

LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE

AGENCE DE L'EAU  
RHIN-MEUSE



VEGETAUX AQUATIQUES DANS LES RIVIERES  
DU BASSIN RHIN-MEUSE.

Synthèse bibliographique

LISTE COMMENTEE  
( REPARTITION -PHYTOSOCIOLOGIE -ÉCOLOGIE )  
DES ESPECES VASCULAIRES.

Responsable scientifique : Serge Muller

Décembre 1990

## INTRODUCTION

Cette étude vise à établir les bases des connaissances sur les peuplements végétaux rencontrés dans les cours d'eau du Bassin Rhin-Meuse.

Elle se structure autour de trois composantes :

- Une synthèse bibliographique et expertise qui a pour base un recensement des éléments bibliographiques connus sur les peuplements végétaux des rivières du Bassin Rhin-Meuse, avec :

- \* un inventaire des références bibliographiques,
- \* une synthèse de ces informations,
- \* l'établissement de fiches écologiques par espèces insistant notamment sur la valeur indicatrice par rapport à différentes conditions de milieu.

- Une campagne-test, qui s'est déroulée au cours de l'été 1989, où l'on a procédé à un balayage rapide mais sélectif des végétaux aquatiques du Bassin Rhin-Meuse selon une grille de choix basée sur les différents types hydrogéologiques de bassin versant, et par type, sur la recherche de gradients d'évolution liés à la qualité de l'eau.

Vingt et un cours d'eau ont été retenus. Sur chacun, six stations ont été en moyenne prospectées.

Le protocole retenu s'appuie sur :

- \* une description des caractéristiques morphométriques des stations,
- \* un inventaire floristique détaillé,
- \* une analyse des caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

- Des propositions d'éléments de diagnostic appliqué.

Le travail est présenté de la façon suivante :

- \* un document bibliographique,
- \* un document présentant la campagne-test et le bilan afférant,
- \* un document présentant les annexes du document précédent.

LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE

AGENCE DE L'EAU  
RHIN-MEUSE



n° 15651

VEGETAUX AQUATIQUES  
DANS LES RIVIÈRES DU BASSIN RHIN-MEUSE.  
Campagne-Test 1989

Responsable scientifique : Lionel Léglise

Collaboration technique : Jean-Yves Peseux  
Nathalie Grasmück

Décembre 1990

## SOMMAIRE

### INTRODUCTION

1. CAMPAGNE-TEST (ETE 1989)	1
A. BUTS DE L'ETUDE	1
B. CHOIX DES PARAMETRES ETUDIES ET PROTOCOLES.	2
1. Choix des rivières	2
a) Hydrogéologie du bassin Rhin-Meuse	2
b) Le choix des rivières	3
(1) substrats homogènes	3
(2) succession de substrats	4
2. Les données recueillies	5
a) Données chimiques	5
b) Données morphométriques et d'environnement	6
c) Les végétaux	7
3. La campagne terrain	9
C. PRESENTATION DES RESULTATS	10
D. SYNTHESE DES RESULTATS	
1. ESQUISSE TYPOLOGIQUE DES COURS D'EAU PAR SUBSTRAT	11
a) Les cours d'eau sur grès du Permo-trias ou sur les formations cristallines et métamorphiques	11
b) Les cours d'eau sur calcaire	12
c) Les cours d'eau sur les marnes du Keuper	13
d) Les cours d'eau coulant des marnes du Keuper vers les niveaux du Rhéén et du Lié	13
e) Les cours d'eau coulant des argiles de la Woèvre vers les calcaires	14
f) Les cours d'eau coulant des grès vers d'autres substrats hydrogéologiques	14
g) Bilan	15
2. ANALYSE DES DONNEES FLORISTIQUES	16
a) Analyse des groupements végétaux. Esquisse de typologie	16
(1) Principe	16
(2) Analyse phytosociologique du tableau	16
(3) Description des groupements végétaux	17
b) Analyse de l'écologie des espèces et des groupes	18
(1) L'ensemble 2 et Ranunculus pel tatus	19
(2) L'ensemble 3 et Ranunculus fl u i tans	19
(3) Les ensembles 4 à 6 et Nuphar lutea	20
(4) Les autres ensembles	21
c) Bilan	22
II. CONCLUSION- BILAN	24
A. RESULTATS ET LIMITES	24
1. Données floristiques	24
2. Données morphométriques et chimiques	25
3. Méthodologie	26
B. PROSPECTIVES	27

## INTRODUCTION

Cette étude vise à établir les bases des connaissances sur les peuplements végétaux rencontrés dans les cours d'eau du Bassin Rhin-Meuse.

Elle se structure autour de trois composantes :

- Une synthèse bibliographique et expertisée qui a pour base un recensement des éléments bibliographiques connus sur les peuplements végétaux des rivières du Bassin Rhin-Meuse, avec :

- \* un inventaire des références bibliographiques,
- \* une synthèse de ces informations,
- \* l'établissement de fiches écologiques par espèces insistant notamment sur la valeur indicatrice par rapport à différentes conditions de milieu.

- Une campagne-test, qui s'est déroulée au cours de l'été 1989, où l'on a procédé à un balayage rapide mais sélectif des végétaux aquatiques du Bassin Rhin-Meuse selon une grille de choix basée sur les différents types hydrogéologiques de bassin versant, et par type, sur la recherche de gradients d'évolution liés à la qualité de l'eau.

Vingt et un cours d'eau ont été retenus. Sur chacun, six stations ont été en moyenne prospectées.

Le protocole retenu s'appuie sur :

- \* une description des caractéristiques morphométriques des stations,
- \* un inventaire floristique détaillé,
- \* une analyse des caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

- Des propositions d'éléments de diagnostic appliqué.

Le travail est présenté de la façon suivante :

- \* un document bibliographique,
- \* un document présentant la campagne-test et le bilan afférant,
- \* un document présentant les annexes du document précédent.

## I. ETUDE DES RIVIERES ET DES VEGETAUX. CAMPAGNE-TEST (ETE 1989).

### A. BUTS DE L'ETUDE

Le but de cette étude est la Connaissance de la végétation macrophytique des rivières Lorraines: connaissance des différents végétaux présents, mais aussi connaissance des facteurs déterminant la présence ou l'absence de ces végétaux.

Il convient pour cela d'étudier un certain nombre de rivières judicieusement choisies car il est hors de question de faire une campagne systématique sur tous les cours d'eau, afin d'avoir un échantillon représentatif des différentes végétations-types possibles. Il faudra donc rechercher des bassins-types, servant de référentiel, et pour chaque bassin, repérer des situations normales ou dégradées.

Il s'impose alors de faire un choix des rivières sur lesquelles l'étude va se faire. Cette sélection repose sur un principe de hiérarchisation: choix de plusieurs critères supposés influencer la végétation, la superposition de ces différents critères délimitant des rivières ou des tronçons de rivières qui définiront des secteurs de référence à étudier.

Les deux critères de sélection qui ont été retenus pour mener à bien cette étude ont été l'hydrogéologie et la qualité des eaux, dont les bases sont cartographiées:

- les données hydrogéologiques sont contenues sur une carte (Agence de Bassin Rhin-Meuse, 1982) qui est en fait une carte géologique modifiée et adaptée aux besoins des personnes travaillant sur les réseaux hydrographiques.

- la qualité des eaux est également donnée par une carte (Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 1986), qui indique la qualité observée en 1985 (données générales les plus récentes). Cette qualité a été déterminée principalement par la combinaison des caractéristiques chimiques et biologiques de l'eau, en application de la grille de qualité définie en 1971 au niveau national. Elle est donnée sous forme de classes: 1A, 1B, 2, 3, 4, selon un ordre décroissant de qualité, qualifiée respectivement d'exceptionnelle, bonne, passable, médiocre, pollution excessive pour la classe 4. Cette carte signale également la présence de pollution particulière: eutrophisation, métaux lourds, salinité, acidification.

Remarquons que les végétaux macrophytiques n'interviennent pas actuellement dans la détermination de cette qualité. Seuls les Invertébrés et les données microbiologiques sont pris en compte du point de vue biologique.

Un troisième critère a pu être utilisé, pour le départage entre plusieurs rivières qui semblaient similaires après l'application des deux premiers. il s'agit de l'existence ou non d'études ou de données supplémentaires sur les rivières en question.

## B. CHOIX DES PARAMETRES ETUDIES ET PROTOCOLES.

### 1. Choix des rivières

Avant de voir en détail les différentes rivières qui ont été choisies, examinons l'hydrogéologie de la région.

#### a) Hydrogéologie du bassin Rhin-Meuse

Le bassin Rhin-Meuse, comprenant les majeures parties de l'Alsace, de la Lorraine, ainsi que le nord des Ardennes, est situé à l'est du Bassin parisien, caractérisé par des couches géologiques "empilées comme des assiettes", ces couches affleurant sur la périphérie du bassin.

Compte tenu de la présence du massif des Vosges qui soulève cet "empilement", les horizons géologiques apparaissent en Lorraine comme des bandes successives et parallèles, plus ou moins larges selon leur épaisseur.

La carte hydrogéologique (Annexe n°1) est une carte géologique regroupant les horizons ayant les mêmes caractéristiques quant à leur relation avec le système hydrique: présence de nappes, alimentation des rivières en eau, productivité de l'eau, ..

