



Programme de mesure biologique Rhin 2006/2007, partie II-B (volet macrophytes)

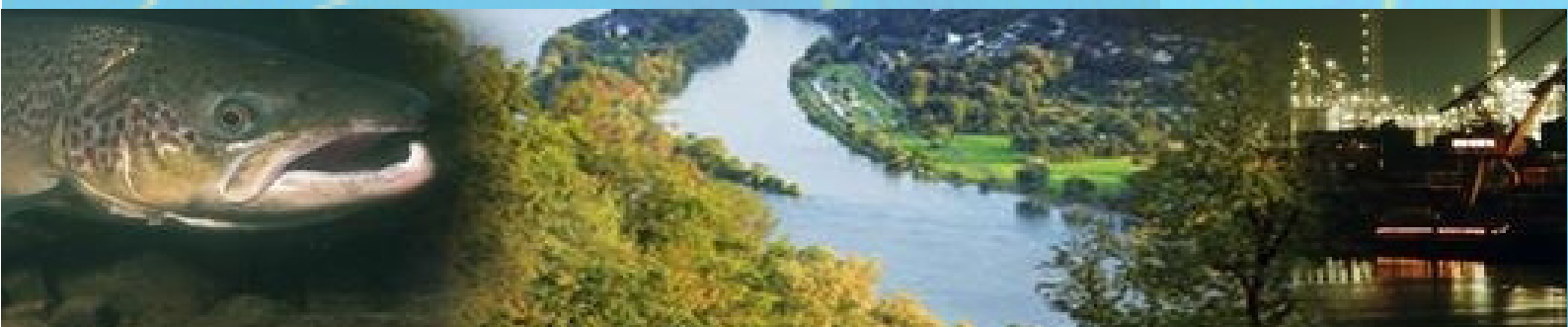
Distribution des macrophytes dans le Rhin

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Rapport n° 170



Editeur:

Comission 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, téléfax +49-(0)261-94252-52
Courrier électronique: sekretariat@iksr.de
www.iksr.org

Traduction: Isabelle Traue, Dominique Falloux

ISBN 3-935324-88-X

© IKSr-CIPR-ICBR 2009

Programme de mesure biologique Rhin 2006/2007, partie II-B
(volet macrophytes)

Distribution des macrophytes dans le Rhin

Rédaction : Dr. Klaus van de Weyer, Dipl.-Biol. Elke Becker (SIG), lanaplan



Résumé	3
1. Introduction.....	4
2. Méthodologie	4
2.1. Champ d'étude	4
2.2 Méthode appliquée.....	6
3. Résultats.....	6
3.1 Peuplements	6
3.2 Nombre d'espèces de macrophytes aquatiques.....	7
3.3 Recouvrement global de macrophytes aquatiques.....	8
3.4 Nombre de formes macrophytiques	8
3.5 Présence de différents groupes taxonomiques de macrophytes aquatiques.....	9
3.6 Distribution d'espèces sélectionnées	9
4. Évaluation	14
4.1 Méthodes d'évaluation nationales	14
4.1.1 Suisse	14
4.1.2 Allemagne.....	14
4.1.3 France.....	14
4.1.4 Pays-Bas	14
4.2 Remarques méthodologiques.....	15
4.3 Résultats de l'évaluation – première estimation.....	16
5. Bibliographie.....	18
Tab. 4 : Recouvrement global, nombre d'espèces, strates végétales et présence de groupes macrophytiques aquatiques sélectionnés dans les tronçons du Rhin	21
Tab. 5 : Présence d'espèces macrophytiques sélectionnées dans les tronçons du Rhin	22

Résumé

On a identifié au total 36 espèces de macrophytes aquatiques dans le Rhin. Il s'agit de 23 végétaux supérieurs (et parmi les plus fréquentes *Potamogeton pectinatus* et *Myriophyllum spicatum*), 8 bryophytes et 5 characées.

En tendance, la densité macrophytique, de même que le nombre d'espèces et de strates végétales, s'amenuisent dans le Rhin vers l'aval. Des plantes aquatiques supérieures (spermatophytes et ptéridophytes) sont identifiées dans tous les tronçons du Rhin. Les groupes taxonomiques sensibles à l'eutrophisation (grands potamots et characées submergés) ne sont présents que sur le cours amont jusqu'au Rhin moyen ou se limitent au haut Rhin et à l'IJsselmeer.

Dans le haut Rhin, les trois stations de prélèvement sont riches en espèces et strates végétales (10-14 espèces). Dans le Rhin supérieur et jusqu'au PK 317 du Rhin, ainsi qu'au PK 542 dans le segment le plus en aval, les espèces et strates végétales sont nombreuses (4 à 10 espèces). Les segments intermédiaires affichent un faible nombre d'espèces et sont pauvres en strates végétales. Sur certains tronçons, les macrophytes sont absents. Dans le seul site de prélèvement analysé sur le Rhin moyen, les espèces et strates végétales sont nombreuses. Les peuplements macrophytiques sont bien développés. Les quatre sites de prélèvement du Rhin inférieur sont pauvres en espèces et en strates végétales (3 espèces maximum) et le degré de recouvrement est faible. Dans le delta du Rhin, un site de prélèvement présentant un nombre élevé de strates végétales a été classé de « bonne qualité », alors qu'un autre site a été qualifié de « mauvaise qualité » à cause du faible nombre de strates végétales et du faible recouvrement. Malgré la présence de characées indicatrices d'une bonne qualité de l'eau, l'IJsselmeer a également été classée de « mauvaise qualité » à cause du faible recouvrement et du faible nombre de strates végétales. L'état de la mer des Wadden a lui aussi été qualifié de « mauvais » à cause de la quasi-absence des zostères marines.

