

Analyse de la végétation aquatique et de la végétation riveraine de la Haute-Sûre en fonction des perturbations du milieu

par

Claudine WOLFF

INTRODUCTION

La Sûre, qui constitue le principal cours d'eau du Grand-Duché de Luxembourg, a déjà fait l'objet de nombreuses études visant à l'analyser soit d'un point de vue chimique, soit d'un point de vue faunistique (macro-invertébrés, poissons) alors que les études relatives à la flore sont très rares.

Tout au long de ces dernières années, les pêcheurs, qui sont des observateurs très assidus et perspicaces de la biologie des rivières, n'ont cessé de signaler une régression de la flore aquatique de la Sûre. Voilà pourquoi nous nous sommes proposé en 1985, dans le cadre de notre mémoire scientifique faisant partie de la formation pédagogique des aspirants-professeurs de l'enseignement secondaire, d'examiner de plus près les végétations aquatique et riveraine de la Haute-Sûre. Nous avons pour but d'en faire un inventaire aussi complet que possible et d'y déceler des modifications éventuelles dans la répartition des végétaux produites sous l'influence de différentes perturbations du milieu, ayant essentiellement une origine anthropique (ardoisières, campings, effluents urbains, barrage).

Pour des raisons d'homogénéité, nous nous sommes limitée à la partie ardennaise de la Sûre appelée communément la Haute-Sûre, en laissant de côté (à cause de difficultés techniques) le tronçon du lac de barrage d'Esch-sur-Sûre. De plus, quant à la végétation aquatique, nous ne considérons que les macrophytes qui comprennent essentiellement des angiospermes auxquelles on ajoute quelques bryophytes et thallophytes.

Pour mener à bien notre étude, nous nous sommes appuyée sur les travaux d'un chercheur anglais, Sylvia Haslam (1978, 1981) et sur ceux d'un scientifique français, J. Braun-Blanquet (1964), travaux qui nous fournissent les méthodes à employer tant en ce qui concerne les inventaires de la végétation qu'en ce qui concerne leur interprétation. Ainsi, la méthode phytosociologique de J. Braun-Blanquet (1964) nous permet de déterminer les groupements de végétaux qui se succèdent le long de la Haute-Sûre alors que grâce à la méthode de S. Haslam (1981) nous sommes en mesure de préciser le degré de perturbation de la végétation inventoriée.

Pour analyser l'impact des différents facteurs de perturbation sur la végétation, nous devons départager les effets des facteurs naturels (courant, substrat, profondeur, éléments dissous) de ceux engendrés par l'homme (effluents urbains, campings, ardoisières, barrage), ce qui sera réalisé par le calcul des indices de pollution définis par S. Haslam (1981).

De cette façon, nous serons non seulement à même de préciser les zones de la rivière dont la végétation est la plus perturbée, mais nous pourrons aussi mettre les modifications de la composition floristique enregistrées dans les différentes communautés végétales en relation soit avec les changements naturels des caractéristiques du cours d'eau, qui s'opèrent d'amont en aval, soit avec les diverses formes de perturbations, engendrées par l'homme et qui sont désignées sous le terme de pollution. Par ailleurs, il nous sera possible de spécifier les plantes respectivement les plus sensibles et les plus résistantes aux différents types de perturbation qu'on rencontre au niveau de la Haute-Sûre.

APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE

Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes essentiellement basée sur deux types de documents:

- les uns de natures taxonomique et phytosociologique, dont les premiers nous fournissent des renseignements indispensables à la détermination exacte des espèces aquatiques et riveraines en présence, et dont les seconds nous permettent de mieux caractériser les groupements de végétaux auxquels nous avons affaire;
- les autres, de valeur plutôt écologique, qui nous permettront de mettre en évidence une corrélation entre les végétations aquatique et riveraine d'un cours d'eau d'une part et différents facteurs de perturbation du milieu d'autre part.

En ce qui concerne les premiers, signalons que toutes les plantes ont été déterminées à l'aide de la "Nouvelle Flore de Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines", qui fait partie des éditions du Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique.

