du Rhin inférieur et celles obtenues à partir de la nasse de Coblenze/Moselle montrent que la densité piscicole a fortement baissé depuis les années 80, puis s'est à peu près stabilisée depuis 1993. Cette évolution s'explique par la réduction des nutriments et de la pollution organique dans les années 80 et au début des années 90 (voir chap 7 et tableau 1). L'apport de nourriture (par ex. le plancton) a baissé de ce fait dans le Rhin. Les densités piscicoles échantillonnées varient également selon les tronçons du Rhin et au cours d'une année de par l'activité des poissons, qui diffère selon les saisons et les espèces, et de par le mode d'échantillonnage. Les rapports de dominance fluctuent également, notamment chez les espèces très fréquentes telles que le gardon, la brème, le barbeau et le chevesne. A l'heure actuelle, le développement massif des populations de gobies à taches noires invasifs masque en partie les variations naturelles des rapports de dominance.

Les progrès atteints en matière de rétablissement de l'accès aux rivières de reproduction au cours des 20 dernières années ont permis d'améliorer dans un premier temps la situation des **grands migrateurs**. On constate en effet jusqu'en 2007 des taux de retour en hausse, notamment de **saumons** et de **lamproies marines**, ainsi qu'une augmentation sensible des constats de reproduction dans les rivières accessibles. On note cependant un recul des détections entre 2008 et 2013, du moins chez les grands salmonidés saumon et **truite de mer** (figures 16 et 17). Les causes sont, outre une évolution des procédés de recensement, éventuellement à localiser dans le corridor migratoire commun que constituent le Rhin et/ou la zone côtière : pêche (illégale), forte prédation sur les smolts par des poissons carnassiers et des cormorans et taux de mortalité élevés dû au passage des smolts dans les installations hydroélectriques. Les taux de survie en baisse en milieu marin sont également sujets à discussion. Dans les tronçons du Rhin supérieur, les travaux de mise en place de la 5^e turbine au droit du barrage d'Iffezheim entre avril 2009 et octobre 2013 ont entraîné une régression des chiffres de montaison de nombreuses espèces piscicoles.

Le nombre de poissons identifiés a de nouveau augmenté sur les passes d'Iffezheim et de Gamsheim depuis la fin des travaux sur le barrage.

En regard du nombre limité de poissons identifiés, il est actuellement impossible d'évaluer si les peuplements de **lamproies fluviatiles** suivent une tendance similaire à celle des grands salmonidés. Le nombre de **grandes aloses** de retour devrait nettement augmenter au cours des prochaines années en raison des alevinages effectués les années antérieures en Hesse et en Rhénanie-du-Nord-Westphalie. Les comptages réalisés au droit de la passe à poissons d'Iffezheim sur le Rhin supérieur confirment cette hypothèse. En 2014, pour la première fois dans cette passe, on constate un nombre élevé (157) de grandes aloses remontant dans le Rhin (figure 16). Dans la Moselle, le retour d'une première grande alose est signalé le 10.7.2013 (station de contrôle de Coblenze) après 60 ans d'interruption (figure 18) et des détections d'aloses nous viennent également du delta du Rhin avec une en 2012, deux en 2013 et quatre en 2014. Quelques alosons observés en 2013 et 2014 dans le Rhin supérieur, c'est-à-dire en amont de toutes les opérations d'alevinage, laissent penser par ailleurs que la grande alose se reproduit naturellement. La figure 18 met en relief cette évolution positive que l'on constate également sur la période comprise entre janvier et septembre 2015.

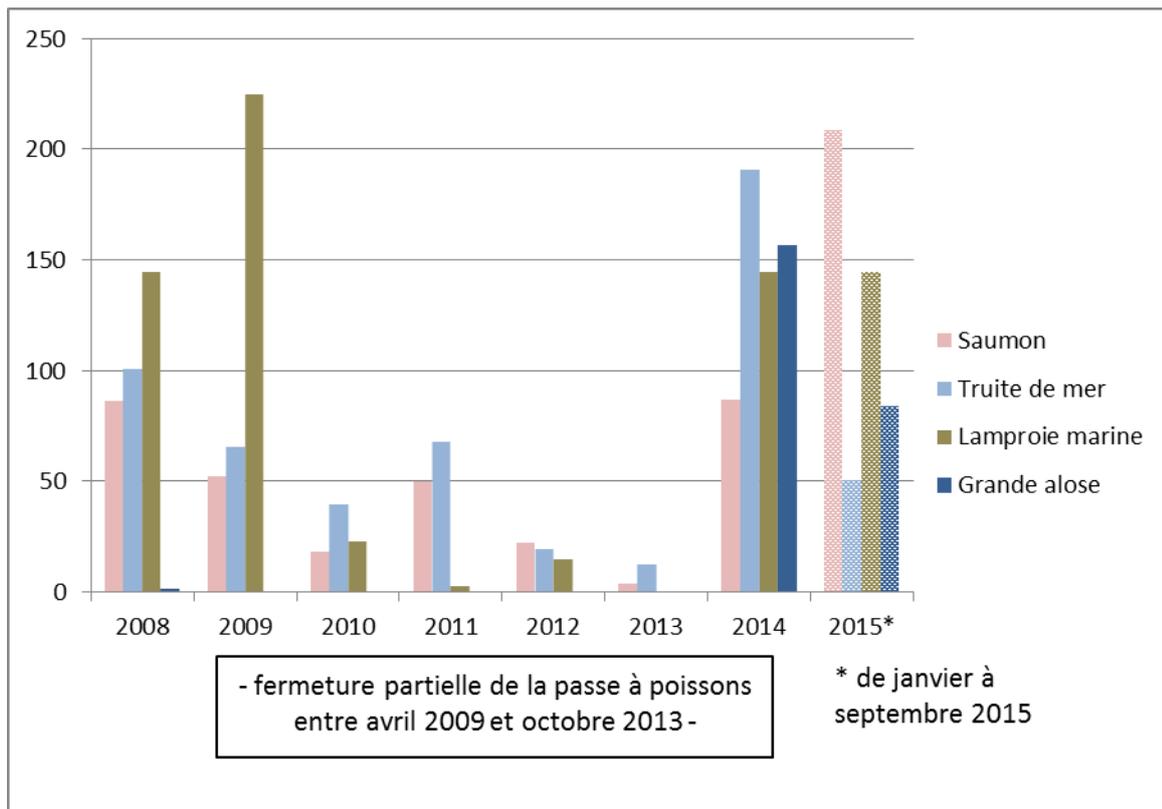


Figure 16 : résultats des comptages réalisés au droit du barrage d'Iffezheim depuis 2008 (*2015 : de janvier à septembre) pour des espèces sélectionnées de poissons grands migrateurs

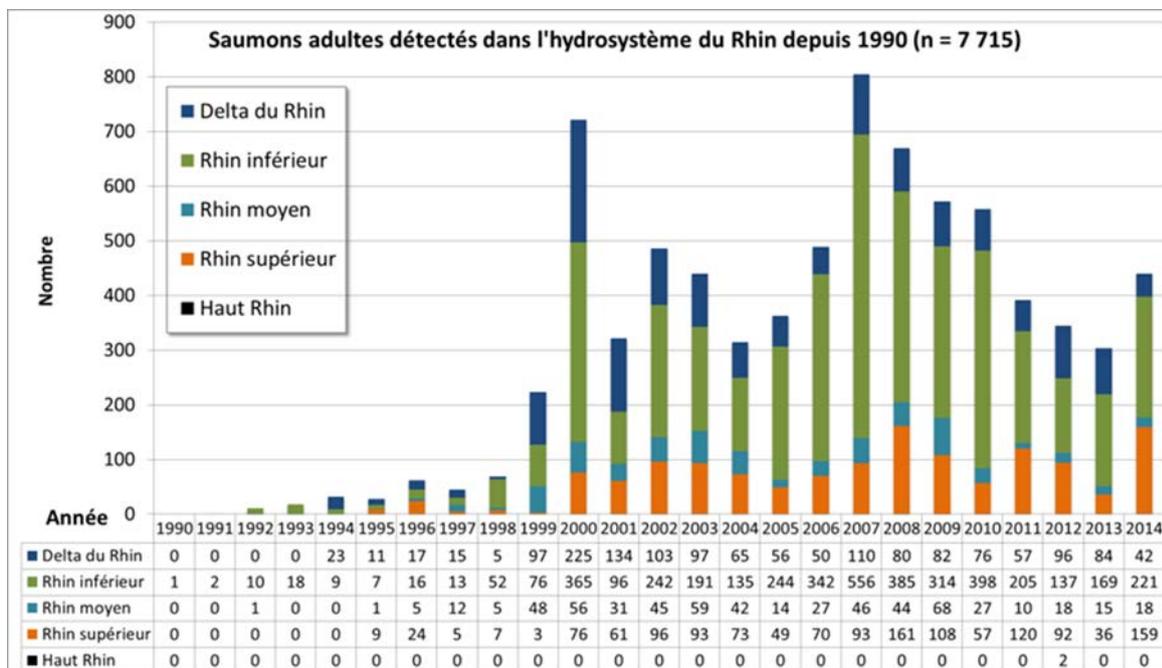


Figure 17 : saumons adultes détectés dans l'hydrosystème du Rhin depuis 1990
 Fonctionnement restreint de la passe à poissons à Iffezheim d'avril 2009 à octobre 2013. En raison de l'arrêt de la pêche à la nasse aux Pays-Bas, les chiffres de saumons adultes de retour dans le Rhin étayés par détection ont baissé depuis 2011.



Figure 18 : première grande alose dans la Moselle depuis 60 ans. Photo : BfG

Les peuplements de **houtings** et d'**aloses feintes** restent limités. Sous l'effet de mesures d'alevinage dans le Rhin inférieur, le houting, espèce ayant disparu du bassin, connaît un net développement et peut se reproduire avec succès dans le cours inférieur du Rhin et dans le delta. Les opérations d'alevinage ont été stoppées dès 2006 dans le Rhin et une population en équilibre naturel s'est établie entre-temps (BORCHERDING 2014).

Les mesures de construction réalisées entre 2009 et 2013 pour installer une 5^{ème} turbine sur l'usine d'Iffezheim et le suivi biologique perturbé pendant cette phase expliquent en partie la régression des **lamproies marines**.

La **truite lacustre** (*Salmo trutta lacustris*) est le seul grand poisson migrateur vivant dans le sous-bassin du Rhin englobant le Rhin alpin et le lac de Constance. Les habitats de la truite lacustre sont aujourd'hui très restreints par rapport à l'aire de propagation historique de cette espèce. Dans le lac de Constance et ses masses d'eau « lac supérieur » et « lac inférieur », qui affichent aujourd'hui un bon état chimique et écologique, les eaux libres sont l'habitat privilégié de la truite lacustre. Après y avoir grandi et atteint l'âge de reproduction, elle remonte dans les affluents du lac de Constance ainsi que dans le Rhin alpin et ses tributaires pour y frayer. Dans les années 1970, les peuplements de truites du lac de Constance ont baissé continuellement malgré des opérations d'alevinage. On peut affirmer rétrospectivement que le premier programme sur la truite lacustre mis au point par le « Groupe de travail Truite lacustre » a permis à la truite lacustre de survivre dans le lac de Constance et d'atteindre des peuplements d'une taille permettant à nouveau la pêche. Les mesures décisives ont consisté à sauver les derniers géniteurs ; elles ont été suivies de mesures de repeuplement et d'élimination progressive d'obstacles à la migration dans les affluents frayères.