1. Introduction

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 aux altérations anthropiques des conditions naturelles de la rivière. Ils sont des indicateurs des interventions dans le régime hydrologique, par ex. la potamalisation et la retenue. Les caractéristiques de la végétation macrophytique reflètent clairement les conditions hydromorphologiques, par ex. la diversité et la dynamique du substrat ou le degré d'aménagement rigide des berges et en partie également du lit mineur.

Le présent rapport répond aux questions suivantes :

- identifier la répartition géographique des macrophytes dans le cours principal du Rhin
- procéder à une évaluation écologique (partielle) du Rhin (pour autant que ceci soit déjà possible)
- estimer le degré d'eutrophisation du Rhin

2. Méthodologie

2.1. Champ d'étude

L'analyse porte sur les 17 types de tronçons du cours principal du Rhin entre la sortie du lac de Constance et le débouché dans la mer du Nord (CIPR 2004). Dans chacun des 17 types de tronçons, on sélectionne au moins une zone d'analyse (surfaces de colonisation ou de colonisation potentielle).

Les analyses sont réalisées par les autorités respectivement compétentes (voir partie I, chap. 2). Le tab. 1 donne un aperçu des sites d'analyses, des compétences des Etats et Länder et de la date (mois/année) des analyses respectives. Il existe pour ce faire des données et rapports non publiés qui ont été évalués. En regard de l'hétérogénéité des données des différentes années, on a également évalué certains jeux de données de 2008.

Pour des raisons pratiques, il n'a pas été possible de prélever des échantillons en 2007 dans les stations suivantes initialement prévues dans le programme de mesure Rhin (CIPR 2006) : 148-Rheinfelden, 217-Breisach et Vieux Rhin, 248-Weisweil (toutes les trois en Allemagne), 174-Kembs (France).

Tab. 1 : Aperçu des sites d'analyse, des compétences des Etats et Länder et de la date (mois/année) des analyses macrophytiques respectives

PK du Rhin	Site d'analyse	Etat / Land	Date d'analyse
	Haut Rhin		
26-29	Stein am Rhein/ Wagenhausen	CH et D-BW	sept. 2006
64	Ellikon/ Rüdlingen	CH et D-BW	sept. 2006
102-126	Laufenburg/Sisseln	CH et D-BW	sept. 2006
	Rhin supérieur		
174	à hauteur de Märkt (Vieux Rhin)	D-BW	sept. 2006
199	Neuenburg, Vieux Rhin	D-BW	sept. 2006
272	à hauteur de Schwanau	D-BW	sept. 2006
291	à hauteur de Kehl	D-BW	sept. 2006
317	Grauelsbaum, bief, rive droite	D-BW	sept. 2006
345	à hauteur de Steinmauern	D-BW	sept. 2006
361	Karlsruhe	D-BW	octobre 2006
435	à hauteur de Mannheim	D-BW	octobre 2006
450	en amont de Rheindürkheim	D-He	août 2006
456	Biblis	D-He	août 2006
477	Schusterwörth	D-He	août 2006
490	Langenaue	D-He	août 2006
509	en amont d'Eltville	D-He	août 2006
512	Heidenfahrt	D-RP	sept. 2006
	Rhin moyen		
542	Bacharach	D-RP	sept. 2006
	Rhin inférieur		
665	Niederkassel	D-NRW	juillet 2008
758	Nierst	D-NRW	juillet 2008
775	Duisburg-Walsum	D-NRW	juillet 2008
855	Emmericher Waard	D-NRW	juillet 2008
	Delta du Rhin		
	NL94_4 Oude Maas - Nederrijn	NL	juillet 2007
	NL93_8 Waal-Nederrijn	NL	juillet 2007
	NL-92 IJsselmeer	NL	juillet 2007

CH : Suisse, D-BW : Bade-Wurtemberg (Allemagne), D-HE : Hesse (Allemagne)

D-RP : Rhénanie-Palatinat (Allemagne), D-NRW : Rhénanie-du-Nord-Westphalie (Allemagne), NL : Pays-Bas

2.2 Méthode appliquée

Les méthodes utilisées sont décrites dans le programme de mesure Rhin de la CIPR (2006). Les techniques de prélèvement des macrophytes sont décrites dans les méthodologies des nations impliquées (AFNOR 2003, SCHAUMBURG et al. 2006, VAN DER MOLEN & POT 2007, voir aussi EN 14184). Les groupes macrophytiques à analyser englobent des plantes supérieures (spermatophytes et ptéridophytes), des characées et des mousses (bryophytes). La nomenclature se base une liste non publiée qui a été élaborée pour la CIPR (VAN DE WEYER & COOPS 2006). L'analyse des peuplements macrophytiques doit se faire en fonction des débits, c'est-à-dire à un niveau moyen ou d'étiage, une fois par an entre la mi-juin et la fin septembre. Les débits annuels variant fortement, il est recommandé de procéder à l'analyse une fois par an (CIPR 2006).

3. Résultats

3.1 Peuplements

On a détecté au total 36 macrophytes aquatiques (voir tab. 2). Il s'agit de 23 végétaux supérieurs, huit mousses et cinq characées. *Potamogeton pectinatus* (13) est le végétal le plus souvent détecté, suivi de *Myriophyllum spicatum* (12) et de *Fontinalis antipyretica* (10).

Tab. 2 : Macrophytes aquatiques identifiés dans le cadre du programme de mesure Rhin

Végétaux supérieurs :	Identifications
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	2*
<i>Azolla filiculoides</i>	1
<i>Butomus umbellatus</i>	1
<i>Ceratophyllum demersum</i>	4
<i>Elodea canadensis</i>	3
<i>Elodea nuttallii</i>	6
<i>Glyceria fluitans</i>	3
<i>Lemna minor</i>	1
<i>Myriophyllum spicatum</i>	12
<i>Najas marina</i>	2
<i>Nasturtium officinale</i>	1
<i>Nuphar lutea</i>	1
<i>Nymphaea alba</i>	1
<i>Polygonum amphibium</i>	1
<i>Potamogeton crispus</i>	3
<i>Potamogeton nodosus</i>	5
<i>Potamogeton pectinatus</i>	12
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	6

<i>Potamogeton pusillus</i>	1
<i>Ranunculus fluitans</i>	6
<i>Sparganium emersum</i>	2
<i>Spirodela polyrhiza</i>	1
<i>Zannichellia palustris</i>	2

*Les données relatives à *Alisma plantago-aquatica* ne permettent pas toujours de dire clairement si l'espèce est aquatique ou héliophyte.

