



Qualité du milieu physique
du RHIN

Campagne 2000



QUALITE DU MILIEU PHYSIQUE DU RHIN

campagne 2000



Etude réalisée par Souad BAKHOUYA,
En vue de l'obtention du DESS Ingénierie des Hydrosystèmes Continentaux en Europe,
Editeur : Agence de l'Eau Rhin-Meuse – septembre 2000 – 50 exemplaires
© 09/2000 – Agence de l'Eau Rhin-Meuse – Tous droits réservés

En couverture : Le Vieux-Rhin en aval du barrage de Kembs – août 2000 – photo Philippe Russo
Le Rhin canalisé au niveau d'Erstein – juillet 2000 – photo Souad Bakhouya
Le Rhin canalisé à l'aval d'Iffezheim – juillet 2000 - photo Souad Bakhouya
Le Grand Canal d'Alsace à l'aval de la chute de Kembs – juillet 2000 - photo Souad Bakhouya

Cette étude a fait l'objet d'un suivi par un groupe de pilotage composé de :

- la DIREN Alsace,
- le Service de la Navigation de Strasbourg,
- Le Conseil Supérieur de la Pêche (délégation régionale de Montigny-les-Metz, Garderies du Bas-Rhin et du Haut Rhin),
- EDF,
- l'Association Saumon-Rhin.

L'ensemble des partenaires a contribué au bon déroulement de cette étude et ont validé les résultats obtenus.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	7
LISTE DES ANNEXES	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
RESUME	9
QUALITY OF PHYSICAL ENVIRONMENT OF THE RHINE (ABSTRACT)	10
INTRODUCTION	17
I – LE RHIN : CONTEXTE	19
I.1 : PRESENTATION	19
<i>I.1.a : Généralités</i>	19
<i>I.1.b : l’hydrogéomorphologie</i>	20
I.2 : LES AMENAGEMENTS DU RHIN :	22
<i>I.2.a : Phase de stabilisation</i>	22
<i>I.2.b : Phase de régularisation</i>	23
<i>I.2.c : Phase de canalisation</i>	25
I.3 : LES CONSEQUENCES DES AMENAGEMENTS DU RHIN :	28
<i>I.3.a : Principales conséquences</i>	28
<i>I.3.b : Bilan</i>	30
I.4 : LES PERSPECTIVES D’AVENIR :	30
<i>I.4.a : Généralités</i>	30
<i>I.4.b : Les actions de la CIPR</i>	30
II – PRESENTATION DE L’OUTIL D’EVALUATION DE LA QUALITE DU MILIEU PHYSIQUE	32
II.1 : CONTEXTE :	32
<i>II.1.a : La qualité globale des cours d’eau</i>	32
<i>II.1.b : Généralités sur l’outil</i>	33
II.2 : PRESENTATION DE L’OUTIL :	34
<i>II.2.a : Les principes de l’outil</i>	34
<i>II.2.a : Traitement des données</i>	35
III – APPLICATION DE L’OUTIL SUR LE RHIN	37
III.1 : METHODOLOGIE :	37
<i>III.1.a : Première phase : le découpage</i>	37
<i>III.1.b : Deuxième phase : description et synthèse des résultats</i>	38
III.2 : REALISATION DU DECOUPAGE DU RHIN EN TRONÇONS HOMOGENES :	38
<i>III.2.a : Découpage abiotique</i>	38
<i>III.2.b : Découpage en tronçons homogènes</i>	42
<i>III.1.c : Localisation des tronçons du Rhin</i> :	44
III.3 : DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE DU RHIN :	49
<i>III.3.a : Présentation de la fiche, mode de remplissage et traitement</i> :	49
<i>III.3.b : Adaptation de la méthode</i> :	50
IV – QUALITE DU MILIEU PHYSIQUE DU RHIN	55

IV.1 : RESULTATS ET COMMENTAIRES :	55
IV.1.a : Les résultats	55
IV.1.b : Analyse générale :	73
IV.2 : INTERPRETATION :	77
IV.2.a : Secteurs du Vieux-Rhin.....	77
IV.2.b : Secteurs de Rhin court-circuité.....	82
IV.2.c : Secteurs de Rhin canalisé gardant un certain degré de diversité.....	85
IV.2.d : Secteurs de Rhin canalisé ou canal avec uniformité quasi complète du milieu	87
IV.2.e : Secteurs de Rhin canalisé ou canal placé en influence amont d'un barrage	90
IV.3 : SIMULATIONS :.....	92
IV.3.a : Simulations sur des opérations envisagées à court terme	92
IV.3.b : Simulations sur des opérations envisagées à long terme	102
IV.4 : CONCLUSION : QUALITE DU MILIEU PHYSIQUE DU RHIN	104
BIBLIOGRAPHIE	107
ANNEXES	109

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 :** Typologie des cours d'eau du Bassin Rhin-Meuse.
- Annexe 2 :** Fiche de description du milieu physique.
- Annexe 3 :** Arborescence et pondérations données à chaque paramètre.
- Annexe 4 :** Carte des Ecorégions présentes sur le linéaire du Rhin.
- Annexe 5 :** Méthode LAWA (allemande) appliquée sur La Sarre.

RESUME

L'Agence de l'Eau Rhin-Meuse a mis au point une méthode d'évaluation de la qualité du milieu physique. Elle est utilisée en routine depuis cinq ans en attendant l'émergence de l'outil national. L'objectif de cette démarche est de réaliser un constat et une prospection des principaux cours d'eau du bassin Rhin-Meuse. Dans cette étude, cette méthode a été mise en place sur le Rhin. L'enjeu de ce travail dépasse la seule partie française, puisque l'évaluation de la qualité physique de ce fleuve rentre dans les objectifs de la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR).

Après un rappel sommaire de l'histoire de ce fleuve, l'étude présente l'outil Rhin-Meuse et son application.

Le Rhin étant un cours d'eau fortement aménagé pour la navigation et la production électrique, il a été totalement endigué et rectifié. L'évaluation d'un milieu aussi anthropisé mais aussi, de ce fleuve très large et très profond, a nécessité au préalable l'adaptation de la méthode pour tenter de faire un constat de la situation.

Les résultats obtenus sur l'ensemble des 55 tronçons étudiés (279 km), montrent que beaucoup de secteurs présentent une qualité du milieu physique très mauvaise. Ces résultats sont conformes aux avis d'experts et caractérisent bien l'état actuel du Rhin.

Toutefois, les résultats permettent de mettre en avant les améliorations (travaux de restaurations) présents sur son linéaire français et d'identifier les secteurs gardant un certain intérêt par leur diversité (Vieux-Rhin, bras court-circuités).

Seule la rive française a été traitée, une coordination transfrontalière sera nécessaire pour approcher une analyse plus globale. C'est dans ce cadre que s'inscrivent les objectifs de la CIPR, une étude analogue étant en cours de réalisation par les Allemands avec leur propre outil. Une démarche identique a été menée sur La Sarre et est brièvement présentée dans ce rapport (en annexe).

Au-delà de ce constat, des simulations, permettant de visualiser l'évolution de la qualité physique à plus ou moins long terme, ont été faites en fonction des travaux de restauration envisagés. Il s'agit là d'un outil d'aide à la décision pour les gestionnaires dans l'optique de la mise en place d'autres projets de renaturation, sachant que le principal compartiment visé par ces améliorations est le lit majeur.

QUALITY OF PHYSICAL ENVIRONMENT OF THE RHINE (ABSTRACT)

KEY WORDS :

Water agency, evaluation, river type, the Rhine, physical-SEQ, physical characteristics, parameters, quality, high-water bed, banks, channel, typology, classification, simulation, degradation.

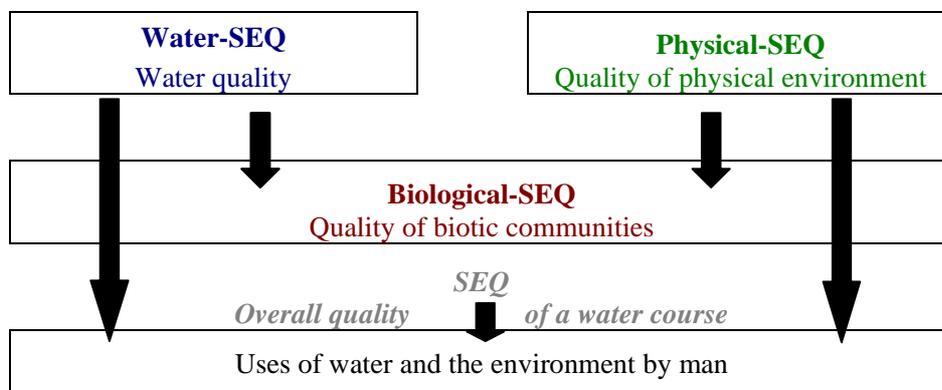
I-INTRODUCTION :

Following the passing of the Water Act of January 3rd 1992 and particularly the preparation of the Master Water Planning and Development, the French Environment Minister and the Water Agencies are reconsidering the quality grids used over the last thirty years.

A major study programme was initiated in 1992 on the basis of a survey of users of quality grids in order to build a new three part quality evaluation system for water courses. The system was intended for national application and required to have the following characteristics : applicable to all types of water course, open-ended (any subsequent changes due to the integration of new knowledge must be possible), and flexible (summary diagnostic, information,...).

The quality evaluation of water courses is made up of three main parts :

- the physical and chemical properties of the water : **Water-SEQ**,
- the physical characteristics (hydromorphology and hydrology) : **Physical-SEQ**,
- the biological communities : **Bio-SEQ**.



Since 1992, the Agency of water Rhine-Meuse engaged a step aiming at setting up a software : QUALPHY allowing the evaluation of the quality of the physical environment of the rivers of the Rhine-Meuse basin. The goal of this step is the development of a rigorous, objective and reproducible tool for total evaluation of the physical environment quality of rivers.

A standard form including about 50 variables was developed to describe the three major compartments : the floodplain or high water bed, the riparian (including bank and riparian vegetation). Hydrological variables were included in the assessment of each compartment.

The system for the evaluation of the physical quality is a tool intended to satisfy two objectives:

- To offer an evaluation of the state of the physical components quality of the rivers, their degrees of deterioration compared to a situation of reference, in complement of the water quality and biological quality.

- To offer a tool to assist in directing action programmes and strategic choices of restoration and management of the rivers without replacing the detailed impact studies.

The guiding principle of the system is the comparison between a noted situation and a situation of reference under natural operation (or pseudo natural preserved).

The study presents the application of this tool to the Rhine, which is a strongly arranged river. Indeed, this river knew a whole succession of very heavy installations (line for navigation, hydroelectric barrage) and for which an adaptation of the method is necessary.

A similar work is carried out by the Germans with their own tool. Within the framework of Directive European, the International Commission on the Protection of the Rhine wishes to establish a method evaluation of physical quality usable on a European scale for the transborder rivers.

II-GENERAL PRINCIPLES

This system refers to the operation and the natural dynamics of the rivers. The tool for evaluation is pressed on several elements:

➤ The typology of the basin Rhine-Meuse rivers which defines seven types, homogeneous in their operation and their dynamics. The method is based on the comparison of each river to its geomorphological type of reference, thus making it possible to compare between them that systems of comparable nature.

➤ A method of cutting in sections known as homogeneous, i.e. not presenting major rupture in their operation or their morphology. It is carried out using two types of criteria : natural and anthropic components. Cartographic and bibliographical data are necessary for the realization of this cutting, those will be then validated and supplemented by a visit of ground.

➤ A card of description of the physical environment, the same one for all types of river, where all cases are envisaged a priori, so that an observer, even non-specialist, are brought to make an objective description. For each section, a card of description must be filled out and this card allows using 40 parameters, to describe the floodplain, the banks and the active channel. This card is single for all the types of river.

➤ A computerized processing of these data with weightings of the parameters. The 40 parameters are seized using software QUALPHY. This last permits to calculate the indices of total quality and the indices partial of each section, by the multicriterion analysis of the various affected parameters of weightings relating to their importance, taking into account the type of river considered. The results are presented in five quality grades going from red (bad quality, artificialized situation) to blue (good quality, natural environment).

III-APPLICATION ON THE RHINE

The study related to the Rhine on its linear French, of Bâle to Lauterbourg. Only the French banks were described except for the Old-Rhine and the sectors of the « derivated Rhine ».

The cutting of the Rhine, by the method developed within the framework of the application of the tool for evaluation of the quality of the physical environment, gives a whole of 55 homogeneous sections of which the average length is of 4.9 km on a total of 279 km.

The method for the evaluation of the quality of the physical environment takes into account in a way distinct the three large compartments from the river: high-water bed, banks and channel that it is necessary to describe. Work begins with a systematic description of the river using the card of description (with foot, car and canoe).

Photographs were taken on each section to validate the choices carried out. Then, the data were the subject of a data entry on software QUALPHY.

The Rhine is a case completely particular and single on the Rhine-Meuse basin because of its history and its current morphology, it is completely disconnected from its high-water bed (space occupied before installations of Tulla).

The corrections carried out in the 18th and 19th century have shortened the Upper Rhine by 82 km. Also, shipping and hydroelectric power have taken their toll : constructions in and along the Rhine have partly split and partly even destroyed valuable fish habitats in the Rhine.

For the installation of this study, an adaptation of the method and a mode of filling of the card were necessary.

IV-PHYSICAL CHARACTER OF THE RHINE

Coefficients of the three compartments: high-water bed, banks and channel, according to typology selected, are for each of 33 %.

The results obtained show that the general quality of the Rhine varies " the very bad one to average ", with indices of quality of the physical environment going from 3,5 to 55,1 %. the compartment more penalizing is the high water bed.

Classes	Number of section	Kilometers
Between 41 and 60 % Yellow class	14	80
Between 21 and 40 % Orange class	16	80
Between 0 and 20 % Red class	25	119

Among these results, we can distinguish five great types of sections:

➤ The « Old-Rhine » : 10 sections belong to this category, with indices physical environment of about 50 % showing an average general quality with poor. Immediately after Kembs's barrage, the active channel was incised and occupies all space available between the dykes. Then gradually the river channel, which ballance from one side to another side of the dykes with the presence of alluvial deposits.

In spite of installations, the Old-Rhine knew to recreate certain diversities in a natural way and shows the characteristics most diversified of all the linear one studied. The dams and the stoppings limit any improvement.

➤ Sectors of the « shorted-circuit Rhine » : 7 sections are concerned with indeces which varies between 37,4 and 49,2 %. On these sectors the Rhine were derivated in order to install barrages, they play the role of secondary channels. The banks are often natural and the channel present some diversities in the flow and the depth.

➤ sectors of the channeled Rhine keeping a certain degree of diversity : 10 sections with notes of 30 % on average. In fact these sectors of the Rhine were degraded mainly by the canalization. The high-water bed is often occupied by canals, gravel pits and lake. The rock face is quasi generalised on the banks.

➤ sectors of the Rhine with almost complete uniformity : 21 sections are concerned with notes going from 9,8 to 22,7 %. The concrete is present on the banks, the sectors are increasingly homogeneous. Secondary channels. The major bed is often occupied by industrial parks, which

degrades the physical quality exists for certain sections. Some of these sectors are the subject of projects of restoration.

➤ sectors influences upstream of a dam : all these sectors are placed upstream barrage, and have a note going from 3,5 to 9,4 %. They are the most degraded sectors, all the compartments are reached. These sectors show almost irreversible characteristics. The inondability was voluntarily reduced by hydroelectric installations. The banks are totally artificialized.

The tool for evaluation of the quality of the physical environment also makes it possible to make simulations in more or less long term. It is significant to see the evolution of the quality of the physical environment according to project of restoration.

V-CONCLUSION

The inventory of fixtures realized in this study on the physical quality of the Rhine, of Bâle to Lauterbourg, reveals a river degraded on the near total of its linear, with a degradation more marked with the upstream (Large Channel of Alsace). This river underwent, on its French course, of the significant installations, bound primarily for the use of navigation and the hydroelectric production. Degradations which result from it are often irreversible and induce deep disturbances of the physical state and natural operation of the river.

The tool reflects well the current state of the Rhine with its various sectors, general quality varies " the very bad one " with " average with poor " with a great majority of sectors (25 sections) in the red class.

The actions carried out on the Rhine must be thought of the river scale as the Commission Internationale for the Protection of the Rhine conceives it. The evaluation of physical quality on the scale of the catchment area is necessary to follow a coherent policy of international management of the river. Thus, according to the objectives of the European Directive, the European countries whose Germany will complete same work on the Rhine. Long term a method of comparison will make it possible to compare the various results.

INTRODUCTION

L'évaluation de la qualité d'un cours d'eau peut être abordée au travers de trois grands compartiments en interaction les uns avec les autres : la physico-chimie de l'eau, le milieu physique et la biologie.

L'outil d'évaluation de la qualité du milieu physique, mis en place par l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, est un outil destiné à satisfaire deux objectifs :

- évaluer l'état de la qualité des composantes physiques des cours d'eau (lit majeur, berges et lit mineur) en mesurant leur degré d'altération par rapport à une situation de référence,
- offrir un outil d'aide à la décision dans les grands choix stratégiques d'aménagement, de restauration et de gestion des cours d'eau sans se substituer aux études préalables détaillées.

Il s'agit là d'un outil d'évaluation globale de la qualité physique, mais également un outil objectif et reproductible.

L'agence de l'Eau a lancé un programme d'étude du milieu physique dont le premier objectif est de réaliser en 5 ans un état des lieux de la qualité physique des 7000 km de rivières principales du bassin Rhin-Meuse. L'étude du milieu physique du Rhin rentre dans cette perspective.

De part son histoire et ses forts aménagements, le Rhin est un cours d'eau tout à fait particulier, qui nécessite une étude plus spécifique (sur son linéaire français) par rapport aux autres cours d'eau du bassin Rhin-Meuse.

La réalisation de cette étude va pouvoir également bénéficier de l'expérience d'échanges transfrontaliers menée depuis quelques années dans le cadre de la Commission Internationale pour la Protection du Rhin. En effet, un travail similaire est réalisé par les Allemands avec leur propre outil dans l'optique d'une évaluation globale de la qualité d'un cours d'eau transfrontalier. Ce travail servira à établir un constat, en référence à la Directive Cadre Européenne, par les pays transfrontaliers, de l'état des cours d'eau fortement aménagés.

I – LE RHIN : CONTEXTE

I.1 : Présentation

I.1.a : Généralités

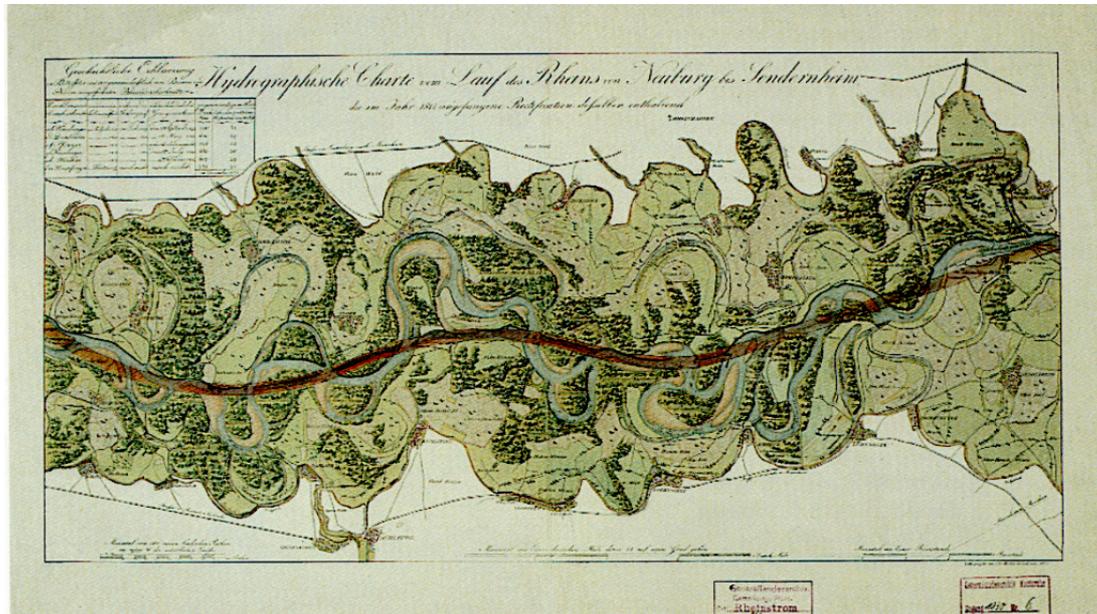
Avec un bassin hydrographique de 180 000 km², une longueur de 1320 km, le Rhin est l'un des fleuves les plus importants d'Europe (le Danube : 800 000 km² et la Volga : 1380 000 km²). Si nous considérons la voie navigable, son trafic figure parmi les plus forts du monde. Le Bassin versant du Rhin intéresse huit pays : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, la France, le Luxembourg, l'Italie, les Pays-Bas et la Suisse. Avec 54% du bassin, la part de l'Allemagne est la plus grande.

Le Rhin est le seul fleuve d'Europe qui relie les Alpes à la Mer du Nord. A Bâle, il sort de la partie alpine de son bassin et suit le fossé d'effondrement d'Alsace et de Bade : il constitue le Rhin Supérieur, qui fait frontière sur environ 180 km entre la France et l'Allemagne.

Au cours des siècles, le Rhin et son bassin ont subi toujours plus fortement l'influence de l'homme. Quittant leur état naturel, ils sont devenus des éléments intensément exploités et cultivés du paysage de l'Europe centrale. D'un côté nous constatons des améliorations par les facilités offertes par le fleuve, ainsi que pour les conditions de vie de la population. Mais d'un autre côté, les progrès réalisés n'ont pas été sans revers, ni sans apporter de changements nuisibles à la nature.

Jusqu'au milieu du 19^{ème} siècle, le Rhin était un fleuve sauvage, dont le lit était parsemé d'îles souvent très étendues, séparées par une succession de chenaux et de faux-bras, et s'étendant au total sur une largeur de 2 à 3 km. La plaine rhénane a été façonnée par ce fleuve, qui est l'un des plus puissants issus des Alpes. Le profil longitudinal du Rhin est très structuré. En effet, le fleuve quitte un lit régulier et encaissé entre de hautes berges pour entrer en aval de Bâle dans la plaine où il a pu modeler son profil librement.

La correction du Rhin Supérieur par Tulla en 1817 (trait rouge)



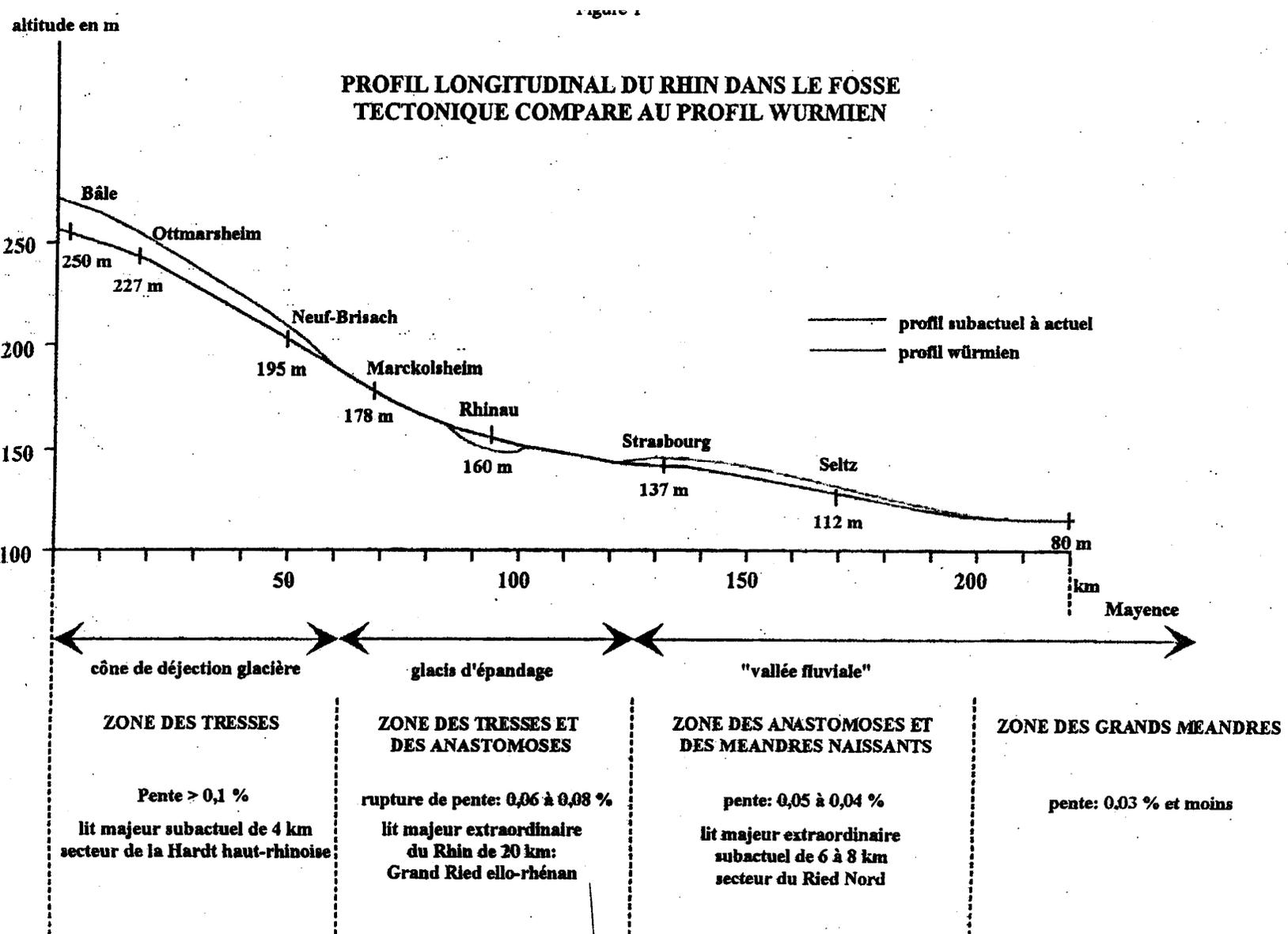
I.1.b : l'hydrogéomorphologie

Le Rhin se divise en quatre compartiments hydrogéomorphologiques, dont trois en Alsace sont nettement différenciables, cf **Figure 1** :

➤ Le secteur des tresses : il s'étend de Bâle à Marckolsheim. Dans ce secteur, la plaine alluviale est très étroite (4 km) et le fleuve était constitué de bras peu profonds, très nombreux et très instables, remaniés et déplacés après chaque grande crue auxquels on donne le nom de tresses.

Ces bras ont presque totalement disparus, suite à l'érosion du lit mineur et à l'abaissement de la nappe phréatique consécutifs aux aménagements du fleuve.

➤ Le secteur des tresses et anastomoses : il s'étend entre Marckolsheim et Strasbourg. Le lit majeur du fleuve s'élargit brusquement en éventail et sa largeur atteint jusqu'à 20 km. Cette zone, où les eaux du Rhin rencontraient celles de l'Ill au moment des grandes crues, constitue le Grand Ried central d'Alsace qui représente un des paysages les plus originaux. Les crues régulières du fleuve et de la rivière n'ont laissé aucun répit à la géographie. De cette instabilité est née un système complexe de chenaux et de bras latéraux tressés et anastomosés dont certains, caractérisés par leurs eaux vives et peu profondes, constituent les « Giessen ».



Source: "Die Auen am Oberrhein" de Werner G. GALLUSSER et André SCHENKER

Sur les parties les plus externes du lit majeur, les anastomoses remplacent les tresses : reliées en amont et en aval aux tresses, elles ne subissaient que des remaniements exceptionnels. Ces bras, au tracé plus stable et plus régulier, sont appelés « Muhlbach » du fait de l'installation ancienne des moulins sur leur cours. Ils sont également appelés « Brunnenwasser » (eau de fontaine) du fait de leur alimentation phréatique. Ces cours d'eau constituent une des grandes originalités du Ried.