Ainsi, on peut, en Lorraine, distinguer les zones suivantes, d'est en ouest:

- formations cristallines et métamorphiques du massif des Vosges;
- grès et conglomérats du Permo-trias;
- marnes et argiles du Muschelkalk inférieur;
- calcaires du Muschelkalk supérieur et moyen;
- marnes, argiles et niveaux dolomitiques du Keuper et de la Lettenkohle;
- marnes, calcaires et grès du Rhétien et Lias;
- calcaire et marno-calcaire du Dogger;
- argiles de la Woëvre (Callovien et Oxfordien inférieur);
- calcaires de l'Oxfordien moyen et supérieur.

(D'après Agence de Bassin Rhin-Meuse, 1982)

Sachant que dans le cadre de cette étude, il n'est pas possible de faire une analyse très fine de la nature du substrat géologique, les trois zones calcaires ne seront pas différenciées lors de l'analyse (même représentation sur la carte).

De même, les différents niveaux du Rhétien (et Lias) n'ont pas été séparés sur la carte simplifiée, car très peu de relevés ont été effectués sur ces horizons.

A partir de cette base hydrogéologique, il faudra choisir certains substrats représentatifs et des cours d'eau les traversant.

### b) Le choix des rivières

Sachant que l'on désire choisir des rivières qui soient "caractéristiques" d'un type d'environnement donné, il faut que l'on puisse maîtriser les paramètres le définissant. En ce qui concerne l'hydrogéologie, il faudra éviter de travailler sur des zones complexes, où de trop nombreux éléments pourraient influencer sur l'eau et les végétaux.

Les grands ensembles hydrogéologiques retenus ont donc été:

- les formations cristallines et métamorphiques,
- les grès du Permo-trias,
- les calcaires (dans leur globalité),
- les argiles et marnes du Keuper et la Lettenkohle,
- les argiles de la Woëvre.

Les niveaux du Rhétien et du Lias se trouvent être assez complexes : niveaux calcaires et marneux en alternance, avec parfois des faciès gréseux. De ce fait, aucun cours d'eau y coulant dans sa totalité n'a été retenu.

La bande des marnes du Muschelkalk est trop étroite pour contenir une rivière entière.

### (1) substrats homogènes

A l'intérieur d'une zone homogène du point de vue géologique, les rivières vont être choisies afin d'obtenir une gamme de qualité d'eau la plus grande possible.

Les cours d'eau suivants ont été retenus:

- sur les formations cristallines, la Meurthe et la Moselle, présentant des qualités exceptionnelles à médiocres;

- sur les grès, la Mortagne, le Rabodeau et la Zorn : qualité exceptionnelle à passable;



-sur les calcaires, la **Gitte**, la **Moulaine** et la **Meholle**: qualité bonne à passable;

-sur les marnes du Keuper, l'Albe, la Rotte et la Seille au niveau de la région du Saulnois, le Colon plus au sud: qualité bonne à pollution excessive.

Certains de ces cours d'eau présentent des particularités supplémentaires : celles-ci seront abordées lors de l'étude de chaque rivière.

### (2) succession de substrats

Des rivières passant d'un type de substrat géologique à un autre ont également été choisies, afin de repérer les modifications (si elles existent) de la rivière et sa végétation.

Ainsi ont été retenus:

- passant des grès aux marnes du Muschelkalk et aux calcaires, l'Eichel, la Vezouze, la Blette et le Durbion; la Blette et la Vezouze continuent même sur les marnes du Keuper; la qualité de leurs eaux varie d'exceptionnelle à médiocre;

- passant des argiles de la Woèvre au calcaire, l'Esche, le Rupt de Mad et l'Aroffe aval: qualité bonne à médiocre;

- des marnes du Keuper à celles du Rhétien, la Vrairie et l'Anger: qualité bonne à pollution excessive.

C'est un total de 21 cours d'eau qui a été retenu. Ils sont cartographiés en Annexe n°2.

Un tableau récapitulatif (Annexes n°3 et 4) donne pour chaque rivière, le substrat géologique sur lequel elle se trouve au niveau de chaque relevé.

**NB** : Dans la suite du rapport et pour des raisons de simplification, les substrats géologiques seront désignés par:

- granite: pour les formations cristallines et métamorphiques;
- grès: pour les grès du Permo-trias;
- marnes du Muschelkalk: pour les marnes et argiles du Muschelkalk inférieur;
- marnes du Rhétien: pour les différents niveaux du Rhétien et du Lias;
- marnes du Keuper: pour les marnes, argiles et niveaux dolomitiques du Keuper et de la Lettenkohle;
- calcaire: pour tous les niveaux calcaires;
- argiles de la Woèvre: pour elles même.

De même, le terme "Vosges" désignera le massif montagneux, et non le département administratif (sauf notation explicite).

Il ressort donc, pour cette étude, trois horizons géologiques principaux :

- les grès et formations cristallines (31 relevés);
- les calcaires (30 relevés);
- les marnes du Keuper (26 relevés).

Les marnes du Muschelkalk sont une zone de transition des rivières issues des Vosges (6 relevés); deux rivières seulement passent sur les niveaux du Rhétien (6 relevés); les argiles de la Woëvre correspondent aux deux points amont de l'Esche et du Rupt de Mad (4 relevés), ceux de l'Aroffe ayant été supprimés de l'analyse (voir l'étude de cette rivière).

## 2. Les données recueillies

Les rivières étant choisies, il faut pouvoir maintenant caractériser chacune des stations sur lesquelles sont faits les relevés. Trois types d'éléments ont été retenus:

- caractères chimiques
- " mprphométriques
- " d'environnement.

Pour chaque type, le choix a été fait en fonction des paramètres utilisés par les différents auteurs, dans la bibliographie.

### a) Données chimiques

Les analyses chimiques possibles sur l'eau des rivières sont très nombreuses. Le problème est de connaître les caractéristiques de cette eau, sans alourdir inutilement les analyses et les résultats, et donc de trier les composantes chimiques pouvant avoir un rôle dans le déterminisme des végétaux.

Deux catégories se dégagent parmi ces composantes:

-celles qui dérivent de l'environnement naturel du cours d'eau, que l'on peut englober sous le terme de minéralisation: conductivité, TAC, teneurs en Ca, Mg, Na, K, Cl;

-celles qui sont issues d'une "pollution" naturelle ou humaine: teneurs en PO<sub>4</sub> et NO<sub>3</sub> (agents présumés de l'eutrophisation), teneur en SO<sub>4</sub>;

Certains peuvent avoir une origine mixte, par exemple les sulfates.

Les composantes chimiques de la première catégorie sont supposées stables dans le temps, en conditions hydrologiques estivales (débits faibles et stables); celles de la deuxième sont susceptibles de varier à plus ou moins court terme. Il existe cependant des caractéristiques qui varient au cours de la journée; ce sont principalement le pH et la teneur en O<sub>2</sub>, voire la température. Les causes de ces variations sont essentiellement l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques, ainsi que le pouvoir tampon des eaux déterminant la stabilité du pH. C'est donc au niveau de chaque station qu'il faudra analyser ces dernières données.

Notons les composantes chimiques retenues pour cette étude:

.à mesurer directement sur le terrain: température ( $^{\circ}\text{C}$ ), teneur en  $\text{O}_2$  dissous ( $\text{O}_2\text{mg/l}$ ), conductivité ( $\mu\text{S/cm}$ ), pH;

.analyse en laboratoire sur un échantillon d'eau: TA, TAC (exprimés en  $^{\circ}\text{F}$ ), teneurs en  $\text{PO}_4$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , Cl, Ca, Mg, Na, K (exprimés en  $\text{mg/l}$ ).

Le pourcentage de saturation. en oxygène est déterminé à partir de la température de l'eau et de la teneur en  $\text{O}_2$ , grâce à une abaque.

### b) Données morphométriques et d'environnement

Ces dernières ont pour but de caractériser la physionomie et les dimensions de la rivière.

Les données morphométriques (au sens strict) sont la profondeur de l'eau, la largeur mouillée de la rivière et la vitesse du courant. Peut également entrer dans cette catégorie la nature du fond (granulométrie). Les autres critères retenus concernent l'eau (situation hydrologique, aspect) ou l'environnement proche de la rivière: allure des berges, ombrage, tracé du lit, occupation des sols.

Toutes ces données sont notées sous forme de classes et recueillies sur une fiche terrain.

Voici donc décrits brièvement tous les critères retenus pour caractériser les cours d'eau, ou susceptibles d'influer sur les végétaux. Notons que l'heure à laquelle a été fait le relevé, ainsi que les conditions météorologiques du moment sont à noter également (elles peuvent constituer des éléments d'explication de certaines valeurs trouvées).

Il faut encore ajouter à ceci les observations faites sur le terrain: présence d'éléments pouvant perturber le cours d'eau (ponts, embâcles...) ou de sources possibles de pollution (rejets...); tout ceci sera également noté sur la fiche terrain.

Les données chimiques et morphométriques recueillies sur le terrain sont consignées, pour chaque rivière (classées par ordre alphabétique) en Annexe n° 14.

### c) Les végétaux

Les végétaux constituent les données centrales de cette étude. Pour chaque point, un relevé floristique est établi. Il est constitué de la liste de tous les macrophytes observés: Algues, Bryophytes et végétaux supérieurs.