Mousses :	
<i>Amblystegium tenax</i>	1
<i>Cinclidotus danubicus</i>	1
<i>Cinclidotus fontinaloides</i>	2
<i>Cinclidotus riparius</i>	5
<i>Cratoneuron filicinum</i>	1
<i>Fontinalis antipyretica</i>	10
<i>Leptodictyum riparium</i>	1
<i>Hygrohypnum luridum</i>	1

Characées :	
<i>Chara globularis</i>	1
<i>Chara contraria</i>	2
<i>Chara vulgaris</i>	2
<i>Chara aspera</i>	1
<i>Nitella mucronata</i>	1

3.2 Nombre d'espèces de macrophytes aquatiques

La fig. 1 et le tab. 4 font état du nombre d'espèces de macrophytes aquatiques sur le profil du Rhin. Dans le haut Rhin, la végétation macrophytique est diversifiée avec 10 – 14 espèces. Plus en aval, on note une baisse du nombre d'espèces. Sur le Rhin supérieur, le nombre d'espèces varie entre 4 et 10. A partir du PK Rhin 345, le nombre d'espèces augmente sensiblement ; la première station de prélèvement dans laquelle on n'a pas identifié de macrophytes aquatiques se situe à hauteur du PK 456 du Rhin. Les stations de prélèvement de Heidenfahrt (Rhin supérieur, PK 512) et Bacharach (Rhin moyen, PK 542) y font exception, avec 5 et 9 macrophytes aquatiques. Dans le Rhin inférieur et le delta du Rhin, seules ont été détectées 1-3 espèces et 4 dans l'IJsselmeer.

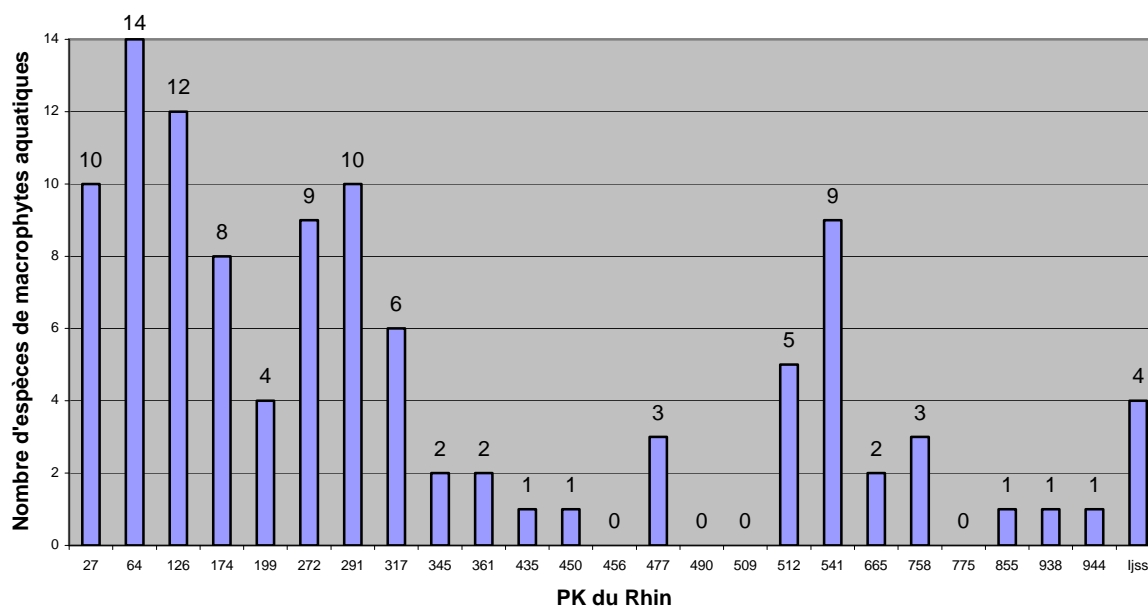


Fig. 1 : Nombre d'espèces de macrophytes aquatiques sur le profil du Rhin

3.3 Recouvrement global de macrophytes aquatiques

Le recouvrement total macrophytique est un critère utilisé dans la méthode d'évaluation néerlandaise appliquée aux rivières (VAN DER MOLEN & POT 2007). Le LANUV NRW (2008) tient également compte du recouvrement global de macrophytes aquatiques. Le tab. 4 présente une évaluation du recouvrement global de macrophytes aquatiques le long du Rhin. Les stations de prélèvement jusqu'au PK du Rhin 345 sont caractérisées par des peuplements macrophytiques bien constitués. C'est également le cas des secteurs de Schusterwörth (PK 477), Heidenfahrt (Rhin supérieur, PK 512) et Bacharach (Rhin moyen, PK 542). Les tronçons du Rhin supérieur (de Karlsruhe à Oberdürkheim, PK 361-450) et du Rhin inférieur et du Rhin inférieur / delta du Rhin (de Niederkassel à Oude Maas, PK 665-944) affichent un faible recouvrement au cours de l'année où ont été prélevés les échantillons. On ne trouve pas de macrophytes aquatiques dans quelques tronçons du Rhin supérieur (Biblis, 456 et Langenaue jusqu'en amont d'Eltille, PK 490-509) ; le recouvrement est très faible dans le delta du Rhin (Waal) et dans l'IJsselmeer.