De plus, il faut mentionner les travaux de C.D.K. Cook (1966), qui sur base de critères morphologiques et caryologiques a réussi à délimiter les différentes espèces de renoncules aquatiques. Les études faites par G. Wiegand

et W. Herr (1983) et par L. Delvosalle, J. Duvigneaud et A. Lawalree (1970) y apportent des compléments très utiles.

D'un autre côté, la composition floristique des différents relevés de la végétation a été étudiée à l'aide des manuels "Pflanzensoziologie" de J. Braun-Blanquet (édition de 1964) et "Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil 1" de E. Oberdorfer (1977).

En outre, il faut citer les études de M. Dethioux (1972-1985) sur la végétation de différents cours d'eau belges dont celles effectuées sur des rivières ardennaises permettront une comparaison intéressante avec nos propres résultats, ainsi que les travaux assez similaires de J.-L. Mériaux (1976-1983) qui ont pour but de mieux analyser la végétation des cours d'eau français en donnant notamment des précisions importantes sur les exigences écologiques de différentes espèces de végétaux aquatiques.

En ce qui concerne les seconds, de nature écologique, nous avons dû recourir à des documents qui nous renseignent sur le degré de sensibilité des espèces végétales aquatiques et riveraines aux différentes perturbations du milieu, informations qui nous permettent d'évaluer l'état de pollution du cours d'eau analysé.

Ainsi, les travaux de S. Haslam (1978-1981), qui a développé une méthode générale pour estimer le degré de perturbation d'un cours d'eau quelconque à l'aide des végétations aquatique et riveraine, constituent la source bibliographique fondamentale, indispensable pour mener à bien notre étude.

Finalement, il nous reste à mentionner les travaux du chercheur luxembourgeois P. Diederich, qui a fourni une clé de détermination très précieuse pour les callitriches luxembourgeois ainsi que des indications quant à la répartition des différentes espèces de plantes aquatiques dans notre pays (1983, 1984). Entre autres il a fait une révision complète des collections luxembourgeoises de renoncules aquatiques; malheureusement ces collections ne renferment presque pas d'échantillons provenant de l'Oesling.

I. GENERALITES

Avant d'aborder le sujet proprement dit qui consiste en l'analyse de la végétation de la Haute-Sûre, nous devons fournir quelques notions générales sur la région et le cours d'eau lui-même, notions qui nous permettront de définir avec précision l'environnement et donc le milieu à considérer.

1. Le bassin versant

1.1. Cadre géographique

Le bassin versant de la Sûre, qui est défini par l'aire d'alimentation de cette rivière, désigne toute la région comprise entre la source de la Sûre près de Vaux-sur-Sûre en Belgique et son embouchure à Wasserbillig, à la frontière germano-luxembourgeoise. Sa superficie recouvre pratiquement tout le Luxembourg à l'exception des régions de la Moselle, de la Chiers et