Du point de vue taxonomique, les Bryophytes et les végétaux supérieurs seront déterminés jusqu'à l'espèce; les algues ne le seront que jusqu'au genre.

La nomenclature utilisée est celle des ouvrages suivants:

. pour les végétaux supérieurs: De Langhe et al, *Nouvelle flore de Belgique*, du Grand Duché du Luxembourg, du nord de la France et des régions voisines; 3<sup>ème</sup> édition 1983.

. pour les Bryophytes: Augier, 1966; *Flore des Bryophytes*.

. pour les Algues: Bourrelly, 1968, 1970, 1972, *Les Algues d'eau douce*. 3 tomes.

Un certain nombre d'autres ouvrages ont été utilisés lors de la détermination des végétaux: ils sont consignés en Annexe n°5.

Les relevés floristiques sont partagés en deux parties, a priori indépendantes: le relevé des hydrophytes et celui des héliophytes.

\* Les hydrophytes sont définis comme les végétaux étant constamment immergés ou flottants (au moins à des niveaux d'eau normaux); seules les parties fleuries ou en fruits peuvent parfois émerger. Notons que certaines plantes peuvent présenter des accommodats terrestres, souvent d'aspect différent des accommodats aquatiques; ils seront considérés alors dans les héliophytes, ou non considérés s'ils n'ont plus de contact avec l'eau.

\* Les héliophytes sont les plantes ayant leur base dans le milieu aquatique, les parties supérieures étant émergées (tiges, feuilles, fleurs). Remarquons que les plantes se développant sur les berges ne feront pas partie des relevés floristiques si elles n'ont pas de contact direct avec l'eau. Cela pose le problème des limites du niveau d'eau: en période de basses eaux, certaines plantes ne seront pas prises en compte alors qu'elles l'auraient été en période d'eaux moyennes ou hautes.

En fait, après observation sur le terrain, il s'avère que les parties exondées en période d'étiage sont colonisées par des plantes à croissance rapide, souvent rampantes, issues des parties supérieures des berges, plantes qui ne sont jamais héliophytes.

Certains auteurs (notamment Holmes, 1987; Haury 1981), préconisent de considérer les plantes submergées entre 50 et 85 % du temps. Mais il faut pour cela connaître les niveaux possibles des eaux et le régime hydrique des rivières, ce qui est impossible à réaliser lorsque l'on a un trop grand nombre de cours d'eau à étudier. La solution prise pour cette étude est la plus simple: seront considérés comme héliophytes les plantes satisfaisant à la condition définie plus haut, au moment du relevé.

La différence avec une étude plus fine ne devrait pas être très importante.

Pour chaque espèce présente, est donné un coefficient (coefficient de Braun-Blanquet). Celui-ci est composé de deux indices:

. coefficient d'abondance-dominance:

- + : plante rare ou simplement présente
- 1 : recouvrement inférieur à 5 %
- 2 : " compris entre 5 et 25 %
- 3 : " " 25 et 50 %
- 4 : " " 50 et 75 %
- 5 : " " 75 et 100 %

(in Guinochet 1973)

Le recouvrement est la surface du lit de la rivière occupée par la plante considérée. Le pourcentage de recouvrement est le rapport de cette surface à la surface totale du lit.

. coefficient de sociabilité:

- |                    |                                 |
|--------------------|---------------------------------|
| 1 : individu isolé | 1 : plantes isolées, dispersées |
| 2 : groupe         | 2 : petites touffes             |
| 3 : troupe         | 3 : touffes moyennes, espacées  |
| 4 : petite colonie | 4 : larges touffes discontinues |
| 5 : très dense     | 5 : serré et continu            |

(in Guinochet, 1973)

(in Bourmerias, 1979)

Le coefficient global est l'apposition des ces deux coefficients; il est estimé à l'œil, sur le terrain.

Pour chaque relevé, le recouvrement total (considérant toute la végétation) est également estimé.

### 3. La campagne terrain

La collecte de toutes les données décrites précédemment a été faite durant les mois de Juin et Juillet 1989, période de développement maximal de la végétation.

Il s'agissait,, pour chaque rivière, de faire un balayage de l'amont vers l'aval; les relevés floristiques ont été réalisés aux endroits où la végétation montrait des modifications par rapport à l'amont: physiologie différente, apparition de plantes nouvelles... Les changements dans la morphométrie de la rivière ont également été pris en compte dans le balayage, mais cette modification est très souvent accompagnée par celle de la végétation.

La longueur de chaque site a été fixée à 50 m (longueur optimale pour obtenir le plus grand nombre d'espèces: Wiegl eb, 1983b). Cependant, cette longueur peut varier entre 30 et 100 m selon les particularités de chaque station.

Un seul passage a été effectué sur chaque rivière. Il est donc possible qu'un cours d'eau analysé début Juin n'ait pas eu la même physiologie fin Juillet. Les pourcentages de recouvrement, voire les espèces présentes, sont susceptibles de varier. Il n'est cependant pas possible de remédier à ceci dans le cadre de cette étude.

## C. PRESENTATION DES RESULTATS

Les résultats de cette campagne-, test comprennent :

- Les résultats des analyses hydrogéologiques et chimiques des rivières étudiées (Annexe 8),
- la description **des** cours d'eau étudiés et de leur végétation (Annexe 14),
- une liste des espèces hydrophytes (Annexe 6) et hélrophytes (Annexe 7), recensées.

Avant d'examiner les végétaux observés, au niveau de chaque rivière ou dans leur globalité, il est nécessaire de faire le point sur les données chimiques obtenues (Annexe 8).

Certaines de ces données ne sont exploitables qu'au niveau de la rivière, voire de la station car elles sont le reflet des particularités de chacune : il s'agit de la température de l'eau et de sa teneur en oxygène (et pourcentage de saturation). Ce sont de plus des paramètres susceptibles de présenter un cycle journalier, ce qui limite encore leur valeur en tant que données ponctuelles. Ces éléments seront donc analysés dans l'étude des rivières.

Disons simplement ici que la température de l'eau est généralement plus basse pour les rivières vosgiennes que pour les autres.

Quant aux autres composantes chimiques, elles caractérisent plutôt la rivière par rapport à son environnement naturel ou humain, il est donc possible de s'en servir pour essayer de comparer les cours d'eau entre eux.

On abordera dans un deuxième temps une description systématique des cours d'eau prospectés, afin d'en dégager les caractéristiques essentielles du point de vue floristique, morphométrique ou chimique.

Pour chaque cours d'eau, sont donnés (Annexe 14) :

\* une fiche signalétique, où l'on trouve :

- sa situation: localisation, horizons géologiques traversés, qualité de l'eau (donnée par la carte de qualité des eaux superficielles, Agence de l'Eau Rhin-Meuse 1986);

- la description de la rivière à partir des relevés successifs, donnant l'aspect du cours d'eau et sa végétation;

- un bilan de l'évolution longitudinale de ces éléments ainsi que les données chimiques et les particularités de la rivière. Les teneurs en P04 et N03 seront examinées et comparées à la gamme de valeur mesurée lors de cette étude.

\* une carte du cours d'eau avec les points de relevés,

\* les relevés floristiques des hydrophytes et des hélrophytes,

\* les données morphométriques,

\* les données chimiques de l'eau.

## D. SYNTHÈSE DES RESULTATS

Une synthèse des résultats présentés permet de proposer :

- Une esquisse typologique par substrat des cours d'eau étudiés,
- Une analyse des données floristiques visant à définir des ensembles floristiques homogènes et à aborder l'écologie des espèces principales.

---

S 0

Ce chapitre a pour but, pour chacune des régions hydrogéographiques différenciées, de dégager les principales caractéristiques qui permettront de définir les cours d'eau qui y coulent. Ces caractéristiques sont celles qui ont été observées lors de cette étude: elles sont d'ordre morphométrique, chimique et bien sûr floristique.

Ont été utilisées également les études existantes sur ces mêmes cours d'eau, afin d'avoir des données supplémentaires et de valider celles de cette étude.

Les principales données chimiques : TAC, conductivité, sulfates, nitrates, sont portées en Annexe n°9, donnant pour chaque paramètre la répartition des relevés sur chaque substrat en fonction des teneurs mesurées. Le paramètre phosphates n'a pas été pris en compte car il n'était pas représentatif.

Trois principaux substrats (grès, calcaires et marnes du Keuper) ont été considérés, ainsi que d'autres moins représentés, donc moins significatifs. De plus, les cours d'eau correspondant à ces derniers sont influencés par d'autres types de substrats à l'amont; ainsi, les marnes du Muschelkalk se rapprochent des grès du Permo-Trias, les niveaux du Rhézien des marnes du Keuper, et les argiles de la Woëvre des calcaires,

### a) Les cours d'eau sur grès du Permo-trias ou sur les formations cristallines et métamorphiques

Ces deux types de substrat ont été rassemblés dans cette description et dans la suite de ce rapport car ils présentent des caractéristiques communes. Notons qu'une analyse plus fine pourrait permettre d'identifier des différences non négligeables entre ces deux types de substrat, mais elles ne sont pas décelables à l'échelle à laquelle a été fait ce travail.

Cinq cours d'eau sont donc concernés dans ce paragraphe. Ont été analysés en parallèle les relevés situés sur des grès mais appartenant à des rivières retenues pour examiner le passage d'un substrat à un autre.