Les stocks de **l'anguille européenne** ont nettement baissé au cours des dernières décennies sur l'ensemble de son aire de distribution. Le Rhin et ses affluents ne sont pas épargnés. La remontée des civelles dans les fleuves ne représente plus aujourd'hui que quelques pour cent de la moyenne des années antérieures. Les causes connues sont entre autres les altérations des habitats, les infestations parasitaires, les aménagements hydroélectriques, la surpêche des peuplements de civelles et d'anguilles argentées et les polluants dans les sédiments. Les déplacements migratoires de l'anguille sont perturbés par la présence d'ouvrages transversaux dans presque tous les cours d'eau du bassin du Rhin dans lesquels elle est répandue, et notamment dans le delta du Rhin, le cours amont du Rhin supérieur et dans la plupart des affluents du Rhin. Les anguilles dévalantes sont souvent happées dans les turbines des usines, les ouvrages de prise d'eau, les pompes, etc. Leur taille allongée les expose à de graves lésions, souvent létales, et la mortalité cumulative peut s'avérer très élevée dès lors que plusieurs obstacles transversaux successifs interrompent leur axe migratoire.

7. Bilan : qu'a-t-on atteint, que reste-t-il à faire ?

L'amélioration de la **qualité de l'eau** du Rhin au cours des 20 dernières années fait que l'éventail des espèces piscicoles est à nouveau presque complet et de nombreuses espèces fluviales caractéristiques parmi les invertébrés, considérées un temps comme éteintes ou fortement décimées dans le Rhin, sont à nouveau solidement implantées. Cette remarque s'applique aussi partiellement aux macrophytes aquatiques. Certaines espèces piscicoles dans le Rhin et ses affluents (l'anguille par ex.) sont toujours en partie contaminées par des **polluants** (dioxines, furanes, PCB de type dioxine, mercure, PCB indicateurs, hexachlorobenzène = HCB, perfluorooctane sulfonate = PFOS), provenant entre autres de pollutions historiques (CIPR 2011b). La contamination du biote (poissons) par des polluants sera recensée de manière coordonnée dans le bassin du Rhin dans le cadre d'un premier programme d'analyse commun (CIPR 2014a). Ces analyses, essentiellement axées sur la législation sur les denrées alimentaires, ne peuvent toutefois pas être transposées directement aux questions ayant trait à l'écosystème. On sait peu sur les effets de la **toxicité mixte** de polluants détectés dans le Rhin sur les organismes aquatiques, notamment sur l'état sanitaire des poissons à différents stades de leur vie, sur la fécondité/reproduction, la mobilité et les liens potentiels avec des maladies.

Les **micropolluants** représentent un nouvel enjeu de la politique de protection des eaux. Dans les actuelles stations d'épuration conventionnelles à traitement mécanique et biologique, de nombreux micropolluants, comme les produits phytosanitaires, les hormones ou les médicaments, ne sont pas ou ne sont que partiellement retirés des eaux usées et rejoignent donc les eaux de surface. Les recherches sont encore insuffisantes pour qu'on puisse déterminer si ces substances ont un impact (et lequel) sur l'écologie fluviale. Différentes mesures sont mises en œuvre pour réduire les apports de micropolluants dans les eaux. La CIPR est chargée de dresser en 2018 un bilan des évolutions relevées et de décider, sur la base de ce bilan, du choix des mesures à prendre pour réduire les apports de micropolluants transitant par les voies d'apport déterminantes (CIPR : 2013d).

Beaucoup plus que dans les eaux intérieures, la **pression de l'azote** sur les eaux marines côtières est déterminante pour leur équilibre écologique et, de ce fait, plus critique que celle du phosphore. Les efforts doivent donc se poursuivre ici pour réduire les apports de cette substance.

Sous l'effet du **changement climatique**, des **seuils de température critiques** pour les poissons pourraient être régulièrement dépassés à l'avenir (CIPR 2014b). Ainsi, des températures d'eau supérieures à 25 °C ont été relevées sept fois au cours des 12 dernières années, phénomène qui ne s'était produit qu'une seule fois auparavant sur la période 1978-1989 (CIPR 2013e). Une hausse des températures de l'eau est également critique en hiver, par ex. quand les phases de repos hivernal ou de maturation des organes génitaux des poissons, gouvernées par la température, sont perturbées par une telle hausse. En outre, l'absence de jours de températures très basses de l'eau peut favoriser l'implantation durable d'espèces allochtones thermophiles (CIPR 2013a). La **pression thermique** du Rhin due à l'activité humaine, qui baisse déjà depuis quelques années avec l'arrêt de quelques centrales nucléaires rhénanes, devrait donc être maintenue dans des limites raisonnables.

L'évaluation écologique actuelle du Rhin est un aperçu instantané qui retranscrit des interactions biologiques dynamiques dans le cadre des échanges faunistiques et des réactions des biocénoses aux programmes de mesures (voir tableaux 1 et 2). Il arrive également parfois que des aspects méthodologiques entraînent des modifications au niveau de l'évaluation (détermination du potentiel écologique, meilleures techniques de recensement, etc., voir tableau 2). Sur les vingt dernières années, les tendances à long

terme permettent cependant aussi d'identifier des améliorations significatives et durables de l'écosystème. A l'avenir, la réalisation de différentes mesures écologiques pourrait contribuer à prolonger cette tendance.

La **restauration des habitats** végétaux et animaux dans le Rhin passe nécessairement, en tout lieu possible, par une remise en connexion du cours principal avec son milieu alluvial pour redonner accès aux bras latéraux et annexes hydrauliques riches en végétaux (amélioration de la continuité latérale, voir tableau 1). En relation avec les mesures de protection contre les inondations, plus de 100 km² de zones inondables ont déjà été redynamisés de 2000 à 2012 et il est prévu d'étendre ce processus dans le courant des prochaines années (figure 19). Les ouvrages parallèles ou les champs d'épis partiellement comblés peuvent constituer des biotopes de remplacement en formant des zones de faible courant protégées du batillage et morphologiquement diversifiées. Le retrait d'ouvrages superflus de stabilisation des berges (par ex. sur les berges convexes) peut constituer une mesure efficace pour atténuer les conséquences écologiques de l'expansion rapide des gobies à taches noires, espèce invasive profitant en premier lieu des habitats offerts par les enrochements (voir tableau 1).

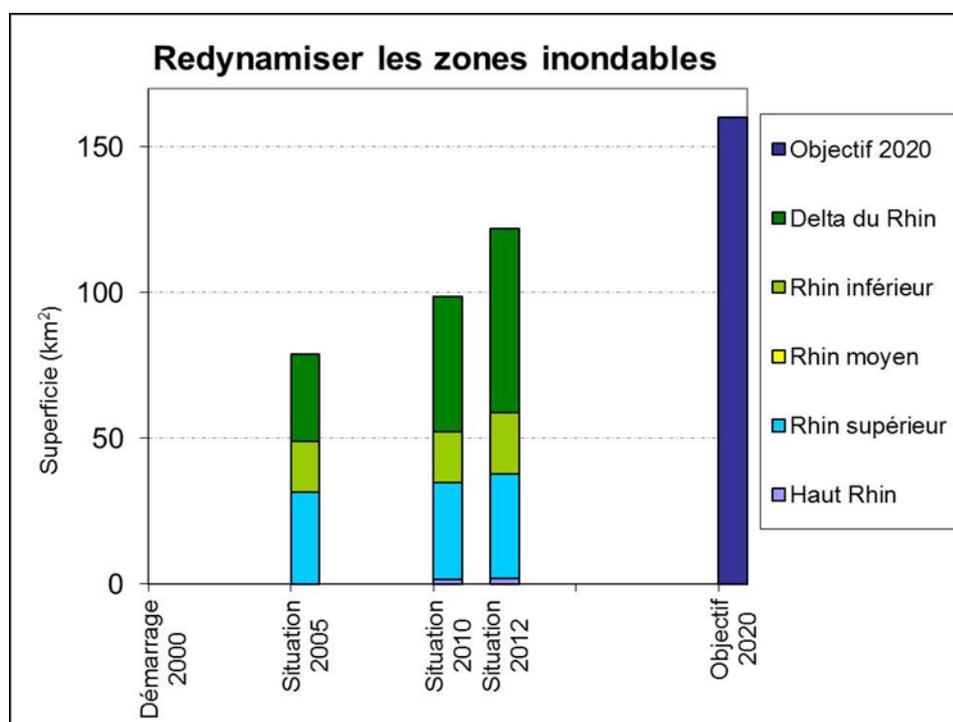


Figure 19 : redynamisation de plaines inondables entre 2000 et 2012

Pour promouvoir la **diversité des habitats**, il est prévu par exemple dans le cadre du programme « Rhin 2020³ » de raccorder à la dynamique du Rhin 100 anciens bras ou annexes latérales d'ici 2020 et de restaurer les anciennes connexions hydrauliques et biologiques entre le fleuve et le milieu alluvial. On entend également renforcer la diversité morphologique des berges sur une longueur d'au moins 800 km sur des tronçons appropriés du Rhin (voir tableau 1) en tenant compte de la sécurité de la navigation et des personnes. La figure 20 donne un aperçu des mesures mises en œuvre entre 2000 et fin 2012 pour la remise en communication de vieux bras (à gauche) et l'amélioration de la morphologie des berges rhénanes (à droite).

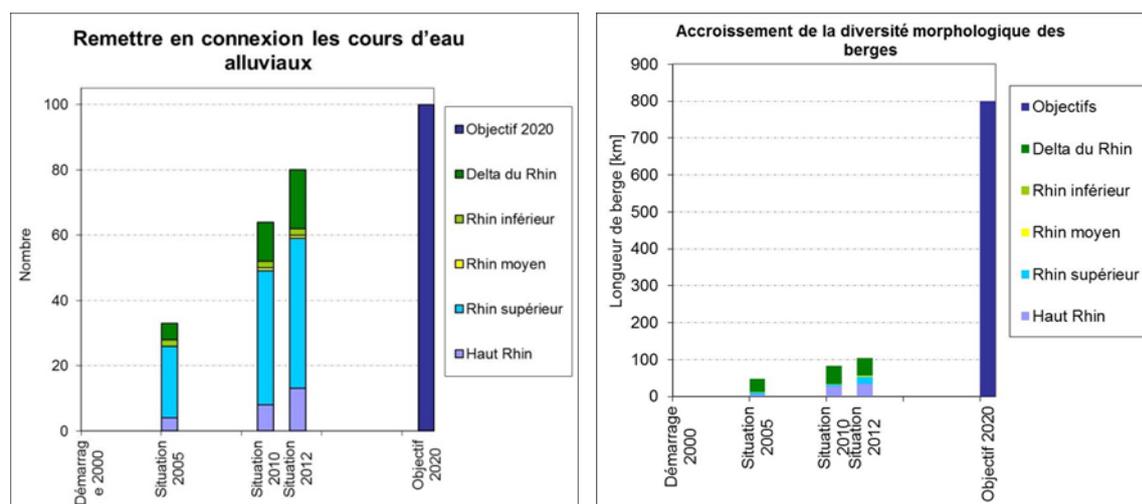


Figure 20 : nombre de cours d'eau alluviaux remis en communication avec le Rhin (à gauche) et longueur des tronçons de berges sur le cours principal du Rhin sur lesquels des mesures d'amélioration morphologique ont été réalisées (à droite).