3.4 Nombre de formes macrophytiques

L'utilisation de formes de macrophytes aquatiques a une longue tradition et se base sur les travaux de DEN HARTOG & SEGAL (1964), voir aussi WIEGLEB (1991). Le nombre de formes de macrophytes aquatiques est pris comme critère dans différentes méthodes d'évaluation (LANUV NRW 2008, VAN DER MOLEN & POT 2007). Pour une description détaillée des strates végétales, on invitera à se reporter au LANUV NRW (2008). La fig. 2 et le tab. 4 font état des strates macrophytiques sur le profil du Rhin. Comme pour le nombre d'espèces, on relève les valeurs les plus élevées jusqu'au PK 317 du Rhin, à hauteur de Heidenfahrt (Rhin supérieur, PK 512) et de Bacharach (Rhin moyen, PK 542). Dans les autres stations de prélèvement, le nombre de formes relevées est faible (1-2) ou inexistant.

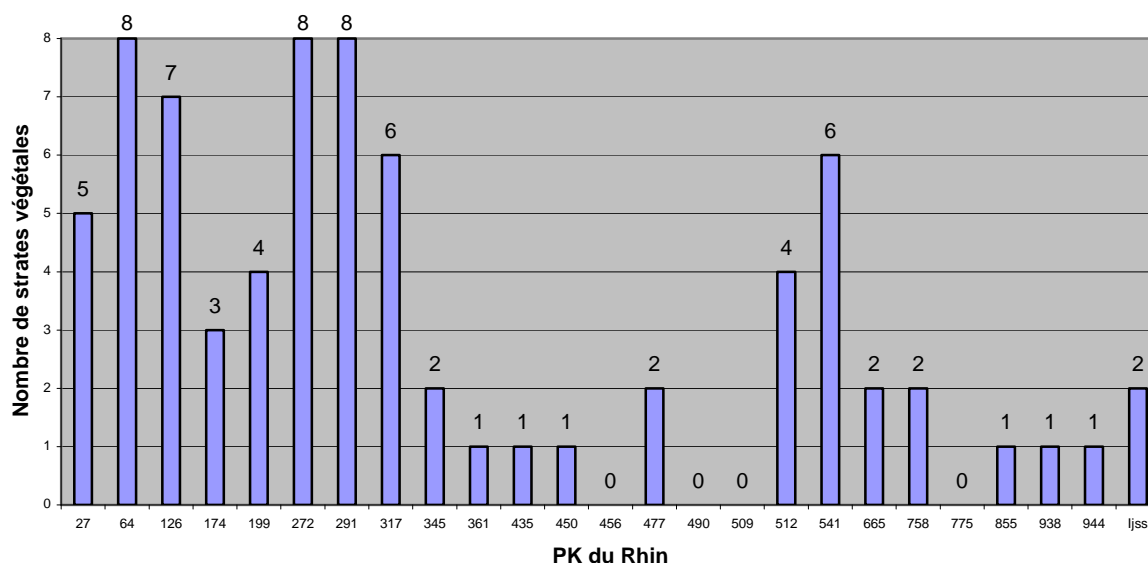


Fig. 2 : Nombre des formes macrophytiques sur le profil du Rhin

3.5 Présence de différents groupes taxonomiques de macrophytes aquatiques

Le tab. 4 présente une évaluation du recouvrement global de différents groupes taxonomiques de macrophytes aquatiques sur le profil du Rhin. Des mousses aquatiques (bryophytes) sont détectées dans le haut Rhin, le Rhin supérieur et le Rhin moyen. Les mousses dominent dans deux stations de prélèvement (Markt, PK 194, et Steinmauern, PK 345). Les mousses aquatiques ont besoin de substrats durs et stables ; la plupart des espèces privilégient les très forts courants, là où les grands végétaux ne peuvent plus s'implanter. Dans le cadre d'autres études (FRAHM 1997), on a identifié des mousses aquatiques pouvant également s'implanter au-dessus du niveau moyen des eaux (cf. LUA NRW 2003).

A une exception près, on ne trouve de characées que sur le haut Rhin où elles dominent dans la première station de prélèvement (Stein, PK 27) ainsi que dans l'Ijsselmeer. La plupart des représentants de ce groupe sont des bioindicateurs de teneurs trophiques faibles (GUTOWSKI et al. 1998, KOHLER 1982, KRAUSE 1981, 1997, SCHNEIDER 2000, VAN RAAM 1998).

Des plantes aquatiques supérieures (spermatophytes et ptéridophytes) sont identifiées dans tous les tronçons du Rhin.

3.6 Distribution d'espèces sélectionnées

3.6.1 *Ranunculus fluitans*

Ranunculus fluitans est une espèce typique de la partie rhithrale des rivières et caractéristique des tronçons rhénans à écoulement rapide. Des proliférations massives de cette espèce sont décrites pour le haut Rhin (HUBER 1976).

Le tab. 5 fait état de la distribution dans le Rhin. L'espèce est identifiée dans le haut Rhin (Ellikon et Sisseln), dans trois stations de prélèvement du Rhin supérieur (Markt, Neuenburg, Steinmauern) et dans le Rhin moyen (Bacharach). On ne trouve plus *Ranunculus fluitans* dans le Rhin inférieur, mais des documents historiques prouvent que l'espèce était présente et en regard des caractéristiques des sites on pourrait supposer qu'elle le soit (LUA NRW 2005).



Fig. 3 : *Ranunculus fluitans* (Photo : K. van de Weyer)

3.6.2 *Potamogeton nodosus*

Potamogeton nodosus est une espèce typique de la partie potamale des rivières et caractéristique des tronçons rhénans à écoulement lent. En néerlandais, l'espèce est appelée « Rivierfonteinkruid » (potamot de rivière). Ce terme montre qu'aux Pays-Bas, ainsi que dans le nord et l'ouest de l'Allemagne, elle se propage en particulier dans les grands fleuves, rivières et zones alluviales. Cette espèce est un indicateur du bon potentiel écologique du Rhin inférieur (LUA NRW 2005).