Les eaux de ces rivières sont caractérisées par une très faible minéralisation (conductivité  $< 100 \mu\text{S}/\text{cm}$ , TAC  $< 5 \text{ F}$ ); les concentrations de la plupart des ions sont les plus faibles mesurées.

Les teneurs des nutriments ( $\text{NO}_3$  et  $\text{PO}_4$ ) sont également faibles mais comparables à celles mesurées sur les autres substrats.



La végétation est, elle aussi, bien caractérisée : on trouve sur tout le cours de ces rivières des Bryophytes (leur présence est liée au fait que la granulométrie du lit de la rivière est grossière: cailloux, galets, blocs, sur lesquels ces plantes s'accrochent); on trouve à l'amont un secteur de torrents où se développent essentiellement des Bryophytes; plus en aval apparaissent des Callitriches, toujours accompagnés de Bryophytes; enfin, dans les secteurs les plus aval, des Renonçules s'ajoutent à ce cortège floristique.

Cette végétation se développe dans des rivières qui sont généralement peu profondes, au courant souvent rapide.

Cette succession apparaît très régulièrement, de ce fait, les cours d'eau sur ces substrats sont assez bien typés. Par contre, on n'observe pas de modification nette dans les secteurs où la qualité se dégrade, la végétation de base (celle décrite) apparaissant de façon similaire. Les changements, s'ils existent, sont peut-être à rechercher parmi les espèces compagnes.

On est donc en présence d'un type de bassin hydrogéographique bien caractérisé, tant du point de vue des données chimiques que floristiques.

## b) Les cours d'eau sur calcaire

Notons tout d'abord que les trois cours d'eau entrant dans ce paragraphe coulent sur trois horizons géologiques différents, pouvant avoir leurs particularités propres.

Ont été analysés simultanément (notamment pour les données chimiques) les tronçons des cours d'eau situés sur calcaire mais retenus pour examiner les successions de substrat.

Les eaux de ces rivières sont assez bien caractérisées par les données de minéralisation: conductivité comprise entre 180 et 580  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (TAC compris entre 20 et 28 F). Les concentrations en calcium caractérisent bien sûr ce type de substrat, mais pas mieux que les données générales de minéralisation.

Les teneurs en nutriments ( $\text{PO}_4$  et  $\text{NO}_3$ ) sont très variables: des valeurs les plus faibles aux plus fortes mesurées au cours de cette campagne (les teneurs faibles sont cependant plus nombreuses pour les phosphates).

Notons que parmi ces cours d'eau se trouve la Moulaine, rivière qui reçoit à l'amont des exhaures de mine, eau utilisée lors de l'extraction du minerai de fer. Ils influent donc sur la minéralisation de ses eaux, notamment sur les teneurs en sulfates ou chlorures, qui sont plus élevées que sur les autres cours d'eau calcaires.

On ne peut pas dégager de végétation caractéristique des cours d'eau sur calcaire, et encore moins une évolution de l'amont vers l'aval. En fait, les caractéristiques morphométriques de ces rivières sont variées: on peut trouver des seuils au courant rapide, ou des zones très lentes et profondes. De ce fait, la végétation est également variée.

Cependant, certaines plantes apparaissent très régulièrement: il s'agit des algues du genre *Cladophora*, souvent accompagnées de *Vaucheria* ou *Spirogyra*. De même, dans les zones où le courant est plus rapide et donc le

substrat du lit plus grossier, apparaît généralement (mais pas toujours) *Ranunculus fluitans*. Dans les zones lentes, se développe plutôt *Nuphar lutea*.

Les cours d'eau sur substrat calcaire ne sont pas caractérisés par des éléments floristiques particuliers, ceci étant principalement dû à la diversité des types de milieu. Certaines constantes sont cependant décelables.

### c) Les cours d'eau sur les marnes du Keuper

Précisons les caractéristiques de ce substrat : une carte géologique précise (échelle: 1/50 000) montre qu'il s'agit principalement du Keuper inférieur, appelé marnes irisées inférieures. On y trouve, entre autre, des inclusions de gypse, de sel gemme et des bancs dolomitiques.

Les eaux des rivières les traversant sont donc généralement très minéralisées: la conductivité, supérieure à 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , atteint 4400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sur la Seille (TAC comprise entre 27 et 40 °F). Les concentrations des différents ions sont souvent très fortes, notamment les sulfates ou le sodium par endroits.

De ce fait, ce substrat s'individualise par rapport à tous les autres par ses fortes teneurs, bien que la gamme soit très large.

Si les teneurs en nitrates sont comparables à celles mesurées sur les autres substrats, celles en phosphates sont généralement plus fortes (jusqu'à 5,5 mg/l de  $\text{PO}_4$ ).

Les types de végétation observés sur ces rivières sont assez divers. Cependant, les faciès à Lentilles d'eau ou à Nénuphar jaune, dans les secteurs où le courant est très lent, apparaissent régulièrement. De même, sur des zones où le courant est plus rapide (comme la plupart du cours du Colon), on observe un développement d'algues, voire de Potamopectinés.

Notons que les algues (*Cladophora*, *Vaucheria* ou *Enteromorpha*) sont presque toujours présentes, quel que soit en quantité non négligeable.

Les cours d'eau sur les marnes du Keuper, si la végétation qu'on y trouve est moyennement bien typée, sont surtout caractérisés par une minéralisation très particulière.

### d) Les cours d'eau coulant des marnes du Keuper vers les niveaux du Rhétien et du Lias

Les horizons géologiques du Rhétien et du Lias présentent en alternance des niveaux argileux, gréseux, calcaires ou marneux. Ils forment donc un environnement très complexe; c'est une des raisons principales pour lesquelles ce substrat hydrogéologique n'avait pas été retenu.

Les deux rivières concernées prennent leur source sur les marnes du Keuper, et, comme on l'a vu dans le paragraphe précédent, elles sont caractérisées par une minéralisation relativement élevée. Les concentrations des différents ions tendent à diminuer à l'aval, par dilution dans les eaux issues du Rhétien.

Les teneurs en nitrates et phosphates mesurées sur les niveaux du Rhétien sont équivalentes à celles mesurées sur les marnes du Keuper

La végétation sur ces deux cours d'eau est relativement peu diversifiée; les secteurs amont sont des zones où peu de végétaux se développent. A l'aval, on observe des zones profondes et lentes où le Nénuphar jaune apparaît. Cependant, des seuils existent, des plantes telles que la Zannichellie, les Potamogetons crépu ou pectiné sont alors observés. Remarquons que ces seuils peuvent être des radiers de pont ou des affleurements de roches plus dures (grès, calcaire...), qui n'existent pas au niveau des marnes du Keuper.

Ces cours d'eau se rapprochent donc du groupe des rivières sur marnes, bien qu'elles soient fortement perturbées par des pollutions, et le passage d'un type de substrat hydrogéologique à l'autre n'est pas nettement visible.

#### e) Les cours d'eau coulant des argiles de la Woëvre vers les calcaires

Les cours d'eau de ce groupe se rapprochent des cours d'eau sur calcaire car, pour l'Arroffe, les deux points situés sur les argiles de la Woëvre ont été supprimés de l'analyse car la rivière était à sec (continuité de l'écaulement interrompue); pour l'Esche et le Rupt de Mad, les eaux coulant sur ces argiles sont influencées par des apports d'eau issus de la côte de Meuse calcaire. Les caractéristiques chimiques de ces relevés sont donc similaires à ceux effectués sur substrat calcaire.

Cependant, la végétation et les dimensions du cours d'eau marquent bien la transition: on trouve sur les argiles de la Woëvre des tronçons aux eaux lentes, parfois profondes, où se développe le Nénuphar jaune, souvent accompagné d'algues. En arrivant sur les calcaires, la pente générale de la rivière s'accroît et le courant devient plus rapide; d'autres végétaux (ceux ordinairement observés sur substrat calcaire) apparaissent alors.

Les données morphométriques et floristiques permettent donc d'apprécier le passage d'un substrat à un autre.

#### f) Les cours d'eau coulant des grès vers d'autres substrats hydrogéologiques

Les quatre cours d'eau retenus prennent leur source sur les grès du Permo-Trias, traversent ensuite la bande des marnes du Muschelkalk, avant d'atteindre les calcaires du Muschelkalk. Deux de ces rivières coulent jusque sur les marnes du Keuper.

On observe donc à l'amont, au niveau des grès, des eaux très peu minéralisées, caractéristiques de ce substrat (sauf peut-être sur l'Eichel). Puis, en arrivant sur les marnes et les calcaires, la minéralisation augmente, sans pour autant atteindre celle des rivières coulant totalement sur ces substrats.

Les teneurs en nitrates et phosphates sont très variables.

La végétation marque aussi cette transition: à l'amont, on observe les groupements à Bryophytes puis à Callitriches et Renoncles, caractéristiques des grès. Ces végétations disparaissent peu après le passage sur les autres substrats. Les espèces que l'on observe alors sont

beaucoup moins typées: l'eau est généralement calme et souvent profonde, le Nénuphar jaune peut s'y développer.

Le passage des grès vers les autres substrats est donc très bien marqué. Celui des argiles aux calcaires l'est beaucoup moins, les caractéristiques de ces deux derniers substrats étant trop peu différentes.

## **g) Bilan**

L'étude menée dans ce chapitre a permis de dégager les caractéristiques et les éléments principaux permettant de définir chaque type de substrat hydrogéologique.