Le programme « Rhin 2020 » de la CIPR et le projet de mise en réseau de biotopes sur le Rhin (voir brochure « Le Rhin et son bassin : un survol » publiée à l'occasion de la Conférence ministérielle sur le Rhin de 2013. Voir également brochure et atlas sur la « Mise en réseau de biotopes sur le Rhin » de 2006, www.iksr.org) sont des références de base pour la planification de mesures dans ce sens.

Il est essentiel de poursuivre les efforts visant à **rétablir la continuité longitudinale** du Rhin (Haringvliet, barrages du Rhin supérieur méridional) et de ses affluents, en premier lieu pour stabiliser et pérenniser les peuplements de poissons amphihalins en cours de reconstitution ou de restauration (voir tableau 1). Le plus grand nombre possible de frayères et de zones de grossissement identifiées dans les rivières prioritaires du bassin du Rhin doit être rendu accessible et/ou réactivé. Il convient également de renoncer au déploiement de microcentrales hydroélectriques, en particulier dans les rivières prioritaires pour poissons migrateurs. Le « Plan directeur 'Poissons migrateurs' Rhin » de la CIPR est un document de référence important pour la planification de mesures dans ce sens (CIPR 2009 ; CIPR 2013b). Plus de 480 mesures visant à rétablir la continuité dans les rivières prioritaires ont été mises en œuvre au total entre 2000 et 2012 (voir figure 21). On estime que ces mesures auront des impacts positifs sur la faune et la flore aquatique dans leur ensemble.

³ [Documents CIPR Rhin 2020](#)

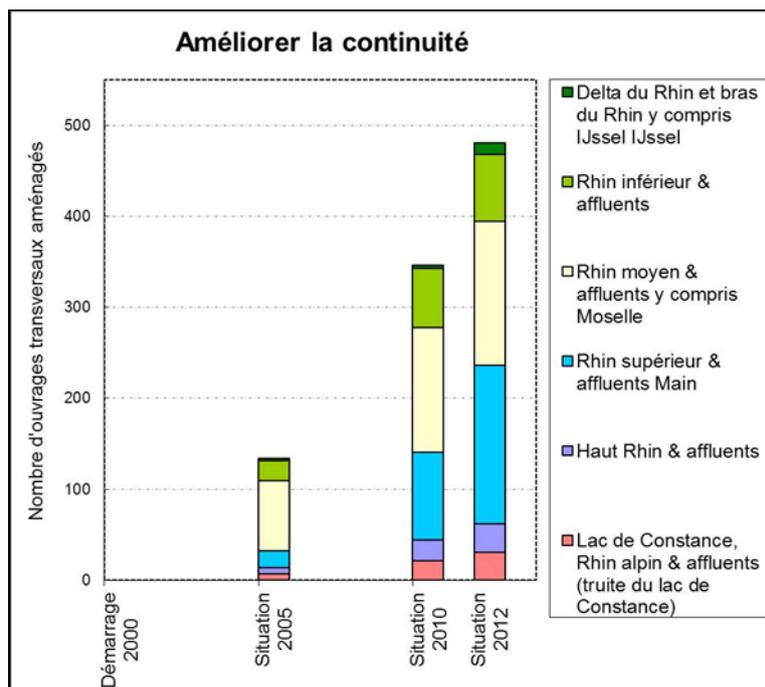


Figure 21 : amélioration de la continuité du Rhin et de ses affluents, notamment dans les rivières prioritaires des poissons migrateurs : nombre d'ouvrages aménagés. Mise à jour de juin 2013

En revanche, il est difficile de prendre des mesures contre les introductions d'espèces néobiotiques en raison de la multitude des voies d'apport (par ex. coque des navires, eaux de ballast, rejets intentionnels ou fortuits, commerce aquariophile etc.) et de la difficulté à les contrôler. Une gestion maîtrisée d'espèces néobiotiques déjà implantées ne réussit également que dans de rares cas. On sait cependant que les espèces introduites ont tendance à se développer de manière explosive dans un premier temps avant de retomber et de se stabiliser à un niveau plus bas. Dans l'évaluation de ces nouvelles espèces, il ne faut pas oublier que les processus naturels ne sont pas statiques mais dynamiques et qu'ils sont soumis à des évolutions permanentes. La restauration de la continuité écologique favorisera la reconquête par les espèces indigènes de zones dont les habitats sont restés plus diversifiés.

La réalisation de différentes mesures écologiques et la poursuite d'une surveillance biologique intense et coordonnée permettront de suivre à l'avenir les tendances dans le long terme et les évolutions sur la base de données robustes. Ceci semble très important en regard notamment du changement climatique.

Tableau 1 : mesures dans le cours principal du Rhin

Mesures dans le cours principal du Rhin						
Mesure	Effet sur les éléments de qualité biologique					Où ?
	Macrozoobenthos	Faune piscicole	Phytoplancton	Phytobenthos	Macrophytes	
Réduire les pressions dues aux nutriments		(+) biocénose plus naturelle, moins de biomasse	(+) biocénose plus naturelle, moins de biomasse	(+) biocénose plus naturelle, moins de biomasse	(+) soutien des populations par réduction de l'ombragement du lit (moins de phytoplancton)	tout le cours principal du Rhin (voir rapports CIPR n°s 224, 226, 228)
Retirer les aménagements de consolidation des berges (notamment les enrochements)/réduire le degré de consolidation des berges	(+) accroissement de la biodiversité	(+) réduction du nombre de gobies allochtones			(+) accroissement de la biodiversité	tout le cours principal du Rhin (voir rapport CIPR n° 223)
Dans les zones de faible courant, ouvrages parallèles ou champs d'épis partiellement comblés, formant biotopes de remplacement protégés du batillage et morphologiquement diversifiés	(+)	(+) soutien particulier des juvéniles	(+)	(+)	(+) importants Zones de rayonnement de macrophytes, à partir de la recolonisation de zones déficitaires	Rhin moyen, Rhin inférieur, delta du Rhin (voir rapports CIPR n°s 225, 228)
Améliorer la connexion des affluents, des cours d'eau alluviaux et des annexes hydrauliques / continuité latérale	(+) recolonisation du Rhin par des espèces autochtones à partir de refuges situés dans les affluents	(+) favorise les espèces frayant sur les plantes et sur le gravier ainsi que la reproduction d'espèces phytophiles (rotengle, brochet, loche de rivière, tanche) ; zones de grossissement pour d'autres espèces			(+) dispersion de graines	tout le cours principal du Rhin (voir rapport CIPR n° 223 et chap. 7 dans le 2 ^e PdG)
Aménager ou optimiser des dispositifs de montaison et de dévalaison des poissons		(+) les grands migrateurs rejoignent les affluents-frayères ; les moyens migrateurs peuvent changer d'habitat (en fonction du stade de vie) ; lien entre les populations fragmentées => renforcement de la forme physique des poissons			(+) dispersion de graines avec les poissons en cours de montaison (zoochorie)	Delta du Rhin, Rhin supérieur, haut Rhin et affluents du Rhin (voir annexe 7 dans le 2 ^e PdG)

Tableau 2 : modifications de l'évaluation écologique sur la base d'interactions biologiques ou de méthodes remaniées.

Modification	Modifications de l'évaluation écologique sur la base d'interactions biologiques ou de modifications méthodologiques observées sur l'élément de qualité biologique (causes, commentaires)					Où ?
	Macrozoobenthos	Faune piscicole	Phytoplancton	Phytobenthos	Macrophytes	
Modification de la fréquence des néozoaires	(+) hivers rigoureux 2009/2010 et 2012/2013 et suppression de quelques rejets thermiques dans le Rhin (+) concurrence lors de la migration d'espèces apparentées due au recoupement des niches (+) plus forte prédation par les gobies (néozoaires)	(+) augmentation due à l'immigration (gobies)				Rhin : <i>Corbicula fluminea</i> (Schöll et al. 2013) Rhin moyen : <i>D. polymorpha</i> / <i>D. rostriformis</i> (Schöll et al. 2012), <i>C. curvispinum</i> / <i>C. robustum</i> (Fischer 2013) Rhin supérieur septentrional, Rhin moyen : Schöll et al. 2013
Plus d'espèces observées ; détection d'espèces rares qui ne pourraient sinon pas être identifiées	(+) augmentation de l'intensité d'analyse (bateau de dragage)	(+) augmentation de l'intensité d'analyse dans le cadre du suivi DCE, techniques innovantes de recensement, plus de stations de contrôle			(+) tendance à la propagation de certaines espèces	tout le cours principal du Rhin (voir rapport CIPR n° 228)
Moins d'espèces observées	(+) certains néozoaires ne sont plus identifiés depuis 2006				(+) raisons dues à la méthode appliquée, débits défavorables (crues)	Haut Rhin (voir rapport CIPR n° 225)
Moins de biomasse phytoplanctonique			(+) activité de filtration de bivalves allochtones, conditions de débit favorables aux macrophytes			Rhin moyen, Rhin inférieur
L'introduction d'une méthode d'évaluation du potentiel en D (évaluation du potentiel à partir de la biologie) donne lieu à de meilleurs résultats d'évaluation pour quelques éléments biologiques.	(+)	(+)				Rhin supérieur, Rhin moyen, Rhin inférieur

Bibliographie

BORCHERDING, J. (2014): Der Nordseeschnäpel ist zurück im Rhein. Natur in NRW 4/2014: 32 – 36

CIPR (2006) : Réseau de biotopes sur le Rhin. Brochure CIPR et atlas, www.iksr.org

CIPR (2009) : Plan directeur 'Poissons migrateurs' Rhin. Rapport CIPR n° 179, www.iksr.org

CIPR (2011a) : Programme d'analyse biologique 'Rhin' 2012/2013 - Version finale et annexe complétée, mise à jour : août 2011 (non publié).