➤ Le secteur des anastomoses et des méandres naissants : il s'étend de Strasbourg à Lauterbourg. Il contient de nombreuses anastomoses, mais la faible pente explique que les bras deviennent plus larges et plus profonds, l'eau y est plus calme ; ces bras sont appelés « Altwasser ». La plaine alluviale se rétrécit, sa largeur n'étant plus que d'environ 10 à 12 km.

➤ Le secteur des méandres : il concerne le Rhin allemand. La pente devenue plus faible le fleuve se met à méandrer. Cette compartimentation du fleuve permet de distinguer différents types de bras en fonction de leur localisation dans la plaine alluviale.

Cette dynamique géomorphologique, caractérisant le Rhin sauvage, a permis la formation et la conservation d'une mosaïque remarquable de milieu de vie, avec une diversité de faune et de flore sans égale, mais mettait fréquemment les riverains en danger. Le Rhin était redouté pour ses débordements dévastateurs qui détruisaient forêts et villages et inondaient de nombreuses localités.

La navigation n'était possible qu'avec de petites embarcations au prix d'efforts considérables.

1.2 : Les aménagements du Rhin :

I.2.a : Phase de stabilisation

Afin d'assurer des conditions de sécurité satisfaisantes aux populations riveraines du fleuve, le Rhin a été aménagé selon la conception d'un officier du corps des ingénieurs badois : le colonel Tulla. Au début du XIX^{ème} siècle, il a élaboré les bases de la correction du cours du Rhin Supérieur. La convention signée le 5 avril 1840 entre l'état français et le Grand Duché de Bade décide, par la correction du Rhin, de définir un lit mineur et un lit majeur.

Les travaux ont modifié la physionomie du fleuve et ont concentré celui-ci dans un lit mineur large de 200 à 250 m environ limité par des digues dites de correction. De plus, à 1-1.5 km à

l'intérieur des terres, des digues de hautes eaux (DHE) ont été réalisées afin de contenir les crues du Rhin dans un lit majeur pour éviter des dévastations trop importantes des villages. Jusqu'en 1876 et progressant d'amont en aval, le Rhin fut aménagé de Bâle à Worms, soit sur 272 km ; de nombreux méandres furent coupés. **Cf Figure 2.**

Le but des aménagements de Tulla était multiple :

- protéger les villages riverains contre les crues,
- assainir les marais,
- assurer un meilleur écoulement des crues,
- récupérer de nouveaux terrains pour l'agriculture,
- améliorer les conditions de navigabilité.

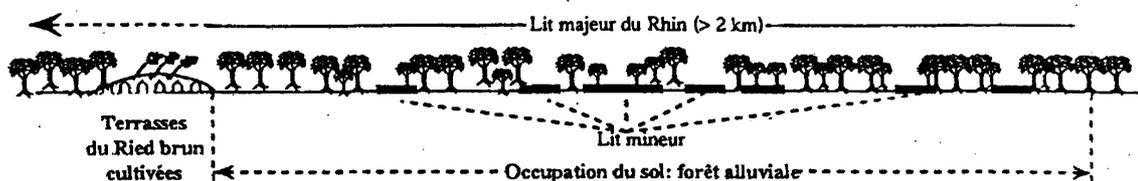
I.2.b : Phase de régularisation

Ces objectifs furent atteints mais l'équilibre hydrodynamique du fleuve fut rompu. Le parcours du Rhin supérieur ayant été réduit de 32 km, la pente est devenue plus forte et une intense érosion du lit a suivi cet endiguement. Le creusement a atteint 10 cm/an en amont de Brisach. Favorable à la protection contre les crues, cette tendance causait des difficultés à la navigation qui fut impossible pendant trente ans et abaissait le niveau des nappes phréatiques de façon défavorable.

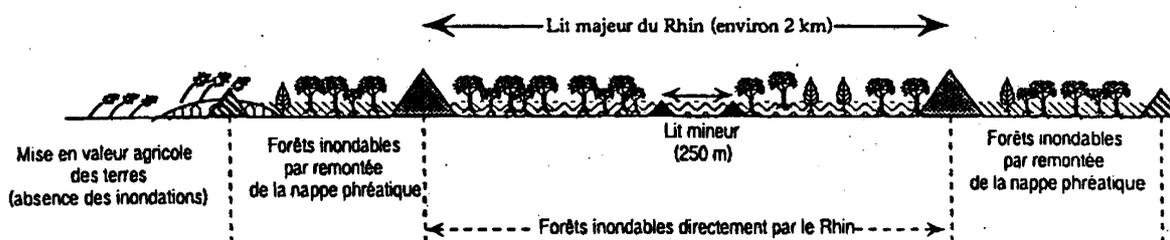
Pour rétablir la navigation, les travaux de régularisation du Rhin ont consisté à restaurer un chenal navigable en sinusoïde à l'intérieur du lit mineur auparavant relativement rectiligne, afin de dissiper l'énergie des eaux. Cette sinusoïde, constituée par des digues transversales dans le lit mineur (les épis) a contribué à rallonger artificiellement le cours du Rhin. Les travaux de régularisation ont été effectués en deux étapes sur la base de conventions internationales : ceux du secteur Strasbourg-Lauterbourg entre 1907 et 1924 et ceux du secteur Bâle-Strasbourg entre 1930 et 1963 ; date à laquelle la phase suivante de canalisation avait déjà débuté.

Figure 2.

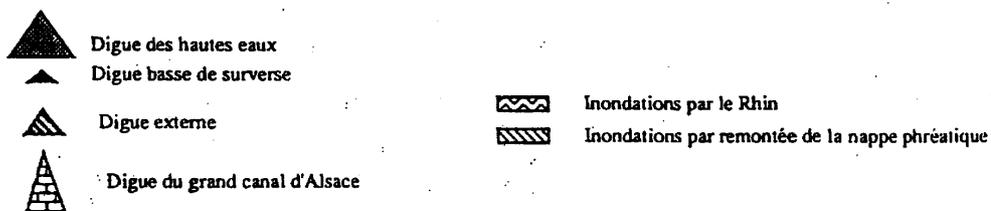
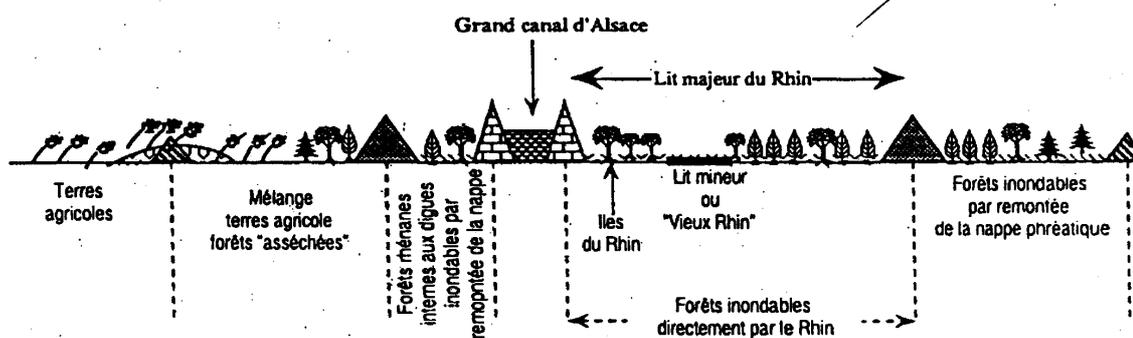
AVANT LES TRAVAUX DE TULLA (1834): Le Rhin sauvage



APRES LES TRAVAUX DE TULLA (1906)



APRES LES TRAVAUX DE CANALISATION (1926-1970)



Source: ORLAM-DIRLAM Vallée du Rhin 1994 ONF DR Alsace

I.2.c : Phase de canalisation

La troisième grande étape de l'aménagement du Rhin est la canalisation à des fins hydroélectriques qui a débuté par l'édification du « Grand Canal d'Alsace » en 1930, en aval de Bâle.

Elle vise à assurer la protection contre les crues, à améliorer les conditions de navigation (largeur et enfoncement) et à exploiter l'énergie hydraulique du Rhin. Le Grand canal d'Alsace comporte quatre usines hydroélectriques.

Il commence à Kembs avec l'usine mise en service en 1932, se poursuit à Ottmarsheim (1956) et à Fessenheim (1957) pour s'achever à Vogelgrun par la mise en service de l'usine en 1959. Cette section aménagée en rive gauche du Rhin mesure 52 km de long, 150 m de large avec un chenal navigable de 80 m à 100 m et supporte à chaque fois des aménagements hydroélectriques et deux écluses pour les besoins de la navigation.

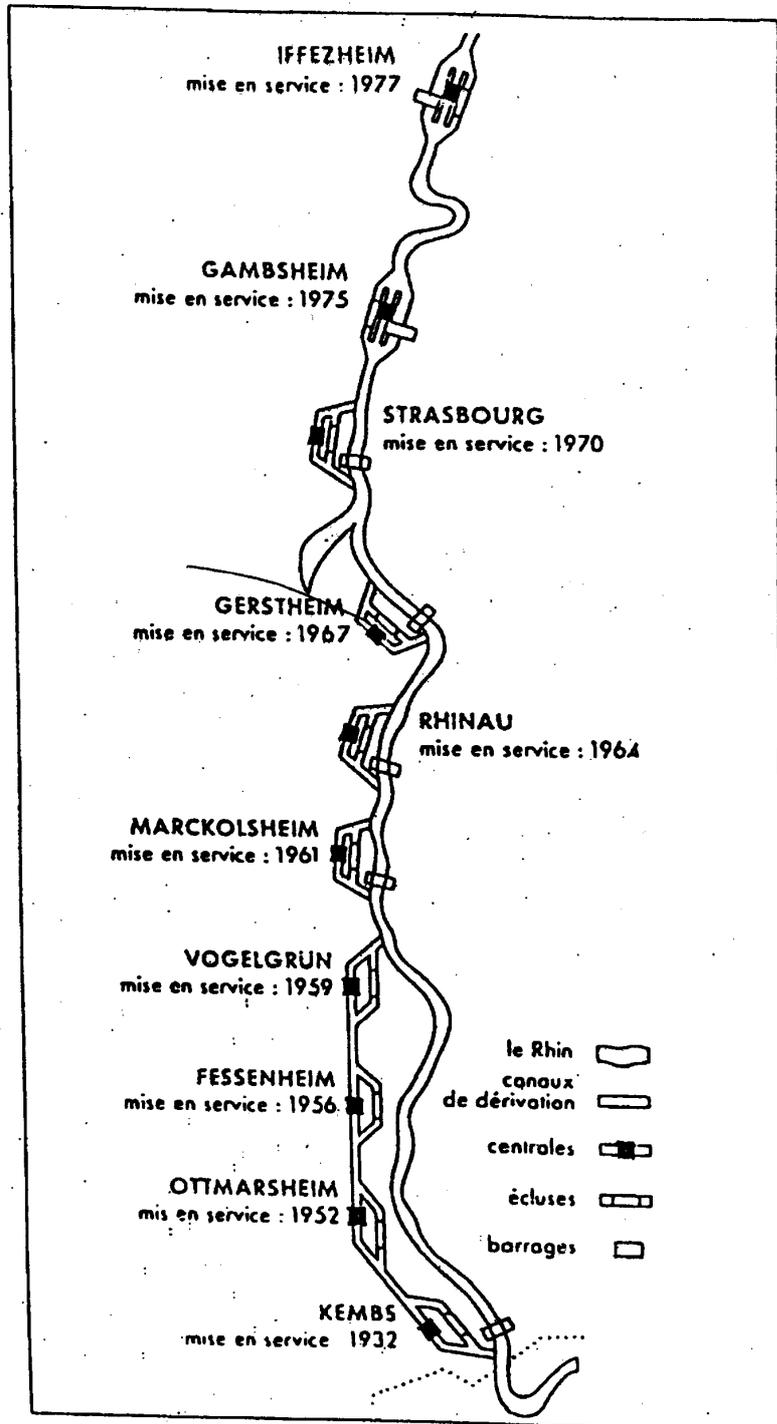
Tout en contribuant à la stabilisation de l'enfoncement de la nappe phréatique, la solution initiale du Grand Canal d'Alsace parallèle au Rhin présente cependant l'inconvénient de n'accorder qu'un faible débit à l'ancien cours du Rhin (en dehors des périodes de crues). Le lit fluvial du Vieux-Rhin se trouve à l'heure actuelle enfoncé de 4-5 m.

La convention de Luxembourg du 27 octobre 1956 entre la France et l'Allemagne a modifié les caractéristiques de canalisation du Rhin à l'aval de Vogelgrun au profit d'un aménagement en festons, **cf Figure 3**. Au lieu de dévier l'ensemble de l'eau dans un grand canal latéral, la dérivation a été réalisée sur le fleuve avec les aménagements hydroélectriques et les écluses pour la navigation pour chaque chute. Quatre chutes sont concernées :

- chute de Marckolsheim en 1961,
- chute de Rhinau en 1963,
- chute de Gerstheim en 1967,
- chute de Strasbourg en 1970.

Tous ces aménagements ont été concédés à EDF qui a en charge toute l'exploitation, y compris celle des écluses.

Figure 3: Aménagement du Rhin entre Kembs et Iffezheim: canalisation et barrages



Source: « Le Saumon du Rhin: données historiques » CSP Pascal ROCHE

La réalisation de ces ouvrages a entraîné l'arrêt de l'érosion sur les secteurs aménagés mais a reporté ce phénomène à l'aval immédiat de la dernière chute.

Après la mise en service de la chute de Strasbourg, la troisième phase de la canalisation a été entreprise. Avec la convention du 4 juillet 1969 pour l'aménagement du Rhin entre Strasbourg et Lauterbourg, la canalisation s'est poursuivie vers l'aval par la mise en service de deux chutes : Gamsheim en 1975 et Iffezheim en 1977. Ces deux aménagements ont été conduits avec une nouvelle conception et comprennent chacun un barrage évacuateur de crue, une usine hydroélectrique et un groupe d'écluses implantées sur un même axe transversal. Cette disposition a également facilité l'aménagement des franchissements routiers correspondants. Ce n'est alors plus EDF le maître d'ouvrage mais les deux Etats en concertation (La France et l'Allemagne).

Une convention additionnelle (16 juillet 1975) prévoyait la poursuite de la canalisation du Rhin après Iffezheim par la mise en service d'une dernière chute sur le Rhin franco-allemand : la chute de Neuburgweier, non loin de Karlsruhe. Mais pour de nombreuses raisons, et notamment de fortes oppositions écologiques en Allemagne, la canalisation ne s'est pas poursuivie et cette chute a été ajournée.

Cette dernière étape de la canalisation a reporté la forte érosion à l'aval de la dernière chute, celle d'Iffezheim. Sur le secteur aménagé, le profil de la ligne d'eau est stabilisé en marches d'escalier et il n'y a pas de problème. Mais après la dernière chute, en secteur libre, il est enregistré une forte activité d'érosion. Pour lutter contre cette incision, la mise en place d'une alimentation régulière très importante en débit solide a été retenue. Le déversement de graviers est en effet le moyen de lutte actuellement utilisé et ce sont plus de 200 000 m³/an de graviers qui sont déversés à l'aval de la chute d'Iffezheim.

I.3 : Les conséquences des aménagements du Rhin :

I.3.a : Principales conséquences

Les conséquences de la canalisation, outre l'impact direct de destruction de pratiquement la moitié des massifs forestiers de fait de l'équipement du Rhin (Grand Canal, canaux de dérivation, centrales électriques, écluses, routes,...) furent de quatre ordres, **cf Figure 4** :

➤ la coupure définitive des quelques bras épargnés par les travaux de rectification. L'ensemble des bras du Rhin datant du Rhin sauvage est donc aujourd'hui déconnecté du fleuve.

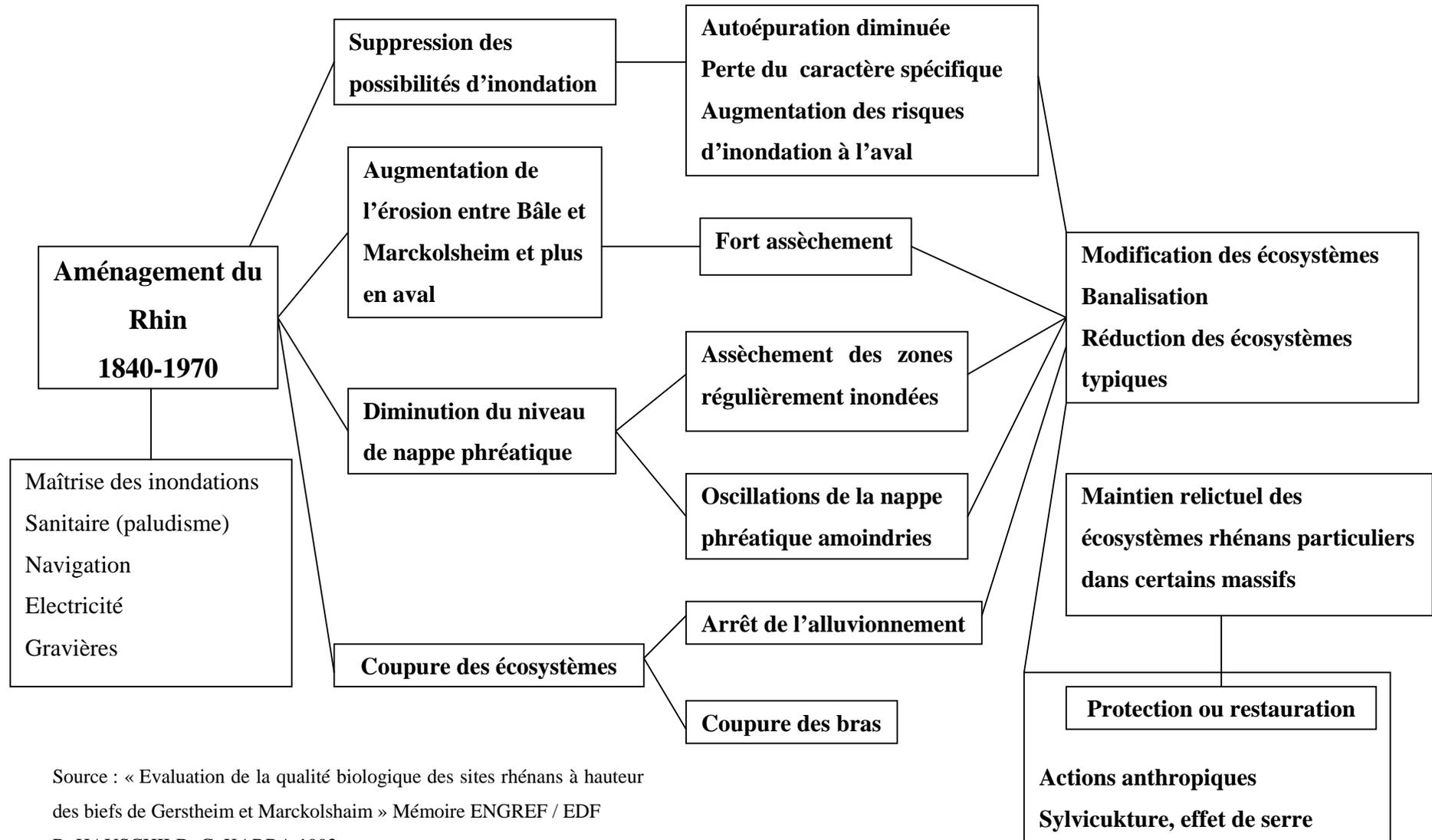
➤ les bras les plus profonds et les plus importants, c'est-à-dire les anciens Brunnenwasser et Giessen virent leur débit considérablement diminuer. Cependant, l'eau qui alimente est d'excellente qualité puisqu'il s'agit d'eau d'origine phréatique. Les anciens chenaux d'importance moins grande se sont par contre lentement comblés par un envasement important.

➤ la suppression des possibilités d'inondation et d'alluvionnement des forêts rhénanes, d'où une réduction de surface des champs d'inondation entraînant une diminution de l'effet d'écrêtement des ondes de crues et une accélération de leur propagation.

Face à ces désordres importants, la France et l'Allemagne ont signé, le 6 décembre 1982, une convention visant à mettre en place des aménagements sur le Rhin Supérieur afin de retrouver les conditions hydrologiques d'avant la canalisation à l'aval d'Iffezheim (polders, manœuvres exceptionnelles des usines EDF, utilisation des barrages agricoles, ...).

➤ une importante diminution de la hauteur de la nappe phréatique et une atténuation des phénomènes de battement de nappe. Les variations du niveau de la nappe qui étaient de l'ordre de 3 à 5 m avant la canalisation ne sont plus que de 30 à 60 cm aujourd'hui. L'isolement des écosystèmes rhénans qui en l'absence d'eau, élément fondamental à leur fonctionnement, risquent à long terme de perdre leur caractère original et leur diversité floristique et faunistique. Il faut noter également la disparition des espèces migratrices.

Conséquences des aménagements du Rhin



Source : « Evaluation de la qualité biologique des sites rhénans à hauteur des biefs de Gerstheim et Marckolsheim » Mémoire ENGREF / EDF

R. HAUSCHILD, C. KARRA 1992

Evaluation de la qualité physique du Rhin – campagne 2000
© 09/2000 – Agence de l'Eau Rhin-Meuse – Tous droits réservés

I.3.b : Bilan

Le Rhin a souffert de conceptions d'aménagement prenant insuffisamment en compte les interactions qui existent entre le fleuve et sa plaine alluviale et prévilégiant des préoccupations telles que la sécurité des populations, la navigation et la production hydroélectrique. La qualité physique a été fortement dégradée notamment par la présence de longs linéaires de béton, d'enrochement et par un fort anthropisme.

A l'heure actuelle, c'est une quatrième phase de l'aménagement du Rhin Supérieur qui s'engage ayant pour objectif une gestion globale intégrant tous les aspects de la vie du fleuve.

I.4 : Les perspectives d'avenir :

I.4.a : Généralités

Chacun de ces grands aménagements correspondait à une priorité de l'époque et se situait dans un contexte culturel où les connaissances et les préoccupations écologiques n'avaient pas atteint leur niveau actuel. Il n'est donc pas étonnant que les différents aménagements aient conduit le Rhin et sa plaine alluviale dans un état de dégradation écologique certain, contre partie d'une exploitation économique intense de la ressource.

La montée des préoccupations environnementales en France et dans les pays riverains du Rhin a rendu la coopération transfrontalière indispensable.

La convention de Berne de 1963, qui concerne tous les pays riverains du Rhin, confie à une Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) la préparation de conventions pour la limitation des pollutions du Rhin.

I.4.b : Les actions de la CIPR

A ce titre un programme d'action pour le Rhin (PAR) a été adopté en 1987, qui comprend un volet dirigé vers la reconquête de la qualité du milieu fluvial et alluvial. Ce projet global intervient à la suite de l'accident Sandoz survenu en 1986 à Schweizerhalle (Bâle, Suisse), accident qui a montré la vulnérabilité d'un écosystème face à un tel événement.

Le Plan Saumon 2000 est aujourd'hui le programme emblématique de l'action de la CIPR dans ce domaine. Le retour du Saumon symbolise une qualité de l'eau retrouvée et des milieux aquatiques restaurés ainsi qu'une coopération internationale réussie.

Les trois principaux lieux de concertation sont la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR), la conférence franco-germano-suisse, les comités et les groupes de travail franco-allemands.

Ces différents axes de travail décidés au niveau international font ensuite l'objet de programmes d'action relayés par les instances nationales de chaque pays concerné.

Aujourd'hui le mandat de la CIPR a été élargi : elle mène désormais la lutte contre les crues, dans le cadre du « Plan d'Action contre les inondations » adopté en 1998, tout en favorisant la renaturation dans le prolongement des polders réalisés en rive allemande dans le cadre de « l'Integriertes Rheinprogram » et des opérations françaises sur la Moder et à Erstein.

La CIPR tente également, en référence à la Directive Cadre, de définir une méthode d'évaluation de la qualité du milieu physique utilisable à l'échelle de l'Union Européenne. En effet cette Directive prévoit et impose à l'ensemble des états membres, la cartographie du milieu physique de l'ensemble des cours d'eau. Les réflexions sont actuellement menées, au cours de rencontres régulières entre experts des différents états membres, pour aboutir à une méthodologie commune.

A ce titre, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse s'investit pleinement dans ce travail et tente d'appliquer sa propre méthode et son outil sur le Rhin. Un travail similaire est effectué également du côté allemand avec leur propre méthode.

II – PRESENTATION DE L'OUTIL D'EVALUATION DE LA QUALITE DU MILIEU PHYSIQUE

II.1 : Contexte :

II.1.a : La qualité globale des cours d'eau

Depuis 1971, la qualité des cours d'eau est évaluée en France à partir d'une grille qui associe, pour une série de paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques, des valeurs seuils à 5 classes de qualité représentées en couleurs. Cette grille permet une évaluation sommaire de l'aptitude de l'eau aux principaux usages et fonctions.

La promulgation de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992, et particulièrement l'élaboration des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux, a amené le Ministère chargé de l'Environnement et les Agences de l'Eau à reconsidérer les grilles de qualité utilisées ces trente dernières années.

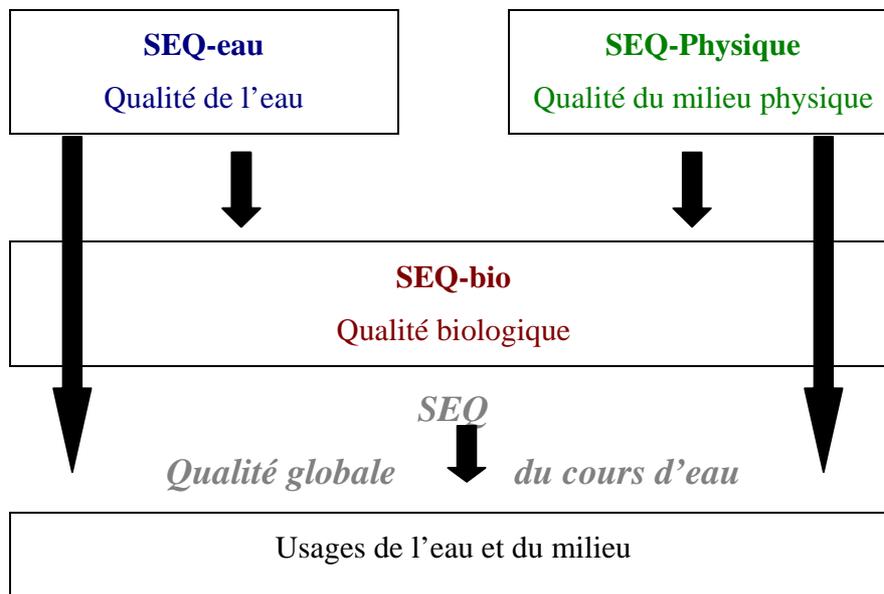
Un important programme d'études a été engagé depuis 1992 pour construire un nouveau système d'évaluation de la qualité des cours d'eau en trois volets, de portée nationale et présentant les principales caractéristiques suivantes : applicable à tous les cours d'eau, système évolutif pour permettre l'intégration des nouvelles connaissances, et polyvalence permettant différentes utilisations (prise de décision, information,...).

L'évaluation de la qualité globale d'un cours d'eau distinguera :

- la qualité de l'eau (physico-chimie) évaluée par le **SEQ-eau**,
- les caractéristiques du milieu physique évaluées par le **SEQ-physique**,
- la qualité biologique, établie à partir des peuplements, évaluée par le **SEQ-bio**.

Il faut noter que les différentes composantes de la qualité sont appelées altérations, critères ou indicateurs, selon qu'il s'agit du volet eau, milieu physique ou biologique.

La qualité physique est en interaction étroite avec la qualité de l'eau et le milieu vivant, ces 3 volets constituant la qualité globale du cours d'eau. Le but est donc de pouvoir juger de l'état de la qualité des éléments constitutifs de « l'architecture » de la rivière, reflets de sa dynamique et de son fonctionnement.



La qualité du milieu physique est l'une des trois composantes de la qualité des cours d'eau.