Il ressort que les substrats acides des Vosges (grès, formations cristallines) s'individualisent de façon nette, tant par les données floristiques que chimiques. Par contre, pour les deux autres grands types, si on peut définir certaines constantes, elles ne leur sont pas propres.

Cependant, les données chimiques de minéralisation (notamment la conductivité ou le TAC) permettent de différencier très nettement les eaux provenant de chacun de ces substrats. Ceci est en fait possible parce que les rivières coulant sur les marnes du Keuper sont très minéralisées, ce qui les oppose à toutes les autres. On pourrait alors se demander dans quelle mesure ce substrat hydrogéologique très particulier peut être représentatif d'un substrat marneux. Les données morphométriques le sont sans doute, les données floristiques peut-être, les données chimiques sûrement pas.

Les marnes du Keuper sont en fait les seules formations marneuses lorraines relativement homogènes et couvrant une surface suffisante (les argiles de la Woëvre sont influencées par les calcaires, les niveaux du Rhétien et du Liégeois sont complexes et hétérogènes).

La comparaison, notamment chimique, entre ces trois grands types de substrat n'est donc valide qu'en Lorraine.

Le deuxième but de cette étude était l'identification de séquences d'eutrophisation, c'est-à-dire, pour un même substrat, l'observation de secteurs naturels et plus ou moins pollués. En fait, le balayage a été trop général et la qualité de l'eau ne s'exprime pas, compte tenu de l'importance donnée aux substrats hydrogéologiques et à la vue synthétique des types de végétation.

On peut bien sûr observer localement des différences dans la végétation à l'aval de pollutions chroniques, mais ceci apparaît comme local ou particulier et aucune règle n'a pu en être tirée.

C'est donc principalement la caractérisation des substrats hydrogéologiques qui a été réalisée.

## 2. ANALYSE DES DONNÉES FLORISTIQUES

Les données floristiques sont celles qui ont été analysées plus finement, étant le point de départ de cette étude.

Deux approches ont été menées: une première visant à définir des ensembles floristiques homogènes, susceptibles de caractériser un milieu donné, la deuxième s'intéressant aux espèces principales pour tenter d'approcher leur écologie.

### a) Analyse des groupements végétaux. Esquisse de typologie

#### (1) Principe

La méthode employée pour définir des groupements végétaux se rapproche de celle utilisée par la phytosociologie. Notons que la nomenclature de cette discipline ne sera pas utilisée. Il s'agit de construire un tableau général de tous les relevés floristiques établis.

N'ont été analysés ici que les hydrophytes, les hélrophytes constituant en phytosociologie des associations différentes.

Rappelons que les deux points amont de l'Aroffa ne s'y trouvent pas.

Ce tableau est construit de la façon suivante : l'ensemble des espèces hydrophytiques sont listées verticalement, les relevés sont placés côte à côte. La correspondance, entre les numéros des relevés et les rivières est notifiée en Annexe n° 10.

-A l'intersection d'une espèce et d'un relevé est noté le coefficient de Braun-Blanquet, qui a été déterminé lors de la campagne de prospection.

Tous les relevés floristiques sont donc rassemblés ici, ce qui permet une comparaison inter-rivières.

Remarquons qu'un tel tableau peut aussi servir à lister l'ensemble des relevés sur lesquels a été observée une espèce déterminée, afin d'accéder par la suite aux composantes chimiques ou morphométriques de l'ensemble de ces relevés.

Le principe de l'analyse de ce tableau est d'en déplacer les lignes (les espèces) et les colonnes (les relevés) afin de dégager des ensembles homogènes du point de vue floristique.

#### (2) Analyse phytosociologique du tableau

Il s'agit du tableau modifié, présentant les différents groupes de végétaux. Ce tableau est situé en Annexe n° 11. Cette interprétation est celle utilisée par la phytosociologie, sachant qu'on se bornera ici à dégager des groupes floristiques homogènes, sans aller jusqu'à la détermination d'associations végétales.

Les relevés ont été séparés en 10 ensembles numérotés de 1 à 10. Des sous-ensembles peuvent apparaître éventuellement.

Les espèces végétales ont été séparées en 13 groupes, numérotés de A à M.

L'interprétation consiste à déterminer les groupes de plantes qui caractérisent un ensemble de relevés. Donnons simplement un exemple de ceci :

L'ensemble 2 est caractérisé par les espèces des groupes E (pour les deux sous-ensembles) et de l'espèce du groupe D (pour le sous-ensemble 2b), accompagnées par celles du groupe C.

Le groupe D est donc différentiel du sous-ensemble 2b par rapport aux autres ensembles, le groupe E de l'ensemble 2 quand les deux espèces apparaissent simultanément (elles apparaissent également dans d'autres groupements mais n'ont plus cette valeur phytosociologique).

Le groupe C, constitué d'espèces compagnes, est différentiel des ensembles 1 et 2 par rapport à tous les autres.

Notons que les groupes 1 à M sont constitués de plantes compagnes non différentielles.

Une telle analyse est possible pour les autres groupes de relevés. Cependant, pour les trois derniers ensembles (7 à 9), ils n'ont pu être définis que par élimination successive de certaines espèces: c'est alors la diversité floristique décroissante qui a permis un rangement. Ces ensembles n'ont alors plus de valeur phytosociologique.

Remarquons le groupe M: il contient des végétaux ne montrant pas d'affinités particulières ou caractéristiques, et dont le nombre de relevés dans lesquels ils apparaissent est souvent très faible. Ils ont cependant été répartis en sous-groupes, selon leur rapprochement à certains ensembles.

De manière similaire, l'ensemble 10 contient les relevés qui n'ont pas pu être classés dans un ensemble particulier: espèces non caractéristiques ou absence d'espèces.

Les relevés ne présentant aucune espèce ne sont pas répertoriés dans ce tableau.

### (3) Description des groupements végétaux

Après avoir défini des ensembles de relevés ayant des données floristiques similaires, il convient de voir si ces relevés possèdent des caractéristiques communes, qui se seraient traduites au niveau des végétaux.

Le premier groupement (ensemble n°1) présente essentiellement des relevés à Bryophytes ou algues. Or tous ces relevés sont situés sur les substrats acides des Vosges. De plus, dans le sous-ensemble 1a, seules des têtes de bassin sont présentes; il s'agit donc des zones de torrent de la partie amont des rivières vosgiennes.

Le sous-ensemble 1b est moins typé que le premier, mais contient néanmoins des relevés situés en zone amont des cours d'eau vosgiens.

Le deuxième groupement (ensemble n°2) est également constitué de relevés situés sur le massif vosgien gréseux ou cristallin (sauf trois p'oints); il s'agit ici de la partie aval de ces rivières. Les trois relevés situés sur un autre substrat ont été faits sur des cours d'eau qui prennent leur source sur les grès; ils sont donc influencés par la partie amont.

Ces deux ensembles contiennent donc presque exclusivement des relevés situés sur le massif des Vosges. Or, ils contiennent 27 des 31 relevés faits sur ces substrats, les autres se répartissant dans les ensembles 10 (inclassables) et 9 (très appauvris floristiquement).

Pour caractériser ces relevés, il suffit donc (conditions nécessaires et suffisantes) de connaître la nature du substrat géologique (gréseux ou cristallin: substrat acide) et la position du relevé sur la rivière (amont/aval).

Le troisième groupement (ensemble n°3) contient uniquement des relevés situés sur substrat calcaire (sauf un). L'analyse plus fine des données morphométriques montre que le courant est généralement plutôt rapide au niveau de ces relevés. Cependant, d'autres relevés situés sur substrat calcaire, et présentant un faciès à courant rapide, existent. Les espèces de ce groupement se développent donc dans un tel milieu mais ne lui sont pas caractéristiques (elles n'apparaissent pas systématiquement).

Un résultat analogue peut être donné pour les groupements suivants (ensembles n°4 à 6), qui correspondent à des secteurs où le courant est plutôt calme, l'eau souvent profonde, sur un substrat marneux ou calcaire.

Enfin, les derniers ensembles ne peuvent pas être décrits de façon similaire: ils sont situés sur des substrats divers (sauf gréseux ou cristallins); les données morphométriques du cours d'eau sont également très diverses.

Il convient alors d'étudier l'écologie de ces espèces, pour tenter de dégager des éléments explicatifs à leur distribution.

## **b) Analyse de l'écologie des espèces et des groupes**

L'écologie des espèces (ou autoécologie) a été approchée selon deux axes: un premier concernant le milieu physique (substrat hydrogéologique, composantes morphométriques.. .), le deuxième concernant la qualité de l'eau (minéralisation, teneur en nutriments.. .).

Seules les principales espèces ont été étudiées: celles qui sont caractéristiques de groupements, ou celles qui apparaissent fréquemment. Les espèces trop rares (parmi les relevés) ne peuvent être considérées ici pour une étude de leur écologie en Lorraine (du fait qu'elles apparaissent rarement), mais certaines pourraient être des bioindicateurs intéressants, caractérisant ainsi les quelques relevés où elles apparaissent. Ce type de données serait à analyser.

A cette analyse ont été intégrées les données trouvées dans la bibliographie, concernant certaines espèces (ou genres), afin de comparer les différents résultats obtenus.