CIPR (2011b) : Contamination de la faune piscicole par des polluants dans le bassin du Rhin – Résultats des études en cours et des études achevées dans les Etats riverains du Rhin (2000-2010) Rapport CIPR n° 195, www.iksr.org

CIPR (2013a) : Etat des connaissances sur les éventuelles répercussions de modifications du régime hydrologique et de la température de l'eau sur l'écosystème du Rhin et actions envisageables. Rapport CIPR n° 204, www.iksr.org

CIPR (2013b) : Rapport d'évolution sur le « Plan directeur 'Poissons migrateurs' Rhin » 2010-2012, rapport CIPR n° 206, www.iksr.org

CIPR (2013c) : Espèces allochtones de gobies dans l'hydrosystème du Rhin, rapport CIPR n° 208, www.iksr.org

CIPR (2013d) : 15^e Conférence ministérielle sur le Rhin, communiqué ministériel, 2013,

CIPR (2013e) : Présentation de l'évolution des températures de l'eau du Rhin sur la base de températures mesurées et validées de 1978 à 2011, rapport CIPR n° 209, www.iksr.org

CIPR (2013) : Le Rhin et son bassin : un survol. Brochure CIPR, www.iksr.org

CIPR (2014a) : Proposition de programme pilote d'analyse de la contamination des biotes/poissons par des polluants dans le bassin du Rhin en 2014/2015, rapport CIPR n° 216, www.iksr.org

CIPR (2014b) : Estimation - sur la base de scénarios climatiques - des impacts du changement climatique sur l'évolution des futures températures de l'eau - version courte. Rapport CIPR n° 211, www.iksr.org

CIPR (2015a) : Le phytoplancton du Rhin 2012, rapport CIPR n° 224, www.iksr.org

CIPR (2015b) : Macrophytes dans le Rhin 2012/2013, rapport CIPR n° 225, www.iksr.org

CIPR (2015c) : Diatomées benthiques dans le Rhin en 2012, rapport CIPR n° 226, www.iksr.org

CIPR (2015d) : Le macrozoobenthos du Rhin 2012/2013, rapport CIPR n° 227, www.iksr.org

CIPR (2015e) : Suivi de la faune piscicole du Rhin 2012/2013, rapport CIPR n° 228, www.iksr.org

FISCHER, J., F. WESTERMANN, S. WANNER, O. PRAWITT, M. ENGEL (2010): Starke Entwicklung von Wasserpflanzen im Rhein und seinen Nebengewässern – Ursachen und Interpretation. LUWG Jahresbericht 2009: 133 – 139

FISCHER, J. (2013) : Inventur der Lebewelt von Rhein, Mosel und Saar, LUWG, Jahresbericht 2012 : 65-67

FRIEDRICH, G. & M. POHLMANN (2009): Long-term plankton studies at the lower Rhine/Germany. – *Limnologica* 39, 14-39

GERGS, R., M. KOESTER, K. GRABOW, F. SCHÖLL, A. THIELSCH, A. MARTENS (2014): *Theodoxus fluviatilis* re-establishment in the River Rhine: a native relict or a cryptic invader? – *Conservation Genetics* 15 (4): DOI 10.1007/s10592-014-0651-7

HARDENBICKER, P., S. ROLINSKI, M. WEITERE, H. FISCHER (2014): Temporal trends in the phytoplankton dynamics of the rivers Rhine and Elbe. - *International Review of Hydrobiology* 99, 287-299. DOI: 10.1002/iroh.201301680

ROTT, E., G. HOFMANN, K. PALL, P. PFISTER, E. PIPP (1997): Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 1: Saprobielle Indikation.- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien: 1.-73

SCHÖLL, F., T. O. EGGERS, A. HAYBACH, M. GORKA, M. KLIMA, B. KÖNIG (2012): Verbreitung von *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov, 1897) in Deutschland (Mollusca: Bivalvia). *Lauterbornia* 74, 111-15

SCHÖLL, F. (2013): Verbreitung der Körbchenmuschel *Corbicula fluminea* (O. F. Müller 1774) in Abhängigkeit von der Wassertemperatur in deutschen Bundeswasserstraßen. - *Lauterbornia* 76, 85-90

VAN DAM, H., A. MERTENS, J. SINKELDAM (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Neth. J. Aquat. Ecol.* 28, 117/-133.

WEITERE, M. & H. ARNDT (2002) Top-down effects on pelagic heterotrophic nanoflagellates (HNF) in a large river (River Rhine): do losses to the benthos play a role? – *Freshwater Biology* 47, 1437-1450. DOI: 10.1046/j.1365-2427.2002.00875.x

WESTERMANN, F., F. SCHÖLL, A. STOCK (2007): Wiederfund von *Theodoxus fluviatilis* im nördlichen Oberrhein. - *Lauterbornia* 59, 67-72

Glossaire

Abondance : densité de la population ; nombre d'individus d'une espèce par unité de surface ; pour les diatomées : pourcentage d'une espèce par rapport au chiffre total des individus comptés sur un site de prélèvement donné

Adulte : en âge de se reproduire

Anadrome : migrant de la mer vers les eaux douces pour y frayer

Benthique : vivant à proximité du fond d'un cours d'eau

Benthos : ensemble des organismes vivant à proximité du fond d'un cours d'eau

Bioindicateur : espèce indicative ; organisme qui réagit aux modifications des impacts environnementaux

Chironomides : famille d'insectes diptères similaires aux moustiques

Diatomées : algues brunes

Dominance : prédominance d'une espèce dans une biocénose

Epi : sorte de digue aménagée perpendiculairement à la rive d'un fleuve.

Espèce pionnière : Espèce à forte capacité d'adaptation qui colonise en premier un nouvel espace écologique

Euryèce : pouvant coloniser de nombreux habitats

Eutrophe : riche en éléments nutritifs, à haute teneur en phosphate et par conséquent à forte production organique

Faune : ensemble de toutes les espèces animales dans une région

Flore : ensemble de toutes les espèces végétales dans une région

Gilde : groupe d'espèces ; biocénose

Habitat : milieu de vie caractéristique d'un organisme végétal, animal ou autre

Halophile : vivant dans un milieu à forte concentration en sel

Invasive (espèce) : qui se propage dans un milieu dont il n'est pas originaire

Invertébrés : animaux multicellulaires sans colonne vertébrale

Létal : mortel

Macrophytes : plantes aquatiques visibles à œil nu

Macrozoobenthos : ensemble des organismes benthiques visibles à l'œil nu

Mésotrophe : milieu dans lequel la teneur en éléments nutritifs est moyenne

Mortalité : nombre de décès sur une période donnée

Néobiotes : espèces allochtones, non indigènes

Néophyte : espèce végétale non indigène

Néozoaire : espèce animale non indigène

Oligochètes : vers aquatiques annelés

Phytobenthos : ensemble des algues qui vivent sur le substrat

Phytophile : rapporté au mode de reproduction : frayant sur la végétation aquatique

Phytoplancton : micro-algues en suspension ; plancton végétal

Plancton : Organismes aquatiques flottants sans capacité de nage et soumis à l'action du courant

Planctonique : relatif au plancton

Potamal : cours aval d'une rivière

Refuge : zone d'abri pour des organismes donnés

Rhéophile : espèce qui apprécie le courant

Saprobie : pollution organique

Smolt : stade de croissance de jeunes salmonidés (saumon, truite de mer) entamant leur dévalaison vers la mer

Taxon : entité d'organismes au sein de la systématique biologique (par ex. espèce)

Taxonomie : systématique des liens de parenté entre organismes

taxonomique : concernant la taxonomie

Thermophile : qui aime la chaleur

Trophie : pression par les nutriments/offre de nutriments

Tychoplancton : ensemble des organismes accidentellement planctoniques

Ubiquiste : omniprésent ; très répandu

Zooplancton : plancton animal

Annexes

Remarque : La numérotation des tableaux correspond à celle du 2^e Plan de gestion du DHI Rhin.

A propos des annexes 1 à 4 :

En 2009, l'Allemagne ne disposait pas encore de méthode biologique de détermination du potentiel écologique des masses d'eau fortement modifiées (MEFM). Une nouvelle méthode d'évaluation du potentiel a été appliquée aux éléments de qualité 'Macrozoobenthos' et 'Faune piscicole' en 2014. Seul l'état - et non pas le potentiel - est déterminé dans le cadre de l'évaluation des éléments végétaux (macrophytes, phytobenthos).

Aux Pays-Bas, le potentiel a déjà été indiqué en 2009 pour tous les éléments de qualité et pour l'évaluation globale. Il n'existe pas ici de méthode particulière ; l'échelle d'évaluation des masses d'eau naturelles est toujours utilisée et des objectifs moins stricts sont fixés pour les MEFM. En France, le potentiel écologique n'est pris en compte que dans l'évaluation globale.

- Annexe 1 : Évaluation du phytoplancton dans le Rhin selon la DCE pour le Plan de gestion 2009 et le PdG 2015
- Annexe 2 : Évaluation de l'élément de qualité biologique 'Macrophytes/phytobenthos' dans le Rhin selon la DCE pour le Plan de gestion 2009 et le PdG 2015
- Annexe 3 : Évaluation du macrozoobenthos dans le Rhin selon la DCE pour le Plan de gestion 2009 et le PdG 2015
- Annexe 4 : Évaluation de la faune piscicole dans le Rhin selon la DCE pour le Plan de gestion 2009 et le projet de PdG 2015
- Annexe 5 : Carte de l'évaluation du phytoplancton
- Annexe 6 : Carte de la première estimation fondée sur l'expertise de l'élément de qualité 'Macrophytes'
- Annexe 7 : Carte de l'évaluation du phytobenthos/des macrophytes
- Annexe 8 : Carte de l'évaluation du macrozoobenthos
- Annexe 9 : Carte de l'évaluation de la faune piscicole
- Annexe 10 : Carte de l'évaluation de l'état/du potentiel écologique total

Annexe 1 : évaluation du phytoplancton dans le Rhin selon la DCE pour le Plan de gestion 2009 et le PdG 2015