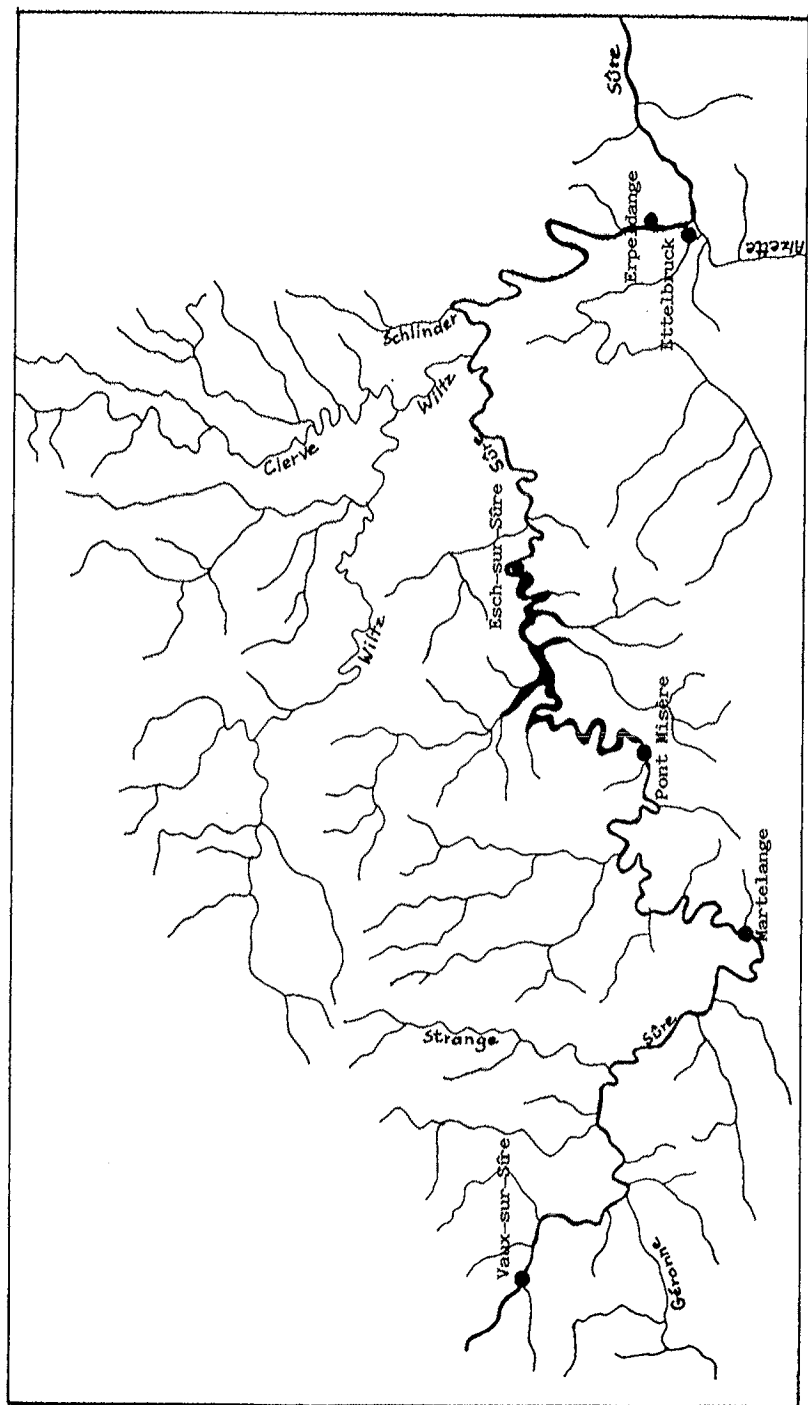


Fig. 1. - Bassin versant de la Haute-Sûre

de l'Ourthe; à cela, il faut ajouter vers l'ouest la partie située dans la province belge du Luxembourg (environ 274 km²) ainsi que vers le nord-est, la vallée de l'Our qui s'étend jusque dans l'Eifel allemande.

Dans notre étude nous nous limiterons au bassin versant de la Haute-Sûre qui comprend la région située dans les Ardennes belges et l'Oesling, depuis la source jusqu'au village d'Erpeldange près d'Ettelbruck (cf. figure 1).

1.2. Environnement géologique

Le bassin versant de la Haute-Sûre est situé dans sa totalité dans des roches primaires appartenant au Dévonien inférieur, et notamment à l'Em-sien inférieur et au Siegenien.

Du point de vue lithologique, on distingue dans les formations dévoniennes de l'Oesling des roches gréseuses (quartzites, grès quartzeux) et des roches argileuses (schistes, phyllades et ardoises, quartzophyllades), les roches calcaireuses faisant complètement défaut (M. Lucius, 1952).

Du point de vue géomorphologique, ces roches sont qualifiées de roches résistantes (Haslam, 1978). En effet, elles ne sont que très peu altérées par l'érosion et par la dissolution et ce n'est qu'une fragmentation préalable qui peut les réduire.

1.3. Topographie

Le bassin versant de la Haute-Sûre fait partie du massif des Ardennes caractérisé par des vallées creusées en profondeur et des plateaux dont l'altitude varie entre 400 et 500 m.

D'après S. Haslam (1981), il est important de considérer encore d'autres paramètres qui permettront de mieux définir la région étudiée. Ainsi, il faut noter qu'en amont on observe généralement une dénivellation comprise entre 90 et 150 m entre le lit mineur, correspondant au niveau moyen des eaux, et le sommet des plateaux environnants.