Le tab. 5 fait état de la distribution dans le Rhin. *Potamogeton nodosus* est identifié respectivement dans deux tronçons du Rhin supérieur et du Rhin inférieur ainsi que dans le Rhin moyen. Il existe également des preuves plus anciennes de sa présence dans le delta du Rhin (COOPS et al. 1993).



Fig. 4 : *Potamogeton nodosus* (Photo : K. van de Weyer)

3.6.3 *Chara vulgaris*

Chara vulgaris appartient au groupe des characées. Parmi les characées, elle fait partie des espèces supportant une légère eutrophisation (KRAUSE 1981, 1997). On la trouve dans les eaux oligotrophes, mésotrophes et eutrophes. Le tab. 5 fait état de la distribution dans le Rhin. La présence de cette espèce se limite aux deux stations de prélèvement les plus en amont du haut Rhin. Sa présence est combinée à celle de *Chara contraria* et de *Chara globularis*. Ces espèces sont dominantes dans la station de prélèvement de Stein. Leur présence doit être vue en relation avec les peuplements étendus de characées dans le lac de Constance (voir SCHMIEDER 1999, 2004). Vient s'y ajouter une autre espèce de characée, *Chara aspera*, dans l'IJsselmeer.



Fig. 5 : *Chara vulgaris* (Photo : H. Stark)

3.6.4 *Potamogeton perfoliatus*

Potamogeton perfoliatus appartient au groupement des grands potamots (magnopotamides). La distribution de cette espèce se concentre dans les eaux mésotrophes et eutrophes. Lorsque l'eutrophisation est plus forte, cette espèce disparaît, comme on a pu le constater dans différents cours d'eau (LANUV NRW 2008, SCHÜTZ et al. 2008). Le tab. 5 fait état de la distribution dans le Rhin. La présence de l'espèce se limite au haut Rhin et au tronçon amont du Rhin supérieur (jusqu'au PK 291).

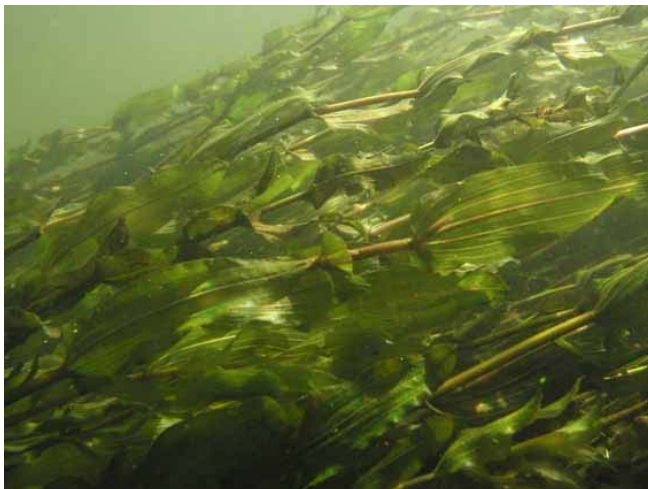


Fig. 6 : *Potamogeton perfoliatus* (Photo : K. van de Weyer)

3.6.5 *Potamogeton pectinatus*

Potamogeton pectinatus appartient au groupement des petits potamots (parvopotamides). Cette espèce est euryèce et colonise les plans d'eau et rivières oligotrophes, mésotrophes, eutrophes et polytrophes. Le tab. 5 fait état de la distribution dans le Rhin. *Potamogeton pectinatus* est identifié dans tous les tronçons du Rhin (du haut Rhin au delta du Rhin, y compris IJsselmeer).



Fig. 7 : *Potamogeton pectinatus* (Photo : K. van de Weyer)

3.6.6 *Elodea nuttallii*

Elodea nuttallii est une espèce néophyte qui s'est implantée et répandue très rapidement en Europe centrale au milieu du siècle dernier (IEEP 2008, POT 2003, THIEBAUT 2007, VAN DE WEYER & HUSSNER 2008). Cette espèce est insensible à la teneur en calcaire et au degré de trophie. Le tab. 5 fait état de la distribution dans le Rhin. *Elodea nuttallii* est détectée dans le haut Rhin, le Rhin supérieur et le Rhin moyen.



Fig. 8 : *Elodea nuttallii* (Photo : K. van de Weyer)

3.6.7 *Fontinalis antipyretica*

Fontinalis antipyretica est une mousse aquatique présente dans les plans d'eau et les rivières. Cette espèce est insensible à la teneur en calcaire et au degré de trophie. Le tab. 5 fait état de la distribution dans le Rhin. *Fontinalis antipyretica* est détectée dans le haut Rhin, le Rhin supérieur et le Rhin moyen ainsi que dans le delta du Rhin. Il existe également d'autres détections de OESAU (1999) und FRAHM & ABTS (1993) ; certaines de ces identifications ont éventuellement été faites au-dessus du niveau moyen des eaux.



Fig. 9 : *Fontinalis antipyretica* (Photo : K. van de Weyer)

3.6.8 *Cinclidotus riparius*

Cinclidotus riparius est une mousse aquatique calcophile ; selon FRAHM & ABTS (1993) et NEBEL & PHILIPPI (2000), elle supporte la pollution. D'après MEINUNGER & SCHRÖDER (2007), on trouve cette espèce en Allemagne « sur des pierres dans les grandes rivières riches en calcaires, autour du niveau moyen des eaux ». Les cartes de distribution de FRAHM & ABTS (1993), MEINUNGER & SCHRÖDER (2007), NEBEL & PHILIPPI (2000) et OESAU (1999) font état d'une distribution continue de *Cinclidotus riparius* dans le Rhin. Dans le cadre du programme de mesure Rhin (voir tab. 5), cette espèce n'a toutefois été observée que deux fois, respectivement dans le haut Rhin et le Rhin supérieur. Notons par ailleurs que toutes les espèces de *Cinclidotus* apparaissent également au-dessus du niveau moyen des eaux (LUA NRW 2003).