### (1) L'ensemble 2 et *Ranunculus peltatus*

Cet ensemble est défini par trois espèces: une Renoncule et deux Callitriches. Les caractéristiques morphométriques et chimiques des relevés concernés sont déjà bien établies, puisqu'ils se trouvent sur les substrats acides des Vosges, dans la partie aval des rivières considérées. Rappelons que les eaux sont peu minéralisées et que ces rivières présentent essentiellement des secteurs aux eaux plutôt rapides.

Ajoutons simplement que les teneurs en nitrates et phosphates mesurées sur ces relevés sont plutôt faibles (inférieures à 5,5 mg/l de NO<sub>3</sub> et 0,80 mg/l de PO<sub>4</sub>). C'est en fait la gamme observée sur ce type de substrat. On peut alors se demander quel serait l'effet d'une augmentation de ces teneurs. Les données recueillies ne permettent pas d'y répondre.

Les deux espèces de Callitriche sont présentes sur ces relevés, mais peuvent se développer également dans d'autres types de milieu.

Quant à la Renoncule, il s'avère que la détermination de cette espèce, notamment la distinction entre *Ranunculus peltatus* et *R. pennicillatus* (avec ses deux sous-espèces), n'est pas facile. Les critères de différenciation ne sont pas toujours nets et les individus souvent intermédiaires. De ce fait, ces Renoncules ont été englobées sous le terme de *Ranunculus peltatus*, espèce qui semblait être présente d'après les échantillons prélevés. Cependant, quelques données sur ces deux espèces (Dethioux et Noirfalise, 1985; Dethioux, 1982b; Gehu et Meriaux, 1983) tendent à montrer que *R. peltatus* se développerait dans des eaux plutôt calmes, *R. pennicillatus* dans des eaux plutôt vives, claires et modérément minéralisées.

De plus, une association a été décrite: le *Callitricho-Ranunculium pennicillati* Oberd. 1977, caractérisé par *R. pennicillatus* et *Callitriche hamulata*, dont le type d'habitat correspondrait à celui observé dans les Vosges, et dont les espèces compagnes sont également similaires (Bryophytes, l'algue du genre *Lemanea*...).

Le problème de la détermination de ces espèces reste donc entier. Il faudrait mener une étude plus poussée sur la morphologie des Renoncules (avec utilisation de l'outil statistique) afin de connaître l'identité présumée des plantes observées. Compte tenu du peu de temps disponible, une telle détermination n'a pu être possible lors de cette étude.

En fait, le genre des Renoncules aquatiques s'avère être un groupe difficile pour ce qui est de la détermination, mais primordial du point de vue écologique ou bioindicateur, car ce sont des plantes que l'on trouve souvent et qui semblent bien liées au milieu dans lequel elles se développent.

### (2) L'ensemble 3 et *Ranunculus fluitans*

Cet ensemble de relevés est également caractérisé par une Renoncule: *Ranunculus fluitans*. Certaines caractéristiques de ces relevés sont communes aux précédents: on trouve cette Renoncule dans des secteurs où le courant est modéré à rapide, sur un fond plutôt grossier: graviers ou sable. Cependant, il existe une différence principale: ces relevés sont situés sur un substrat calcaire.



Ces éléments de l'écologie de *R. fluitans* sont confirmés par les données bibliographiques (Dethioux et Noirfalise, 1985; Noirfalise et Dethioux, 1977; Dethioux, 1982b; Bonnard et Michon, 1981; Decornet, 1979) qui précisent de plus qu'elle se développe dans des eaux plutôt productives, à minéralisation assez forte.

Si les teneurs en nitrates mesurées lors de cette étude sont très variables pour cette espèce, celles en phosphates sont plutôt faibles (inférieures à 0,5 mg/l de  $PO_4$ ).

L'association *Ranunculetum fluitantis* Allorge 1922 a été décrite et correspond à peu près à ce qui a été observé lors de cette étude.

Notons cependant que le relevé n°4 de la Zorn (relevé n°105) où *R. fluitans* a été observée, est situé sur un substrat gréseux. De plus, les autres espèces présentes sur ce relevé tendent à le rapprocher de l'ensemble précédent. On peut donc mettre en doute la détermination de cette Renoncule et supposer qu'il s'agissait plutôt de celle du groupement décrit dans les Vosges.

Il apparaît donc, encore ici, que la détermination des Renoncules jusqu'à l'espèce est difficile, mais primordiale.

Ce cas montre que les données écologiques et bioindicateurs, voire phytosociologiques, d'une espèce peuvent permettre la confirmation des déterminations réalisées.

### (3) Les ensembles 4 à 6 et *Nuphar lutea*

Ces trois ensembles se succèdent dans la combinaison des groupes écologiques. Remarquons que les ensembles 4 et 5 ne sont constitués chacun de relevés que d'une seule rivière, ce qui limite la valeur significative de ces groupements.

Ces relevés sont situés sur des substrats divers: calcaires mais surtout marneux (Keuper, Rhétien, ou les argiles de Ta Woëvre). Les deux premiers ensembles sont caractérisés par un faciès à Lentilles d'eau, les deux derniers par la présence de *Nuphar lutea* et de *Sparganium emersum*.

La caractéristique commune de tous ces relevés est la vitesse du courant: il est lent, voire nul. De ce fait, le fond de la rivière est généralement vaseux, et la profondeur parfois importante. Ceci est confirmé par les données bibliographiques, qui concernent surtout le groupement phytosociologique *Myriophyllo-Nupharetum* Koch 1926 (Decornet, 1979; Bonnard et Michon, 1981; Meriaux et Wattez, 1980). Il existe également des groupements concernant les Lentilles d'eau.

Les différents relevés présents dans ces ensembles peuvent en fait être relativement différents les uns des autres et, pour des caractéristiques morphométriques communes, se développer dans des secteurs ayant une qualité variable. Ainsi, *Nuphar lutea*, qui a une tendance plutôt "eutrophe", peut supporter des pollutions organiques ou minérales. Ajoutons ici que les teneurs mesurées en phosphates et nitrates sur ces relevés sont très diverses: des plus faibles aux plus fortes.

Les relevés faits dans cette étude sont trop peu nombreux et les données existantes trop vagues pour aller plus avant dans l'analyse de l'écologie des espèces. Peut-être les espèces compagnes peuvent-elles apporter des renseignements complémentaires.

#### (4) Les autres ensembles

Ces ensembles sont ceux qui n'ont pas pu être caractérisés de manière phytosociologique, mais rangés par diversité floristique décroissante.

#### LES ALGUES

Deux plantes apparaissent très régulièrement sur ces relevés, mais aussi parmi ceux décrits précédemment: ce sont les algues des genres *Cladophora* et *Vaucheria*.

Les caractéristiques de ces relevés sont très variables: courant rapide ou lent, eau profonde ou pas.. .

Cependant, *Cladophora* ne se développe que sur substrat calcaire ou marneux; elle n'apparaît jamais sur les substrats acides des Vosges. Par contre, *Vaucheria* peut s'y développer, bien qu'elle n'y apparaisse qu'en quantité faible.

Les teneurs en phosphates et nitrates mesurées sur ces relevés sont très diverses: elles occupent toute la gamme, des plus faibles aux plus fortes.

Il faut toutefois remarquer que *Cladophora* n'est absente que de 10 relevés sur 66 (ensembles 2 à 9) situés sur les calcaires ou les marnes. On peut donc presque considérer que c'est une constante. *Vaucheria* est également bien représentée, mais moins constamment.

On peut alors se demander dans quelle mesure ces algues peuvent être des indicateurs d'eutrophisation, puisqu'on les observe partout. Bien sûr, le recouvrement que ces algues peuvent occuper varie. Alors, quelle est la limite à partir de laquelle on peut considérer qu'il y a prolifération, et eutrophisation?

Lors de l'examen des mesures de nitrates et de phosphates sur ces relevés, la présence des algues avait été pondérée par un facteur qui exprimait l'importance du développement de la plante. Aucun résultat sur ce sujet n'a cependant pu en être tiré.

L'origine de leur présence et de leur prolifération possible est donc à rechercher ailleurs. En fait, ces relevés sont ponctuels, c'est-à-dire qu'ils n'intègrent pas l'évolution, notamment chimique du cours d'eau, ni dans l'espace (relevés généralement trop espacés), ni dans le temps. De plus, les conditions particulières à chaque année (débit, température...) semblent intervenir, le développement algal étant peut-être, plus que celui des Phanérogames, sensible à ces phénomènes.

Remarquons que Decornet (1979) évoque l'existence d'un *Spirogyro-Cladophoretum* Hild et Renhelt 1970, présent dans les endroits ayant subi un curage récent,

Ce sont donc des études plus précises qui permettront de cerner ces proliférations d'algues macrophytiques.

## LES PHANEROGAMES

Trois espèces phanérogamiques apparaissent régulièrement sur les relevés de ce groupe. Ils ne se développent donc que sur des rivières coulant sur un substrat calcaire ou marneux (minéralisation moyenne à élevée).

*Potamogeton pectinatus* semble se développer dans des secteurs aux caractéristiques variables. En fait, Decornet (1979) précise que cette espèce peut se développer soit dans des eaux calmes, soit en eaux courantes. Elle a alors des valeurs phytosociologiques différentes.