II.1.b : Généralités sur l'outil

Depuis 1992, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse a engagé une démarche visant à mettre en place un logiciel : QUALPHY permettant l'évaluation de la qualité du milieu physique des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse. L'objectif de cette démarche est la mise au point d'un outil rigoureux et reproductible d'évaluation globale de la qualité du milieu physique des cours d'eau.

Le système d'évaluation de la qualité du milieu physique est un outil destiné à satisfaire deux objectifs :

- Offrir une évaluation de l'état de la qualité des composantes physiques des cours d'eau, de leurs degrés d'altération par rapport à une situation de référence, en complément de la qualité de l'eau et de la qualité biologique.
- Offrir un outil d'aide à la décision dans les grands choix stratégiques d'aménagement, de restauration et de gestion des cours d'eau sans se substituer aux études d'impact détaillées.

Le principe de base du système est la comparaison entre une situation constatée et une situation de référence présentant un fonctionnement naturel (ou pseudo naturelle).

De 1992 à 1994, diverses étapes ont amené au choix d'une méthode et à l'élaboration d'un outil provisoire. L'ensemble de la démarche a été validé par le Conseil Scientifique du Comité de bassin Rhin-Meuse en 1995. Le test de l'outil provisoire a été réalisé en 1994, sur 52 tronçons représentatifs des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse. Ces tronçons ont permis de décrire des exemples caractéristiques de tous les types de cours d'eau présents dans le bassin et de tous les gabarits, des têtes de bassin jusqu'aux grands cours d'eau. Ensuite l'outil a été validé en 1995 sur deux bassins versants : la Meurthe et le Rupt de Mad.

Depuis, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse a décidé d'utiliser en routine l'outil mis au point pour couvrir, dans un premier temps, l'ensemble des principales rivières du bassin à l'horizon 2001. A l'heure actuelle se sont plus de 4000 km de cours d'eau qui sont traités ou en cours de réalisation. Ces travaux ont été entièrement gérés par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse en 1995 et 1996. A partir de 1997 s'est mis en place un partenariat entre Agence et les DIREN du bassin Rhin-Meuse, notamment l'Alsace et la Lorraine. Des bureaux d'études participent également à la réalisation de ces travaux.

Le suivi de la qualité physique sera ensuite effectué périodiquement, selon une période de retour de 5 à 10 ans.

La méthode mise au point et présentée dans ce rapport, n'est, en l'état, applicable qu'aux cours d'eau du bassin Rhin-Meuse et nécessiterait des adaptations pour étendre son application à des types de cours d'eau non représentés dans ce bassin.

II.2 : Présentation de l'outil :

II.2.a : Les principes de l'outil

L'indice « milieu physique » permet d'évaluer la qualité du milieu de façon précise, objective et reproductible. Il fait référence au fonctionnement et à la dynamique naturelle des cours d'eau.

L'outil d'évaluation s'appuie sur plusieurs éléments :

➤ La typologie des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse qui définit sept types, homogènes dans leur fonctionnement et leur dynamique. La méthode est basée sur la comparaison de chaque cours

d'eau à son type géomorphologique de référence, permettant ainsi de comparer entre eux que des systèmes de même nature, **cf Annexe 1**.

➤ Une méthode de découpage en tronçons dits homogènes, c'est à dire ne présentant pas de rupture majeure dans leur fonctionnement ou leur morphologie. Elle est réalisée à l'aide de deux types de critères : composantes naturelles et anthropiques. Des données cartographiques et bibliographiques sont nécessaires pour la réalisation de ce découpage, celles-ci seront ensuite validées et complétées par une visite de terrain.

➤ Une fiche de description du milieu physique, unique pour tous les types de cours d'eau, où tous les cas sont à priori prévus, de façon à ce qu'un observateur, même non-spécialiste, soit amené à faire une description objective. Pour chaque tronçon, une fiche de description doit être remplie et cette fiche permet à l'aide de 40 paramètres, de décrire le lit majeur, les berges et le lit mineur, **cf Annexe 2**.

➤ Un traitement informatisé de ces données avec pondérations des paramètres. Les 40 paramètres sont saisis à l'aide du logiciel QUALPHY. Ce dernier permet de calculer l'indice de qualité globale de chaque tronçon, par l'analyse multicritère des différents paramètres affectés de pondérations relatives à leur importance, compte tenu du type de cours d'eau considéré.

II.2.a : Traitement des données

La méthode de traitement des données utilisée est la méthode de hiérarchisation multicritère compte tenu de la nature des paramètres utilisée : quantitatifs et qualitatifs. Une arborescence identifie et organise les paramètres descriptifs du milieu physique, **cf Annexe 3**.

Pour calculer un indice chiffré, il est nécessaire de pondérer chaque paramètre. Ce travail a été fait de façon à établir une pondération adaptée à chacun des sept types de cours d'eau du bassin identifiés. Ainsi, pour chaque type de cours d'eau, chaque paramètre, ou groupe de paramètres, a été affecté d'une pondération traduisant son importance dans le fonctionnement global du cours d'eau en question.

Les indices obtenus peuvent être répartis en cinq classes de qualité comme le montre le tableau ci-après.

Le résultat du traitement des données s'exprime sous la forme d'un pourcentage, appelé indice de qualité et compris de 0 (qualité nulle) à 100 % (qualité maximale).

Le logiciel utilisé permet aussi d'obtenir, toujours en pourcentage d'un maximum égal à 100, des indices « partiels » ne prenant en compte qu'une partie des paramètres. Ainsi, il est possible de déterminer, pour chaque tronçon :

- un indice de qualité du lit majeur,
- un indice de qualité des berges,
- un indice de qualité du lit mineur.

Indice	Classe de qualité	Couleurs	Interprétation
81 à 100 %	Qualité correcte à excellente	Bleu	Le tronçon présente un état proche de l'état naturel qu'il devrait avoir, compte tenu de sa typologie (état de référence du cours d'eau).
61 à 80 %	Qualité assez bonne	Vert	Le tronçon a subi une pression anthropique modérée, qui entraîne un éloignement de son état de référence. Toutefois, il conserve une bonne fonctionnalité et offre les composantes physiques nécessaires au développement d'une faune et d'une flore diversifiées (disponibilité en habitats).
41 à 60 %	Qualité moyenne à médiocre	Jaune	Le milieu commence à se banaliser et à s'écarter de façon importante de l'état de référence. Le tronçon a subi des interventions importantes (aménagement hydrauliques). Son fonctionnement s'en trouve perturbé et déstabilisé. La disponibilité en habitats s'est appauvrie mais il en subsiste encore quelques éléments intéressants dans l'un ou l'autre des compartiments étudiés.
21 à 40 %	Qualité mauvaise	Orange	Milieu très perturbé. En général les trois compartiments (lit majeur, berges et lit mineur) sont atteints fortement par des altérations physiques d'origine anthropique. La disponibilité en habitats naturels devient faible et la fonctionnalité du cours d'eau est très diminuée.
0 à 20 %	Qualité très mauvaise	Rouge	Milieu totalement artificialisé, ayant perdu son fonctionnement et son aspect naturel (cours d'eau canalisés).

Cette méthode peut également être utilisée pour faire des simulations. Le fait de modifier la valeur d'un paramètre modifiera la note de l'indice. Ainsi, il est possible d'estimer l'intérêt d'améliorer un paramètre pour approcher un objectif de qualité ou a contrario évaluer les effets d'un projet d'aménagement ou de restauration sur le milieu au travers de son incidence sur les paramètres.

III – APPLICATION DE L'OUTIL SUR LE RHIN

III.1 : Méthodologie :

La réalisation du découpage d'un cours d'eau en tronçons homogènes s'effectue en deux phases essentiellement.

III.1.a : Première phase : le découpage

La définition de tronçons homogènes de cours d'eau s'appuie sur la méthodologie de sectorisation des cours d'eau. La méthodologie adoptée consiste d'abord à définir sur cartes des tronçons à partir des grandes caractéristiques abiotiques du bassin versant (cf étude inter-Agences « milieux et végétaux »). Le découpage s'effectue, d'amont en aval, à chaque changement de paramètres important. La liste des paramètres à utiliser pour ce premier découpage, est fournie par l'Agence de l'eau.

Les paramètres sont :

- La typologie physique simplifiée (Typologie des cours d'eau de l'Agence Rhin-Meuse, 1998), proposant 7 types de cours d'eau particuliers dans le bassin Rhin-Meuse.
- Les écorégions (cartes de synthèse issue d'une étude inter-Agences), dont 8 sur 256 recouvrent le bassin Rhin-Meuse.
- La géologie (à partir des cartes géologiques) et /ou la perméabilité (Atlas de perméabilité du Bassin Rhin-Meuse).
- La pente de la vallée en ‰, soit calculée à partir des cartes topographiques au 1/25000^{ème}, soit issue d'autres documents (Schémas piscicoles ou autres).
- Les confluences significatives (variation de débit, des écoulements, de la largeur du lit, etc...).

Le tronçonnage, dit « abiotique » (ne faisant intervenir à ce stade aucun critère biologique de découpage), résulte du croisement de ces paramètres.

A l'issue de ce premier découpage, une visite exhaustive sur le terrain permet de compléter et valider les limites des tronçons et également de définir des sous-tronçons homogènes en tenant compte des modifications anthropiques du cours d'eau (aménagement hydrauliques, occupation du sol en lit majeur, présence de ripisylve,...).

III.1.b : Deuxième phase : description et synthèse des résultats

Après la mise en place des tronçons, le travail de terrain débute. La description s'effectue à l'aide d'une fiche de terrain (fiche de description présentée en annexe n°2), sur laquelle figurent les 40 paramètres nécessaires à l'évaluation de la qualité physique du cours d'eau.

Ces données sont ensuite saisies sur le logiciel qui va nous donner des résultats chiffrés de la qualité par tronçons et qui seront interprétés.

III.2 : Réalisation du découpage du Rhin en tronçons homogènes :

Le Rhin franco-allemand parcourt environ 180 km de Bâle à Lauterbourg.

Le **tableau n°1** présenté ci-après est une synthèse de toutes les étapes du découpage.

III.2.a : Découpage abiotique

Cette première étape est représentée dans les cinq premières colonnes du tableau de découpage du Rhin, **cf Tableau n°1**.

La typologie physique simplifiée :

Le Rhin représente un seul type de cours d'eau sur l'ensemble du linéaire français : cours d'eau de piémont à lit mobile, cônes alluviaux, glacis (Type 3), selon la typologie des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse présentée en annexe (cf annexe n°1).

Les écorégions :

Deux écorégions sont présentes 4 A2 et 4 A3, notées à partir de la carte fournie par l'Agence présentée en **annexe n°4**, correspondant à la plaine alluviale d'Alsace (plaine fertile, cultures riches, prairies dans la zone humide du Ried).

Le terme d'Ecorégions peut être défini comme des régions naturelles considérées comme homogènes du point de vue de la distribution des séries de végétation (et leurs divers stades) en fonction de la topographie et par leur degré d'artificialisation.

Il a été admis lors de la mise en place de ces zones que dans « chacune des zones où la végétation naturelle réagit de la même manière vis à vis de son environnement et où l'homme a trouvé les mêmes possibilités d'exploiter le sol, les conditions écologiques doivent être homogènes », cf Document pour Zonage des Régions Phyto-écologiques (Fevrier 1995). Les facteurs essentiels sont les précipitations, la température, composition du sol, niveau des nappes,

Géologie/perméabilité :

L'Atlas de la lithologie et de la perméabilité du Bassin Rhin-Meuse (Agence de l'eau Rhin-Meuse, 1989), montre que le Rhin, sur son linéaire français, traverse quatre zones dont deux sont majoritaires :

➤ De la sortie de la ville de Bâle jusqu'à Vogelgrun, le cours d'eau coule sur des formations superficielles (S10) dans lesquelles le réseau hydrographique subit des pertes sur tout le domaine. Ces formations sont représentées par les alluvions rhénanes, récentes et anciennes, et les cônes de déjection des rivières vosgiennes du sud de la plaine d'Alsace (sables, graviers et galets dominants).

Il existe des échanges eaux souterraines – eaux de surface dans le Vieux-Rhin qui lui confèrent une bonne qualité de ces eaux.

➤ De Vogelgrun jusqu'à Lauterbourg, le cours d'eau rencontre des formations superficielles (S11) dans lesquelles les échanges eaux de surface-eaux souterraines sont possibles.

Plusieurs types de dépôts sont retrouvés comme les alluvions rhénanes récentes, les alluvions fluviales de fond de vallée, des lits majeurs et des terrasses de cours d'eau de domaines gréseux, calcaires et cristallins. Des dépôts fluvioglaciers de fond de vallée et les cônes de déjections sont aussi présents.

➤ Enfin deux tronçons au substrat imperméable correspondant à la traversée des villes de Bâle et Strasbourg, (P34).

Du côté allemand, le cours d'eau s'écoule également sur des alluvions récentes.

La pente de la vallée :

D'après les données du Service de la Navigation de Strasbourg, nous pouvons distinguer 3 secteurs de pente :

- De Bâle à Marckolsheim : 1‰,
- De Marckolsheim à Strasbourg : 0.6-0.8‰,
- De Strasbourg à Lauterbourg : 0.4-0.5‰.

Les confluences :

Le Rhin draine un bassin-versant de 180 000 km² dont 20000 km² en France.

Il reçoit 4 affluents principaux du côté français : l'Ill, la Moder, la Sauer et la Lauter. Du côté allemand, successivement, la Möhlin, le Canal de Léopold, la Kinzig, la Rench et la Murg se jettent dans le Rhin.

En fonction de leur débit, le Canal Léopold, l'Ill, la Moder et la Sauer ont été retenus pour le découpage du Rhin. Le canal de décharge de l'Ill, permettant l'évacuation de la majeure partie du débit de l'Ill en période de crue, n'a pas été retenu au titre des confluences du fait du fait de son importance très relative et très ponctuelle dans le temps au niveau des débits. Il est difficile de comparer les débits du Rhin et des affluents car ils possèdent des régimes différents. En effet, le Rhin a un régime nival à son entrée en France à l'aval de Bâle (caractère tendant à s'estomper sur la partie aval de Strasbourg) du fait qu'il prend sa source dans les Alpes, il vit au rythme de la fonte des neiges et connaît donc sa période d'étiage en janvier février. Cette période de basses eaux est différente pour ces affluents.

Nous pouvons noter que le débit d'exploitation du Grand Canal d'Alsace est en moyenne fixé à 1400 m³/s, le surplus est déversé dans le Vieux-Rhin au niveau du barrage de Kembs. Le débit réservé du Vieux-Rhin, parallèle au Grand Canal d'Alsace, varie de 20 (en hiver) à 30 (en été) m³/s, et peut brutalement passer à 400 m³/s après un lâché de barrage par EDF.

Son aspect général :

En utilisant une carte IGN au 1/25000^{ème}, du cours du Rhin, de Bâle à Lauterbourg.

Dans sa configuration actuelle, le Rhin est canalisé et endigué de Bâle à Iffezheim. Au-delà d'Iffezheim, le Rhin est dit à courant libre. Ne présentant plus de barrage sur son linéaire, il présente néanmoins les aménagements des phases de correction et régularisation (épis, digues de hautes eaux éloignées, permettant ainsi une inondabilité plus grande du lit majeur).

Nous distinguons 3 grands secteurs :

- Le Grand Canal d'Alsace de Kembs à Breisach,
- Le Rhin canalisé et aménagé en « festons » pour les quatre chutes de Marckolsheim, Rhinau, Gerstheim et Strasbourg (dérivation du Rhin au droit des ouvrages),
- Le Rhin canalisé sur lequel il y a 2 chutes supplémentaires : Gambsheim et Iffezheim (construites en commun entre la France et l'Allemagne),
- Le Rhin au-delà de Iffezheim.

Synthèse :

A l'issue de ce premier découpage utilisant les cinq paramètres de base, comme le montre le **tableau n°1** présenté ci-après, le Rhin se décompose en 17 secteurs dits abiotiques dont 5 présentent une différenciation entre le Canal et le Vieux-Rhin. Ces derniers sont également divisés en sous-secteurs, notés à l'aide d'un chiffre, ce qui fait un total de **25 tronçons**.

Il faut noter que le terme d'abiotique est utilisé dans le sens où aucun paramètre biologique n'est pris en compte pour ce premier découpage.

Chaque tronçon est numéroté, d'amont en aval, par un chiffre (de 1 à 17) et par une lettre :

- R.C : Le Rhin Canalisé,
- R : Le Vieux Rhin,
- C : Le Canal,

Les sous-secteurs sont identifiés par des chiffres (exemple : 7.R.1 et 7.R.2 sont des sous-secteurs du tronçon n°7 appliqué sur le Rhin).

III.2.b : Découpage en tronçons homogènes

Les paramètres qui permettent de définir des zones homogènes à l'intérieur des tronçons prédéfinis sont étroitement liés à l'anthropisme et à ce que nous avons indiqué sous le terme d'Impact Activité Humaine. Les ouvrages d'art, les aménagements hydrauliques et l'occupation du sol ont un impact fort sur le fonctionnement du fleuve. A chaque changement de paramètres correspond un nouveau sous-tronçon.

Les aménagements hydrauliques :

La rectification du tracé (par rapport au Rhin sauvage) et l'endiguement constituent les aménagements les plus lourds. De plus, de nombreux ouvrages hydrauliques (une succession de 17 barrages), sont présents tout au long du linéaire et sont reportés dans le tableau. Ces derniers constituent systématiquement des limites de tronçons supplémentaires.

Le critère de franchissabilité, même s'il a une connotation biologique, est utilisé comme un indice d'impact de l'ouvrage sur le milieu et ses écoulements. Les ouvrages sont infranchissables exceptés le barrage de Kembs-Village Neuf et le barrage d'Iffezheim qui vient tout récemment d'être équipé d'une passe à poisson. Le Conseil Supérieur de la Pêche (CSP) du Bas-Rhin et du Haut-Rhin confirment leur fonctionnalité.

L'occupation du sol :

L'occupation des berges et du lit majeur (type de ripisylve, forêts, cultures, zone urbaine, gravières, canaux) permet de caractériser de nouveaux sous-tronçons.

Les avis du CSP et du Service de la Navigation de Strasbourg (SNS) ont permis d'affiner le découpage en remarquant des zones à différencier telles que celles de remous de barrage et celles de polder (colonne R* du tableau).

Une vérification sur le terrain a permis la validation des limites des tronçons.

Cas du Vieux-Rhin (parallèle au Grand Canal d'Alsace) :

De nombreuses visites de terrains ont été nécessaires pour la mise en place des tronçons et de leur limites. Dans ce cas, ce ne sont pas les barrages qui imposent des découpages supplémentaires, excepté le barrage agricole de Neuf-Brisach. Bien qu'il soit constamment sous l'influence du barrage de Kembs, le lit du Vieux-Rhin a tenté de recréer un linéaire plus sinueux. Nous sommes devant un cas particulier, il s'agit de décrire un paysage souvent naturel établi sur une base artificielle (ancienne canalisation).

En considérant le lit mineur comme étant le lit en eau hors période d'ouverture du barrage de Kembs, nous pouvons définir trois grandes zones distinctes :

➤ secteur fortement incisé, à l'aval immédiat du barrage, le creusement est estimé à 4-5 m de profondeur, l'érosion atteint la roche mère. Le lit en eau (basses eaux) occupe l'ensemble de l'espace entre les deux digues et des seuils naturels transversaux diversifient l'écoulement.

➤ secteurs où le Rhin a créé un nouveau lit mineur mobile d'un côté à l'autre des digues avec des atterrissements et des banquettes végétalisés ou non et des plages de galets à l'intérieur des méandres.

Ensuite à l'intérieur de ces secteurs des divisions supplémentaires peuvent être faites grâce à la variabilité d'autres paramètres repérés sur le terrain tels que la végétation des berges, la largeur du lit, les changements de profondeur et d'écoulement et la nature des berges (présence d'enrochement par exemple).

➤ secteurs qui restent très fortement sous l'influence amont du barrage de Neuf-Brisach, marqués par des caractéristiques très homogènes (écoulement, largeur du lit, nature des berges,...).

La cartographie des faciès d'écoulement du Vieux-Rhin a été très utile pour déterminer les zones plus ou moins profondes, de rapide, de courant profond, de radier et de plat. En effet, ces zones ne possèdent pas les mêmes caractéristiques physiques.

Synthèse :

La prise en compte de l'anthropisme, de l'occupation du sol, des observations du CSP du Bas Rhin et Haut Rhin, de l'Association Saumon Rhin et des indications du Service de Navigation de Strasbourg, nous a permis de redécouper les premiers tronçons précédemment obtenus. Chaque

barrage constituant une limite de tronçon, le Rhin comporte alors un total de 55 tronçons homogènes ayant des longueurs variables.

Les nouvelles divisions sont notées à l'aide de lettres minuscules (a, b, c,...) dans le tableau ci-joint, où chaque délimitation de tronçon trouve son explication dans les colonnes notées R*.

Il faut ajouter quelques précisions concernant le tableau :

DRC : diffluence Rhin/Canal

DC : diffluence Canal

CRC : confluence Rhin/Canal

C : confluence d'un cours d'eau au Rhin

B : barrage

CONCLUSION : Le découpage du Rhin, par la méthode mise au point dans le cadre de l'application de l'outil d'évaluation de la qualité du milieu physique, donne un ensemble de 55 tronçons homogènes dont la longueur moyenne est de 4.9 km. La longueur varie de 0.7 km à 13.5 km. L'ordre de grandeur habituellement observé lors du découpage de cours d'eau à l'aide de la méthodologie utilisée ici est de 2 à 3 km. Cependant, du fait d'un fort aménagement du Rhin, la banalisation du milieu engendre des tronçons plus longs en moyenne.

III.1.c : Localisation des tronçons du Rhin :

Les tronçons sont reportés dans le tableau ci-après ainsi que leur longueur et leurs délimitations.

N° Tronçons	pkh	Longueurs (km)	DELIMITATIONS
1.RC	168 à 171.25	3.25	De la frontière France-Suisse à l'aval du pont de Huningue.
2.RC	171.25 à 174	2.75	Du pont de Huningue au barrage de Kembs.
3.R.a	174 à 178.3	4.3	Du barrage de Kembs à Istein.
3.R.b	178.3 à 179.8	1.5	De Istein à la chute de Kembs.
3.R.c	179.8 à 190	10.2	De la chute de Kembs à l'aval de Bad-Bellingen.

3.R.d	190 à 195.5	5.5	De l'aval de Bad-Bellingen à Ottmarsheim.
3.R.e	195.5 à 201	5.5	De Ottmarsheim à l'aval de Chalampé.
3.R.f	201 à 209.5	8.5	De l'aval de Chalampé à l'amont de la chute de Fessenheim.
3.R.g	209.5 à 215	5.5	De l'amont de la chute de Fessenheim à la rampe militaire de Nambenheim.
3.R.h	215 à 219	4	De la rampe militaire de Nambenheim à la base nautique Neuenburg.
3.R.i	219 à 224.5	5.5	De la base nautique Neuenburg au barrage de Neuf-Brisach.
3.R.j	224.5 à 226	1.5	Du barrage de Neuf-Brisach à la confluence Grand Canal d'Alsace/Rhin.
3.C.1.a	174 à 179.8	5.8	Du barrage de Kembs à la chute de Kembs.
3.C.1.b	179.8 à 185	5.2	De l'usine hydroélectrique à la diffuence du Canal de Huningue.
3.C.2.a	185 à 191.5	6.5	De la diffuence du canal de Huningue au chemin départemental 52.
3.C.2.b	191.5 à 194.5	3	Du chemin départemental à la chute d'Ottmarsheim.
3.C.2.c	194.5 à 201	6.5	Du barrage d'Ottmarsheim à la sortie de Chalampé.
3.C.2.d	201 à 211	10	De la sortie de Chalampé à la chute de Fessenheim.
3.C.2.e	211 à 224.5	13.5	Du barrage de Fessenheim à la chute de Vogelgrun.
3.C.2.f	224.5 à 226	1.5	De la chute de Vogelgrun à la confluence Grand Canal-Rhin.
4.R.C.a	226 à 231	6.5	De la confluence Grand Canal-Rhin à la cartonnerie de Kaysersberg.
4.R.C.b	231 à 234.5	3.5	De l'usine de cartonnerie au barrage de Marckolsheim.
5.R	234.5 à 242	7.5	Du barrage à la confluence bief de Marckolsheim/Vieux Rhin.
5.C.a	234.5 à 240.5	6	De la diffuence bief de Marckolsheim à la chute de Marckolsheim.
5.C.b	240.5 à 242	1.5	De la chute de Marckolsheim à la confluence bief /Vieux Rhin.
6.R.C	242 à 249	7	De la confluence du bief de Marckolsheim au barrage de Rhinau.
7.R.1	249 à 253.6	4.6	Du barrage de Rhinau à la confluence du Canal Léopold.
7.R.2	253.6 à 260	6.4	De la confluence du Canal à la confluence bief de Rhinau/Rhin.
7.C.a	249 à 256.5	7.5	Du barrage de Rhinau à la chute de Rhinau.
7.C.b	256.5 à 260	3.5	De la chute de Rhinau à la confluence bief de Rhinau/Rhin.
8.R.C	260 à 268.5	8.5	De la confluence bief de Rhinau/Rhin au barrage de Gerstheim.
9.R	268.5 à 274	5.5	Du barrage de Gerstheim à la confluence bief de Gerstheim/Rhin.
9.C.a	268.5 à 272.5	4	Du barrage de Gerstheim à la chute de Gerstheim.
9.C.b	272.5 à 274	1.5	De la chute de Gerstheim à la confluence bief de Gerstheim/Rhin.
10.R.C	274 à 277	3	De la confluence au plan d'eau de Plobsheim.
11.R.C	277 à 284	7	Du plan d'eau de Plobsheim au barrage de Strasbourg.
12.R.1	284 à 288	4	Du barrage de Strasbourg au lac de retenue.
12.R.2.a	288 à 290.3	2.3	Du lac de retenue au barrage agricole de Strasbourg.
12.R.2.b	290.3 à 291	0.7	Du barrage agricole à la confluence bief de Strasbourg/Rhin.
12.C.a	284 à 288	4	Du barrage de Strasbourg à la chute de Strasbourg.

12.C.b	288 à 291	3	De la chute de Strasbourg à la confluence bief de Strasbourg/Rhin.
13.R.C	291 à 298	7	De la confluence bief de Strasbourg à la confluence de la Kinzig.
14.R.C.a	298 à 307	9	De la confluence au bief de Gamsheim.
14.R.C.b	307 à 309	2	Du début du bief de Gamsheim au barrage de Gamsheim.
14.R	309 à 311.3	2.3	Du barrage de Gamsheim à la confluence de l'Ill.
14.C	309 à 311.3	2.3	Du barrage de Gamsheim à la confluence de l'Ill.
15.R.C.a	311.3 à 318.5	7.2	De la confluence de l'Ill au bac automoteur de Drussenheim-Greffern
15.R.C.b	318.5 à 325.5	7	Du bac automoteur de Drussenheim au Port de Fort-Louis I.
15.R.C.c	325.5 à 332	6.5	Du port Fort-louis I au début du bief d'Iffezheim.
15.R.C.d	332 à 334	2	Du début du bief d'Iffezheim au barrage d'Iffezheim.
16.R	334 à 335.5	1.5	De la chute d'Iffezheim au pont route et rail Roppenheim.
16.C	334 à 335.5	1.5	De la chute d'Iffezheim au pont route et rail Roppenheim.
16.R.C.a	335.5 à 339	3.5	Du pont route-rail au port de Beinheim.
16.R.C.b	339 à 344.5	5.5	Du port de Beinheim à la confluence de la Sauer.
17.R.C	344.5 à 352	7.5	De la confluence de la Sauer à la frontière France-Allemagne.

Les barrages sont toujours utilisés pour déterminer les limites de tronçons du fait de leur impact (écoulement, lit,...). Cet impact est essentiellement visible sur l'amont des barrages. Ces ouvrages hydrauliques sont donc intégrés aux tronçons amont lors de leur description.