4. Évaluation

4.1 Méthodes d'évaluation nationales

Il n'existe pas de méthode d'évaluation uniforme des macrophytes dans le Rhin.

4.1.1 Suisse

Le module « Macrophytes » du système modulaire gradué utilisé en Suisse pour évaluer l'état des cours d'eau est en cours d'élaboration (<http://www.modul-stufen-konzept.ch>).

4.1.2 Allemagne

En Allemagne, on dispose uniquement de « références biocénétiques et du potentiel écologique maximal pour le Rhin » (LUA NRW 2005). Les méthodes d'évaluation spécifiques aux Länder (par ex. LANUV NRW 2008) et la méthode nationale (SCHAUMBURG et al. 2006) ne considèrent pas le Rhin.

Pour le Rhin supérieur, on dispose d'une proposition d'évaluation au titre de la DCE élaborée par VAN DE WEYER et al. (2008) pour les macrophytes dans les bras latéraux en communication avec le Rhin. Des états de référence ont été mis au point sur la base de données historiques. L'évaluation tient compte des paramètres suivants : nombre de strates végétales, intégralité de l'éventail d'espèces typiques du milieu, seuil inférieur de croissance des macrophytes (profondeur d'eau jusqu'à laquelle croissent des macrophytes).

4.1.3 France

Le processus de mise au point de la méthode d'évaluation des macrophytes n'est pas encore achevé.

4.1.4 Pays-Bas

Aux Pays-Bas, on distingue chez les macrophytes 5 strates végétales pour lesquelles il est déterminé un indice partiel de qualité écologique (EKR : ecologisch kwaliteits ratio). Il est tenu compte à la fois des macrophytes aquatiques et des hélophytes. Les valeurs d'abondance de toutes les strates végétales sont regroupées en un paramètre « abondance/strates végétales » ; ce dernier et le paramètre « composition des espèces » permettent de former une valeur EKR pour le compartiment « macrophytes ». Les lentilles d'eau et les algues filamenteuses ne sont pas prises en compte dans le calcul de la moyenne lorsque leur EKR partiel est égal ou supérieur à 0,6. On y ajoute le phytobenthos pour calculer l'EKR définitif sous forme de moyenne de ces trois paramètres pour le compartiment « Macrophytes/phytobenthos ». Pour les eaux naturelles (eaux douces et eaux salées), l'EKR se décline en cinq classes égales (1 = très bon, 0,2 = mauvais). Pour les tronçons du Rhin classés « fortement modifiés (MEFM) », on appliquera des valeurs divergentes (voir VAN DER MOLEN & POT 2007).

4.2 Remarques méthodologiques

Les chlorophycées n'ayant pas été recensées dans toutes les stations de prélèvement, elles n'ont pas pu être prises en compte dans le cadre de la présente évaluation. Les données relatives aux bras latéraux en communication avec le fleuve n'étant pas homogènes, elles n'ont pas non plus été intégrées dans l'évaluation.

Les données disponibles font parfois apparaître une disparité entre les espèces détectées dans le cadre du programme de mesure Rhin et les macrophytes identifiés dans d'autres études. Différents grands macrophytes aquatiques n'ont pas pu être identifiés dans le cadre du programme de mesure Rhin. On dispose toutefois pour ces espèces de données obtenues dans le cadre d'autres études (synopsis et citations dans LUA NRW 2005, voir également tab. 3). C'est également le cas pour quelques mousses (voir chap. 3.5.8).

Tab. 3 : Grands macrophytes aquatiques non identifiés dans le cadre du programme de mesure Rhin, mais pour lesquels on dispose de données dans le cadre d'autres études (LUA NRW 2005)

Haut Rhin	<i>Potamogeton nodosus</i> , <i>P. lucens</i> , <i>Hippuris vulgaris</i>
Rhin supérieur	<i>P. x angustifolius</i> , <i>Ranunculus trichophyllus</i> , <i>Callitriche sp.</i>
Rhin moyen	<i>Myriophyllum verticillatum</i>
Rhin inférieur	<i>Potamogeton perfoliatus</i>
Delta du Rhin	<i>Potamogeton nodosus</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>Nuphar lutea</i> , <i>Elodea canadensis</i> , <i>Ranunculus circinatus</i> , <i>R. aquatilis</i>

Il resterait à examiner si les sites sélectionnés dans les stations sont tous appropriés. Les sites les plus appropriés sont les zones calmes situées par ex. entre les épis (voir fig. 10, 11, voir également VAN DE WEYER 2008).



Fig. 10, 11 : Zones propices aux macrophytes dans le Rhin : espaces situés entre les épis à hauteur de Bacharach (PK 541, rive gauche) et Spey (PK 758, rive droite) (Photos : K. van de Weyer)

Les fortes variations de débit peuvent entraîner des fluctuations importantes des peuplements macrophytiques sur plusieurs années. Ceci ne s'applique pas seulement au Rhin même mais aussi aux bras latéraux en communication avec le fleuve (VAN DE WEYER et al. 2008). Les résultats peuvent également être influencés par la méthode d'analyse appliquée. En général, le nombre d'espèces identifiées lors de plongées est supérieur à celui observé dans le cadre d'analyses à partir du bateau (VAN DE WEYER 2007).



Fig. 12, 13 : En Rhénanie-Palatinat, les macrophytes sont recensés par des plongeurs (à gauche : le Rhin à hauteur de Bacharach, à droite : le Rhin à hauteur de Heidenfahrt) (Photos : LANAPLAN)

4.3 Résultats de l'évaluation – première estimation

Il a donc été procédé à partir des données disponibles à une première évaluation approximative du Rhin sur la base des macrophytes aquatiques.