Un autre paramètre important est l'inclinaison du fond de vallée des différents affluents qui alimentent la Sûre dans son cours supérieur, c'est-à-dire la pente qu'ils accusent de la source jusqu'à leur embouchure. Dans notre cas, les valeurs moyennes se situent entre 1:100 (1 %) et 1:150 (0,67 %).

Selon S. Haslam (1981), toutes ces données permettent de qualifier la région analysée de "région de plateaux" ou "upland".

D'ailleurs le réseau hydrographique relativement dense et les parcours plus ou moins parallèles des affluents nous confirment cette qualification (S. Haslam, 1978).

Notons encore que le profil de vallée n'est pas le même dans les parties belge et luxembourgeoise de la Haute-Sûre. En effet, dans les Ardennes belges nous observons des vallées assez larges, en forme de V arrondi, alors que dans l'Oesling elles sont plus étroites et présentent une forme en V légèrement tronqué.

1.4. Climat

Selon l'étude de R. Faber (1971), le climat général de la région est typiquement un climat de zone tempérée avec des hivers assez froids, des étés frais et une pluviosité relativement élevée.

1.5. Environnement paysager

La région du bassin versant de la Haute-Sûre est fortement boisée. D'après l'atlas du Luxembourg (1971), on y observe, à côté des nombreuses plantations d'épicéas, la chênaie-charmaie à chêne sessile, acidophile à neutrophile, et la hêtraie neutrophile à fougère ou à *Festuca altissima*.

Par ailleurs, le territoire est exploité du point de vue agricole et les fonds de vallée sont souvent couverts de pâturages et de cultures.

Quant à la population humaine, sa densité est assez faible en amont du lac de barrage d'Esch-sur-Sûre où elle est de l'ordre de 32 personnes/km²; elle augmente légèrement en aval.

Ainsi, les eaux de la Sûre, dans leur progression vers le sud-est, pénètrent dans une région à urbanisation croissante.

De plus, il faut signaler une activité touristique très importante immédiatement en amont et en aval de Martelange, située à la frontière belgo-luxembourgeoise, ainsi qu'en aval du lac de barrage jusqu'à Michelau.

2. Le cours d'eau

2.1. Description

La Sûre, qui prend naissance en amont de Vaux-sur-Sûre à une altitude de 500 m, parcourt la province belge du Luxembourg sur une longueur de 25 kilomètres. A partir de Martelange, elle se dirige vers le nord pour constituer la frontière entre la Belgique et le Grand-Duché de Luxembourg jusqu'au village belge de Tintange. Ensuite, elle change de direction et traverse notre pays dans toute sa largeur.

Au Pont Misère, elle commence à former le lac de barrage qui s'étend sur une vingtaine de kilomètres jusqu'à Esch-sur-Sûre.

C'est à Wasserbillig, après avoir formé la frontière germano-luxembourgeoise sur 44 kilomètres, que la Sûre se jette dans la Moselle à une altitude de 130 m.

Avec les 136 kilomètres parcourus dans notre pays, la Sûre constitue le plus grand cours d'eau du Grand-Duché de Luxembourg.

Ses principaux affluents sont la Wiltz qui déverse ses eaux dans la Sûre à Goebelsmühle, l'Alzette qui s'y joint à Ettelbruck, la Blees à Bleesbruck, l'Ernz Blanche à Reisdorf, l'Our près de Wallendorf et finalement l'Ernz Noire au Grundhof.

Signalons encore quelques chiffres concernant le débit de la Sûre.

En été, lorsque la surface mouillée se limite au chenal d'étiage, on note un débit de l'ordre de 3 m³/seconde en amont du lac de barrage alors que ce même débit dépasse facilement 100 m³/seconde au moment des grandes crues de printemps (étude du Syndicat des Eaux du Barrage d'Esch-sur-Sûre).

Le profil longitudinal de la Haute-Sûre nous montre que le bassin de la Haute-Sûre accuse une dénivellation de 300 m sur une distance d'environ 100 km, ce qui équivaut à une pente moyenne de 0,3 %.

Nous avons étudié la Haute-Sûre, depuis Vaux-sur-Sûre jusqu'à Erpeldange, en 26 stations différentes (cf. figure 2).