Les voies de communication transversales au lit, sur remblai, sont intégrées dans les tronçons aval de ces aménagements du fait de leur impact sur l'écoulement des eaux des crues sur ces secteurs.

Longueur totale étudiée : 279 km.

Nombre total de tronçons : 55.

Longueur moyenne des tronçons : 4.9 km.

Tronçon le plus court : 12.R.2.b avec 0.7 km.

Tronçon le plus long : 3.C.2.e avec 13.5 km.

Remarque :

Pour ce qui est des bras existants, ils sont considérés comme des annexes hydrauliques du Rhin. Certains bras encore connectés au Rhin ou récemment remis en eau seront traités à l'aide de la méthode milieu physique. Par contre, les autres cours d'eau (affluents de la plaine) qui sont plus ou moins en communication directe sur le Rhin ou le contre canal (tel que le Muhlbach par exemple), seront traités ultérieurement comme des cours d'eau à part entière.

Ces résultats ont été validés par les membres du groupe de pilotage.

III.3 : Description du milieu physique du Rhin :

III.3.a : Présentation de la fiche, mode de remplissage et traitement :

La méthode d'évaluation de la qualité du milieu physique prend en compte de manière distincte les trois grands compartiments du cours d'eau : lit majeur, berges et lit mineur. Le remplissage de la fiche est facilité par l'utilisation du manuel « Notice d'utilisation de la Fiche Description du milieu », qui est à lire obligatoirement avant tout travail de terrain. La saisie des données se fait sur le logiciel QUALPHY, développé par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

Le travail débute par une description systématique du cours d'eau (à pied, en voiture et en canoë pour l'ensemble du linéaire du Rhin) à l'aide de la fiche de description du milieu physique.

Tous les critères (cf fiche en annexe n°2) sont remplis sachant que seules les cases grisées feront l'objet d'une saisie dans le logiciel. Pour chaque critère, se trouvent de haut en bas les situations des plus naturelles au plus dégradées. Quand deux choix sont possibles en situation dominante, c'est la situation la plus dégradante qui est retenue afin de ne pas surestimer la note.

Ainsi 279 km de cours d'eau ont été décrits dans le cadre de cette étude, la phase de terrain s'est déroulée du début juillet à la mi-août 2000.

Chaque opérateur adopte sa propre technique, celle utilisée ici fut de parcourir l'ensemble d'un tronçon en notant sur une carte toutes les remarques utiles : nature des berges, végétation, occupation du sol, écoulement,...A la fin du linéaire, un bilan des observations est réalisé et le remplissage de la fiche se fait systématiquement à la suite. La saisie des données fait suite à ce travail de terrain.

Des photos sont prises sur le terrain, avec un minimum de quatre photos pour chaque tronçon. Elles servent à valider les choix effectués sur la fiche, permettent de montrer des aspects

intéressants ou voire anecdotiques sur le secteur concerné et facilitent l'exploitation ultérieure des données.

Le Rhin est un cas tout à fait particulier et unique sur le bassin Rhin-Meuse de par son histoire et sa morphologie actuelle. Pour la mise en place de cette étude, une adaptation de la méthode et des prescriptions de remplissage ont été nécessaires. En effet, étant donné l'état actuel du Rhin (très éloigné de son état naturel sur tout le linéaire étudié), la difficulté d'objectivité pour l'évaluation de la qualité physique du fleuve est d'autant plus grande.

De part sa forte canalisation sur l'ensemble du linéaire, le Rhin se trouve totalement déconnecté de son lit majeur (espace occupé avant les aménagements de Tulla). Il n'existe aucun autre cours d'eau de ce type sur l'ensemble du bassin, c'est ce qui fait d'ailleurs l'originalité de ce fleuve. C'est pourquoi, dans l'objectif de prendre en compte et de faire intervenir significativement les reliquats de diversité encore présents, il a été nécessaire d'adapter l'évaluation de la qualité physique du Rhin.

III.3.b : Adaptation de la méthode :

Le Rhin, pour une grande partie de son linéaire, est très uniforme mais possède quelques singularités que nous devons prendre en considération (anciens bras du Rhin, gravières, polder,...). De plus, il existe de nombreux travaux et projets de réactivation de la bande rhénane qui doivent être mentionnés, tout en sachant que par exemple, une remise en eau d'un ancien bras du Rhin, ne correspondra pas à une situation naturelle.

Seules les rives françaises ont été traitées sur le Rhin canalisé et les deux rives sur le Vieux-Rhin et les tronçons de Rhin court-circuité (non navigués).

Nous avons mis en place une méthode de traitement des données et imposé un mode de remplissage. Cette dernière pourra venir compléter la notice existante.

Elle se décompose en deux parties avec tout d'abord une liste d'éléments à prendre en compte (d'amont en aval) et ensuite un mode de traitement des différents paramètres.

Liste des éléments à prendre en compte :

Pour le milieu naturel :

- les bras avec prise d'eau sur le Rhin (l'Aspenkof et le Bras de l'Hôpital),
- les bras avec prise d'eau sur le contre-canal ou un autre canal (le Muhlbach, le Steingiessen, le Breitsandgiessen par exemple),
- les bras des îles de Marckolsheim, Rhinau, Gerstheim et Strasbourg (Rhin court-circuité).

Les canaux ou contre-canal :

- le canal d'alimentation de Huningue, de Neuf-Brisach, d'alimentation de l'Ill, de la Moder et le contre canal de drainage.

Les darses/ ou ports/ ou gravières :

- port de Strasbourg et ses darses, de Gambsheim, de Fort-Louis, les gravières de Gambsheim et de Seltz, par exemple.

Le polder :

- le polder de la Moder alimenté par siphons par les eaux du Rhin.

Les projets de réalisation :

- la restauration de bras avec prise directe sur le Rhin ou sur un canal alimenté par les eaux du Rhin (bras de la Petite Camargue alsacienne, l'Altwasser, le Rheingiessen...),
- la redynamisation de massifs forestiers (Marckolsheim, Dalhunden, Offendorf,...),
- création de polder comme celui d'Erstein avec prise d'eau directe sur le Rhin.

A partir de ces projets de restaurations, des simulations peuvent être faites afin de montrer l'évolution possible de la qualité physique du milieu dans ces secteurs.

Mode de traitement des différents paramètres :

Cette analyse est faite en suivant le sens de remplissage de la fiche de description (présentée en annexe).

◆ LE LIT MAJEUR

Pour l'occupation du sol :

Comme nous l'avons signalé auparavant, le Rhin est complètement déconnecté de son lit majeur du fait de son très fort endiguement. Dans ce contexte, il nous est impossible d'évoquer l'occupation du lit majeur comme naturelle même si celle-ci présente des forêts et prairies. Une méthode de remplissage est donc définie :

➤ Pour le Rhin sans prise d'eau (sans annexes hydrauliques naturelles connectées) :

L'urbanisation du lit majeur est considérée comme majoritaire.

L'occupation secondaire du sol peut être :

- urbanisée s'il s'agit d'une zone urbaine ou industrielle,
- canal pour signaler la présence de canaux, d'annexes, gravières, polders, ports et darses,
- prairies, forêts pour signaler la présence de forêts et prairies.

➤ Pour le Rhin avec prise d'eau directe et polders (annexes hydrauliques fonctionnelles) :

L'occupation majoritaire est cultures, prairies, forêts et l'occupation secondaire est appréciée sur le terrain.

➤ Pour le Rhin avec prise d'eau dans un canal ou contre-canal de drainage :

L'occupation majoritaire est gravières, plan d'eau et l'occupation secondaire est appréciée sur le terrain.

➤ Pour le Vieux-Rhin :

L'évaluation de la qualité physique du lit majeur s'est faite sans tenir compte des recommandations utilisées sur le canal et sur le Rhin canalisé, du fait de l'aspect et du fonctionnement plus naturel de ce secteur. Il est traité comme les autres cours d'eau du bassin.

Pour les annexes :

➤ Il existe 4 cas de figure :

- bras complètement isolés,
- bras connectés directement au Rhin,
- bras connectés au contre-canal.
- bras connectés à un canal, lui-même alimenté par les eaux du Rhin.

Ces bras sont attribués aux tronçons comprenant leur diffluence et leur confluence avec le Rhin.

➤ Les annexes hydrauliques sont dites :

- supprimées quand la présence est nulle ou totalement déconnectées, ce qui correspond à la majorité des cas à l'heure actuelle.
- dégradées quand elles sont présentes et en communication avec un contre-canal ou canal de décharge (si ce dernier est alimenté par les eaux du Rhin),
- perturbées quand elles sont présentes et en communication directe avec le Rhin.

Pour l'inondabilité :

➤ Elle est :

- supprimée quand il y a la présence de digues et sans présence de prise d'eau pour les annexes hydrauliques,
- réduite quand l'inondabilité est encore possible : les polders, la présence de bras en communication, les domaines forestiers des îles.

◆ LES BERGES

Nous considérons que ce qui est visible lors de la phase de terrain (juillet-aout) est suffisant pour déterminer la nature des berges (béton, enrochement, matériaux naturels).

La végétation des berges, tout comme la ripisylve, est bien celle présente sur les bords du cours d'eau.

En première approche pour le Canal le cas le plus fréquent est le remplissage suivant :

La nature est du béton, un nombre de matériaux naturels nul et avec une dynamique bloquée. La végétation est majoritairement absente (importance de ripisylve = 0%) et son état est jugé « perchée ». Du fait de la présence de béton, cela empêcherait de toute manière l'implantation de toute végétation en pied de berges et sur une partie du talus.

Les autres cas sont déterminés sur le terrain en fonction des observations.

◆ LE LIT MINEUR

Pour l'hydraulique:

Le débit est considéré comme normal sauf dans les zones de diffluences et de dérivation de l'eau (Rhin court-circuité) où il est perturbé.

Les coupures transversales, correspondantes aux barrages, forment des limites de tronçons. Elles sont toutes infranchissables sauf le barrage de Kembs-Village Neuf et celui d'Iffezheim qui lui vient d'être équipé d'une passe à poisson.

Pour les facies :

➤ La profondeur est considérée comme constante sauf :

- à l'aval immédiat des barrages où la profondeur est plus importante et plus variable sur un linéaire réduit.

- au niveau du Vieux-Rhin (joutant le Grand Canal d'Alsace) où elle peut être plus ou moins variée.

➤ L'écoulement est considéré comme constant sauf :

- à l'aval de barrage où il sera cassé.

- lors de la présence d'épis ou de déflecteurs.

➤ La largeur est considérée comme constante sauf :

- lors de la présence d'épis provoquant des atterrissements.

- au niveau du Vieux-Rhin (joutant le Grand Canal d'Alsace) présentant de nombreux atterrissements et banquettes végétalisés.

Ces paramètres sont estimés à l'échelle du cours d'eau.

➤ Pour le substrat :

La nature des fonds est majoritairement, pour le Rhin canalisé et Canal, de la vase, argiles, limons, et en secondaire des sables. Nous devons également noter la présence de béton sur le fond du Grand Canal d'Alsace à l'amont de chaque ouvrage.

Celle pour le Vieux-Rhin a été confirmée sur le terrain et il semble que le mélange soit dominant.

Le dépôt sur le fond, vu la nature du substrat et la forte présence de barrages (les eaux stagnent), est généralisé colmatant sauf pour le Vieux-Rhin où il peut être localisé colmatant.

L'encombrement du lit est sans objet.

La végétation aquatique est absente sauf de manière très localisée et au niveau des épis, des atterrissements.

Remarques :

Pour éviter toute confusion lors de la description, le lit majeur correspond à l'ancienne zone de tressage facilement visualisable grâce à d'anciennes cartes sur le Rhin (1838). Il s'étend bien au-delà des digues même quand celles-ci sont un peu plus éloignées du lit mineur (Rhin à courant libre au-delà d'Iffezeim).

<p>Ces résultats ont été validés par les membres du groupe de pilotage.</p>
--

IV – QUALITE DU MILIEU PHYSIQUE DU RHIN

IV.1 : Résultats et commentaires :

IV.1.a : Les résultats

Compte-tenu de la typologie retenue, les coefficients des paramètres qui ont influencé le plus l'indice du milieu physique sur le Rhin sont :

Cours d'eau de piémont à lit mobile

NOTE GLOBALE 100 %	LIT MAJEUR 33,3 %	Occupation des sols majoritaire	40 %
		Annexes hydrauliques	40 %
		Inondabilité	20 %
	BERGES 33,3%	Structures	80 %
		Végétation	20 %
	LIT MINEUR 33,3 %	Hydraulique	40 %
		Faciès	30 %
		Substrat	30 %

Le tableau ci dessous présente les notes obtenues pour la qualité physique globale des différents tronçons identifiés, ainsi que les indices partiels des trois compartiments (lit majeur, berges et lit mineur).

Le graphique renseigne sur l'évolution de la qualité du milieu physique de l'amont vers l'aval.

La cartographie I.G.N. ci-après représente le niveau de qualité des 55 tronçons par un jeu de 5 couleurs, correspondant aux 5 classes de qualité.

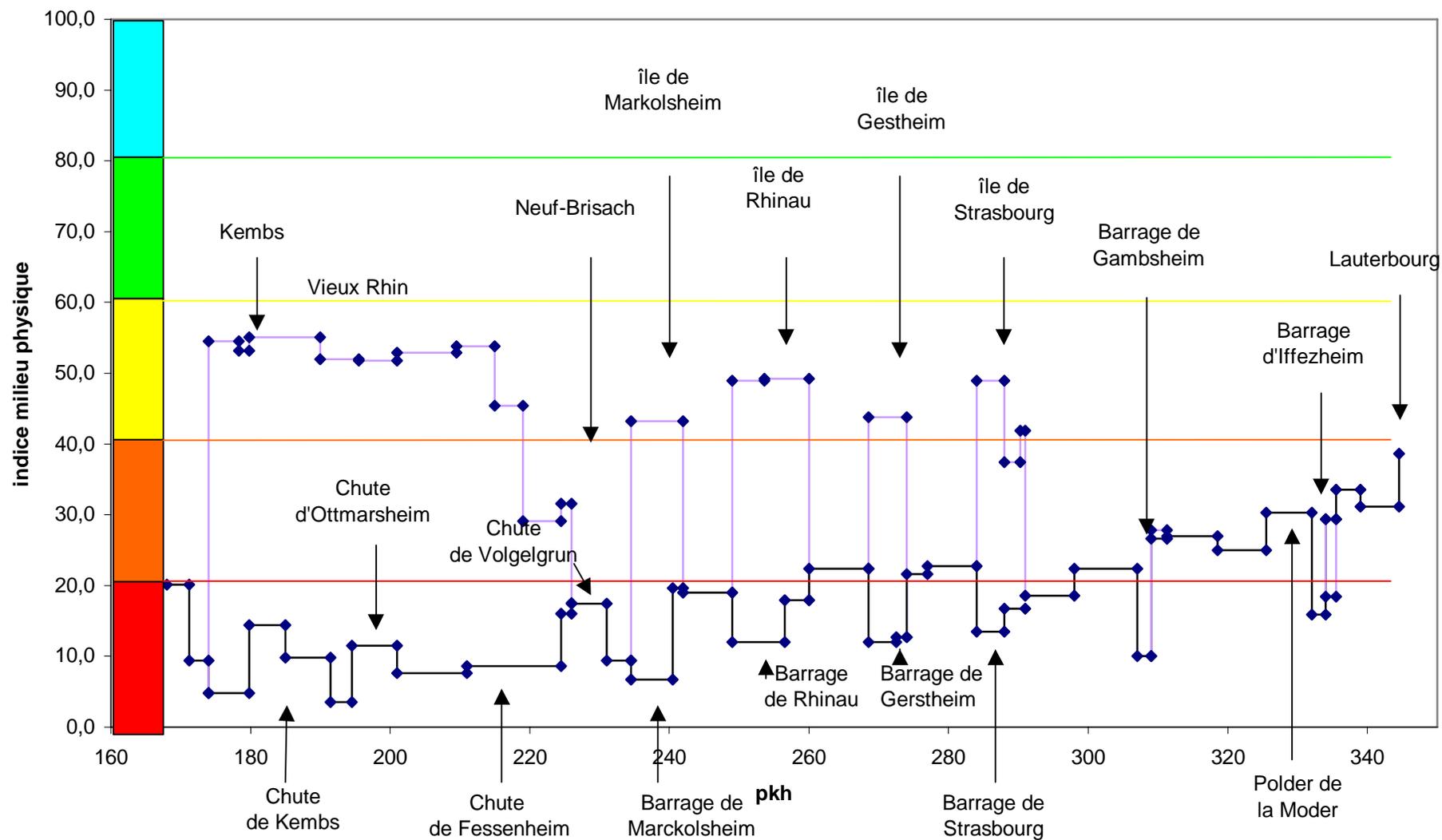
Qualité du milieu Physique RHIN

N° tronçon Rhin Canalisé ou canal	N° tronçon Rhin court circuité et Vieux-Rhin	localisation	pk amont	pk aval	Longueur m	Typologie	Indice général %	Indices partiels %		
								lit majeur	berges	lit mineur
1RC		De la frontière France-Suisse à l'aval du pont de Huningue	168	171,25	3250	T3	20,1	18,6	0,2	41,8
2RC		Du pont de Huningue au barrage de Kembs-Village-Neuf	171,25	174	2750	T3	9,4	0,0	0,0	28,0
3C1a		Du barrage de Kembs à la chute de Kembs	174	179,8	5800	T3	4,8	2,7	0,2	11,4
3C1b		De la chute de Kembs à la diffifluence du canal de Huningue	179,8	185	5200	T3	14,4	2,7	10,9	29,3
3C2a		De la diffifluence du canal de Huningue au chemin départemental 52	185	191,5	6500	T3	9,8	2,7	5,4	21,3
3C2b		Du chemin départemental 52 à la chute d'Ottmarsheim	191,5	194,5	3000	T3	3,5	0,0	0,0	10,5
3C2c		Du barrage d'Ottmarsheim à l'aval de Chalampé	194,5	201	6500	T3	11,5	0,0	5,4	29,0
3C2d		De l'aval de Chalampé à la chute de Fessenheim	201	211	10000	T3	7,7	2,7	0,0	20,2
3C2e		De la chute de Fessenheim à la chute de Vogelgrun	211	224,5	13500	T3	8,6	2,7	5,3	17,6
3C2f		De la chute de Vogelgrun à la confluence Grand Canal d'Alsace/Vieux-Rhin	224,5	226	1500	T3	16,0	0,0	12,5	35,4
	3Ra	Du barrage de Kembs à lstein	174	178,3	4300	T3	54,5	37,5	65,3	60,1
	3Rb	De lstein à la chute de Kembs	178,3	179,8	1500	T3	53,2	37,5	68,6	53,2
	3Rc	De la chute de Kembs à l'aval de Bad-Bellingen	179,8	190	10200	T3	55,1	37,5	61,4	66,1
	3Rd	De l'aval de Bad-Bellingen à Ottmarsheim	190	195,5	5500	T3	52,0	32,7	74,4	48,5
	3Re	De Ottmarsheim à l'aval de Chalampé	195,5	201	5500	T3	51,8	36,4	65,3	53,2
	3Rf	De l'aval de Chalampé à l'amont de la chute de Fessenheim	201	209,5	8500	T3	52,9	37,5	65,3	55,5
	3Rg	De l'amont de la chute de Fessenheim à la rampe militaire de Nambshheim	209,5	215	5500	T3	53,8	37,5	65,3	58,1
	3Rh	De la rampe militaire de Nambshheim à la base nautique Neuenburg	215	219	4000	T3	45,4	37,5	52,9	45,7
	3Ri	De la base nautique Neuenburg au barrage de Neuf-Brisach	219	224,5	5500	T3	29,1	37,5	27,3	22,7
	3Rj	Du barrage de Neuf-Brisach à la confluence Grand Canal d'Alsace/Rhin	224,5	226	1500	T3	31,6	16,3	33,9	44,3
	4RCa	De la confluence Grand Canal d'Alsace/Vieux-Rhin à Kayersberg	226	231	6500	T3	17,5	0,0	10,3	41,8
	4RCb	De la cartonnerie de Kayersberg au barrage de Marckolsheim	231	234,5	3500	T3	9,4	2,7	0,0	25,4
	5Ca	De la diffifluence bief de Marckolsheim/Rhin à la chute de Marckolsheim	234,5	240,5	6000	T3	6,7	2,7	0,0	17,3
	5Cb	De la chute de Marckolsheim à la confluence bief de Marckolsheim/Rhin	240,5	242	1500	T3	19,7	0,0	23,2	35,4
	5R	Du barrage de Marckolsheim à la confluence bief de Marckolsheim/Rhin	234,5	242	7500	T3	43,2	56,7	27,2	46,1
	6RC	De la confluence du bief de Marckolsheim/Rhin au barrage de Rhinau	242	249	7000	T3	19,0	21,3	10,3	25,4
	7Ca	Du barrage de Rhinau à la chute de Rhinau	249	256,5	7500	T3	12,0	21,3	0,0	14,9
	7Cb	De la chute de Rhinau à la confluence bief de Rhinau/Rhin	256,5	260	3500	T3	17,9	18,6	0,0	35,4
	7R1	Du barrage de Rhinau à la confluence du canal Léopold	249	253,6	4600	T3	48,9	56,7	46,5	43,7
	7R2	Du canal Léopold à la confluence bief de Rhinau/Rhin	253,6	260	6400	T3	49,2	56,7	46,6	44,5
	8RC	De la confluence bief de Rhinau/Rhin au barrage de Gerstheim	260	268,5	8500	T3	22,4	26,3	10,3	30,7
	9Ca	Du barrage de Gerstheim à la chute de Gerstheim	268,5	272,5	4000	T3	12,0	21,3	0,0	14,9
	9Cb	De la chute de Gerstheim à la confluence bief de Gerstheim/Rhin	272,5	274	1500	T3	12,7	2,7	0,0	35,4
	9R	Du barrage de Gerstheim à la confluence bief de Gerstheim/Rhin	268,5	274	5500	T3	43,8	56,7	35,5	39,5
	10RC	De la confluence bief de Gerstheim/Rhin au plan d'eau de Plobsheim	274	277	3000	T3	21,6	4,3	20,7	39,4

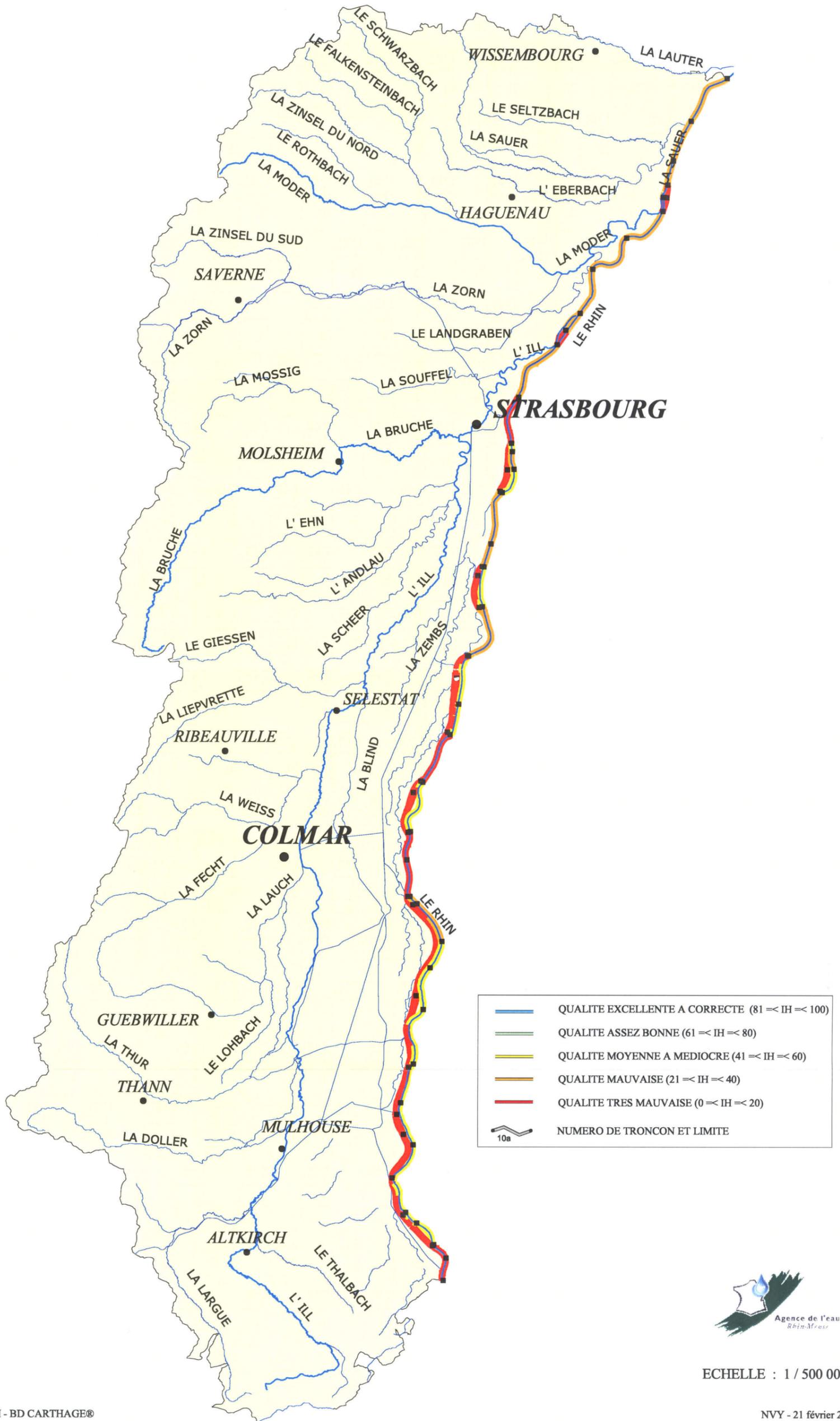
N° tronçon Rhin Canalisé ou canal	N° tronçon Rhin court circuité et Vieux-Rhin	localisation	pk amont	pk aval	Longueur m	Typologie	Indice général %	Indices partiels %		
								lit majeur	berges	lit mineur
11RC		Du plan d'eau de Plobsheim au barrage de Strasbourg	277	284	7000	T3	22,7	19,7	20,7	27,8
12Ca		Du barrage de Strasbourg à la chute de Strasbourg	284	288	4000	T3	13,5	23,4	0,0	17,3
12Cb		De la chute de Strasbourg à la confluence bief de Strasbourg/Rhin	288	291	3000	T3	16,7	3,4	14,2	32,3
	12R1	Du barrage de Strasbourg au lac de retenue	284	288	4000	T3	48,9	56,7	42,5	47,7
	12R2a	Du lac de retenue au barrage agricole Strasbourg-Kehl	288	290,3	2300	T3	37,4	26,1	58,0	27,6
	12R2b	Du barrage agricole Strasbourg-Kehl à la confluence bief de Strasbourg/Rhin	290,3	291	700	T3	41,8	21,3	61,3	42,4
13RC		De la confluence bief de Strasbourg/Rhin à la confluence de la Kinzig	291	298	7000	T3	18,6	3,4	10,3	41,8
14RCa		De la confluence de la Kinzig au bief de Gamsheim	298	307	9000	T3	22,4	4,3	20,8	41,8
14RCb		Du début du bief de Gamsheim au barrage de Gamsheim	307	309	2000	T3	10	0,0	11,0	19,0
14C		Du barrage de Gamsheim à la confluence de l'III	309	311,3	2300	T3	26,6	18,6	25,8	35,4
	14R	Du barrage de Gamsheim à la confluence de l'III	309	311,3	2300	T3	27,8	0,0	43,4	39,5
15RCa		De la confluence de l'III au bac automoteur de Drusenheim-Greffern	311,3	318,5	7200	T3	27,0	11,2	27,3	42,1
15RCb		Du bac automoteur de Drusenheim au port de Fort-Louis I	318,5	325,5	7000	T3	25,0	6,2	23,8	44,7
15RCc		Le polder de la Moder	325,5	332	6500	T3	30,2	24,5	24,2	41,8
15RCd		Du début du bief d'Iffezheim au barrage d'Iffezheim	332	334	2000	T3	15,9	2,7	23,0	21,6
16C		De la chute d'Iffezheim au pont route-rail Roppenheim-Wintersdorf	334	335,5	1500	T3	29,4	19,7	28,9	39,5
	16R	De la chute d'Iffezheim au pont route-rail Roppenheim-Wintersdorf	334	335,5	1500	T3	18,4	1,1	14,4	39,5
16RCa		Du pont route rail Roppenheim-Wintersdorf au port de Beinheim	335,5	339	3500	T3	33,5	40,5	20,9	39,4
16RCb		Du port de Beinheim à la confluence de la Sauer	339	344,5	5500	T3	31,1	19,7	20,7	52,9
17RC		De la confluence de la Sauer à la frontière France-Allemagne.	344,5	352	7500	T3	38,6	40,5	20,9	54,6
Kilométrage total					272 km					