Dans le **haut Rhin**, les trois stations de prélèvement sont riches en espèces et strates végétales. Les peuplements macrophytiques sont bien développés et comportent des espèces sensibles à une forte eutrophisation (*characées*, *Potamogeton perfoliatus*). L'état peut être désigné comme bon.

Dans le **Rhin supérieur**, les tronçons les plus en amont jusqu'au PK 317 du Rhin se caractérisent également par une diversité des espèces et des strates végétales. Les peuplements macrophytiques sont bien développés et comportent quelques rares espèces sensibles à une forte eutrophisation (*characées*, *Potamogeton perfoliatus*). L'état peut être désigné comme bon. Ce constat s'applique également au tronçon le plus en aval (Heidenfahrt, PK 542). Les segments intermédiaires affichent un faible nombre d'espèces et sont pauvres en strates végétales. Sur certains tronçons, les macrophytes sont absents. Il conviendrait d'examiner si la méthodologie joue ici un rôle (voir chap. 4.1).

Dans le **Rhin moyen**, l'analyse n'a porté que sur une station de prélèvement riches en espèces et strates végétales. Les peuplements macrophytiques sont bien développés. On ne trouve toutefois pas d'espèces sensibles à une forte eutrophisation (*characées*, *Potamogeton perfoliatus*).

Dans le **Rhin inférieur**, les trois stations de prélèvement sont pauvres en espèces et en strates végétales ; les taux de recouvrement y sont faibles. On ne trouve toutefois pas d'espèces sensibles à une forte eutrophisation (*characées*, *Potamogeton perfoliatus*).

Dans le delta du Rhin, une des stations de prélèvement de la CIPR (Waal) est pauvre en espèces et strates végétales et le recouvrement est faible ; le site a été classé dans la catégorie « mauvais état » sur la base de l'évaluation nationale. La station de prélèvement de la CIPR « Oude Maas » en revanche est riche en espèces (hélrophytes) et les peuplements sont bien développés ; le site a donc été jugé en « bon » état, comme de nombreuses autres stations de prélèvement dans le delta du Rhin. Les espèces sensibles à une forte eutrophisation n'ont été identifiées que dans l'IJsselmeer (*characées*). En regard du faible recouvrement et du nombre restreint de strates

végétales, l'IJsselmeer a toutefois été classée dans la catégorie « mauvais état ». Dans la **mer des Wadden**, la présence de zostères est insuffisante ; l'état est donc mauvais.

Conclusion

Les tronçons de la partie aval du Rhin présentent notamment des déficits morphologiques qui entravent l'apparition de macrophytes (manque de zones calmes, batillage, fortes fluctuations du niveau d'eau ; voir partie I, chap. 4 « Mesures »).

5. Bibliographie

AFNOR 2003: Détermination de l'indice biologique macrophytique en rivière (IBMR) : 1-28, NF T 90-395, Octobre 2003, ISSN 0335-3931

CIPR 2006 : Rapport sur la coordination des programmes de contrôle de surveillance visés à l'article 8 et à l'article 15, paragraphe 2, de la DCE dans le DHI Rhin. PLEN-CC 06-06d rev. 04.12.06

COOPS, H., F. M. ZANT, & R. W. DOEF 1993: Het voorkomen van Rivierfonteinkruid (*Potamogeton nodosus* Poir.) in Nederland. Gorteria 19: 44-52

EN 14184: 2003 Water quality - Guidance standard for the surveying of aquatic macrophytes in running waters

FRAHM, J. P. 1997: Zur Ausbreitung von Wassermoosen am Rhein (Deutschland) und an seinen Nebenflüssen seit dem letzten Jahrhundert. Limnologia 27: 251-261

FRAHM, J.-P. & W. ABTS 1993: Veränderungen in der Wassermoosflora des Niederrheins 1972-1992. Limnologia 23: 123-130

GUTOWSKI, A., HOFMAN, G., LEUKART, P., MELZER, A., MOLLENHAUER, M., SCMEDTJE, U., SCHNEIDER, S., TREMP, H. 1998: Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft. Heft 4/98: 501 S.

HARTOG, DEN, SEGAL, S. 1964: A new classification of the waterplant communities. Acta Bot. Neerlandica 13: 367-393

HUBER, M. (1976): Die Verkräutung des Hochrheins unter besonderer Berücksichtigung von *Ranunculus fluitans* LAM. - Dipl. Arb. Univ. Zürich: 147 S.

IEEP (Institute for European Environmental Policy) 2008: Technical Support To EU Strategy On Invasive Alien Species (IAS). Service contract N° 070307/2007/483544/MAR/B2

IKSR 2004: Entwicklung einer (Abschnitts-) Typologie für den natürlichen Rheinstrom: 34 S. & Anhang, Bericht 147d

KOHLER, A. 1982: Wasserpflanzen als Belastungsindikatoren. Decheniana-Beihefte 26: 31-42

KRAUSE, W. 1969: Zur Characeenvegetation der Oberrheinebene. Archiv Hydrobiologie, Supplement 35: 202-235

KRAUSE, W. 1981: Characeen als Bioindikatoren für den Gewässerzustand. Limnologia 13: 399-418, Berlin

KRAUSE, W. 1997: Charales (Charophyceae). In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H., Mollenhauer, D. (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa 18. - G. Fischer, Jena/Stuttgart /Lübeck/Ulm: 202 S.