Si les teneurs en nitrates mesurées sur les relevés à *P. pectinatus* sont très variables, celles en phosphates sont moyennes à fortes: les valeurs faibles sont absentes (supérieures à 0,34 mg/l de  $PO_4$ ). Cette espèce apparaît donc dans des secteurs plutôt eutrophes, voire dégradés (selon Decornet, 1979, elle apparaît dans les secteurs dégradés, à courant rapide, où *Ranunculus fluitans* disparaît). C'est une des espèces les plus tolérante à la pollution (Dethoux et Noirot, 1985).

*Potamogeton crispus* se développe également dans des secteurs dont le faciès peut être très divers. Les teneurs en nitrates et phosphates des relevés où il apparaît sont elles aussi très variables. C'est cependant une espèce réputée eutrophe.

Enfin, *Zannichellia palustris*, par contre, préfère les zones où le courant est modéré à rapide (bien qu'on la trouve également en eaux calmes). Toute la gamme des teneurs en nitrates et phosphates est également couverte par les relevés où cette espèce apparaît. Elle est réputée semi-eutrophe à eutrophe (Dethoux et Noirot, 1986).

### c) Bilan

Cette analyse floristique a permis de mettre en évidence un certain nombre d'ensembles de relevés (groupements floristiques) déterminés par certaines espèces et présentant donc des caractéristiques communes. Ces ensembles ont été schématisés dans un tableau synoptique, situé en Annexe 12.

Cependant, 40 % des relevés n'ont pas été classés de cette façon. Rangés sous le terme "divers", ils contiennent, pour les espèces principales, essentiellement des plantes dites eutrophes.

Si les données géologiques ou morphométriques sont prédominantes lors de la caractérisation des premiers groupements, ces éléments n'ont pas permis de définir de tels ensembles parmi ces derniers relevés. Or l'examen des données chimiques n'a pas non plus permis l'individualisation de groupes. Deux causes peuvent être à l'origine de ceci :

-certains groupements végétaux existent parmi ces relevés, mais ils ne se distinguent pas suffisamment, ou le nombre de relevés concernés est trop faible pour qu'ils apparaissent;

-ces relevés correspondent à des secteurs perturbés, dégradés, par des facteurs physiques (aménagement, curage...) ou chimiques (pollution organique ou minérale...). De plus, les données concernant l'écologie ou le caractère bioindicateur des espèces concernées sont trop générales, voire absentes.

Les données recueillies ne suffisent alors plus pour interpréter correctement ces relevés: il faudrait connaître de façon plus précise l'historique de la rivière (aménagements, pollutions accidentelles...) ainsi que l'importance et la nature des rejets qu'elle reçoit. Ce sont donc des investigations complémentaires qui sont nécessaires.

## JL. BILAN-CONCLUSION

### A. RESULTATS ET LIMITES

#### 1. Données floristiques

Dégager des groupes floristiques parmi la végétation des cours d'eau lorrains était le but primaire de cette étude. Ceci a été réalisé dans la mesure où ont été définis des ensembles d'espèces caractérisant certains relevés, ou des relevés caractérisés par certaines espèces. Le total de 105 relevés était donc suffisant pour obtenir ces résultats.

Cependant, environ 40 % des relevés ont été classés dans une 'catégorie "divers", ne pouvant être rattachés à un des ensembles déjà définis, ou ne pouvant par eux mêmes, définir un nouvel ensemble caractéristique.

L'origine peut en être double:

- parmi ces relevés, certains présentent une végétation qui pourrait être caractéristique d'un milieu donné, mais leur nombre est trop faible pour qu'ils se dégagent de façon nette;
- la végétation a été modifiée, suite à des perturbations diverses (aménagement, dégradation, pollution...), les espèces présentes ne sont donc plus représentatives du milieu naturel. Les relevés sont alors à considérer pour approcher l'évolution de la flore après modification du milieu.

Il apparaît donc que le nombre de relevé, qui était suffisant pour caractériser les principaux ensembles, ne l'est plus pour analyser le dernier groupe. Il est également insuffisant pour caractériser finement les groupements qui se dégagent: seules des tendances peuvent être données. Par exemple, les 11 relevés à *Ranunculus fluitans* sont plutôt situés dans des secteurs à courant rapide, le trop faible nombre de relevé ne permettant pas de l'affirmer avec certitude.

C'est le problème de la connaissance de l'écologie des espèces qui se pose ici: connaissance de l'environnement physique des plantes (nature du secteur géologique, composantes morphométriques du cours d'eau...) et connaissance de la qualité chimique de l'eau (tolérance à l'eutrophisation, sensibilité aux polluants...).

Rappelons que la nature du substrat hydrogéologique peut se traduire en terme de chimie par l'intermédiaire de certaines données de minéralisation.

L'acquisition de ces données n'est guère possible avec la présente étude, le nombre de relevés étant généralement trop faible pour une espèce considérée. De plus les données recueillies sont des données ponctuelles, et donc à considérer avec toutes les précautions qui s'imposent pour une étude écologique (principalement pour les données chimiques).

En ce qui concerne les données que l'on peut trouver dans les études bibliographiques, elles sont de deux types: des données très pointues concernant l'effet d'un élément chimique sur une espèce, ou des données assez larges sur les conditions dans lesquelles on est susceptible de rencontrer certaines espèces.

Ces dernières études sont souvent trop vagues (on y trouve par exemple que telle espèce a un caractère "eutrophe", terme général qui n'a plus une grande valeur écologique et encore moins bioindicatrice), ou à caractère régional (or les données écologiques et bioindicatrices ne sont pas toujours transposables d'une région à une autre).

Il ressort donc que ces données écologiques et bioindicatrices sont des données manquantes, en tout cas pour une utilisation à l'étude et à la gestion des cours d'eau.

Notons ici que la détermination des plantes jusqu'à l'espèce est indispensable car, au sein d'un même genre, les données écologiques ou la valeur bioindicatrice des espèces sont souvent différentes.

## 2. Données morphométriques et chimiques

L'analyse des données géologiques, morphométriques et chimiques pour chacun des groupements végétaux définis montre que c'est essentiellement les composantes physiques du milieu qui priment dans le déterminisme de la végétation.

Ces composantes physiques sont la nature du substrat hydrogéologique et les données physiographiques: dimensions du cours d'eau. Ce sont ces éléments qui expliquent les principales espèces pour 60% des relevés. En ce qui concerne les autres relevés (groupe "divers" du tableau des groupements végétaux), ces facteurs n'ont pas permis la différenciation de groupes, mais les données chimiques (ou de qualité) ne l'ont pas permis non plus.

On a déjà évoqué le problème du nombre de relevés pour l'analyse de cet ensemble.

Il serait pourtant faux de dire que les végétaux présents n'ont pas de relation avec les composantes chimiques. Tout d'abord parce que certains éléments chimiques sont étroitement liés à la nature du substrat géologique, et donc parfois aux végétaux présents. Ensuite parce que les caractéristiques chimiques peuvent n'avoir qu'un rôle secondaire (par rapport au rôle primaire des composantes physiques) mais non négligeable; celui-ci ne serait pas aisément décelable dans une telle étude où l'accent a été porté sur la détermination des grands types de végétation.

Les composantes chimiques ont donc sans doute un effet plus subtil, à rechercher peut-être dans les variations de pourcentage de recouvrement, ou parmi les espèces compagnes dans les principaux groupements.

Mais ce sont aussi les composantes chimiques qui ont pu, par dégradation, faire basculer certains relevés d'un groupement bien caractérisé vers le groupe des relevés dits "divers",

Le deuxième objectif de cette étude (après la détermination de types de végétation) était la caractérisation de séquences d'eutrophication, au sein de secteurs homogènes du point de vue hydrogéologique. Si quelques résultats ponctuels ont pu apparaître, cet objectif n'a pu être atteint pour les raisons évoquées précédemment concernant les données chimiques qui apparaissent globalement secondaires dans le déterminisme de la végétation, mais aussi par un nombre de relevés en général trop faible pour que ces séquences soient observées ou puissent être valides.

Il ressort donc que, si les données physiques peuvent être suffisantes pour la caractérisation des grands groupes végétaux, les données chimiques devraient, dans une analyse plus fine et mieux adaptée, permettre d'accéder aux résultats qui manquent à cette étude.

### 3. Méthodologie

Les méthodes employées pour cette étude se sont avérées assez satisfaisantes compte tenu de ce qui était recherché. Le choix de classification des cours d'eau par rapport au substrat hydrogéologique est bon car il apparaît déterminant dans la caractérisation floristique, chimique et morphométrique des cours d'eau; l'échelle d'observation (balayage, choix des relevés...) était satisfaisante pour décrire les principaux types de végétation; les relevés (longueur observée, description...), quant à eux, s'ils ont permis de décrire suffisamment le milieu, auraient peut-être dû être plus précis en ce qui concerne les données morphométriques car elles s'avèrent prépondérantes dans la caractérisation de la station et de la physionomie de la végétation présente (données sur l'habitat des végétaux).

Une comparaison de différentes études effectuées sur le Rupt de Mad (Annexe 13), à diverses périodes et par des organismes différents (SRAE 1972, DECORNET 1979, PESEUX 1989), montre l'intérêt de ce type de travail, mais également les limites rencontrées du fait de la disparité méthodologique : choix des stations, techniques de relevés... Cette analyse alimente d'une façon intéressante une réflexion d'ordre plus général sur cette problématique.