Evaluation du phytoplancton dans le Rhin selon la DCE pour le PdG 2009 et le PdG 2015						très bon	1
						bon	2
Mise à jour : décembre 2015						moyen	3
Evaluation des éléments de qualité non requise	.					médiocre	4
pas de recensement ou d'évaluation de l'élément / base de données insuffisante						mauvais	5
masse d'eau	PK	Station d'analyse CIPR du contrôle de surveillance dans la masse d'eau	Etat / Land	Catégorie PdG 2009	Catégorie PdG 2015	PdG 2009	PdG 2015
LAC DE CONSTANCE							
BOD-OS Lac supérieur du lac de Constance	aucun kilométrage	Fischbach-Uttwil	DE-BW	naturelle	naturelle	2	2
BOD-USZ Lac inférieur du lac de Constance		Lac de Zeller	CH / St. Gall	naturelle	naturelle	2	2
HAUT RHIN (Lac de Constance – Bâle)							
Haut Rhin 1 - du lac de Constance au débouché de l'Aar	24-102,7	Sortie du lac inférieur Öhningen, Reckingen	CH / DE-BW	naturelle	naturelle		1
Haut Rhin 2 - du débouché de l'Aar à Bâle	102,7-170		CH / DE-BW	fortement modifiée	naturelle		1
RHIN SUPERIEUR (Bâle - Bingen)							
Rhin supérieur 1 - OR 1 - Vieux Rhin de Bâle à Breisach	170-225	Weil am Rhein	CH / DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée		1
Rhin supérieur 2 - OR 2 - Rhin 2 - Ensemble de festons du Rhin de Breisach à Strasbourg	225-292	en amont de Rhinau	DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée		1
Rhin supérieur 3 - OR 3 - Rhin 3 - Rhin canalisé de Strasbourg à Iffezheim	292-352	Karlsruhe	DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée		1
Rhin supérieur 4 - OR 4 - Rhin 4 - Du barrage d'Iffezheim jusqu'en amont du débouché de la Lauter	352-428		DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée		1
Rhin supérieur 5 - OR 5 - Débouché de la Lauter jusqu'au débouché du Neckar	352-428		DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée	2	1
Rhin supérieur 6 - OR 6 - Débouché du Neckar jusqu'au débouché du Main	428 - 497	Worms	DE- RP	fortement modifiée	fortement modifiée	2	2
Rhin supérieur 7 - OR 7 - Débouché du Main jusqu'au débouché de la Nahe	497 - 529	de Mayence/Wiesbaden	DE- RP	fortement modifiée	fortement modifiée	2	2
RHIN MOYEN (Bingen - Bonn)							
Rhin moyen (Bingen - Bonn)	529-639	Coblence	DE- RP	fortement modifiée	fortement modifiée	2	2
RHIN INFÉRIEUR (Bonn - Clèves-Bimmen/Lobith)							
Rhin inférieur 1 - NR 1 - de Bad Honnef à Leverkusen	639-701	Cologne-Godorf	DE-NW	fortement modifiée	fortement modifiée	2	2
Rhin inférieur 2 - NR 2 - de Leverkusen à Duisbourg	701-764	Port de Düsseldorf	DE-NW	fortement modifiée	fortement modifiée	2	2
Rhin inférieur 3 - NR 3 - de Duisbourg à Wesel	764-811	Duisburg-Walsum /Orsoy	DE-NW	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
Rhin inférieur 4 - NR 4 - de Wesel à Clèves	811-865	Niedermoermt / Rees	DE-NW	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
DELTA DU RHIN Lobith – Hoek van Holland							
Boven-Rijn, Waal	880-930	Lobith	NL	fortement modifiée	fortement modifiée	.	.
Maas-Waalkanaal	n.c.		NL	artificielle	artificielle	2	2
Nederrijn/Lek	954-980		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	.	.
Dordtse Biesbosch	972-982		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	.	.
Beneden Merwede, Boven Merwede, Sliedrechtse Biesbosch, Waal, Afdamde Maas-Noord	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	.	.
Oude Maas (en amont du Hartelkanaal), Spui, Noord, Dordtsche Kil, Lek jusqu'à Hagestein	977-998		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	.	.
Hollandsche IJssel	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	.	.
Nieuwe Maas, Oude Maas (en aval du Hartelkanaal)	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	2	3
Nieuwe Waterweg, Hartelkanaal, Calandkanaal, Beerkanaal	998-1013	Maassluis	NL	artificielle	artificielle	2	2
Amsterdam-Rijnkanaal Betuwepand	n.c.		NL	artificielle	artificielle	2	2
Amsterdam-Rijnkanaal Noordpand	n.c.		NL	artificielle	artificielle	2	2
Noordzeekanaal	n.c.		NL	artificielle	artificielle	2	2
Twentekanal	n.c.		NL	artificielle	artificielle	2	2
Zwarte meer	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	2
Ketelmeer + Vossemeer	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	2
Markermeer	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
Randmeren-Oost	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	2
Randmeren-Zuid	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	2
IJsselmeer	n.c.	Vrouwezand	NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
Littoral de la mer des Wadden (eaux côtières)	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	2
Mer des Wadden (eaux côtières)	n.c.	Dantziggat, Doove Balg West	NL	naturelle	naturelle	3	2
Côte hollandaise (eaux côtières)	n.c.	Noordwijk 2	NL	naturelle	naturelle	2	2
Côte de la mer des Wadden (eaux côtières)	n.c.	Boomkendsdiep	NL	naturelle	naturelle	2	3

Annexe 2 : évaluation de l'élément de qualité biologique 'Macrophytes/phytobenthos' dans le Rhin selon la DCE pour le Plan de gestion 2009 et le PdG 2015

Évaluation de l'élément de qualité biologique 'Macrophytes/phytobenthos' dans le Rhin selon la DCE pour le PdG 2009 et le PdG 2015	/.	Evaluation des éléments de qualité non requise	très bon	1	Potentiel écologique
			bon	2	2
Mise à jour : décembre 2015		pas de recensement ou d'évaluation de l'élément / base de données insuffisante	moyen	3	3
			médiocre	4	4
		Macrophytes/phytobenthos : ** en DE-BW, ce résultat se réfère à l'ensemble des éléments biologiques. En France, l'évaluation porte uniquement sur les diatomées.	médiocre	5	5
masse d'eau	PK	Station d'analyse CIPR du contrôle de surveillance dans la masse d'eau	Etat / Land	PdG 2009	PdG 2015
RHIN ALPIN Reichenau – lac de Constance					
AR 3 Rhin alpin, masse d'eau de surface AT 10109000		Fussach	AT / Vorarlberg/CH (SG)	2	2
LAC DE CONSTANCE					
BOD-OS Lac supérieur du lac de Constance	aucun kilométrage	Fischbach-Uttwil	DE-BW	2	2
BOD-USZ Lac inférieur du lac de Constance		Lac de Zeller	CH / St. Gall	2	2
HAUT RHIN (Lac de Constance – Bâle)					
Haut Rhin 1 - du lac de Constance au débouché de l'Aar	24-102,7	Stein, Ellikon	CH / DE-BW	1	2
Haut Rhin 2 - du débouché de l'Aar à Bâle	102,7-170	Sisseln, Pratteln/Wyhlen	CH / DE-BW	1	2
RHIN SUPERIEUR (Bâle - Bingen)					
Rhin supérieur 1 - OR 1 - Vieux Rhin de Bâle à Breisach	170-225	Weil am Rhein	DE-BW	1	3
			FR	2	2
			<i>Résultat de la concertation</i>		
Rhin supérieur 2 - OR 2 - Rhin 2 - Ensemble de festons du Rhin de Breisach à Strasbourg	225-292	en amont de Rhinau	DE-BW	2	3
			FR	2	2
			<i>Résultat de la concertation</i>		
Rhin supérieur 3 - OR 3 - Rhin 3 - Rhin canalisé de Strasbourg à Iffezheim	292-352	en amont de Gamsheim	DE-BW	2	3
			FR	3	2
			<i>Résultat de la concertation</i>		
Rhin supérieur 4 - OR 4 - Rhin 4 - Du barrage d'Iffezheim jusqu'en amont du débouché de la Lauter	352-428	en amont de Lauterbourg-Karlsruhe	DE-BW	2	3
			FR		3
			<i>Résultat de la concertation</i>		
Rhin supérieur 5 - OR 5 - Débouché de la Lauter jusqu'au débouché du Neckar	352-428		DE-BW	2	3
			DE- RP	2	3
Rhin supérieur 6 - OR 6 - Débouché du Neckar jusqu'au débouché du Main	428 - 497	Worms	DE-BW	3	3
			DE-HE		3
Rhin supérieur 7 - OR 7 - Débouché du Main jusqu'au débouché de la Nahe	497 - 529	de Mayence/Wiesbaden	DE-HE		3
			DE- RP	3	3
RHIN MOYEN (Bingen - Bonn)					
Rhin moyen (MR)	529-639	Coblence	DE-HE		3
			DE- RP	3	3
RHIN INFÉRIEUR (Bonn - Clèves-Bimmen/Lobith)					
Rhin inférieur 1 - NR 1 - de Bad Honnef à Leverkusen	639-701	Cologne-Godorf	DE-NW	3	3
Rhin inférieur 2 - NR 2 - de Leverkusen à Duisbourg	701-764	Port de Düsseldorf	DE-NW	2	4
Rhin inférieur 3 - NR 3 - de Duisbourg à Wesel	764-811	Duisburg-Walsum /Orsoy	DE-NW	3	3
Rhin inférieur 4 - NR 4 - de Wesel à Clèves	811-865	Niedermermer / Rees	DE-NW	2	3
DELTA DU RHIN (Lobith – Hoek van Holland)					
Boven-Rijn, Waal	880-930	Lobith	NL	2	2
Maas-Waalkanaal	n.c.		NL	/.	/.
Nederrijn/Lek	954-980		NL	2	3
Dordtse Biesbosch	972-982		NL	2	2
Beneden Merwede, Boven Merwede, Sliedrechtse Biesbosch, Waal, Afdamde Maas-Noord	n.c.		NL	/.	/.
Oude Maas (en amont du Hartelkanaal), Spui, Noord, Dordtse Kil, Lek jusqu'à Hagestein	977-998		NL	2	2
Hollandsche IJssel	n.c.		NL	/.	/.
Nieuwe Maas, Oude Maas (en aval du Hartelkanaal)	n.c.		NL	/.	/.
Nieuwe Waterweg, Hartelkanaal, Calandkanaal, Beerkanaal	998-1013	Maassluis	NL	2	2
Amsterdam-Rijnkanaal Betuwepand	n.c.		NL	/.	/.
Amsterdam-Rijnkanaal Noordpand	n.c.		NL	/.	/.
Noordzeekanaal	n.c.		NL	/.	/.
Twentekanaalen	n.c.		NL	/.	/.
Zwarte meer	n.c.		NL	/.	/.
Ketelmeer + Vossemeer	n.c.		NL	/.	/.
Markermeer	n.c.		NL	/.	/.
Randmeren-Oost	n.c.		NL	/.	/.
Randmeren-Zuid	n.c.		NL	/.	/.
IJsselmeer	n.c.	Vrouwezand	NL	2	2
Littoral de la mer des Wadden (eaux côtières)	n.c.		NL	5	3
Mer des Wadden (eaux côtières)	n.c.	Dantziggat, Doove Balg West	NL	4	4
Côte hollandaise (eaux côtières)	n.c.	Noordwijk	NL		
Côte de la mer des Wadden (eaux côtières)	n.c.	Boomkensdiep	NL	/.	/.
Dans les masses d'eau 'Mer des Wadden' et 'Littoral de la mer des Wadden', l'évaluation ne se fonde pas sur le phytobenthos mais sur les zostères et les pucnelles maritimes (qualité et quantité).					
Aux Pays-Bas, les échelles d'évaluation appliquées aux macrophytes (et aux poissons) ont été perfectionnées en 2012, ce qui fait que les valeurs fournies par l'indice de qualité écologique EKR (<i>ecologische kwaliteitsratio</i>) s'écartent parfois fortement des anciennes valeurs. Pour pouvoir comparer les anciennes échelles aux nouvelles, les données de 2012 ont été vérifiées à partir des deux échelles. Le bon potentiel écologique a ensuite été adapté de façon à ce que les évaluations de 2009 puissent malgré tout être comparées de manière satisfaisante à celles de 2012.					