LANUV NRW 2008: Fortschreibung des Bewertungsverfahrens für Makrophyten in Fließgewässern in Nordrhein-Westfalen gemäß den Vorgaben der EG-Wasser-Rahmen-

Richtlinie. LANUV Arbeitsblatt 3: 78 S. & Anhang, Recklinghausen.
www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/arbeitsblatt/arbla3/arbla3start.ht

LUA NRW 2003: Vegetationskundliche Leitbilder und Referenzgewässer für die Ufer- und Auenvegetation des Rheins in Nordrhein-Westfalen. LUA NRW, Merkblätter 40: 75S.
www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/merkbl/merk40/merk40start.htm

LUA NRW 2005: Biozönotische Leitbilder und das höchste ökologische Potenzial für Rhein und Weser in Nordrhein-Westfalen. LUA NRW, Merkblätter 49: 122 S.
<http://www.lua.nrw.de/veroeffentlichungen/merkbl/merk49/merk49start.htm>

MEINUNGER, L. & SCHRÖDER, W. 2007: Verbreitungsatlas der Moose Deutschlands. 3 Bände, hrsg. von O. DÜRHAMMER für die Regensburger Botanische Gesellschaft, Regensburg

MOLEN, D. VAN DER, POT, R. 2007: Referenties en concept-maatlaten voor rivieren voor de Kaderrichtlijn Water, update Februari 2007, STOWA, Rapportnr. 2004-43

NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (Hrsg.) 2000: Die Moose Baden-Württembergs, Band 1: 512 S., Ulmer, Stuttgart

OESAU, A. 1999: Zur Verbreitung und Soziologie von Wassermooseen im Rhein zwischen Worms und Bingen. Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz 9: 7-19

POT, R. 2003: Veldgids water- en oeverplanten. KNNV-uitgeverij, Utrecht & Stowa, Utrecht

POTTGIESSER, T., KAIL, J., HALLE, M., MISCHKE, U., MÜLLER, A., SEUTER, S., WEYER, K. VAN DE & C. WOLTER (2008): Morphologische und biologische Entwicklungspotenziale der Landes- und Bundeswasserstraßen im Elbegebiet. Endbericht PEWA II - Das gute ökologische Potenzial: Methodische Herleitung und Beschreibung. Gutachten im Auftrag der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin (SenGesUmV): 234 Seiten. www.berlin.de/sen/umwelt/wasser/wrrl/de/potentiale.shtml

RAAM, J. VAN 1998: Handbook Kranswieren: 200 pp. & bijlagen, Chara boek, Hilversum

SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D., HOFMANN, G., GUTOWSKI, A., FOERSTER, J. 2006: Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos, Stand Januar 2006

SCHMIEDER, K. 1999: Submerse Makrophyten der Litoralzone des Bodensees 1993 im Vergleich mit 1978 und 1967. Ber. Int. Gewässerschutzkomm. Bodensee 46: 171 S.

SCHMIEDER, K. 2004: Die Characeen des Bodensees. Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13: 179-194

SCHNEIDER, S. 2000: Entwicklung eines Makrophytenindex zur Trophieindikation in Fließgewässern: 182 S. & Anhang, Shaker, Aachen

SCHÜTZ, W., VEIT, U., KOHLER, A. 2008: The aquatic vegetation of the Upper Danube river – past and present. Large Rivers Vol. 18 : 167-191. (Fundam. Appl. Limnol./Arch Hydrobiol. Suppl. 162)

THIEBAUT, G. 2007: Non-indigenous aquatic and semiaquatic plant species in France. In: Gherardi, F. (ed.): Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution and threats, Vol. 2, Springer, The Netherlands

WEYER, K. VAN DE 2007: Die Bedeutung von Tauchuntersuchungen bei der Erfassung von Makrophyten in Seen und Fließgewässern. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) - Tagungsbericht 2006 (Dresden): 708-713, Werder 2007

WEYER, K. VAN DE 2008: Aquatische Makrophyten in Fließgewässern des Tieflandes – Mögliche Maßnahmen zur Initiierung der Strahlwirkung. Deutscher Rat für Landespflege 81: 67-70

WEYER, K. VAN DE, COOPS, H. 2006: Aquatic Macrophytes Of the Main Channel Of River Rhine (Phanerogames, Bryophyta, Charophyta), IKSR, unveröff.

WEYER, K. VAN DE, HUSSNER, A. 2008: Die aquatischen Neophyten Deutschlands. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) - Tagungsbericht 2007 (Münster): 225-228

WEYER, K. VAN DE, WANNER, S., PRAWITT, O. 2008: Bewertungsverfahren für Rhein-angebunde Gewässer auf Grundlage der Makrophyten. Wasser und Abfall, 11: 16-19

WIEGLEB, G. 1991: Die Lebens- und Wuchsformen der makrophytischen Wasserpflanzen und deren Beziehungen zur Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung der Arten. Tuexenia 11: 135-147

ANNEXE

Tab. 4 : Recouvrement global, nombre d'espèces, strates végétales et présence de groupes macrophytiques aquatiques sélectionnés dans les tronçons du Rhin

Tronçon du Rhin	Recouvrement global	Nombre d'espèces	Strates végétales	Characées	Mousses aquatiques	Ptéridophytes & spermatophytes
Haut Rhin	> 2%	>10	>6			
Rhin supérieur	0 - > 2%	0 - 10	0 - >6			
Rhin moyen	> 2%	9 - 10	3 - 4			
Rhin inférieur	0% - très faible	0 - 4	3 - 4			
Delta du Rhin	0% - très faible	0 - 2	0 - 4			
IJsselmeer	presque 0%	4	2			

Tab. 5 : Présence d'espèces macrophytiques sélectionnées dans les tronçons du Rhin

Tronçon du Rhin	<i>Ranunculus fluitans</i>	<i>Potamogeton nodosus</i>	<i>Chara vulgaris</i>	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	<i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Elodea nutallii</i>	<i>Fontinalis antipyretica</i>	<i>Cinclidotus riparius</i>
Haut Rhin	2		2	3	3	2	3	2
Rhin supérieur	3	2		3	3	3	6	2
Rhin moyen	1	1			1	1	1	
Rhin inférieur		2			1			
Delta du Rhin					1		1	
IJsselmeer					1			
Total des détections	6	5	2	6	10	6	11	4