Indice	Qualité	Couleur
81 à 100 %	Excellent à correct	
61 à 80 %	Assez bon	
41 à 60 %	Moyen à médiocre	
21 à 40 %	Mauvais	
0 à 20 %	Très mauvais	

Evolution amont-aval de la qualité physique du Rhin



QUALITE PHYSIQUE DU RHIN



ECHELLE : 1 / 500 000

NVY - 21 février 2001

EVALUATION DE LA QUALITE PHYSIQUE DU RHIN

Légende :

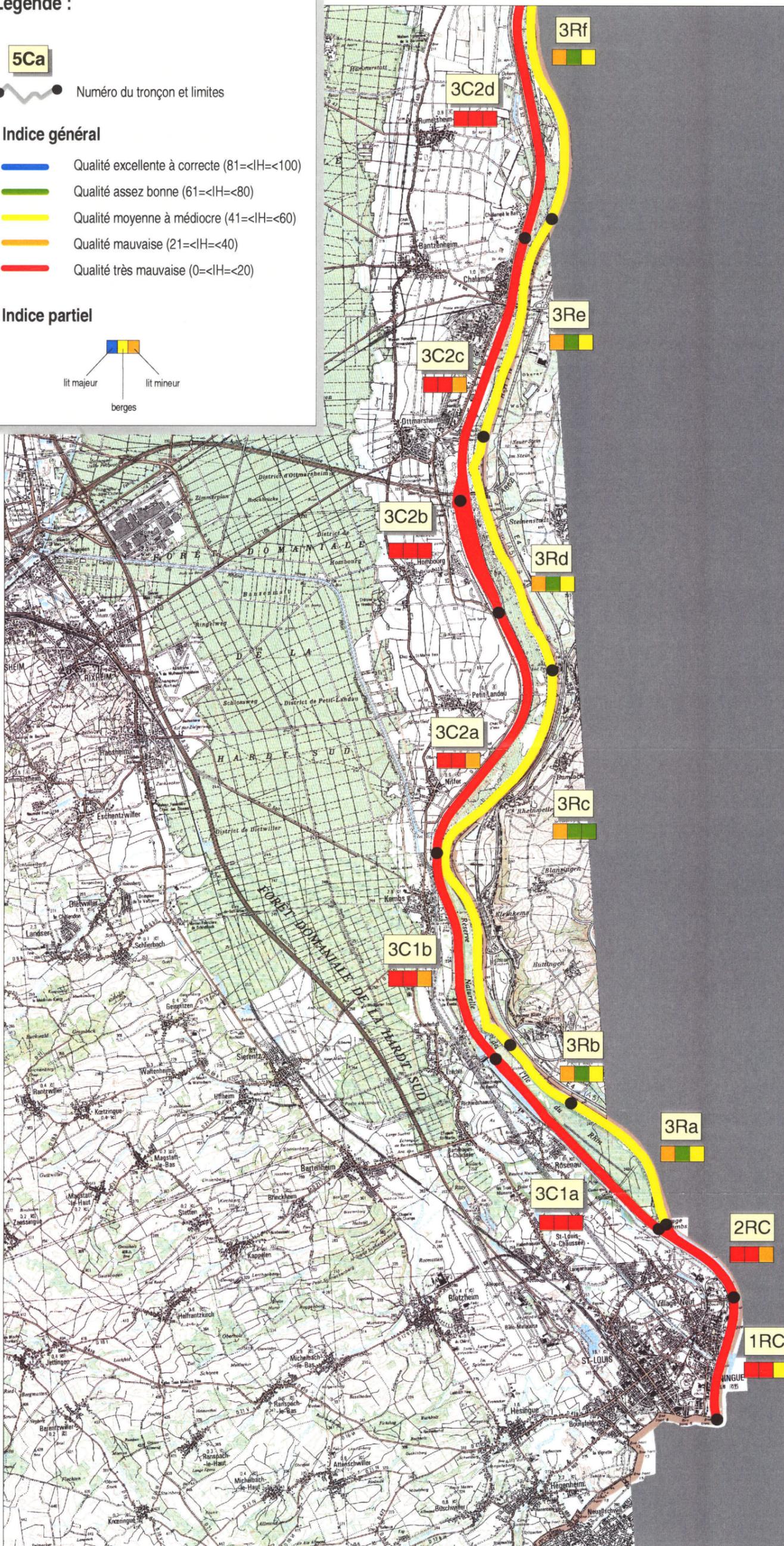
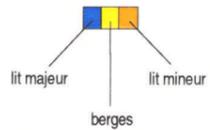
5Ca

●—● Numéro du tronçon et limites

Indice général

-  Qualité excellente à correcte ($81 \leq IH < 100$)
-  Qualité assez bonne ($61 \leq IH < 80$)
-  Qualité moyenne à médiocre ($41 \leq IH < 60$)
-  Qualité mauvaise ($21 \leq IH < 40$)
-  Qualité très mauvaise ($0 \leq IH < 20$)

Indice partiel



ECHELLE : 1 / 100 000

copyright : IGN - BD CARTO (r) / IGN SCAN50 (r) / AERM - BD CARTHAGE (r)

EVALUATION DE LA QUALITE PHYSIQUE DU RHIN

Légende :

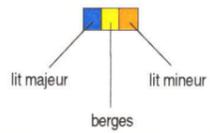
5Ca

●—● Numéro du tronçon et limites

Indice général

- █ Qualité excellente à correcte ($81 \leq IH < 100$)
- █ Qualité assez bonne ($61 \leq IH < 80$)
- █ Qualité moyenne à médiocre ($41 \leq IH < 60$)
- █ Qualité mauvaise ($21 \leq IH < 40$)
- █ Qualité très mauvaise ($0 \leq IH < 20$)

Indice partiel



Agence de l'eau
Rhin-Meuse

ECHELLE : 1 / 100 000

copyright : IGN - BD CARTO (r) / IGN SCAN50 (r) /
AERM - BD CARTHAGE (r)

EVALUATION DE LA QUALITE PHYSIQUE DU RHIN

Légende :

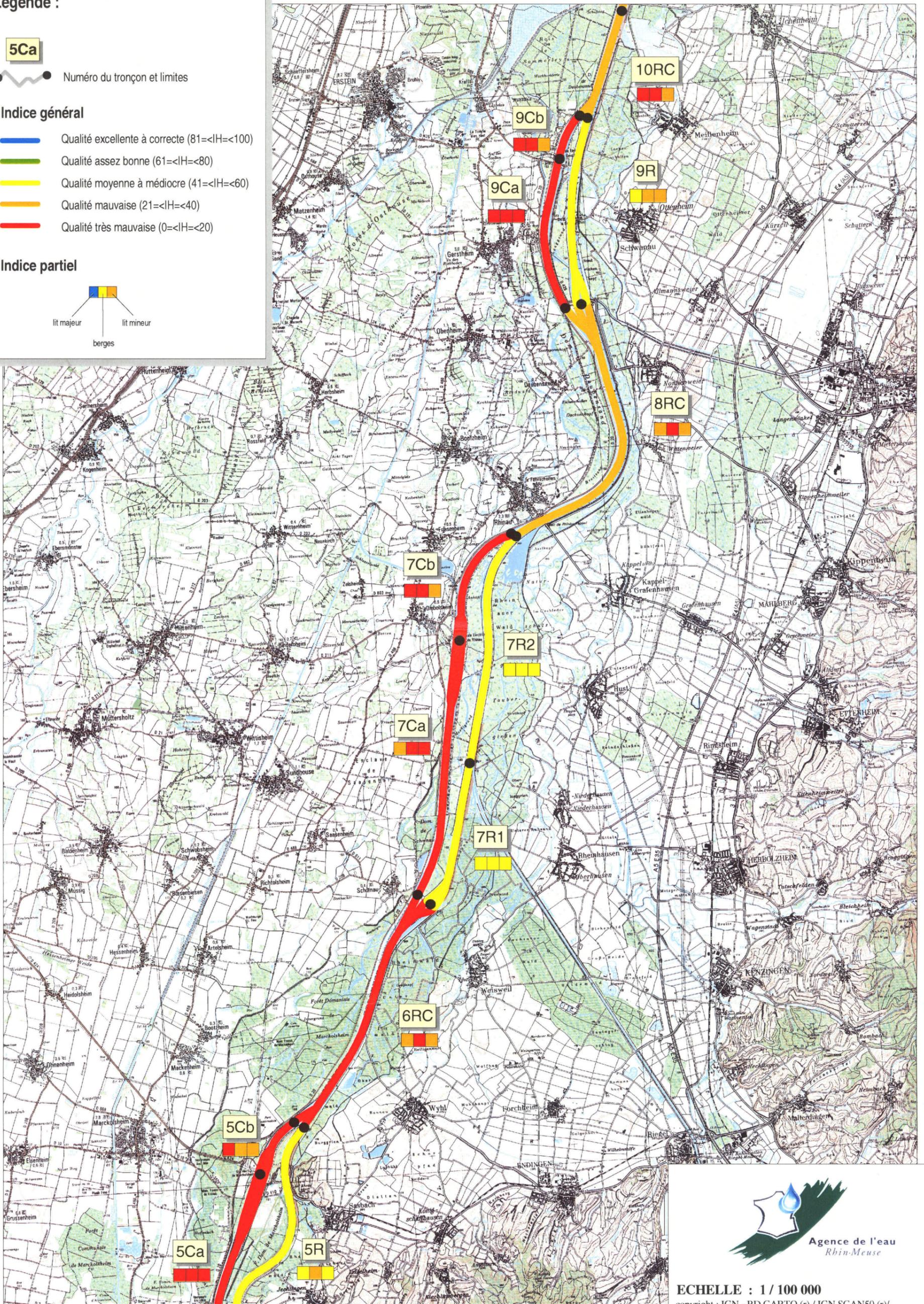
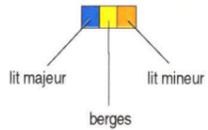
5Ca

●—● Numéro du tronçon et limites

Indice général

-  Qualité excellente à correcte ($81 \leq IH < 100$)
-  Qualité assez bonne ($61 \leq IH < 80$)
-  Qualité moyenne à médiocre ($41 \leq IH < 60$)
-  Qualité mauvaise ($21 \leq IH < 40$)
-  Qualité très mauvaise ($0 < IH < 20$)

Indice partiel



Agence de l'eau
Rhin-Meuse

ECHELLE : 1 / 100 000

copyright : IGN - BD CARTO (r) / IGN SCAN50 (r) /
AERM - BD CARTHAGE (r)

EVALUATION DE LA QUALITE PHYSIQUE DU RHIN

Légende :

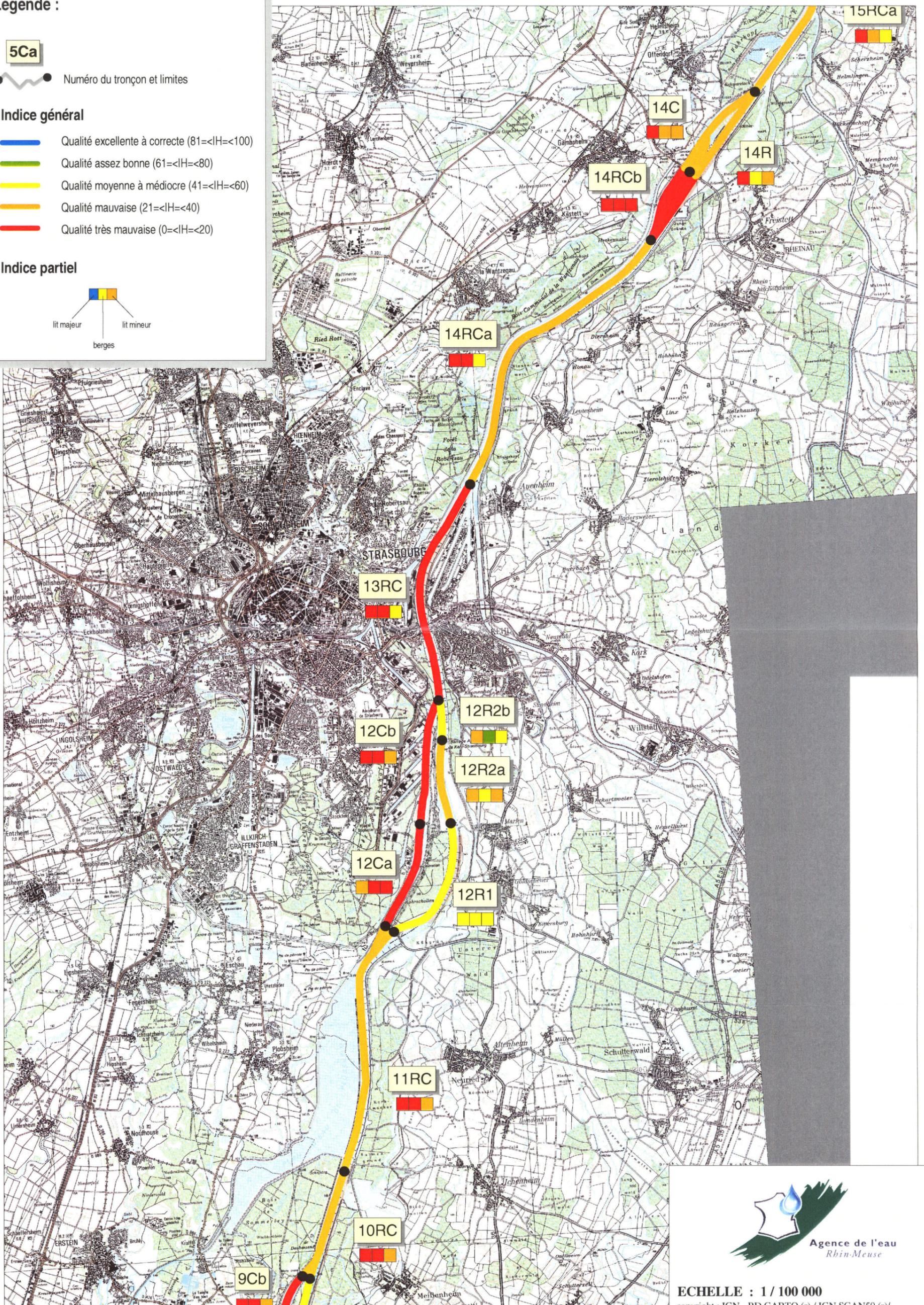
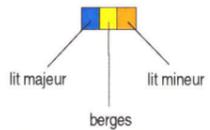
5Ca

●—● Numéro du tronçon et limites

Indice général

-  Qualité excellente à correcte ($81 \leq IH \leq 100$)
-  Qualité assez bonne ($61 \leq IH \leq 80$)
-  Qualité moyenne à médiocre ($41 \leq IH \leq 60$)
-  Qualité mauvaise ($21 \leq IH \leq 40$)
-  Qualité très mauvaise ($0 \leq IH \leq 20$)

Indice partiel



Agence de l'eau
Rhin-Meuse

ECHELLE : 1 / 100 000

copyright : IGN - BD CARTO (r) / IGN SCAN50 (r) /
AERM - BD CARTHAGE (r)

EVALUATION DE LA QUALITE PHYSIQUE DU RHIN

Légende :

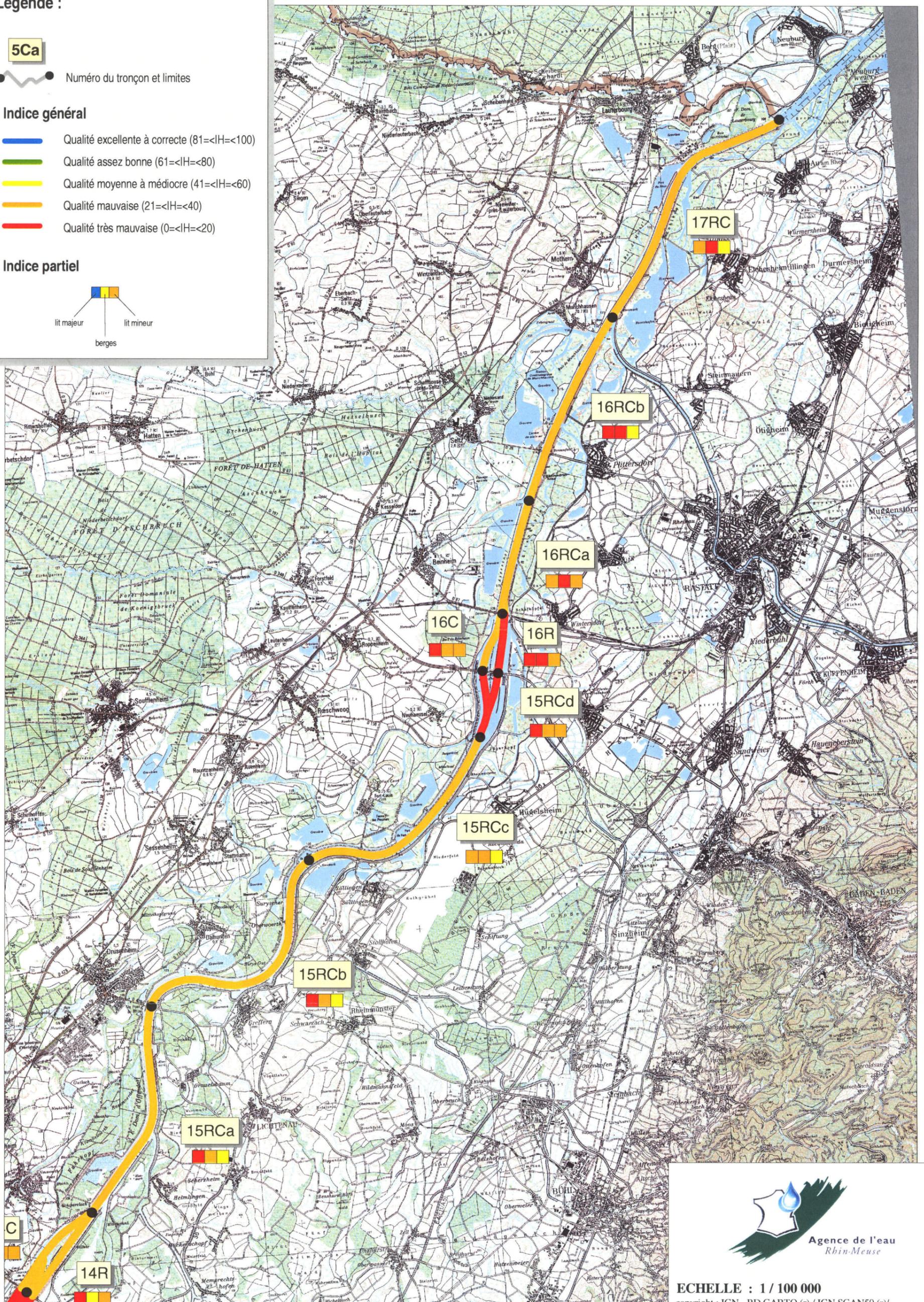
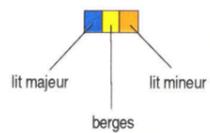
5Ca

●—● Numéro du tronçon et limites

Indice général

-  Qualité excellente à correcte ($81 \leq IH < 100$)
-  Qualité assez bonne ($61 \leq IH < 80$)
-  Qualité moyenne à médiocre ($41 \leq IH < 60$)
-  Qualité mauvaise ($21 \leq IH < 40$)
-  Qualité très mauvaise ($0 \leq IH < 20$)

Indice partiel



Agence de l'eau
Rhin-Meuse

ECHELLE : 1 / 100 000

copyright : IGN - BD CARTO (r) / IGN SCAN50 (r) /
AERM - BD CARTHAGE (r)

IV.1.b : Analyse générale :

A la vue des résultats obtenus, il apparaît que la **qualité générale** du Rhin, de Bâle à Lauterbourg, varie de « très mauvaise à moyenne », avec des indices de la qualité du milieu physique compris entre 3,5 à 55,1 %. La majorité des tronçons, 25 au total sont de très mauvaise qualité physique avec une note comprise entre 3,5 et 20,1 %. Ils correspondent à des secteurs de canal ou de Rhin canalisé. 16 tronçons oscillent entre 21,6 et 38,6 % (qualité mauvaise) et enfin 14 tronçons entre 41,8 et 55,1 % (qualité moyenne à médiocre).

Bilan :

Classes	Nombre de tronçons	Km concernés
Entre 41 et 60 % Classe jaune	14 tronçons	80
Entre 21 et 40 % Classe orange	16 tronçons	80
Entre 0 et 20 % Classe rouge	25 tronçons	119

D'une manière générale, sur l'ensemble des 55 tronçons, le paramètre le plus pénalisant est le lit majeur, ensuite interviennent les berges et le lit mineur.

Ces paramètres sont considérés comme déclassants, lorsque leurs indices traduisent une dégradation significative du compartiment du cours d'eau concerné (lit majeur, berges ou lit mineur). Les pondérations étant équitablement réparties entre les trois compartiments, parce que de type de cours d'eau de piémont à lit mobile (33/33/33), chacun d'eux influe fortement sur la note globale.

L'étude plus approfondie de ces résultats, sur la base des observations de terrain et de l'état de dégradation des différents secteurs, nous permet de définir 5 grands types de tronçons qui sont répertoriés dans le tableau suivant :

CARACTERISTIQUES	INDICES	NOMBRE	KM	N° TRONCONS
Le Vieux-Rhin , parallèle au Grand Canal d'Alsace	29,1 à 55,1 %	10 tronçons	52	3.R.a, 3.R.b, 3.R.c, 3.R.d, 3.R.e, 3.R.f, 3.R.g, 3.R.h, 3.R.i, 3.R.j
Rhin court-circuité , zones de dérivation	37,4 à 49,2 %	7 tronçons	31	5.R, 7.R.1, 7.R.2, 9.R, 12.R.1, 12.R.2.a, 12.R.2.b
Rhin canalisé gardant un certain niveau de diversité par rapport au fonctionnement du fleuve	25,0 à 38.6 %	10 tronçons	43,5	4.R.C.a, 14.R, 14.C, 15.R.C.a, 15.R.C.b, 15.R.C.c, 16.C, 16.R.C.a, 16.R.C.b, 17.R.C
Rhin canalisé ou canal avec uniformité quasi complète du milieu	9,8 à 22, 7 %	21 Tronçons	104,5	1.R.C, 3.C.1.b, 3.C.2.a, 3.C.2.c, 3.C.2.f, 5.C.b, 6.R.c, 7.C.a, 7.C.b, 8.R.c, 9.C.a, 9.C.b, 10.R.C, 11.R.C, 12.C.a, 12.C.b, 13.R.C, 14.R.C.a, 14.R.C.b, 15.R.C.d, 16.R,
Rhin canalisé ou canal placé en influence amont d'un barrage	3,5 à 9,4 %	7 tronçons	48	2.R.C, 3.C.1.a, 3.C.2.b, 3.C.2.d, 3.C.2.e, 4.R.C.b, 5.C.a,

Une distinction plus fine peut également être réalisée sur le groupe de tronçons les plus dégradés (et les plus nombreux) pour faire la part des choses entre les situations figées pour le long terme et les situations pouvant évoluer. On peut différencier ainsi deux sous-classes :

- sous-classe totalement rouge comprise entre 3,5 et 9,4 %, secteur fortement dégradé, de manière irréversible,
- sous-classe rouge avec une pointe d'orange comprise entre 9,8 et 20 %, secteur fortement dégradé mais pouvant être sujet à amélioration.

Ainsi, sur un total de 119 km, pour les secteurs situés en classe rouge il y a environ 50 km qui présentent un caractère irréversible.

Ces propos sont illustrés à l'aide du tableau suivant de la qualité du milieu physique.