Annexe 3 : évaluation du macrozoobenthos dans le Rhin selon la DCE pour le Plan de gestion 2009 et le PdG 2015

Évaluation du macrozoobenthos dans le Rhin selon la DCE pour le PdG 2009 et le PdG 2015					très bon	1	Potentiel écologique
					bon	2	2
Mise à jour : décembre 2015					moyen	3	3
Evaluation des éléments de qualité non requise					médiocre	4	4
pas de recensement ou d'évaluation de l'élément / base de données insuffisante					mauvais	5	5
masse d'eau	PK	Station d'analyse CIPR du contrôle de surveillance dans la masse d'eau	Etat / Land	Catégorie PdG 2009	Catégorie PdG 2015	PdG 2009	PdG 2015
RHIN ALPIN Reichenau – lac de Constance							
AR 3 Rhin alpin, masse d'eau de surface AT 10109000		Fussach	AT / Vorarlberg/CH (SG)	fortement modifiée	fortement modifiée	3	2
LAC DE CONSTANCE							
BOD-OS Lac supérieur du lac de Constance	aucun kilométrage	Fischbach-Uttwil	DE-BW	naturelle	naturelle		/
BOD-USZ Lac inférieur du lac de Constance		Lac de Zeller	CH / St. Gall	naturelle	naturelle		
HAUT RHIN (Lac de Constance – Bâle)							
Haut Rhin 1 d'Eschenzer Horn jusqu'en amont de l'Aar	24-102,7	amont du débouché Hemishofer B. - Rietheim	CH / DE-BW	naturelle	naturelle	2	2
Haut Rhin 2 en aval de l'Aar jusqu'à la Wiese (incluse)	102,7-170	aval du débouché Aar - Bâle	CH / DE-BW	fortement modifiée	naturelle	3	3
RHIN SUPERIEUR (Bâle - Bingen)							
Rhin supérieur 1 - OR 1 - Vieux Rhin de Bâle à Breisach	170-225	Weil am Rhein	DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
			FR	fortement modifiée	fortement modifiée	3	
		<i>Résultat de la concertation</i>			fortement modifiée	fortement modifiée	
Rhin supérieur 2 - OR 2 - Rhin 2 - Ensemble de festons du Rhin de Breisach à Strasbourg	225-292	en amont de Rhinau	DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée	4	4
			FR	fortement modifiée	fortement modifiée		4
<i>Résultat de la concertation</i>			fortement modifiée	fortement modifiée		4	
Rhin supérieur 3 - OR 3 - Rhin 3 - Rhin canalisé de Strasbourg à Iffezheim	292-352	en amont de Gamsheim	DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée	4	3
			FR	fortement modifiée	fortement modifiée	4	5
		<i>Résultat de la concertation</i>			fortement modifiée	fortement modifiée	
Rhin supérieur 4 - OR 4 - Rhin 4 - Du barrage d'Iffezheim jusqu'en amont du débouché de la Lauter	352-428	Karlsruhe	DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée	4	3
			FR	fortement modifiée	fortement modifiée	4	4
		<i>Résultat de la concertation</i>			fortement modifiée	fortement modifiée	4
Rhin supérieur 5 - OR 5 - Débouché de la Lauter jusqu'au débouché du Neckar	352-428		DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée	3	4
			DE- RP	fortement modifiée	fortement modifiée	3	4
Rhin supérieur 6 - OR 6 - Débouché du Neckar jusqu'au débouché du Main	428 - 497		DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée	4	3
			DE-HE	fortement modifiée	fortement modifiée	4	3
			Worms	DE- RP	fortement modifiée	fortement modifiée	4
Rhin supérieur 7 - OR 7 - Débouché du Main jusqu'au débouché de la Nahe	497 - 529	de Mayence/Wiesbaden	DE-HE	fortement modifiée	fortement modifiée	4	2
			DE- RP	fortement modifiée	fortement modifiée	3	2
RHIN MOYEN (Bingen - Bonn)							
Rhin moyen (MR)	529-639		DE-HE	fortement modifiée	fortement modifiée	4	2
			Coblence	DE- RP	fortement modifiée	fortement modifiée	4
RHIN INFÉRIEUR (Bonn - Clèves-Bimmen/Lobith)							
Rhin inférieur 1 - NR 1 - de Bad Honnef à Leverkusen	639-701	Cologne-Godorf	DE-NW	fortement modifiée	fortement modifiée	4	3
Rhin inférieur 2 - NR 2 - de Leverkusen à Duisbourg	701-764	Port de Düsseldorf	DE-NW	fortement modifiée	fortement modifiée	4	4
Rhin inférieur 3 - NR 3 - de Duisbourg à Wesel	764-811	Duisburg-Walsum /Orsoy	DE-NW	fortement modifiée	fortement modifiée	5	4
Rhin inférieur 4 - NR 4 - de Wesel à Clèves	811-865	Niedermoermter / Rees	DE-NW	fortement modifiée	fortement modifiée	5	4
DELTA DU RHIN Lobith – Hoek van Holland							
Boven-Rijn, Waal	880-930	Lobith	NL	fortement modifiée	fortement modifiée	4	4
Maas-Waalkanaal	n.c.		NL	artificielle	artificielle	2	2
Nederrijn/Lek	954-980		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	4
Dordtse Biesbosch, Nieuwe Merwede	972-982		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	4	3
Beneden Merwede, Boven Merwede, Sliedrechtse Biesbosch, Waal, Afgedamde Maas-Noord	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	4	3
Oude Maas (en amont du Hartelkanaal), Spui, Noord, Dordtsche Kil, Lek jusqu'à Hagestein	977-998		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	2
Hollandsche IJssel	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	4	4
Nieuwe Maas, Oude Maas (en aval du Hartelkanaal)	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	2	2
Nieuwe Waterweg, Hartelkanaal, Calandkanaal, Beerkanaal	998-1013	Maassluis	NL	artificielle	artificielle	2	2
Amsterdam-Rijnkanaal Betuwepand	n.c.		NL	artificielle	artificielle	2	2
Amsterdam-Rijnkanaal Noordpand	n.c.		NL	artificielle	artificielle	2	2
Noordzeekanaal	n.c.		NL	artificielle	artificielle	2	3
IJssel	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	4	4
Twentekanaalen	n.c.		NL	artificielle	artificielle	2	2
Zwarte meer	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
Ketelmeer + Vossemeer	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
Markermeer	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	2	3
Randmeren-Oost	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	2
Randmeren-Zuid	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
IJsselmeer	n.c.	Vrouwezand	NL	fortement modifiée	fortement modifiée	2	2
Littoral de la mer des Wadden (eaux côtières)	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
Mer des Wadden (eaux côtières)	n.c.	Dantziggat, Doove Balg West	NL	naturelle	naturelle	2	3
Côte hollandaise (eaux côtières)	n.c.	Noordwijk	NL	naturelle	naturelle	2	3
Côte de la mer des Wadden (eaux côtières)	n.c.	Boomkensdiep	NL	naturelle	naturelle	3	2

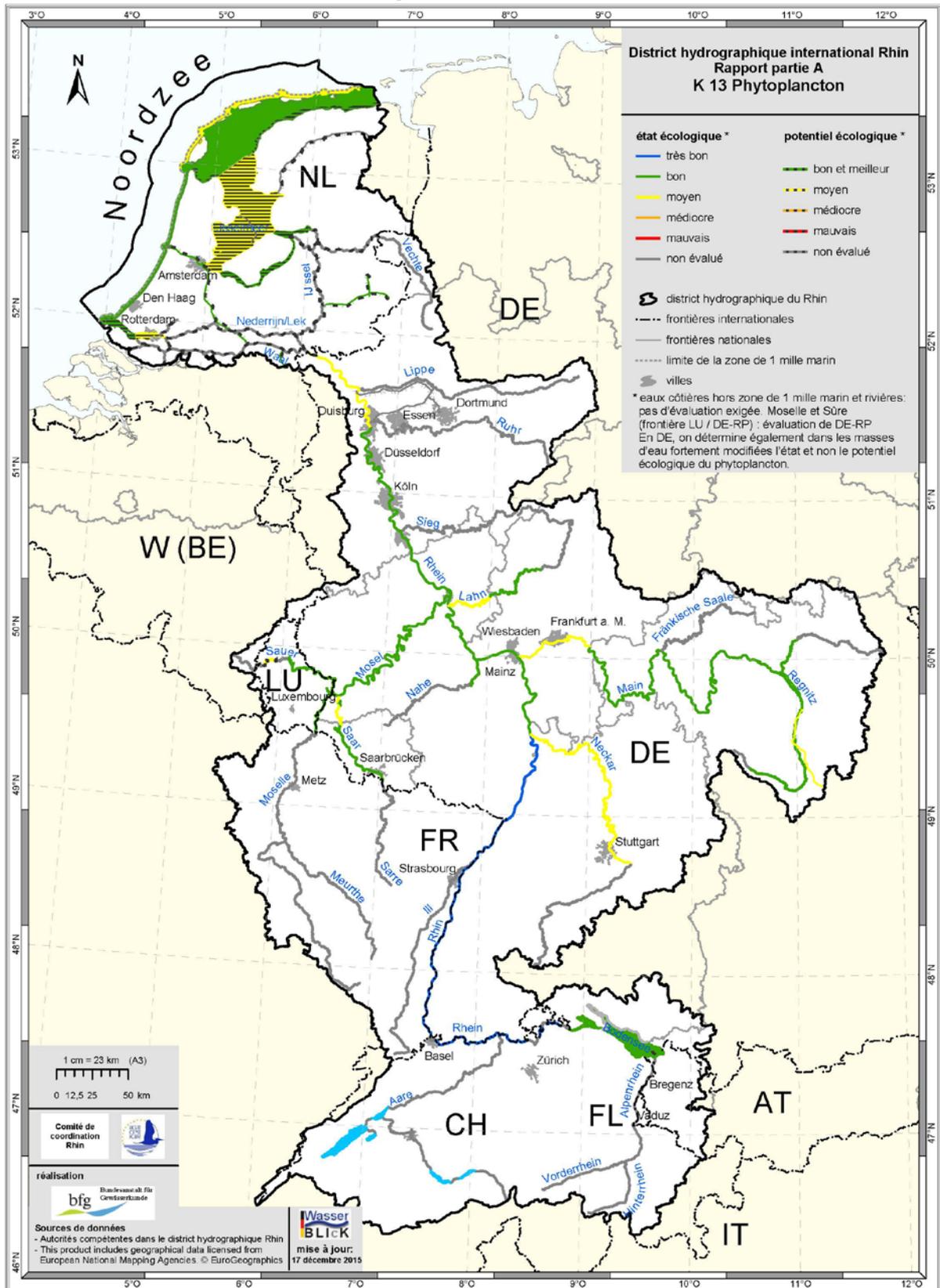
Annexe 4 : évaluation de la faune piscicole dans le Rhin selon la DCE pour le Plan de gestion 2009 et le projet de PdG 2015