Liste des 26 stations

N° de la station	Localité la plus proche	Distance à partir de la source (km)
1a	Vaux-sur-Sûre	3
1'	Vaux-sur-Sûre	3
1b	Vaux-sur-Sûre	5
2	Sûre	7,8
3	Burnon	18,2
4	Bodange	25
5	Wisembach	26,4
6a	Martelange	32
6b	Martelange	32,5
6c	Martelange	33
6d	Martelange	33,5
7	Grumelange	34,8
8	Ferme d'Oeil	38,2
9	Martelinville	42,8
10	Moulin de Boulaide	47,8
11	Moulin de Bigonville	49
12a	Heiderscheidergrund	77
12b	Heiderscheidergrund	77,5
13a	Tadler-Moulin	82
13b	Tadler-Moulin	82,2
14a	Goebelsmühle	88,6
14b	Goebelsmühle	89
15	Unterschlinder	91,8
16	Michelau	99,8
17a	Erpeldange	105
17b	Erpeldange	105,4

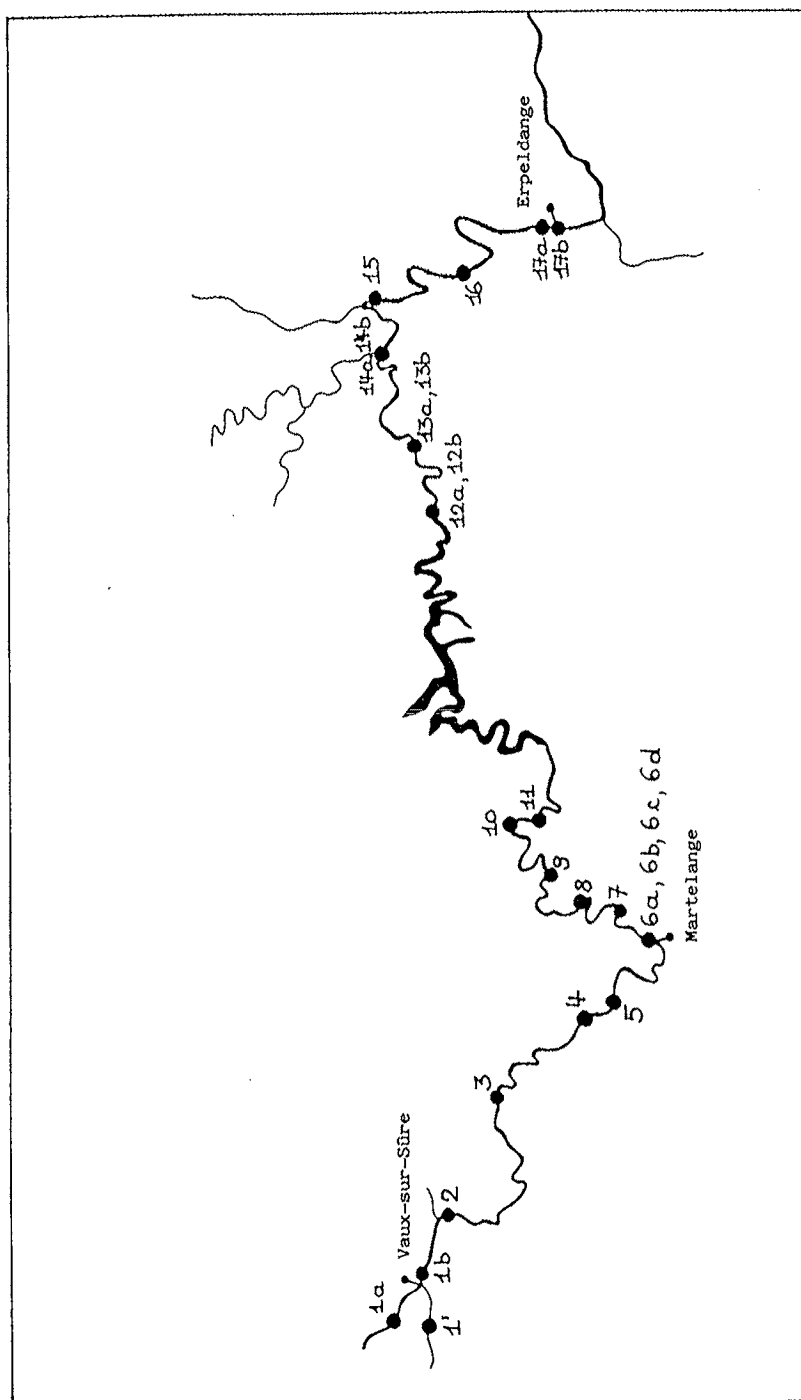


Fig. 2. - Localisation des 26 stations étudiées.