N° tronçon Rhin Canalisé ou canal	N° tronçon Rhin court circuité et Vieux-Rhin	localisation	pk amont	pk aval	Longueur m	Typologie	Indice général %	Indices partiels %		
								lit majeur	berges	lit mineur
1RC		De la frontière France-Suisse à l'aval du pont de Huningue	168	171,25	3250	T3	20,1	18,6	0,2	41,8
2RC		Du pont de Huningue au barrage de Kembs-Village-Neuf	171,25	174	2750	T3	9,4	0,0	0,0	28,0
3C1a		Du barrage de Kembs à la chute de Kembs	174	179,8	5800	T3	4,8	2,7	0,2	11,4
3C1b		De la chute de Kembs à la diffiudence du canal de Huningue	179,8	185	5200	T3	14,4	2,7	10,9	29,3
3C2a		De la diffiudence du canal de Huningue au chemin départemental 52	185	191,5	6500	T3	9,8	2,7	5,4	21,3
3C2b		Du chemin départemental 52 à la chute d'Ottmarsheim	191,5	194,5	3000	T3	3,5	0,0	0,0	10,5
3C2c		Du barrage d'Ottmarsheim à l'aval de Chalampé	194,5	201	6500	T3	11,5	0,0	5,4	29,0
3C2d		De l'aval de Chalampé à la chute de Fessenheim	201	211	10000	T3	7,7	2,7	0,0	20,2
3C2e		De la chute de Fessenheim à la chute de Vogelgrun	211	224,5	13500	T3	8,6	2,7	5,3	17,6
3C2f		De la chute de Vogelgrun à la confluence Grand Canal d'Alsace/Vieux-Rhin	224,5	226	1500	T3	16,0	0,0	12,5	35,4
	3Ra	Du barrage de Kembs à la chute de Kembs	174	179,8	5800	T3	54,5	37,5	65,3	60,1
	3Rb	De la chute de Kembs à la sortie de Bad-Belling	179,8	190	10200	T3	53,2	37,5	68,6	53,2
	3Rc	De la sortie de Bad-Belling à la chute Ottmarsheim	190	195,5	5500	T3	55,1	37,5	61,4	66,1
	3Rd	De la chute d'Ottmarsheim à l'aval de Chalampé	195,5	201	5500	T3	52,0	32,7	74,4	48,5
	3Re	De l'aval de Chalampé à l'amont de la chute de Fessenheim	201	209,5	8500	T3	51,8	36,4	65,3	53,2
	3Rf	De l'amont de la chute de Fessenheim à la base nautique Neuenburg	209,5	219	9500	T3	52,9	37,5	65,3	55,5
	3Rg	De la base nautique Neuenburg au barrage agricole de Neuf-Brisach	219	224,5	5500	T3	53,8	37,5	65,3	58,1
	3Rh	Du barrage de Neuf-Brisach à la confluence Grand Canal d'Alsace/Vieux Rhin	224,5	226	1500	T3	45,4	37,5	52,9	45,7
	3Ri	De la base nautique Neuendurg au barrage de Neuf-Brisach	219	224,5	5500	T3	29,1	37,5	27,3	22,7
	3Rj	Du barrage de Neuf-Brisach à la confluence Grand Canal d'Alsace/Rhin	224,5	226	1500	T3	31,6	16,3	33,9	44,3
4RCa		De la confluence Grand Canal d'Alsace/Vieux-Rhin à Kaysersberg	226	231	6500	T3	17,5	0,0	10,3	41,8
4RCb		De la cartonnerie de Kaysersberg au barrage de Marckolsheim	231	234,5	3500	T3	9,4	2,7	0,0	25,4
5Ca		De la diffiudence bief de Marckolsheim/Rhin à la chute de Marckolsheim	234,5	240,5	6000	T3	6,7	2,7	0,0	17,3
5Cb		De la chute de Marckolsheim à la confluence bief de Marckolsheim/Rhin	240,5	242	1500	T3	19,7	0,0	23,2	35,4
	5R	Du barrage de Marckolsheim à la confluence bief de Marckolsheim/Rhin	234,5	242	7500	T3	43,2	56,7	27,2	46,1
6RC		De la confluence du bief de Marckolsheim/Rhin au barrage de Rhinau	242	249	7000	T3	19,0	21,3	10,3	25,4
7Ca		Du barrage de Rhinau à la chute de Rhinau	249	256,5	7500	T3	12,0	21,3	0,0	14,9
7Cb		De la chute de Rhinau à la confluence bief de Rhinau/Rhin	256,5	260	3500	T3	17,9	18,6	0,0	35,4
	7R1	Du barrage de Rhinau à la confluence du canal Léopold	249	253,6	4600	T3	48,9	56,7	46,5	43,7
	7R2	Du barrage de Rhinau à la confluence bief de Rhinau/Rhin	253,6	260	6400	T3	49,2	56,7	46,6	44,5
8RC		De la confluence bief de Rhinau/Rhin au barrage de Gerstheim	260	268,5	8500	T3	22,4	26,3	10,3	30,7
9Ca		Du barrage de Gerstheim à la chute de Gerstheim	268,5	272,5	4000	T3	12,0	21,3	0,0	14,9
9Cb		De la chute de Gerstheim à la confluence bief de Gerstheim/Rhin	272,5	274	1500	T3	12,7	2,7	0,0	35,4
	9R	Du barrage de Gerstheim à la confluence bief de Gerstheim/Rhin	268,5	274	5500	T3	43,8	56,7	35,5	39,5

N° tronçon Rhin Canalisé ou canal	N° tronçon Rhin court circuité et Vieux-Rhin	localisation	pk amont	pk aval	Longueur m	Typologie	Indice général %	Indices partiels %			
								lit majeur	berges	lit mineur	
10RC		De la confluence bief de Gerstheim/Rhin au plan d'eau de Plobsheim	274	277	3000	T3	21,6	4,3	20,7	39,4	
11RC		Du plan d'eau de Plobsheim au barrage de Strasbourg	277	284	7000	T3	22,7	19,7	20,7	27,8	
12Ca		Du barrage de Strasbourg à la chute de Strasbourg	284	288	4000	T3	13,5	23,4	0,0	17,3	
12Cb		De la chute de Strasbourg à la confluence bief de Strasbourg/Rhin	288	291	3000	T3	16,7	3,4	14,2	32,3	
	12R1	Du barrage de Strasbourg au lac de retenue	284	288	4000	T3	48,9	56,7	42,5	47,7	
	12R2a	Du lac de retenue au barrage agricole Strasbourg-Kehl	288	290,3	2300	T3	37,4	26,1	58,0	27,6	
	12R2b	Du barrage agricole Strasbourg-Kehl à la confluence bief de Strasbourg/Rhin	290,3	291	700	T3	41,8	21,3	61,3	42,4	
13RC		De la confluence bief de Strasbourg/Rhin à la confluence de la Kinzig	291	298	7000	T3	18,6	3,4	10,3	41,8	
14RCa		De la confluence de la Kinzig au bief de Gamsheim	298	307	9000	T3	22,4	4,3	20,8	41,8	
14RCb		Du début du bief de Gamsheim au barrage de Gamsheim	307	309	2000	T3	10	0,0	11,0	19,0	
14C		Du barrage de Gamsheim à la confluence de l'Il	309	311,3	2300	T3	26,6	18,6	25,8	35,4	
	14R	Du barrage de Gamsheim à la confluence de l'Il	309	311,3	2300	T3	27,8	0,0	43,4	39,5	
15RCa		De la confluence de l'Il au bac automoteur de Drusenheim-Greffern	311,3	318,5	7200	T3	27,0	11,2	27,3	42,1	
15RCb		Du bac automoteur de Drusenheim au port de Fort-Louis I	318,5	325,5	7000	T3	25,0	6,2	23,8	44,7	
15RCc		Le polder de la Moder	325,5	332	6500	T3	30,2	24,5	24,2	41,8	
15RCd		Du début du bief d'Iffezheim au barrage d'Iffezheim	332	334	2000	T3	15,9	2,7	23,0	21,6	
16C		De la chute d'Iffezheim au pont route-rail Roppenheim-Wintersdorf	334	335,5	1500	T3	29,4	19,7	28,9	39,5	
	16R	De la chute d'Iffezheim au pont route-rail Roppenheim-Wintersdorf	334	335,5	1500	T3	18,4	1,1	14,4	39,5	
16RCa		Du pont route rail Roppenheim-Wintersdorf au port de Beinheim	335,5	339	3500	T3	33,5	40,5	20,9	39,4	
16RCb		Du port de Beinheim à la confluence de la Sauer	339	344,5	5500	T3	31,1	19,7	20,7	52,9	
17RC		De la confluence de la Sauer à la frontière France-Allemagne.	344,5	352	7500	T3	38,6	40,5	20,9	54,6	
Kilométrage total					279 km						

Indice	Qualité	Couleur
81 à 100 %	Excellent à correct	
61 à 80 %	Assez bon	
41 à 60 %	Moyen à médiocre	
21 à 40 %	Mauvais	
0 à 20 %	Très mauvais	

IV.2 : Interprétation :

IV.2.a : Secteurs du Vieux-Rhin

Dix tronçons correspondent à cette catégorie, avec des indices milieu physique de l'ordre 50 %, traduisant une qualité générale moyenne à médiocre.

Concernant les indices partiels, le lit majeur est le paramètre le plus pénalisant avec des indices allant de 16,3 à 37,5 % définissant une qualité mauvaise à très mauvaise. Ensuite intervient le lit mineur avec une qualité moyenne. Seul le compartiment des berges fait apparaître un état satisfaisant permettant d'atteindre la classe de qualité supérieure : assez bon.

Le Vieux-Rhin a subi les lourdes conséquences de la construction du Grand Canal d'Alsace depuis 1930. Il est très fortement influencé par les déversements du barrage de Kembs. Son débit réservé est de 30 m³/s mais peut brutalement passer à 4000 m³/s en période de crue, ce qui pénalise fortement l'équilibre écologique de ce milieu et le cycle hydrologique.

Malgré cela, le cours d'eau a su recréer certaines diversités de manière naturelle, ce qui explique le traitement de ce secteur à part.

A l'aval immédiat du barrage de Kembs, le lit s'est enfoncé, les traces d'incision sont visibles et le lit occupe tout l'espace disponible entre les digues. L'écoulement se voit diversifié par la présence de radiers et de seuils naturels.

Ensuite, petit à petit le cours d'eau a retracé un nouveau lit mineur qui se balance d'un côté à l'autre des digues avec la présence d'atterrissements et de banquettes végétalisés ou non, et de plage de galets à l'intérieur des méandres. Il s'agit là d'une expression du caractère mobile du cours d'eau qui se voit très vite limité par la présence des digues.

La comparaison d'anciennes cartes (1995) et de ce qui a été vu lors de la phase de terrain, montre un déplacement des atterrissements, ce qui conforte le choix du type de référence : cours d'eau de piémont à lit mobile.

Le cours d'eau conserve donc des diversités de fonds (granulométrie variée), de largeurs, de profondeurs et d'écoulements. Ceci est renforcé par la présence de nombreux épis.

Des annexes hydrauliques sont présentes (îles, bras morts) à l'intérieur des digues où s'est mis en place un mini lit majeur, en conséquence de la restriction du débit. Cependant l'inondabilité reste réduite puisque le véritable lit majeur est complètement déconnecté du cours d'eau par les digues.

Le Vieux-Rhin ne possède pas d'annexes hydrauliques en eau dans son lit majeur, c'est à dire à l'extérieur de la digue (côté français), seules des traces sont présentes et visibles tout comme la présence d'anciens ouvrages de prise d'eau

Le maintien de ces annexes est très important pour le fonctionnement naturel du cours d'eau. Souvent ce sont des zones plus calmes qui permettent ainsi le développement d'espèces inféodées à ce genre de milieu (zones de frai).

A ce titre, les zones de bouchon (zone aval de barrages) sont tout à fait remarquables (notamment celle de Kembs et Fessenheim) qui sont des zones très diversifiées.

Remarque : Le débit réservé du cours d'eau est un sujet d'actualité car la concession de l'équipement hydroélectrique de Kembs expire au 31 décembre 2007.

Par contre, plus à l'aval, sur l'avant dernier tronçon (3.R.i), bien que le remous du barrage ne doit se faire ressentir qu'au pkh 219, selon EDF, les écoulements sont de plus en plus lissés et le secteur devient de plus en plus homogène.

Du fait du balancement du lit mineur, les berges sont alternativement naturelles, enrochées ou remblayées. A l'aval, il ne reste plus que des berges sur remblais et/ou enrochées étant donné que le lit mineur en eau occupe toute la largeur entre les digues.

La végétation des berges est constituée d'arbres, d'arbustes et/ou de plantes herbacées. La ripisylve est présente de manière continue, bien que perchée, sur l'ensemble du linéaire sauf à l'aval du barrage agricole de Neuf-Brisach.

Le dernier secteur présente exclusivement des berges enherbées surtout du côté allemand, peut être du fait de la présence d'un centre touristique.

Il est primordial de préserver la qualité physique actuelle du cours d'eau sur ce secteur, qui présente encore un aspect assez naturel et tout à fait contradictoire par rapport au Grand Canal

d'Alsace qui est en parallèle. Le Vieux-Rhin est riche écologiquement et présente un bon milieu pour la vie piscicole. Toutefois, la gestion des débits a une forte influence sur les peuplements en place. Seules les populations adaptées à ses modulations de débit sont susceptibles de se maintenir dans le secteur concerné. Il faut éviter tout risque de dégradation supplémentaire sur les différents compartiments du cours d'eau.

Bien que très éloigné de sa configuration d'origine (avant tout aménagement), ce secteur du Rhin présente les caractéristiques les plus naturelles et les plus diversifiées de tout le linéaire étudié. Les aménagements les plus pénalisants, qui limitent toute amélioration significative de la qualité physique restent les digues et les barrages.

Le Vieux-Rhin à l'aval du barrage de Kembs : Tronçon n°3.R.b
Qualité moyenne à médiocre avec un indice général de la qualité physique : 53,2 %



Photo : P. Russo

Le Vieux-Rhin à l'amont du barrage de Neuf-Brisach : Tronçon 3.R.i (influence du barrage)
Qualité mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 29,1 %



Photo : S.Bakhouya

Le Vieux-Rhin à l'aval du barrage de Kembs : Tronçon n°3.R.a
(secteur incisé – basses-eaux)
Qualité moyenne à médiocre avec un indice général de qualité physique : 54,5 %



Photo : P. Russo

Le Vieux-Rhin à l'aval du barrage de Kembs : Tronçon n°3.R.a
(secteur incisé – hautes-eaux)



Photo : S.Bakhouya

IV.2.b : Secteurs de Rhin court-circuité

Quatre secteurs, soit sept tronçons, peuvent être classés dans cette catégorie : bras de Marckolsheim, de Rhinau, de Gerstheim et de Strasbourg. L'indice milieu physique varie de 37,4 à 49,2 %, correspondant respectivement à une qualité du milieu mauvaise ou moyenne à médiocre.

Sur ces secteurs, le Rhin a été court-circuité pour permettre l'installation de barrages hydroélectriques sur le canal. Ils montrent, pour la plupart, une qualité du lit majeur assez correcte de part la présence d'annexes hydrauliques en eau et connectées directement au Rhin. L'inondabilité est de ce fait augmentée. Le rôle de ces annexes est important, elles sont caractérisées par des débits plus faibles que ceux du cours principal facilitant ainsi le développement de certaines espèces animales et végétales. Ces annexes peuvent constituer d'excellentes zones de frai pour les poissons recherchant des zones calmes et abritées avec des supports.

Bien que la canalisation se fasse ressentir (remblai et enrochement), nous pouvons rencontrer des berges naturelles. La végétation des berges est souvent insuffisante malgré la présence d'une ripisylve.

Le lit mineur est assez homogène avec tout de même quelques diversités dans l'écoulement et la profondeur par la présence de seuils, même si ceux-ci sont artificiels. Ils ont permis la mise en place d'atterrissements et la création de nouvelles berges. La nature des fonds est majoritairement du sable, mais la vase est également présente.

Il pourrait être intéressant d'envisager la reconstitution d'une ripisylve continue sur l'ensemble du linéaire. Cette intervention apporterait une diversité écologique supplémentaire même si l'amélioration en terme de valeurs indicielles du milieu physique resterait faible.

Secteur de Rhin court-circuité : Ile de Rhinau (tronçon n°7.R.2)
Qualité moyenne à médiocre avec un indice général de la qualité physique : 49,2 %



Photo : S.Bakhouya

Secteur de Rhin court-circuité : Ile de Rhinau (tronçon n°7.R.1)
Qualité moyenne à médiocre avec un indice général de la qualité physique : 48,9 %



Photo : S.Bakhouya

Secteur de Rhin court-circuité : Ile de Rhinau (tronçon n°7.R.2)
Qualité moyenne à médiocre avec un indice général de la qualité physique : 49,2 %



Photo : S.Bakhouya

Secteur de Rhin court-circuité : Ile de Strasbourg (tronçon n°12.R.1)
Qualité moyenne à médiocre avec un indice général de la qualité physique : 48,9 %



Photo : S.Bakhouya

IV.2.c : Secteurs de Rhin canalisé et à courant libre gardant un certain degré de diversité

Dix tronçons concernent cette catégorie avec des notes comprises entre 25,0 % à 38,6 %. Ces secteurs sont tous situés à l'aval à partir du barrage de Gamsheim jusqu'au dernier tronçon étudié (du tronçon 14.C à 17.R.C). Ce sont des zones de Rhin canalisé qui ont bien sûr été dégradées principalement par la canalisation. L'uniformisation des faciès d'écoulements, de profondeur, de largeur du lit, des vitesses d'écoulement ainsi que la nature des fonds en sont les principales conséquences.

Les enrochements sont quasi généralisés en berge et la présence de berges naturelles n'est ici qu'anecdotique. Ces critères réduisent fortement la qualité des berges et leur dynamique, bien que le béton ne soit pas présent comme dans d'autres secteurs.

Le lit majeur est occupé par des canaux, de nombreuses gravières et des plans d'eau. Par contre, la présence d'annexes, même dégradées, permet une amélioration à la fois de l'indice mais aussi de la fonctionnalité du cours d'eau.

Dans ces secteurs, se trouvent les tronçons de Rhin dit « à courant libre » au-delà d'Iffezheim. Ils sont marqués par l'absence de barrage (et ceci jusqu'à l'estuaire) et par la présence d'épis successifs permettant l'apparition d'une diversité dans l'écoulement, il devient ondulé voire cassé. Ceci permet une amélioration de la qualité de l'indice partiel du lit mineur. La nature des fonds change, les graviers sont très présents et le sable disparaît. Le lit majeur est également légèrement plus étendu que sur les secteurs amont du fait de l'éloignement des digues.

Dans cette catégorie, nous trouvons le tronçon 15.R.C.c qui correspond au polder de la Moder avec un indice de 30,2 % traduisant une qualité mauvaise. La connexion au Rhin est directe et l'alimentation se fait par siphon. Malgré une note qui reste faible, la création de ce Polder a permis la réinondation d'un secteur du lit majeur ainsi que la création d'un nouveau milieu intéressant écologiquement. De plus, il trouve toute son importance pour la rétention des eaux de crues. L'amélioration apportée par ce Polder est très visible sur le graphique, ce tronçon se différencie nettement, au niveau de sa qualité générale, à la fois de celui qui le précède et qui le suit.

Secteur de Rhin avec un degré de diversité : Polder de la Moder (tronçon n°15.R.C.c)
Qualité mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 30,2 %



Photo : S.Bakhouya

Secteur de Rhin avec un degré de diversité : zone avec épis successifs (tronçon n°16.R.C.b)
Qualité mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 31,1 %



Photo : S.Bakhouya

IV.2.d : Secteurs de Rhin canalisé ou canal avec uniformité quasi complète du milieu

La note de l'indice global varie de 9,8 à 22,7 % et concerne presque la moitié des tronçons (21), représentant plus de 104 km. Ces secteurs présentent des reliquats très limités de diversité, se sont des secteurs artificialisés et s'éloignent plus ou moins du comportement naturel. Le lit majeur est occupé pour la plupart de zones urbaines ou industrielles, ce qui dégrade fortement la qualité physique de celui-ci. Pour certains de ces secteurs, la présence d'une annexe hydraulique encore en eau, même si dégradée et connectée indirectement au Rhin, permet souvent de maintenir la note du tronçon dans les plus hautes de cette catégorie. Par exemple, le tronçon situé entre Marckolsheim et Rhinau (n° 6.R.C) avec une note de 19 %, sans la présence du Steingiessen verrait sa note diminuée à 12,8 %.

Une autre caractéristique importante permet de différencier ces tronçons des suivants, c'est la nature des berges. Bien que le béton soit dominant, il n'est pas rare de trouver encore quelques reliquats d'enrochements qui au niveau de la qualité est un facteur moins dégradant. Malheureusement la végétation reste absente (ripisylve = 0 %). Les autres paramètres concernant l'état du lit mineur (largeur, profondeur, écoulement, nature des fonds...) sont très homogènes et sans aucune diversité.

Les possibilités de restauration sont assez limitées sur la majorité de ces secteurs, du fait de l'irréversibilité d'une grande partie des dégradations dues aux forts aménagements. Cependant, certaines de ces situations peuvent encore évoluer grâce à des projets de restauration qui sont actuellement à l'étude, des simulations d'amélioration de la qualité physique sont présentées dans le chapitre suivant. Ces projets portent essentiellement sur la restauration et la reconnexion d'annexes hydrauliques, la réinondation de massifs forestiers, la création de Polder et éventuellement sur la restauration de berges.

Secteur de Rhin avec uniformité quasi-complète : Bief de Marckolsheim (tronçon n°5.C.b)
Qualité mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 19,7 %



Photo : S.Bakhouya

Secteur de Rhin avec uniformité quasi-complète : plan d'eau de Plobsheim (tronçon n°11.R.C)
Qualité mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 22,7 %



Photo : S.Bakhouya

**Secteur de Rhin avec uniformité quasi-complète : Restauration du Breitsandgiessen (tronçon n°8.R.C)
Qualité mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 22,4 %**



Photo : S.Bakhouya

**Secteur de Rhin avec uniformité quasi-complète : zone aval de barrage (tronçon n°9.C.b)
Qualité très mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 12,7 %**



Photo : S.Bakhouya

IV.2.e : Secteurs de Rhin canalisé ou canal placé en influence amont d'un barrage

Tous ces tronçons correspondent à des zones de canal ou zones placées en amont de barrage. L'indice du milieu physique varie de 3,5 à 9,4 % traduisant une qualité très mauvaise. Tous les compartiments sont significativement atteints (lit majeur, berges et lit mineur), la note nulle est parfois rencontrée.

Le lit mineur est le facteur le moins dégradant sur l'ensemble. Ces fortes dégradations physiques sont dues à l'aménagement du fleuve pour la navigation et la production hydroélectrique. L'inondabilité a été volontairement supprimée par les aménagements hydrauliques (digues) et les remblaiements. Les berges sont totalement artificialisées avec la présence de béton (canal), dépourvues de végétation. Il n'y a plus du tout présence d'enrochements, contrairement aux tronçons précédemment décrits.

Il faut noter également la présence de béton sur le fond à l'amont immédiat de barrages. Les écoulements sont totalement lissés.

La nature des berges ne peut guère évoluer pour des raisons de sécurité (étanchéité des digues et inondation), tout comme l'ensemble des autres paramètres. Contrairement aux autres tronçons, et du fait de l'intensité des dégradations, les possibilités d'amélioration de la qualité physique du cours d'eau ne sont pas envisageables. La majorité des situations est irréversible sauf peut être le critère de franchissabilité qui pourrait changer avec la mise en place de passe à poissons. Néanmoins, cela ne permettra en aucun cas un changement de classe ni un changement significatif de l'indice, même si au niveau biologique cette intervention peut avoir des effets non négligeables. Nous pouvons prendre pour exemple le tronçon 2R.C, situé à l'amont du barrage de Kembs-Village Neuf, qui avec une passe verrait sa note passer de 9,4 % à 10,27 %.

L'ensemble de ces résultats a été validé par les membres du groupe de pilotage

**Secteur de Rhin en influence amont de barrage : Barrage de Volgelgrun (tronçon n°3.C.2.e)
Qualité très mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 8,6 %**



Photo : S.Bakhouya

**Secteur de Rhin canalisé : Grand Canal d'Alsace (tronçon n°3.C.d)
Qualité très mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 7,7 %**



Photo : S.Bakhouya

IV.3 : Simulations :

L'outil d'évaluation de la qualité du milieu permet aussi de faire des simulations. Il est important de connaître l'évolution des valeurs indicielles de la qualité physique par rapport à un projet de restauration ou encore d'identifier les compartiments du cours d'eau pouvant encore être améliorés afin d'atteindre un objectif de qualité souhaité (sortir de la classe rouge pour un tronçon donné par exemple).

Au-delà de l'évolution quantitative des valeurs indicielles, ces simulations peuvent montrer que la qualité physique et surtout la fonctionnalité du cours d'eau, peuvent être améliorées sur des tronçons grâce à des opérations de restauration plus ou moins ambitieuses (passe à poissons par exemple). Ce document peut être utilisé comme base de référence pour toute nouvelle proposition de restauration. Seuls quelques exemples vont être cités.

IV.3.a : Simulations sur des opérations envisagées à court terme

Chaque cas est illustré par une ou plusieurs photos afin de visualiser le secteur concerné.

Projet de restauration d'annexes hydrauliques :

Ces projets concernent par exemple :

- le secteur situé entre la cartonnerie de Kaysersberg et le barrage de Marckolsheim, dans le Haut-Rhin, (tronçon n° 4.R.C.b),
- le secteur situé après le port de Beinheim jusqu'à la confluence de la Sauer, dans le Bas-Rhin, avant dernier tronçon du Rhin décrit (tronçon 16.R.C.b).

Paramètres	Observations	2000	Simulation	Simulation
	4.R.C.b	16.R.C.b	4.R.C.b	16.R.C.b
Occupation du sol	Urbanisée	Canal	Canal	Cultures
Annexes hydrauliques	Supprimées	Dégradées	Dégradées	Naturelles mais perturbées
Inondabilité	Supprimées	Réduite	Réduite	Réduite
INDICE GENERAL	21,6 % Classe : rouge	31,1% Classe orange	15,5 % Classe rouge	37,8 % Classe : orange

Pour le tronçon appelé 4.R.C.b, le projet concerne la remise en eau de l'Altwasser, avec une prise d'eau dans le contre-canal de drainage (pk 234) donc une connexion indirecte au Rhin. L'indice de la qualité physique de ce tronçon varie de 9,4 % à 15,5 %. Toute-fois si l'impact reste limité du fait de la connexion indirecte avec le Rhin, la remise en eau représente un grand intérêt écologiquement (la redynamisation de ce bras et de la zone humide associée).

Le projet de restauration du tronçon appelé 16.R.C.b est un peu plus ambitieux car il concerne la restauration du Kleinrhein avec connexion directe au Rhin. L'indice évolue de 31,1 % à 37,8 %. L'intérêt écologique est encore plus important du fait d'échanges directs possibles entre le Rhin et les annexes hydrauliques : circulation piscicole, dynamisation plus forte (variations saisonnières des niveaux d'eau et du débit plus proches de l'état naturel).

Ces projets de restauration sont très importants même s'ils ne permettent pas une amélioration considérable de la qualité physique. Malgré la faible évolution de l'indice, ils jouent un très grand rôle pour le milieu naturel et pour la reconnexion du lit majeur au Rhin. Il faut replacer ces projets dans le contexte actuel du Rhin. Il n'a plus rien à voir avec son aspect naturel d'il y a 200 ans, et pour lequel tous les aménagements possibles techniquement et économiquement ne permettront qu'une amélioration limitée de la qualité générale du fleuve, mais non négligeable à long terme sur le plan écologique.

Secteur de Rhin avec un degré de diversité : secteur avec épis successifs (tronçon n°16.R.C.b)

Qualité mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 31,1 %



Photo : S.Bakhouya

**Secteur de Rhin en influence amont de barrage : secteur amont du Barrage de Marckolsheim
(tronçon n°4.R.C.b)
Qualité très mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 9,4 %**



Photo : S.Bakhouya

Contre canal de drainage



Photo : S.Bakhouya

Création d'un Polder :

La zone d'Erstein (tronçon n°10.R.C), c'est à dire la zone située à l'amont du plan d'eau de Plobsheim, fait l'objet actuellement d'un projet de restauration pour la mise en place d'un Polder avec prise directe sur le Rhin.

Paramètres	Observations 2000	Simulation
Occupation du sol	Urbanisée	Cultures
Annexes hydrauliques	Supprimées	Naturelles mais perturbées
Inondabilité	Supprimées	Réduite
INDICE GENERAL	21,6 % Classe : orange	37,2 % Classe : orange

L'évaluation de l'indice de qualité est très significative, même si le changement de classe n'est pas réalisé. Ce changement se fait très largement ressentir au niveau du lit majeur, qui va de nouveau pouvoir être inondé en partie ainsi que toutes les conséquences que cela peut engendrer (diversifications).

Au niveau du graphique, l'amélioration par la présence d'un polder est visible. L'exemple du polder de la Moder montre une meilleure qualité que le tronçon qui le précède et qui le suit. L'amélioration ainsi apportée par un tel projet, doit être observée à plus grande échelle et comparée à la qualité de l'ensemble des autres secteurs.

Secteur de Rhin canalisé : Polder d'Erstein (tronçon n°10.R.C)
Qualité mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 21,6 %



Photo : S.Bakhouya

Secteur de Rhin canalisé : Polder de la Moder (tronçon n°15.R.C.c)
Qualité mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 30,2 %



Photo : S.Bakhouya

Projet de redynamisation et réinondation de massifs forestiers :

Dans ces projets il y a deux étapes consécutives : la remise en eau d'une annexe hydraulique puis la réinondation du massif. La reconnexion serait faite dans tous les cas de manière indirecte sur le Rhin, c'est à dire par l'intermédiaire du contre-canal.

Prenons l'exemple du massif de La antzenau, dans le Bas-Rhin (tronçon n°14.R.C.a) :

Paramètres	Observations 2000	Simulation reconnexion	Simulation réinondation
Occupation du sol	Urbanisée	Canal	Cultures
Annexes hydrauliques	Supprimées	Dégradées	Dégradées
Inondabilité	Supprimées	Réduite	Réduite
INDICE GENERAL	22,4 % Classe : orange	28,5 % Classe : orange	30,1 % Classe : orange

De nombreux secteurs rhénans sont concernés par ce type de restauration : le massif de Marckolsheim, de La Wantzenau, d'Offendorf et de Dalhunden. A chaque secteur cette démarche peut être mise en place, les variations de l'indice physique sont du même ordre de grandeur que celui qui est présenté au-dessus.

La variation de l'indice est représentative de l'effet de restaurations plus poussées sur un tronçon. La qualité physique passe de 22,4 à 30,1 %, ce qui n'est pas négligeable pour un milieu qui est fortement dégradé sur quasiment tout son linéaire. Il faut rappeler que ces projets de restauration concernent essentiellement des tronçons qui ont été classés dans la catégorie des secteurs de Rhin canalisé ou canal avec uniformité quasi complète du milieu. Dans ce contexte, de telles restaurations sont très importantes pour le milieu.

Secteur de Rhin canalisé : Massif de la Wantzenau (tronçon n°14.R.C.a)
Qualité mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 22,4 %



Photo : S.Bakhouya

Secteur de Rhin canalisé : Massif de Dalhunden (tronçon n°15.R.C.b)
Qualité mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 25,0 %



Photo : S.Bakhouya

Remarque : Projet de passe à poisson :

La mise en place d'une passe à poisson sur le barrage de Gamsheim pourrait faire suite à celle d'Iffezheim, qui donne des résultats encourageants pour le moment.