Évaluation de la faune piscicole du Rhin selon la DCE pour le PdG 2009 et le PdG 2015	J.	Évaluation des éléments de qualité non requise		très bon	1	Potentiel écologique	
		Pas de recensement ou d'évaluation de l'élément / base de données insuffisante		bon	2	2	
		évaluations différentes		moyen	3	3	
		Poissons : En DE-NW, il n'a pas encore été déterminé de potentiel écologique dans les affluents du Rhin inférieur. Dans les masses d'eau 'Rhin supérieur 7' et 'Rhin moyen', l'écart du principe one-out-all-out est ajusté entre DE-RP et DE-HE (les résultats obtenus pour les poissons en DE-RP sont plus représentatifs). L'évaluation de la faune piscicole diffère entre DE-BW et FR dans les masses d'eau OR 1 à OR 4. Il n'a pas été obtenu d'accord sur cet élément de qualité biologique.		modeste	4	4	
Mise à jour : décembre 2015					modeste	5	5
masse d'eau	PK	Station d'analyse CIPR du contrôle de surveillance dans la masse d'eau	Etat / Land	Catégorie PdG 2009	Catégorie PdG 2015	PdG 2009	PdG 2015
RHIN ALPIN Reichenau – lac de Constance							
AR 3 Rhin alpin, masse d'eau de surface AT 10109000		Fussach	AT / Vorarlberg/C. H. (SC)	fortement modifiée	fortement modifiée	5	5
LAC DE CONSTANCE							
BOD-OS Lac supérieur du lac de Constance	aucun kilométrage	Fischbach-Uttwil	DE-BW	naturelle	naturelle		2
BOD-USZ Lac inférieur du lac de Constance		Lac de Zeller	DE-BW	naturelle	naturelle		
HAUT RHIN (Lac de Constance – Bâle)							
haut Rhin 1 - du lac de Constance au débouché de l'Aar	24-102,7	Hohentengen, Kadelburg	CH / DE-BW	naturelle	naturelle	3	3
haut Rhin 2 - du débouché de l'Aar à Bâle	102,7-170	en amont et en aval de Rheinfelden	DE-BW	fortement modifiée	naturelle	2	
RHIN SUPERIEUR (Bâle - Bingen)							
Rhin supérieur 1 - OR 1 - Vieux Rhin de Bâle à Breisach	170-225	Weil am Rhein	DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
			FR	fortement modifiée	fortement modifiée		2
		évaluations différentes		fortement modifiée	fortement modifiée		
Rhin supérieur 2 - OR 2 - Rhin 2 - Ensemble de festons du Rhin de Breisach à Strasbourg	225-292	en amont de Rhinau	DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée	3	4
			FR	fortement modifiée	fortement modifiée		2
		évaluations différentes		fortement modifiée	fortement modifiée		
Rhin supérieur 3 - OR 3 - Rhin 3 - Rhin canalisé de Strasbourg à Iffezheim	292-352	en amont de Gamsheim	DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
			FR	fortement modifiée	fortement modifiée		2
		évaluations différentes		fortement modifiée	fortement modifiée		
Rhin supérieur 4 - OR 4 - Rhin 4 - Du barrage d'Iffezheim jusqu'en amont du débouché de la Lauter	352-428	Karlsruhe	DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
			FR	fortement modifiée	fortement modifiée		2
		évaluations différentes		fortement modifiée	fortement modifiée		
Rhin supérieur 5 - OR 5 - Débouché de la Lauter jusqu'au débouché du Neckar	352-428		DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
			DE- RP	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
Rhin supérieur 6 - OR 6 - Débouché du Neckar jusqu'au débouché du Main	428 - 497	Worms	DE-BW	fortement modifiée	fortement modifiée	4	3
			DE-HE	fortement modifiée	fortement modifiée		3
Rhin supérieur 7 - OR 7 - Débouché du Main jusqu'au débouché de la Nahe	497 - 529	de Mayence/Wiesbaden	DE- RP	fortement modifiée	fortement modifiée	4	3
			DE-HE	fortement modifiée	fortement modifiée	3	4
		évaluations différentes		fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
RHIN MOYEN (Bingen - Bonn)							
Rhin moyen (MR)	529-639	Coblence	DE-HE	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
			DE- RP	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
RHIN INFÉRIEUR (Bonn - Clèves-Bimmen/Lobith)							
Rhin inférieur 1 - NR 1 - de Bad Honnef à Leverkusen	639-701	Cologne-Godorf	DE-NW	fortement modifiée	fortement modifiée	2	3
Rhin inférieur 2 - NR 2 - de Leverkusen à Duisbourg	701-764	Port de Dusseldorf	DE-NW	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
Rhin inférieur 3 - NR 3 - de Duisbourg à Wesel	764-811	Duisburg-Walsum /Orsoy	DE-NW	fortement modifiée	fortement modifiée	3	4
Rhin inférieur 4 - NR 4 - de Wesel à Clèves	811-865	Niedermaerter / Rees	DE-NW	fortement modifiée	fortement modifiée	4	4
DELTA DU RHIN Lobith – Hoek van Holland							
Boven-Rijn, Waal	880-930	Lobith	NL	fortement modifiée	fortement modifiée	4	4
Maas-Waalkanaal	n.c.		NL	artificielle	artificielle	2	2
Nederrijn/Lek	954-980		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	4	3
Dordtse Biesbosch	972-982		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	4
Beneden Merwede, Boven Merwede, Sliedrechtse Biesbosch, Waal, Afgedamde Maas-Noord	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
Oude Maas (en amont du Hartelkanaal), Spui, Noord, Dordtsche Kil, Lek jusqu'à Hagestein	977-998		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
Hollandsche IJssel	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
Nieuwe Maas, Oude Maas (en aval du Hartelkanaal)	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée		3
Nieuwe Waterweg, Hartelkanaal, Calandkanaal, Beerkanaal	998-1013	Maassluis	NL	artificielle	artificielle		3
Amsterdam-Rijnkanaal Betuwepand	n.c.		NL	artificielle	artificielle	3	2
Amsterdam-Rijnkanaal Noordpand	n.c.		NL	artificielle	artificielle	3	2
Noordzeekanaal	n.c.		NL	artificielle	artificielle	2	2
IJssel	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	4	3
Twentekanal	n.c.		NL	artificielle	artificielle	2	2
Zwarte meer	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	2	2
Ketelmeer + Vossemeer	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	2	2
Markermeer	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	2	2
Randmeren-Oost	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	2	2
Randmeren-Zuid	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	2
IJsselmeer	n.c.	Vrouwezand	NL	fortement modifiée	fortement modifiée	3	3
Littoral de la mer des Wadden (eaux côtières)	n.c.		NL	fortement modifiée	fortement modifiée	.	.
Mer des Wadden (eaux côtières)	n.c.	Dantziggat, Doove Balg West	NL	naturelle	naturelle	.	.
Côte hollandaise (eaux côtières)	n.c.	Noordwijk	NL	naturelle	naturelle	.	.
Côte de la mer des Wadden (eaux côtières)	n.c.	Boomkensdiep	NL	naturelle	naturelle	.	.

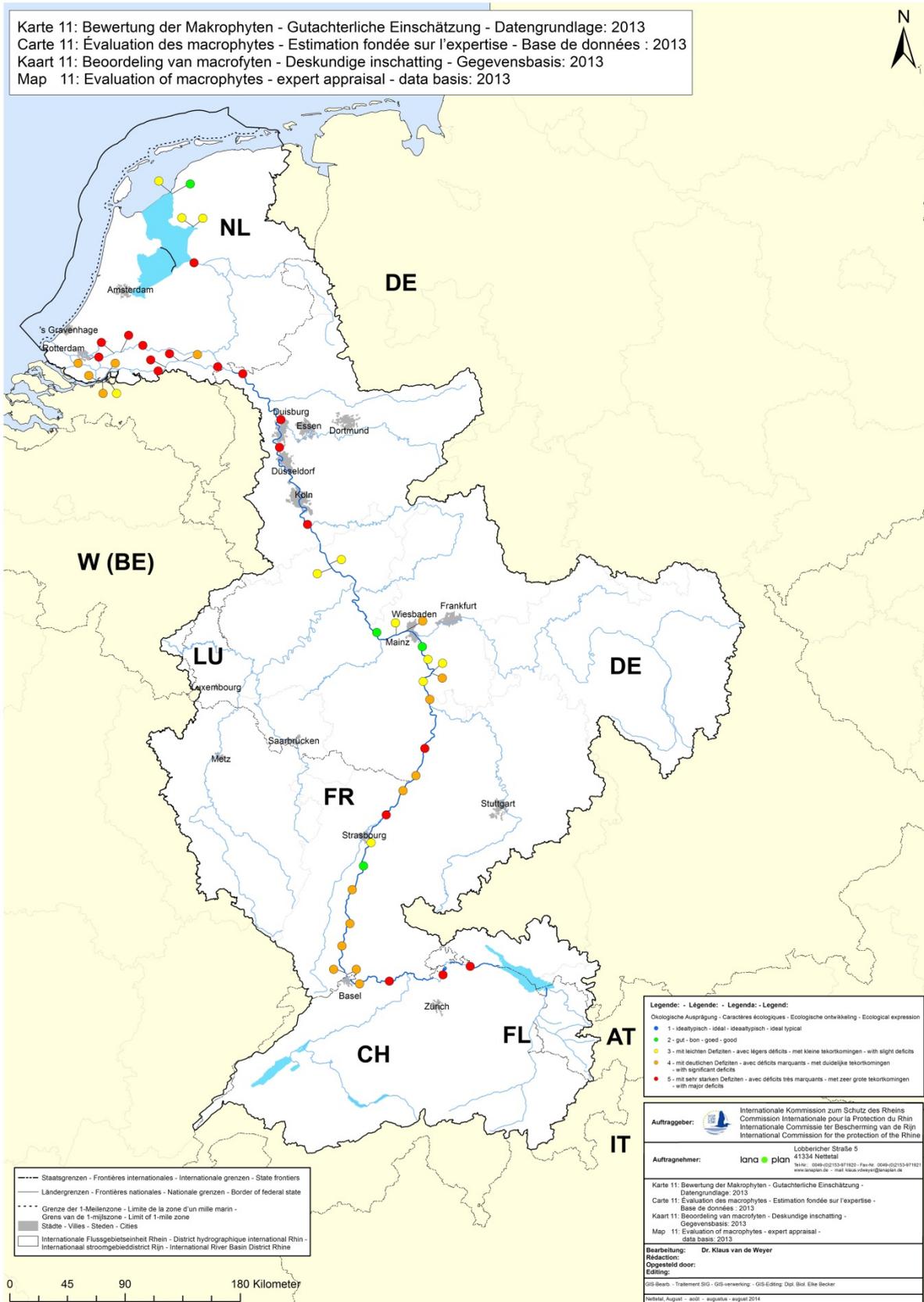
NL : les évaluations de 2009 s'écartent de celles réalisées initialement car elles ont été recalculées à partir d'une échelle d'évaluation améliorée. Elles ont été reprises ici pour autoriser une bonne comparaison avec celles de 2014.