## B. PROSPECTIVES

IL ressort donc que cette étude a des résultats limités par l'existence de certaines contraintes.

Tout d'abord, il existe le problème de la détermination des espèces. Il est primordial de pouvoir connaître l'espèce exacte qui a été observée, un nom de genre ne suffisant souvent pas. Cependant, des groupes tels que celui des Renonculées aquatiques posent des problèmes, non seulement parce que les espèces se distinguent difficilement les unes des autres, mais aussi parce que la systématique n'est pas toujours claire et souvent mal définie. Il convient donc de faire un effort particulier concernant la détermination des espèces aquatiques.

En ce qui concerne les Renonculées, le problème étant apparu cet été, il serait utile de pouvoir étudier les caractéristiques morphologiques des espèces rencontrées, d'utiliser si nécessaire l'outil statistique, afin de connaître avec plus de certitudes l'espèce (ou les espèces) qui sont présentes. Un problème similaire peut se poser avec d'autres groupes de plantes, telles que les Callitriches ou les Potamots à feuilles étroites.

Un autre groupe de plantes pose des problèmes, ce sont les Algues. En effet, la détermination jusqu'à l'espèce, quand les documents permettant cette identification sont accessibles, est souvent impossible car les critères de différenciation apparaissent rarement. Or cette connaissance de l'espèce pourrait être utile notamment pour pouvoir appréhender avec plus de précision l'écologie de ces algues; en effet, ces plantes semblent se développer dans des milieux assez divers, la distinction d'espèces pourrait alors s'avérer intéressante.

Les données concernant l'écologie des espèces (Algues ou Phanérogames) apparaissent aujourd'hui comme des données manquantes. Bien sûr, on sait si telle espèce est eutrophe ou oligotrophe, mais ceci n'est pas suffisant pour faire le diagnostic d'une rivière. Il faudrait pouvoir connaître les conditions précises dans lesquelles les plantes peuvent se développer. Un milieu eutrophe n'est pas apte à recevoir toutes les plantes eutrophes (et inversement).

L'écologie des espèces (et leur valeur bioindicatrice) est donc un axe de travail primordial pour toute étude de la végétation en rivière.

Cependant, il convient d'être prudent sur les données déjà existantes: beaucoup ont un caractère régional; or, si l'écologie des espèces peut être sensiblement la même d'une région à une autre (toutes choses étant égales par ailleurs), leur valeur bioindicatrice est en général différente. Une plante caractéristique d'un milieu donné dans une certaine région, peut être sans valeur dans une autre.

Des études régionalisées s'imposent donc.



Ces données écologiques permettraient alors de bien caractériser les différents types de milieu, notamment ceux qui ont été décrits dans ce rapport. Bien sûr, ces milieux ont déjà été bien analysés, mais cette étude n'a pu qu'en donner les éléments de base, les végétaux essentiels. Il manque un élément de caractérisation: les séquences d'eutrophisation: savoir comment les différentes composantes du cours d'eau (et notamment les données floristiques) évoluent lors d'une dégradation, d'une eutrophisation. Ceci n'a pu être fait dans cette étude pour deux raisons principales: le nombre trop restreint de relevés dans chaque type, ne permettant pas l'identification de ces séquences; le manque de connaissances concernant l'écologie et leur valeur bioindicatrice des espèces.

Il serait alors utile de pouvoir faire des campagnes d'études, par type de bassin, qui soient plus fines. Elles intégreraient ainsi des données morphométriques ou physiographiques plus précises (notion d'habitat), l'existence et la connaissance de rejet polluants... Elles pourraient intégrer également d'autres éléments qui s'avèrent utiles, tels que des profils hydrologiques, des données géologiques plus précises, la connaissance de l'historique de la rivière... Ceci ayant pour but la constitution d'une base de données aussi complète que possible, et que l'on pourrait exploiter selon divers axes, avec des objectifs plus ou moins variés.

Il ressort donc que, si un certain nombre d'axes études apparaissent, il est primordial que les résultats obtenus soient comparables entre eux, c'est-à-dire qu'ils puissent être intégrés à une même base de données.

Cependant, pour chacun de ces axes d'étude, il conviendra de choisir une méthodologie adaptée qui permette d'apporter les réponses recherchées. Les méthodologies devront être spécifiques à chaque étude, mais les différents résultats devront s'harmoniser pour atteindre l'objectif primaire: la caractérisation des milieux aquatiques.

## BIBLIOGRAPHIE

- AGENCE DU BASSIN RHIN-MEUSE, 1982. Carte hydrogéologique du Bassin Rhin-Meuse.
- AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE, 1986. La qualité des eaux superficielles du Bassin Rhin-Meuse en 1985. Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Moulins-lès-Metz, 5 p + 5 cartes.
- BONNARD, R. & MICHON, A., 1981. Les groupements de macrophytes aquatiques de la Loue. *Ann. Limnol.*, 17 (2), 105-120.
- BOURNERIAS, M., 1979. Guide des groupements végétaux de la région parisienne. Bassin parisien - Nord de la France (Ecologie et Phytogéographie). 2<sup>e</sup> éd. SEDES/CU, PARIS, 509 p.
- DECORNET, J.M., 1979. Contribution à l'étude hydrobiologique de deux rivières Lorraines : l'Orne et le Rupt de Mad. Th. Etat : Metz, pag. mult. .
- DETHI OUX, M., 1982. Données sur l'écologie de *Ranunculus penicillatus* (Dum.) Bab. et *R. fluitans* Lam. en Belgique. In *Studies on aquatic vascular plants* (J.J Symoens, S.S Hooper & P Compère), pp. , O. Koeltz, Koenigstein, 187-191.
- DETHI OUX, M. & NOIRFALISE, A., 1985. Les groupements rhéophiles à renoncules aquatiques en moyenne et haute Belgique. *Tuexenia*, 5, 31-39.
- DETHI OUX, M. & NOIRFALISE, A., 1986. Sur l'écologie de *Zanichellia palustris* L. en moyenne Belgique. *Dumortiera*, (34-35), 91-93.
- GEHU, J.M. & MERIAUX, J.L., 1983. Distribution et synécologie des renoncules du sous-genre *Batrachium* dans le nord de la France. *Colloq. Phytosociol.* 10, Lille, 1981. In *Les végétations aquatiques et amphibies* (J.M Gehu), pp. 15-43, J Cramer, Vaduz, 1983.
- GUI NOCHET, M., 1973. *Phytosociologie*. Masson, Paris, 227 p.
- HAURY, J., 1981. Quelques méthodes d'étude de la végétation macrophytique en écosystème dulçaquicole courant. Application au réseau hydrographique du Scorff (Bretagne). Communication présentée au groupe "Microphytes-Macrophytes", Lyon, 34 p.
- HOLMES, N.T.H., 1987. Extracts from "Typing British Rivers according to their flora". In *Methods for the use of aquatic macrophytes for assessing water quality 1985-86* (), pp. 75-126, HMSO, London.
- MERIAUX, J.L. & WATTEZ, J.R., 1980. Les végétations aquatiques et subaquatiques des eaux stagnantes et courantes du Nord de la France. Relations avec les composants chimiques des eaux. In *La pollution des eaux continentales*. 2<sup>e</sup> éd. (P Pesson & al.), pp.224-242, Gauthier-Villars, Paris.

NOIRFALISE, A. & DETHI OUX, M., 1977. Synopsis des végétations aquatiques d'eau douce en Belgique. Commun. Centre 'Ecol. For. Rural e, Gembloux, N. n° 14, 25 p.

PESEUX, J.Y., 1989. Analyse de la végétation macrophytique de quelques cours d'eau Lorrains. Base pour une esquisse typologique. D.: ENSAIA / Nancy, 76 p.+ annexes.

SRAE Lorraine, 1972. Le Rupt de Mad, monographie sommaire et qualité des eaux. 45 p.+ annexes.

WIEGLEB, G., 1983. Recherches méthodologiques sur les groupements végétaux des eaux courantes. Colloq. Phytosociol. 10. Lille, 1981. In Les végétations aquatiques et amphibies (JM Gehu), pp. 69-83, J. Cramer, Vaduz.



LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE

AGENCE DE L'EAU  
RHIN-MEUSE

VEGETAUX AQUATIQUES  
DANS LES RIVIERES DU BASSIN RHIN-MEUSE.

Campagne-Test 1989

ANNEXES

Responsable scientifique : Lionel Léglize

Collaboration technique : Jean-Yves Peseux  
Nathalie Grasmück

Décembre 1990

## ANNEXES

- 1- Carte hydrogéologique simplifiée du bassin Rhin-Meuse
- 2- Carte des cours d'eau retenus pour l'étude
- 3- Rivières et substrats géologiques: n° de relevé
- 4- " " " : classement par substrat
- 5- Flores et ouvrages de détermination
- 6- Liste des hydrophytes rencontrés
- 7- Liste des hélophytes rencontrés
- 8- Hydrogéologie et chimie des eaux
- 9- Répartition des données chimiques par substrat, en fonction des teneurs mesurées
- 10- Correspondance n° de relevé / n° d'analyse
- 11- Tableau phytosociologique
- 12- Tableau synoptique des groupements végétaux
- 13- Le Rupt de Mad, comparaison de diverses études
- 14- Description des cours d'eau et de leur végétation. Résultats de la campagne de relevés et des analyses chimiques