Pour le tronçon en amont du barrage de Gamsheim (n°14.R.C.b) :

Paramètres	Observations 2000	Simulation
Coupures transversales	Un barrage	Un barrage
Franchissabilité	Infranchissable	Franchissable grâce à une passe
INDICE GENERAL	10,1% Classe : rouge	11,0 % Classe : rouge

Avec cette simulation, on se rend compte que l'indice de qualité du milieu physique varie peu. Un tel aménagement n'a pas vocation à améliorer la diversité physique du cours d'eau, mais bien sa diversité biologique au niveau piscicole.

En effet, si cet ouvrage améliore considérablement la qualité biologique du Rhin et de ses affluents, les impacts liés à l'ouvrage sur le milieu physique (lissage des eaux, banalisation des écoulements, arrêt du transport solide,...) restent aussi importants qu'avant.

L'aménagement de la passe à poissons permet de restaurer une continuité du milieu aquatique pour garantir la circulation de la faune piscicole, migratrice ou non, ce que confirment déjà très concrètement les résultats obtenus avec la récente mise en fonction de la passe d'Iffezheim (franchissement par une quinzaine d'espèces). De plus, il faut noter que dans ce cas cette restauration ne concernerait pas qu'un seul tronçon mais plusieurs. En effet, la remontée du poisson pourrait ainsi se faire jusqu'à la rencontre d'un autre obstacle qui pourrait être le barrage de Strasbourg (à environ 17 km plus en amont).

**Secteur de Rhin en influence amont de barrage : Barrage de Marckolsheim (tronçon n°14.R.C.b)
Qualité très mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 10 %**



Photo : S.Bakhouya

Passé à poissons d'Iffezheim (fonctionnelle)

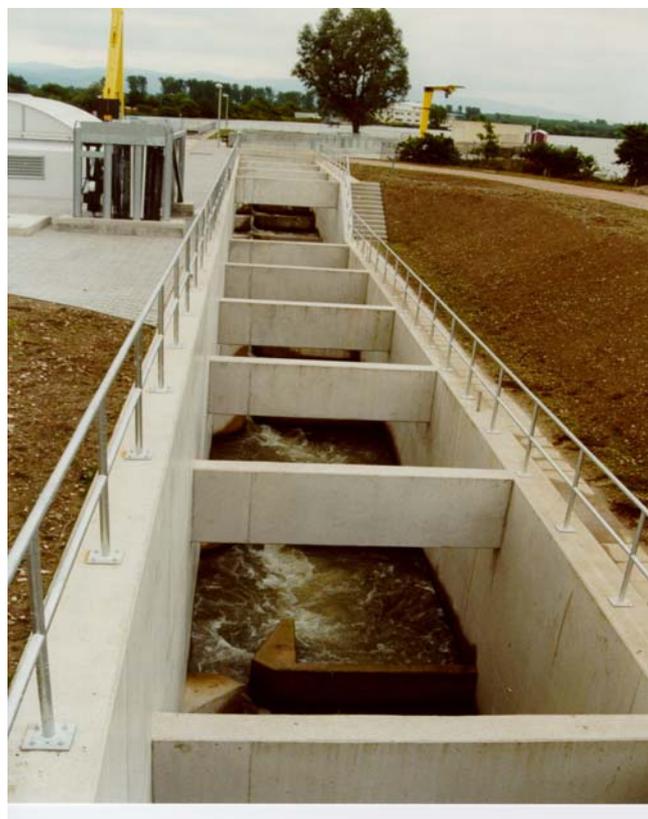


Photo : S.Bakhouya

IV.3.b : Simulations théoriques sur des opérations envisagées à long terme

Le groupe de travail a souhaité une évaluation de la qualité physique concernant des secteurs de Canal (Grand Canal d'Alsace), si des projets de restauration de berges, permettant le changement de nature de celles-ci, étaient envisagés. En effet, sur l'exemple des travaux réalisés sur le bief de Niffer, des projets de restauration pourraient être envisagés sur le Canal du Rhin, moyennant la faisabilité technique à long terme.

Nous pouvons simuler le remplacement du béton par de l'enrochement avec une végétalisation qui petit à petit se développera. Dans un laps de temps plus ou moins long (10-15 ans), la ripisylve pourra être présente.

Les simulations peuvent être faites sur les tronçons n°3.C.1.b, 3.C.2.c et 3.C.2.e, qui sont des tronçons aval de barrage. Ces secteurs ont un niveau plus abaissé que les secteurs amont de barrage du fait de l'enfoncement du lit lié à la chute qu'engendrent les barrages.

Paramètres	Observations 2000	Simulations
Natures des berges Dominant Secondaire	Béton Béton	Enrochements/remblais Matériaux naturels
Dynamique Dominante Secondaire	Bloquée Bloquée	Herbacée Ripisylve 1 strate
Importance de la ripisylve	0%	20%
INDICE GENERAL		
3.C.1.b	14,4 % (rouge)	24,5% (orange)
3.C.2.c	11,5 % (rouge)	25,4 % (orange)
3.C.2.e	8,6 % (rouge)	22,5 % (orange)

Secteur de Rhin (canal) : Grand Canal d'Alsace (tronçon n°3.C.2.e)
Qualité très mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 8,6 %



Photo : S.Bakhouya

Secteur de Rhin (canal) : Grand Canal d'Alsace (tronçon n°3.C.2.c)
Qualité très mauvaise avec un indice général de la qualité physique : 14,4 %



Photo : S.Bakhouya

L'apparition d'éléments plus naturels sur les berges permettrait à ces secteurs de changer de classe de qualité, de très mauvaise à mauvaise, qui au vu de l'état du Canal serait une amélioration notable physiquement mais aussi écologiquement. Le côté paysager serait également amélioré.

Toutefois ces travaux restent hypothétiques et semblent être très ambitieux. Il ne faut pas oublier que la navigation (à grand gabarit) est très présente sur le Canal, et qu'avant tout projet de restauration de berge, il faut s'assurer de son efficacité et du maintien des garanties de sécurité et d'exploitation inhérentes aux ouvrages, berges et protections de berges existants.

IV.4 : Conclusion : Qualité du milieu physique du Rhin

L'état des lieux réalisé dans cette étude sur la qualité physique du Rhin, de Bâle à Lauterbourg, fait apparaître un fleuve dégradé sur la quasi-totalité de son linéaire, avec une dégradation plus marquée à l'amont (Grand Canal d'Alsace). Ce fleuve a subi, sur son cours français, des aménagements importants, liés essentiellement à l'usage de la navigation et la production hydroélectrique.

Les dégradations qui en résultent ont souvent un caractère irréversible et induisent de profondes perturbations de l'état physique et du fonctionnement naturel du cours d'eau.

Les endiguements, la canalisation et la construction des barrages hydroélectriques ont conduit à une banalisation à la fois du lit majeur, qui est complètement déconnecté, des berges et du lit mineur.

L'outil reflète bien l'état actuel du Rhin avec ses différents secteurs, la qualité générale varie de « très mauvaise » à « moyenne à médiocre » avec une grande majorité de secteurs (25 tronçons) dans la classe rouge. Les notes oscillent entre 3,5 (pour les secteurs les plus dégradés) et 55,1 % (pour les moins dégradés).

Les tronçons les plus remarquables correspondent au secteur du Vieux-Rhin et ce sont eux qui présentent les degrés de diversité les plus importants au sein des trois grands compartiments du cours d'eau : lit majeur, berges et lit mineur. Malgré le fait qu'il vive au rythme des ouvertures du barrage de Kembs et qu'il soit « coincé » entre les deux digues, le Vieux-Rhin a pu recréer un « mini-

lit majeur » à l'intérieur duquel oscille son lit mineur en condition de basses eaux. Il est encore possible de voir un tracé méandreux avec des diversités d'écoulement, de profondeur et de largeur du lit. Le Vieux-Rhin est un secteur biologiquement intéressant et il est nécessaire de veiller à sa qualité.

D'autres secteurs sont également intéressants et montrent de nombreuses diversités, ils correspondent aux secteurs de Rhin court-circuité. La qualité globale (de 50 % en moyenne) montre que ces secteurs possèdent des aspects plus naturels (annexes hydrauliques, diversité dans la nature des berges et du lit mineur).

Pour le reste, le Rhin est fortement marqué par les aménagements, leur impact sur le milieu n'est pas négligeable. Les secteurs présentent une très forte homogénéisation de l'ensemble des paramètres des trois grands compartiments (lit majeur, berges et lit mineur).

Du fait de l'irréversibilité d'une grande partie des dégradations, les possibilités d'amélioration de la qualité physique du Rhin sont assez limitées. Toutefois, certaines interventions (restauration d'annexes hydrauliques, réinondation de massifs ou encore restauration des berges) sont encore envisageables. Il existe de nombreux projets sur le Rhin plus ou moins ambitieux et coûteux. L'objectif final n'est pas de retrouver un état naturel d'avant les aménagements de Tulla car cela est impossible (navigation et production hydroélectrique), mais seulement dans la mesure du possible de tenter d'améliorer sa qualité.

Des simulations, sur des projets de restauration envisagés à plus ou moins long terme, peuvent être faites et peuvent aider à la prise de décision. Cependant il ne faut pas seulement s'intéresser à l'évolution de l'indice chiffré, mais prendre en compte l'impact sur le fonctionnement du cours d'eau. En effet, des simulations peuvent faire varier l'indice très faiblement (mise en place d'une passe à poissons) mais l'impact sur le milieu aquatique est considérable.

A l'inverse, des simulations, montrant des variations de qualité importantes, peuvent avoir un impact restreint sur la fonctionnalité du milieu (restauration de berges par exemple).

Durant cette même période d'étude, un travail similaire a été réalisé par les Allemands avec leur propre méthode d'évaluation de la qualité physique des cours d'eau. Les résultats seront présentés prochainement. Ce travail s'inscrit dans le cadre des objectifs que s'est fixée la CIPR. En

effet, en référence à la Directive Cadre Européenne, la CIPR a pour mission d'évaluer la qualité générale du fleuve (eau et milieu) sur l'ensemble du linéaire traversant les pays européens membres.

Les actions menées sur le Rhin doivent être réfléchies à l'échelle du fleuve c'est pourquoi, l'évaluation de la qualité physique à l'échelle du bassin versant est nécessaire pour mener une politique cohérente de gestion internationale du fleuve.

BIBLIOGRAPHIE

- Outil d'évaluation de la qualité du milieu physique des cours d'eau-Synthèse.
Novembre 1996 – Agence de l'eau Rhin-Meuse, Division Milieu Naturel et Données Techniques.
- Typologie des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse (compléments et consolidation).
Juin 1998 – Agence de l'eau Rhin-Meuse.
- Qualité du milieu physique de la Meuse dans les Ardennes.
Campagne 1998-99 – CAP Environnement.
- Notice d'utilisation de la fiche « description de l'habitat ».
Août 1999 – Agence de l'eau Rhin-Meuse.
- Evaluation de la qualité du milieu physique des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse.
Novembre 1999 – Agence de l'eau Rhin-Meuse.
- Etude de végétaux fixés en relation avec la qualité du milieu (note de synthèse).
1991 – Etude Inter-Agences (Hors série).
- Evaluation de la qualité du milieu physique du Madon.
Novembre 1997 – Agence de l'eau Rhin-Meuse.
- Inventaire des opérations de restauration des anciens bras du Rhin.
1995 – Karine Gartner, Mémoire de fin d'études, diplôme Ingénieur Agronome.
- Le Rhin sous l'influence de l'homme, aménagement, navigation, gestion des eaux.
1993 – Commission Internationale de l'hydrologie du bassin du Rhin.
- Le Bassin du Rhin, monographie hydrologique.
1978 – Commission Internationale de l'hydrologie du bassin du Rhin.

ANNEXES

ANNEXE N°1

Typologie des cours d'eau du Bassin Rhin-Meuse

TYPOLOGIE DES COURS D'EAU

VOSGES CRISTALLINES

-  Cours d'eau et torrents de montagne
-  Moyennes vallées des Vosges cristallines

VOSGES GRESEUSES

-  Hautes et moyennes vallées des Vosges gréseuses

PLATEAUX CALCAIRES, MARNO-CALCAIRES ET SCHISTES ARDENNAIS

-  Cours d'eau de côtes calcaires et marno-calcaires
-  Cours d'eau sur schistes ardennais
-  Basses vallées de plateaux calcaires et marno-calcaires

PLAINES ET PLATEAUX ARGILO-LIMONEUX

-  Cours d'eau de collines et plateaux argilo-limoneux, plaines d'accumulation
-  Cours d'eau sur cailloutis du Sundgau
-  Cours d'eau sur cônes sablo-graveleux d'Alsace du Nord

CONES ALLUVIAUX

-  Cours d'eau de piémont, cônes alluviaux, glacis
-  Cours d'eau phréatiques
-  Cours d'eau de plaine à influence phréatique
-  Cours d'eau de piémont à influence phréatique



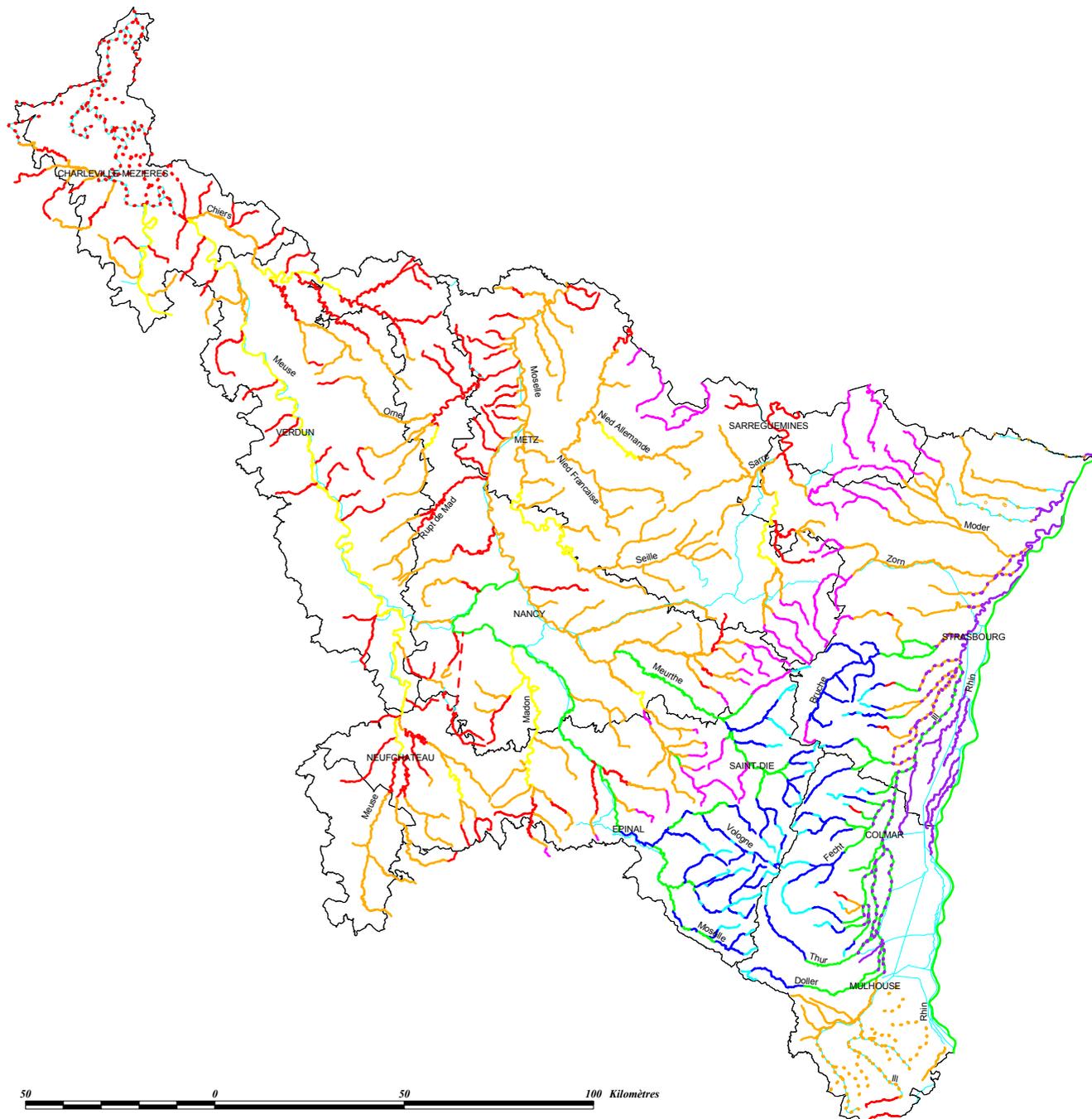
Agence de l'eau
Rhin-Meuse

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE
ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

ECHELLE : 1 / 1 100 000

copyright : IGN - BD CARTO
AGENCE DE L'EAU RHIN MEUSE

25 mars 1998 N VILLEROY



SYNTHESE DES PROFILS TYPES

TYPES OBSERVES n° et nom du type	T1 cours d'eau et torrents de montagne	T2 moyennes vallées des Vosges cristallines	T2 bis hautes et moyennes vallées des Vosges gréseuses	T3 cours d'eau sur Piémont	T4 cours d'eau de côtes calcaires et marno- calcaires	T4 bis cours d'eau sur schistes ardennais	T5 basses vallées de plateaux calcaires	T6 cours d'eau de plaines argilo- limoneuses	T6 bis collines argilo- limoneuses
GEOLOGIE	cristallin métamorphique	cristallin métamorphique	grès	variée non morphogène	calcaire marno- calcaire	schistes	basses vallées de plateau calcaire	argiles et limons remaniés	collines argilo- limoneuses
PENTE (forte, moyenne, faible) valeur	forte à très forte	moyenne à forte	faible excepté en amont	moyenne « rupture de pente en amont »	moyenne à faible	moyenne à faible	faible	très faible	moyenne à faible
Vallée (V - U - gorges - plaine)	« V »	« U »	encaissée souvent en gorge	cône alluvial	très encaissée « V » puis « U » en gorge	très encaissée gorges	« U » large	plaine d'accumulation	« V » ouvert
LIT MAJEUR									
Largeur	quasi-inexistant	modeste	étroit	élargissement	très étroit	très étroit	étroit à large	très large	étroit
Annexes hydrauliques (présence, abondance, type)	absentes	absentes	absentes	nombreuses	absentes	absentes	peu nombreuses	nombreuses	très rares
Relations nappe : infiltration ou alimentation dominante (faible, moyen, fort)	très faible	très faible	très faible	forte	forte	faible	forte	faible	faible
Hydrologie (Q régulier, Q variable)	variable	variable	régulier	variable	assez régulier	assez régulier	régulier	régulier	variable
LIT MINEUR									
largeur / profondeur	faible	moyenne	faible	moyenne à importante	moyenne	moyenne à importante	moyenne à importante	forte à importante	faible à très faible
Style fluvial, (rectiligne, sinueux, tresses, anastomoses, méandres confinés, méandres tortueux)	rectiligne	sinuosité légère	méandres confinés	tresses anastomoses méandres actifs	sinueux à méandres confinés	méandres encaissés	méandres légèrement confinés	méandres tortueux	rectiligne à méandreux
Facès d'écoulement dominants (type, répartition)	cascades/ fosses	plat courant	plat courant	plat courant mouille/radier	plat courant mouille/radier	plat courant	plat lent quelques plats courants	plat lent profond	plat lent plat courant
Activité morphodynamique (faible, moyenne, importante, lit mobile)	moyenne incision	modérée transition	moyenne à faible	assez forte lit mobile divagation	faible	faible	faible méandrage	moyenne à faible recoupement	faible
Bancs alluviaux	très rares très grossiers	rare grossiers	blancs de sable	nombreux	bancs diagonaux cailloux plats	bancs diagonaux cailloux plats	rare bancs de connexité	rare bancs de connexité	absents
discontinuité des écoulements, hauteur de chute	importante h > 0,1 - 0,2 m	moyenne à faible	faible	forte	assez forte	faible	faible	nulle	faible
Substrat, granulométrie : dalles, blocs, galets - cailloux, sables, limons, argiles - vases %	très grossière > 10 cm blocs/cailloux	grossière, variée 2 à 20 cm quelques blocs	sables graviers	variée souvent grossière (galets)	grossière autochtone cailloux, graviers (plaquettes)	cailloux, graviers (plaquettes)	cailloux, graviers plus ou moins colmatés	graviers colmatés	graviers colmatés
Forme : roulés, anguleux, aplatis	anguleux autochtones	plus ou moins roulés	anguleux	roulés allochtones	anguleux autochtones	anguleux autochtones	plus ou moins anguleux	variable	anguleux autochtones
Berges, nature, dynamique (stables, attaquées) pente	très basses stables	basses stables	assez basses	instables basses	assez basses stables	assez basses stables	moyennes à hautes	hautes argilo- limoneuses	hautes argilo- limoneuses
Occupation des sols	forêt	prairies	prairies résineux	prairies/bocage alluvial	prairies forêt	prairies forêts (versants)	prairies/cultures	cultures	cultures

ANNEXE N°2

Fiche de description du milieu physique

FICHE DE DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE

REPERAGE DU SITE

CODE/Tronçon n°.....

TYPOLOGIE RETENUE.....

NOM DU COURS D'EAU..... COMMUNE(S).....

AFFLUENT DE..... DEPARTEMENT.....

Coller photocopie de la carte IGN au 1/25000 et surligner la portion décrite en gras ou couleur

Code(s) hydrographique(s).....

PK entrée(amont)..... PK sortie(aval).....

Caractéristique principale du tronçon:

IDENTIFICATION DE L'OBSERVATEUR

Nom.....

Organisme.....

N° de téléphone.....

DATE DE L'OBSERVATION

Date.....

Heure.....

CONDITIONS DE L'OBSERVATION ET SITUATION HYDROLOGIQUE APPARENTE

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Crue | <input type="checkbox"/> Lit plein ou presque |
| <input type="checkbox"/> Moyennes eaux | <input type="checkbox"/> Basses eaux |
| <input type="checkbox"/> Trous d'eau, flaques | <input type="checkbox"/> Pas d'eau |

TYPE DE RIVIERE

(voir " Typologie des rivières du bassin Rhin-Meuse "

TYPE DE RIVIERE THEORIQUE D'APRES
LA CARTE DE TYPOLOGIE

TYPOLOGIE RETENUE

N°

N°

LONGUEUR ETUDIEE (arrondir aux 50 m)

PENTE (de la portion) (1 chiffre après la virgule en ‰) forte
moyenne
faible

LARGEUR moyenne en eau..... m moyenne plein-bord..... m

ALTITUDE amont..... m / aval.....m

FOND DE VALLEE

Vallée symétrique

Vallée asymétrique

Fond de vallée plat

Fond de vallée en V

Fond de vallée en U

TRACE DU LIT MINEUR (arrondir à la dizaine de ‰)

rectiligne ou à peu près% du linéaire

sinueux ou courbe% du linéaire

très sinueux% du linéaire

Coefficient de sinuosité
(à calculer au bureau sur carte)

.....1,.....

100

îles et bras% du linéaire

atterrissements% de la surface

anastomoses% du linéaire

canaux% du linéaire

GEOLOGIE calcaires

argiles, marnes ou limons

alluvions récentes ou anciennes

crystalline

grès

schistes

PERTES oui non

RESURGENCES oui non

PERMEABILITE.....

ARRIVEE D'AFFLUENTS

REMARQUES (par exemple, différences entre le type théorique de rivière et les observations)

LIT MAJEUR

OCCUPATION DES SOLS (Cocher un seul type "majoritaire", plusieurs "présents" possibles)

Entourer dans le texte le ou les cas présents (Cumuler les deux rives)

Flécher le plus présent

majoritaire présent(s)

prairies, forêt, friches, bosquets, zones humides	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
cultures, plantations de ligneux, espaces verts, jardins	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
canal, gravières, plan d'eau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Urbanisée (zone industrielle – zone d'habitations), imperméabilisée, remblaiement du lit majeur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Variété des types d'occupation naturelle des sols
(1 à 5 types possibles, voir première ligne ci-dessus)

AXES DE COMMUNICATION (autoroute, route, voie ferrée, canal)

(Dans le sens contraintes à l'écoulement des eaux en crue)

nombre nature

parallèle au lit majeur, à l'extrémité	.....
en travers du lit, sans remblai (petit pont)	.....
dans le lit majeur, longitudinal, éloigné du lit	.....
ouvrage sur remblai transversal au lit (autoroute, pont, voie ferrée)	.....
longeant ou jouxtant le lit mineur, parallèle, sur remblai (canal, route)	.....
sur une partie du cours d'eau	.....
longeant ou jouxtant le lit mineur, parallèle, sur remblai (canal, route)	.....
sur la quasi totalité du cours d'eau	.....

ANNEXES HYDRAULIQUES (Situation dominante sur le tronçon, ne cocher qu'une seule case)

Pour chaque annexe, on précisera la **nature de la communication** avec la rivière : absente, temporaire (crue), permanente.

	nombre	dimension		communication
		En m ²	% du linéaire	
<input type="checkbox"/> Situation totalement naturelle (annexes ou non)				
Ancien lit morte reculée marais diffluence
Tourbière bras secondaire plan d'eau naturel
<input type="checkbox"/> Situation naturelle mais perturbation				
Perte de l'étendue ou de la diversité des annexes
<input type="checkbox"/> Situation dégradée				
Annexes isolées et/ou très diminuée, gravières en cours
<input type="checkbox"/> Annexes supprimées				
traces visibles <input type="checkbox"/>				
pas de traces <input type="checkbox"/>				

INONDABILITE

situation normale : zone inondable non modifiée ou naturellement non inondable

diminuée de moins de 50 % (fréquence ou champ d'inondation) du fait de digues et remblais

réduite de plus de 50 % (fréquence ou champ d'inondation) du fait de digues et remblais

supprimée : zone anciennement inondable du fait de digues et remblais

modifiée par d'autres causes (calibrage...) Voir impérativement notice.

DIGUES ET REMBLAIS (>0,5 m)

RIVE GAUCHE

RIVE DROITE

% linéaire concerné par une digue	.....	.....
digue perpendiculaire au lit	.....	.....
% surface lit majeur remblayé	.....	.....

STRUCTURE DES BERGES

NATURE

(plusieurs cases possibles,
flécher le plus courant)
secondaire(s)

(1 seule case)
dominante

	rive gauche	rive droite	rive gauche	rive droite
matériaux naturels (à entourer)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>Rive gauche</u> : blocs, galets, graviers, sables, argiles, limons, terre (sol), racines, végétation, fascines				
<u>Rive droite</u> : blocs, galets, graviers, sables, argiles, limons, terre (sol), racines, végétation, fascines				
enrochements ou remblais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
béton ou palplanches	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nombre de matériaux naturels entourés (de 0 à 10) RG (Dominant)..... RD (Dominant).....

DYNAMIQUE DES BERGES (cumuler les 2 rives)

	situation dominante (Une seule case)	situation secondaire (Une seule case)	situation (s) anecdotiques (s) (Plusieurs cases)
stables (naturellement soutenues)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
berges d'accumulation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
érodées verticales instables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
effondrées ou sapées	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
piétinées avec effondrement et tassement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bloquées ou encaissées (voir notice de remplissage)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nombre de cas = nombre de cases cochées au total (sauf piétinées et bloquées)

PENTE (cumuler les 2 rives)

	situation dominante	situation (s) secondaire (s)
berges à pic (> 70°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
berges très inclinées (30 à 70°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
berges inclinées (5 à 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
berges plates (< 5°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ORIGINE SUPPOSEE DES PERTURBATIONS

- trace d'érosion progressive
- trace d'érosion régressive
- aménagement hydraulique
- activité de loisirs
- voie sur berge, urbanisation
- chemin agricole ou sentier de pêche
- piétinement du bétail
- embâcles
- autre :
- sans objet

ETAT DU LIT MINEUR

HYDRAULIQUE

COEFFICIENT DE SINUOSITE

.....
Reporter ici le calcul de la seconde page.