Annexe 5 : carte de l'évaluation du phytoplancton

Carte 13 tirée du 2^e PdG Rhin ; mise à jour d'octobre 2015

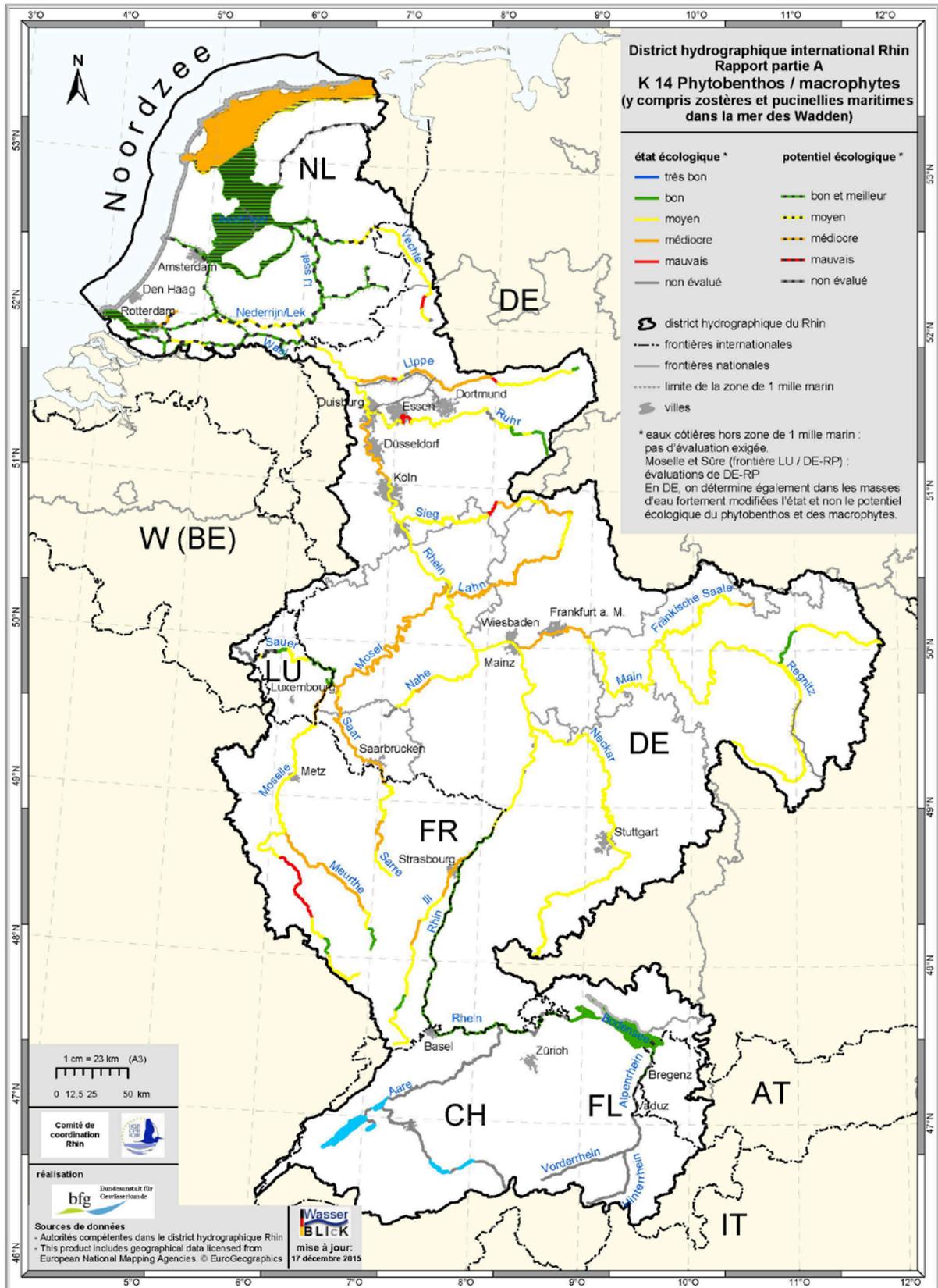


Annexe 6 : carte de la première estimation fondée sur l'expertise de l'élément de qualité 'Macrophytes' (base de données 2013)



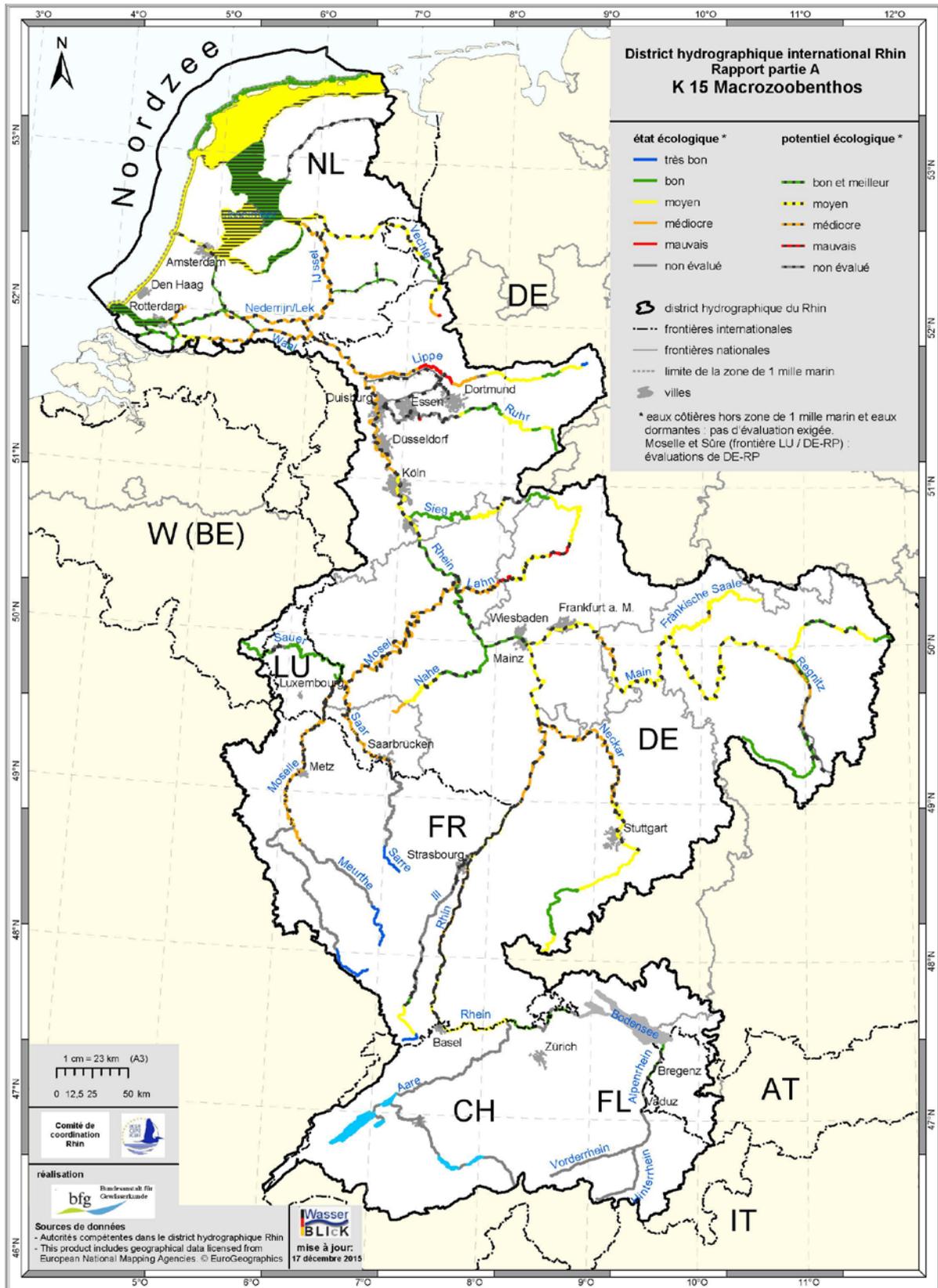
Annexe 7 : carte de l'évaluation du phytobenthos / des macrophytes

Carte 14 tirée du 2^e PdG Rhin



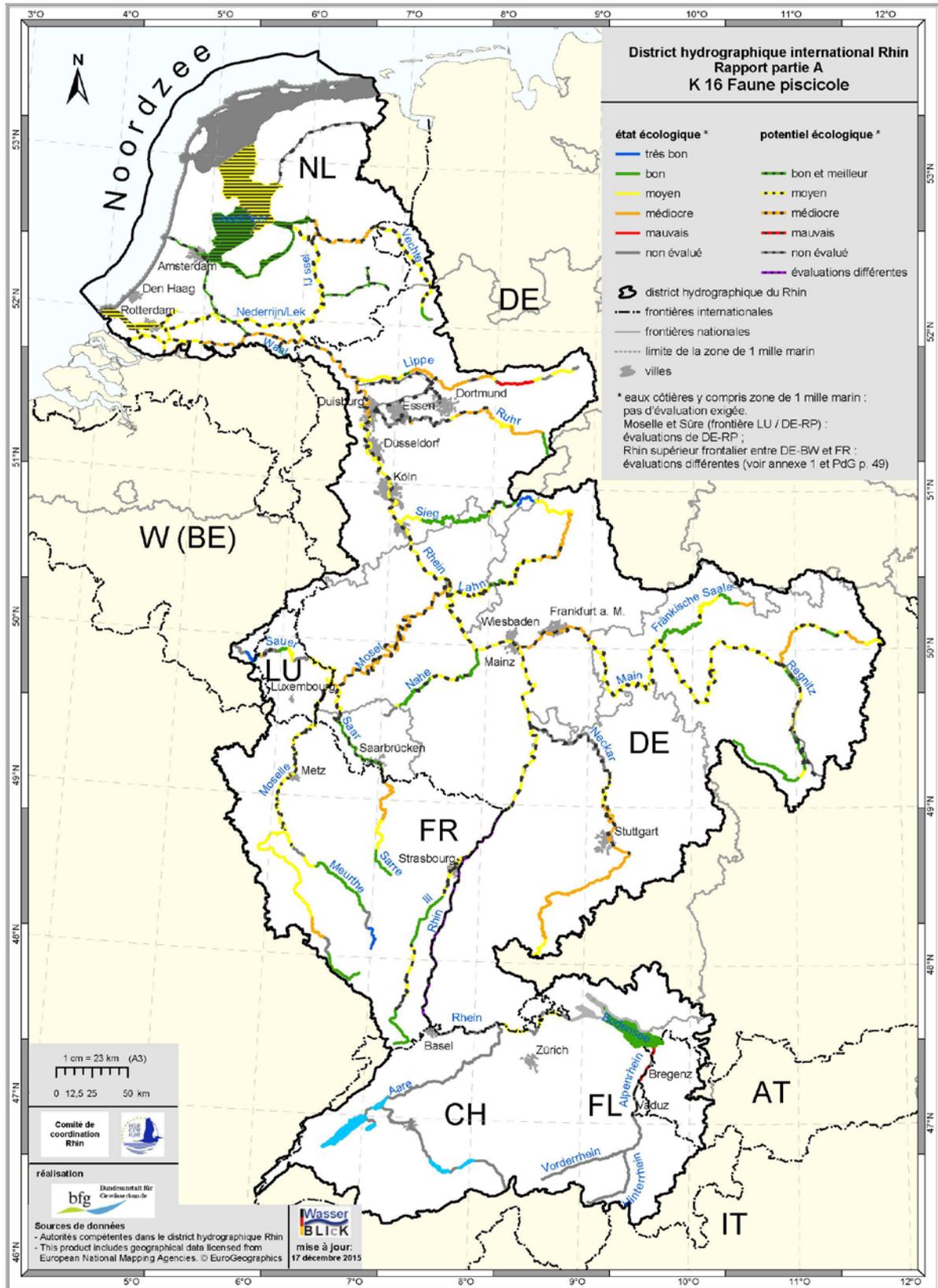
Annexe 8 : carte de l'évaluation du macrozoobenthos

Carte 15 tirée du 2^e PdG Rhin



Annexe 9 : carte de l'évaluation de la faune piscicole

Carte 16 tirée du 2^e PdG Rhin



Annexe 10 : carte de l'évaluation de l'état/du potentiel écologique total

Carte 17 tirée du 2^e PdG Rhin