PERTURBATION DU DEBIT

- normal** : pas de perturbation apparente
- modifications** localisées ou de faible amplitude respectant le cycle hydrologique
- perturbation** du cycle hydrologique (microcentrale, exhaure)
- assec** : absence périodique d'écoulement (non naturelle)

Nature de la perturbation du débit

COUPURES TRANSVERSALES (>0,5m)

Nb de **barrages** béton
Nb de **seuils artificiels** ou buses
Nb d'épis ou déflecteurs

		nombre
Franchissabilité des ouvrages	franchissable(s)	<input type="checkbox"/>
	plus ou moins ou	
	épisodiquement franchissable(s)	<input type="checkbox"/>
	franchissable(s) grâce à une passe	<input type="checkbox"/>
	infranchissable(s)	<input type="checkbox"/>

FACIES

PROFONDEUR

- très variée**, hauts fonds, mouilles + cavités sous-berge
- variée**, hauts fonds et mouilles ou cavités sous-berge
- peu varié, bas-fond** et **dépôts localisés** (présence d'un ouvrage ou autres)
- constante**

ECOULEMENT

- très variée** à l'échelle du mètre ou de la dizaine de mètres
- varié** : **mouilles et seuils**, alternance de faciès rapides et de faciès lents, à l'échelle de la centaine ou de quelques centaines de mètres
- turbulent**, remous et/ou tourbillons et/ou aspect torrentiel
- cassé** : **plat-lent** entrecoupé de rares seuils ne générant des faciès rapides que très localisés
- ondulé** (surface) et/ou filets parallèles ou convergents
- constant** (aspect) et /ou peu variable, ou surface plane ou à peu près, ou écoulement laminaire

LARGEUR DU LIT MINEUR (Prendre le haut de berge)

- très variable** et/ou anastomose(s)
- variable** et/ou île(s)
- régulière avec **atterrissement** et/ou héliophytes
- totaleme**nt régulière** de berge à berge

SUBSTRAT

NATURE DES FONDS

	situation dominante	situation(s) secondaire(s)
mélange de galets, graviers, blocs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
feuilles , branches (débris organiques morts)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vases , argiles, limons	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dalles ou béton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

nombre de cases cochées au total : variabilité des fonds (Hors dalles et béton)
 (si mélange coché, voir notice)

DEPOT SUR LE FOND DU LIT

- absent**
- localisé non colmatant**
- localisé colmatant**
- généralisé non colmatant**
- généralisé colmatant**

ENCOMBREMENT DU LIT

- monstres arbres tombés
- détritus sans objet
- atterrissement, branchages

VEGETATION AQUATIQUE (en tant que support)

L'un ou l'autre cas présent, ou simultanément

		situation(s)	
Rives (bords du lit mineur)	Chenal d'écoulement	situation dominante	situation(s) secondaire(s)
Racines immergées et/ou héliophytes sur plus de 50% du linéaire des 2 berges	Bryophytes et/ou hydrophytes diversifiés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Racines immergées et/ou héliophytes sur 10 à 50% du linéaire des 2 berges	Nénuphars ou autres hydrophytes en grands herbiers monospécifiques, phytoplancton, diatomées, rhodophytes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Racines immergées et/ou héliophytes sur moins de 10% du linéaire des 2 berges	Envahissement par des héliophytes, algues filamenteuses (cladophores), lentilles d'eau (prolifération, eutrophisation)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bactéries , ou algues bleues ou champignons filamenteux		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pas ou peu de végétation , même microscopique, secteur abiotique.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nombre de types de substrat végétal présents en situation dominante
 (de 1 à 3 parmi racines / hydrophytes ou bryophytes / héliophytes)

PROLIFERATION VEGETALE

(hydrophytes, hélrophytes ou filamenteuses) mono ou paucispécifique sur plus de 50 % du lit
Visible ou estimée (préciser)

absente

présente

OBSERVATIONS

TEMPS DE REMPLISSAGE DE LA FICHE

Terrain:

Bureau:

Total:

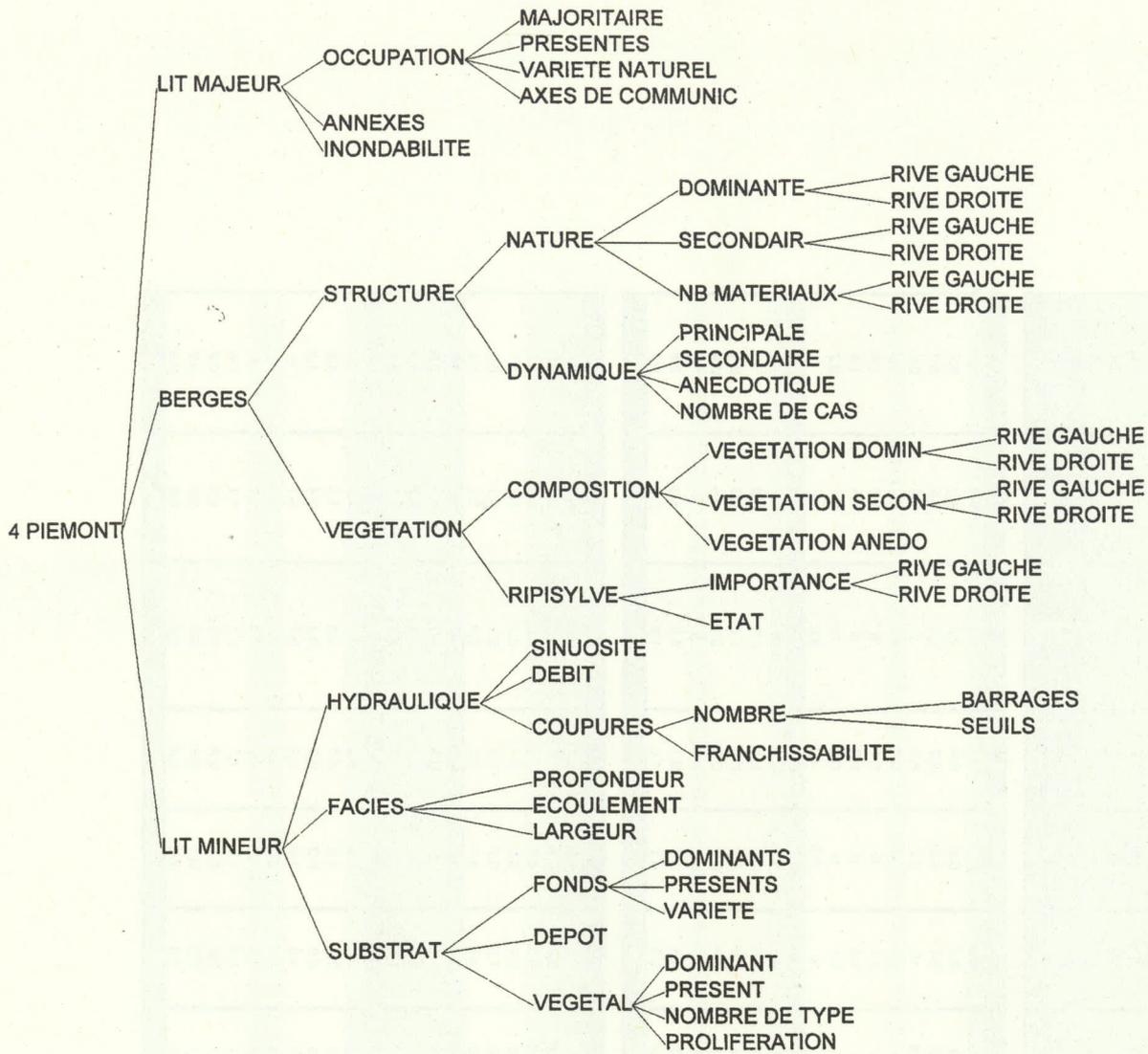
OBSERVATIONS COMPLEMENTAIRES SUR LA FICHE

OBSERVATIONS COMPLEMENTAIRES SUR LA PORTION

ANNEXE N°3

Arborescence et pondérations données à chaque paramètre

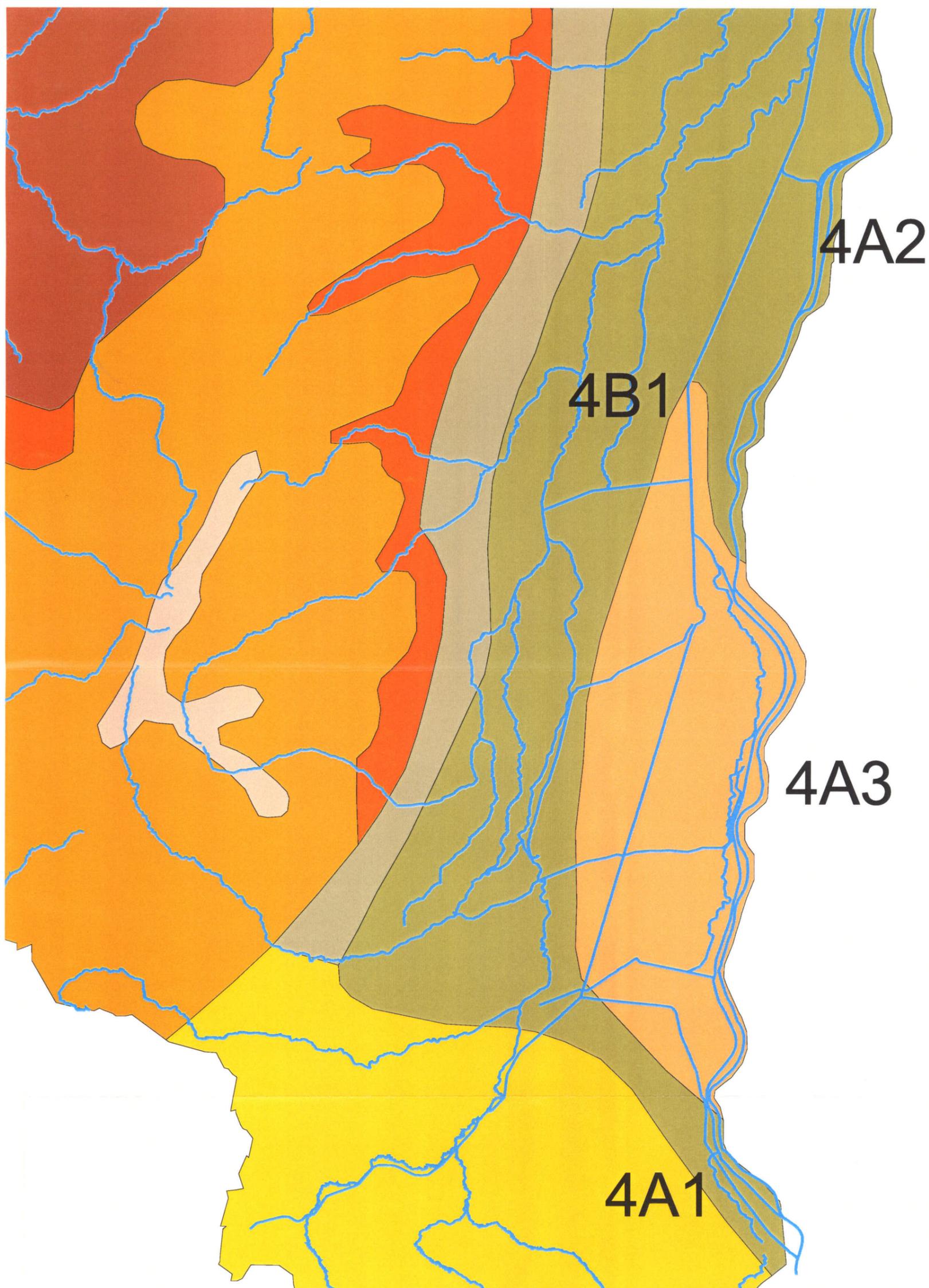
DAM - Modèle 4 PIEMONT



ANNEXE N°4

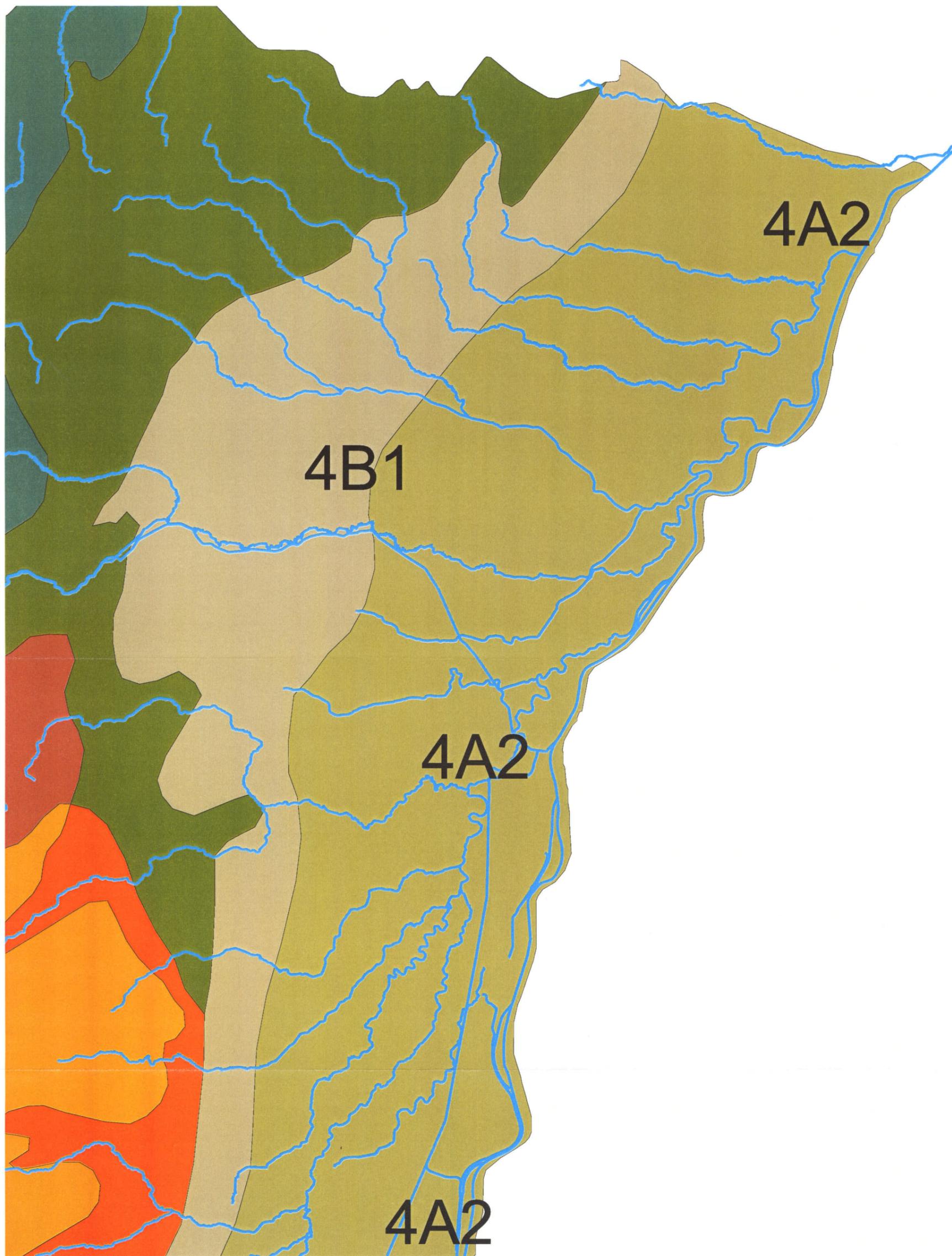
Cartes des écorégions présentes sur le linéaire du Rhin

Ecorégions de la plaine du Rhin secteur amont



0 10 20 30 40 Kilomètres

Ecorégions de la plaine du Rhin secteur aval



N



0

10

20

30

40

Kilomètres



Agence de l'eau
Rhin-Meuse

ANNEXE N°5

Méthode LAWA (allemande) mise en place sur La Sarre

Comparaison de l'outil Rhin-Meuse d'évaluation de la qualité physique des cours d'eau avec l'outil LAWA-vor-Ort 1998

Note de synthèse

A - De nombreuses similitudes d'approche et de traitement :

- 1) des objectifs identiques : description de la qualité physique et aide à la décision,
- 2) sur le terrain, description systématique par un opérateur de tout le linéaire de cours d'eau,
- 3) prise en compte distincte des trois domaines : lit majeur, lit mineur et berges,
- 4) proximité des états naturels de référence,
- 5) choix par l'opérateur de situation prédéfinies,
- 6) quantité et qualité d'informations collectées proches,
- 7) typologies de cours d'eau mises au point sur des bassins versants comparables.

B – Des divergences de collecte et de traitement identifiées :

- 1) *longueur des tronçons* : secteurs fonctionnellement homogènes (outil Rhin-Meuse) et secteurs de longueur pré-définie selon la largeur du cours d'eau (outil LAWA-vor-Ort)
- 2) *échelle de notation* : cinq classes de pourcentages (outil Rhin-Meuse) et sept classes d'indices (outil LAWA-vor-Ort).
- 3) *mode de calcul de la note* : hiérarchisation multicritères (chaque paramètre saisi représente un % de la note Rhin-Meuse) et indexation (La note LAWA-Vor-Ort est une moyenne des indices intermédiaires eux-mêmes moyennes des indices des paramètres de base).

Préalablement à l'évaluation de terrain, les deux méthodes demandent le choix du type de cours d'eau afin de pondérer de façon variable le tronçon décrit en fonction de ses caractères naturels théoriques. Les typologies sont comparables dans les deux méthodes alors que le mode de construction de leur pondération et leurs effets sur la note le sont moins. Toutefois, d'éventuels écarts ne peuvent expliquer, même dans le moins favorable des cas de figure, des différences de notations globales supérieures à une classe de qualité (25%).

Les paramètres saisis trouvent pour la très large majorité leur pendant proche ou similaire dans la méthode opposée. Ainsi, on a pu estimer que plus de 80 % de la note Rhin-Meuse, quelque soit le type de cours d'eau traité, est présente dans les paramètres sélectionnés par l'outil LAWA-vor-Ort (les taux de recouvrement sont presque parfaits pour les cours d'eau de montagne, de moyenne montagne et de plaine, moins bons pour les types intermédiaires). Les paramètres déterminants pour l'explication des écarts d'évaluation (paramètres absents dans une des deux méthodes ou caractérisés de façon non concordante) seront nommés « paramètres-clefs » (page 3).

C - Explication des écarts éventuels

Les différences de notation obtenues peuvent donc être expliquées premièrement :

- par une perception différente de l'état de dégradation d'une forme observée,
 - par quelques paramètres particuliers présents seulement dans une des deux méthodes,
- puis secondairement :
- par des écarts de pondérations typologiques
 - par les deux modes de calculs différents de la note finale

Sur le cours de la français de la Sarre et Sarre Blanche un travail de mise en parallèle des deux méthodes terrains a été réalisé.

**L'EXEMPLE DE LA SARRE (de la source de la Sarre Blanche à la frontière franco-allemande):
APPLICATION EN PARALLÈLE DES OUTILS FRANCAIS (OUTIL RHIN-MEUSE) ET ALLEMAND (LAWA-VOR-ORT)**

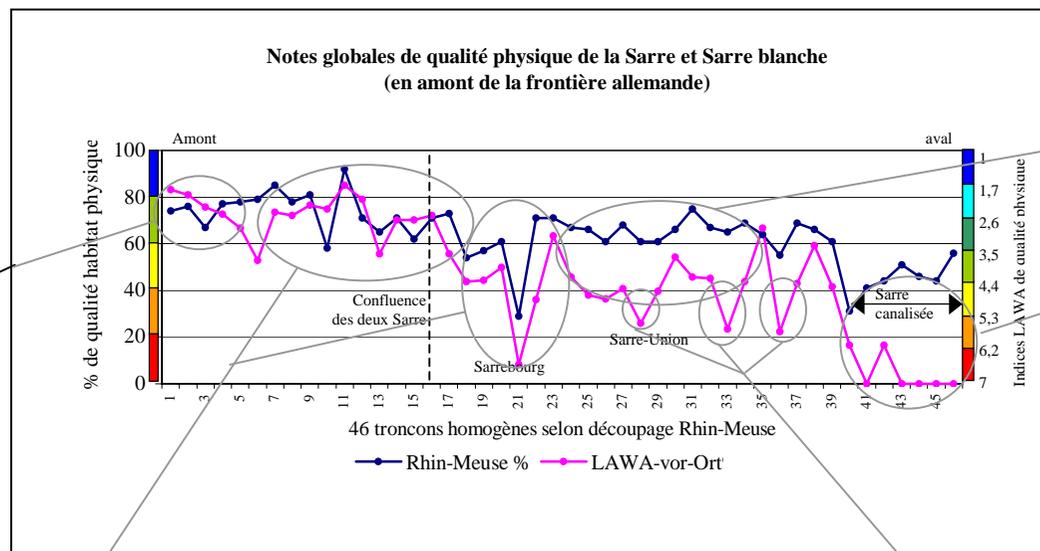
Tendance générale :
Dans le détail :

Des notes de qualité physique évoluant dans le même sens de l'amont vers l'aval.
Une variabilité plus grande des évaluations allemandes (pics et puits),
Des tendances locales plus lourdes à la péjoration relative de la note allemande (secteurs de plaine et canalisé).



Note LAWA supérieure à la note Rhin-Meuse :

- Effet positivant des « formes particulières de berge et de lit mineur » et de la grande diversité des écoulements,
- Dilution de l'effet négatif des seuils lors de l'agrégation des tronçons LAWA pour correspondance aux tronçons homogènes Rhin-Meuse.



Evolutions parallèles mais « tendances lourdes » :

- Secteur de plaine non canalisé : péjoration de la note principalement issue de l'évaluation du lit majeur par l'appréciation différente des prairies alluviales et de la « zone de pré-berge » (méthode LAWA).
- Secteur canalisé : péjoration maximale de la note due au nivellement des profils, des écoulements et des substrats (berges et lit mineur). Rôle du mode de calcul de l'indice.



Bonnes concordances des notes obtenues :

- secteur de moyenne montagne correspondant également à la meilleure concordance des deux typologies (types moyenne montagne et *Sohlenkerbtal* –vallée en V à pellicule alluviale).
- Secteur de cours d'eau de collines et de plateaux argilo-limoneux et *Sohlenkerbtal* –vallée en V à pellicule alluviale dégagant des appréciations très proches des qualités du lit mineur et des berges.



Effets de « puits » : accentuation des dégradations de la note allemande :

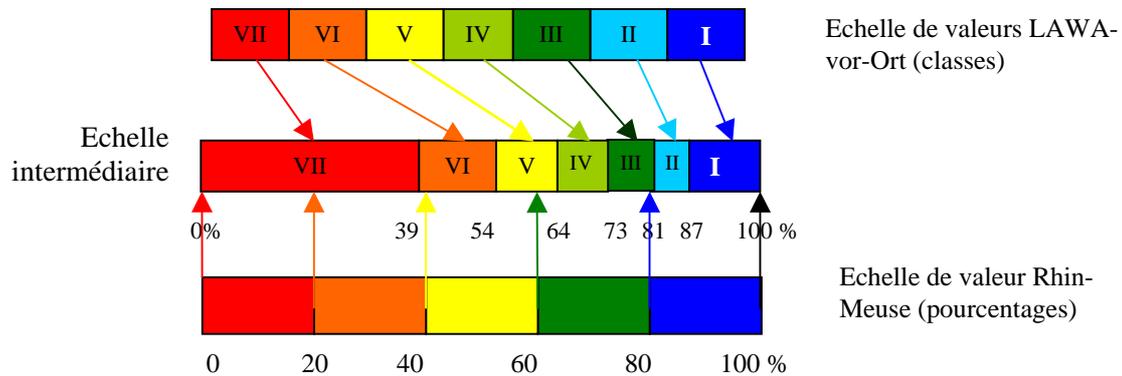
- appréciation différente de la valeur des prairies dans la qualité du lit majeur
- absence pénalisante de « zone de pré-berge » (*Gewässerrandstreifen*)
- effet négatif des seuils de moulins mis en exergue par les paramètres LAWA (formes du lit mineur, profil et écoulements) et par « l'évaluation à dire d'expert ».

Proposition pour une représentation parallèle des notes de qualité physique des cours d'eau à partir de l'exemple de la Sarre (cours amont de la frontière franco-allemande)

Avertissement : Les résultats obtenus ont été étalonnés sur le cours de la Sarre. Celle-ci, bien que couvrant une large variété d'états physiques et de types de cours d'eau ne saurait traduire toutes les situations envisageables sur des bassins plus étendus ; la proposition d'échelle intermédiaire faite ci-dessous et les interprétations qui en sont faites devront donc être considérées avec prudence en cas d'utilisation de ces résultats comme base de réflexion sur d'autres bassins frontaliers. Au vu d'autres comparaisons déjà réalisées sur d'autres cours d'eau (Nied, Prims, Alzette, Ernztal, Noire), le principe et les tendances peuvent toutefois être retenus.

- 1) Du fait d'étalonnages différents, les couleurs attribuées aux classes ne correspondent pas d'une méthode à l'autre (la couleur verte de la méthode allemande ne traduit pas la même qualité physique que le « vert français »).

Nous proposons donc de lire les classes représentées selon l'échelle intermédiaire suivante calculée sur la courbe de régression potentielle $y = 0,0028x^{2,3172}$ entre les deux séries statistiques obtenues sur la Sarre :



L'échelle de qualité française livrant des pourcentages, on obtient sur le cours de la Sarre une traduction en pourcentages des indices allemands : VII = 0 – 39%, VI = 40 – 54 %, V = 55 – 64 %, IV = 65 – 73 %, III = 74 – 81 %, II = 82 – 87 % et I = 88 – 100 %).

Par contre, la base de données LAWA ne livrant que des indices de valeurs entières, il est difficile de traduire les pourcentages français autrement que par des indices. Nous proposons : 0 – 20 % et 20 – 40 % => VII, 40 – 60 % => VI et V, 60 – 80 % => V, IV et III, 80 – 100 % => II et I.

- 2) En cas de non concordance avec l'échelle intermédiaire des notes de deux secteurs manifestement de qualité comparable (notamment en situation de frontière), nous proposons, sur la base de l'analyse du cours de la Sarre, de rechercher les explications aux écarts selon la démarche suivante :
- Problèmes de *pondération typologique* : notamment entre le type Rhin-Meuse T5 « cours d'eau de basses vallées de plateaux calcaires » et la pondération unique des trois domaines lit majeur, lit mineur et berges LAWA-vor-Ort. En moyenne, les différences de notes globales peuvent atteindre pour trois notes des domaines identiques dans l'une et l'autre méthode, par le seul fait des différences de pondérations typologiques, 15 %.
 - Problèmes liés aux *modes de calcul différents* (par exemple : effet d'arrondi provoqué par la construction de la note LAWA).
 - Ecart lié à un ou plusieurs des « paramètres-clefs » suivants :
 - Gewässerrandstreifen (LAWA-vor-Ort),
 - Besondere Uferstrukturen (LAWA-vor-Ort),
 - Substrat végétal (Outil Rhin-Meuse),
 - Prolifération végétale (Outil Rhin-Meuse),
 - Utilisation des sols – prairie (Outil Rhin-Meuse) / Flächennutzung – Grünland (LAWA-vor-Ort),
 - Etat de la ripisylve (Outil Rhin-Meuse) / Uferbewuchs (LAWA-vor-Ort),
 - Krümmungserosion (LAWA vor-Ort) / Dynamique des berges (Outil Rhin-Meuse)
 - Breitenvarianz (LAWA vor-Ort) / Largeur du lit mineur (Outil Rhin-Meuse)
 - Rückstau (LAWA-vor-Ort),
 - Querbauwerke (LAWA-vor-Ort) /coupures transversales (Outil Rhin-Meuse)
 - Nature des fonds (outil Rhin-Meuse) / Sohlenstruktur (LAWA-vor-Ort),
 - Inondabilité (outil Rhin-Meuse)