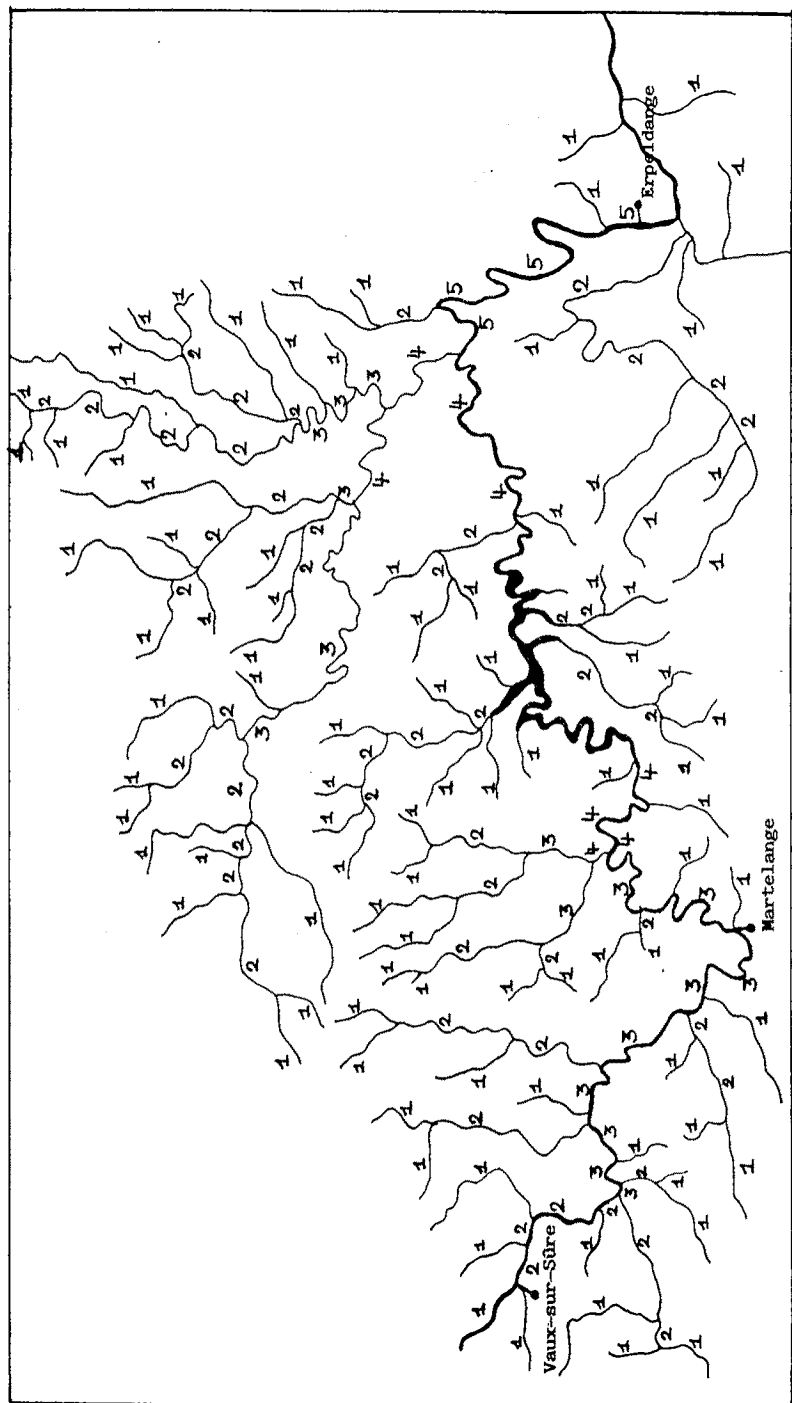


Fig. 3. - Ordre de drainage des différents tronçons de la Haute-Sûre et de ses affluents

2.2. Caractéristiques morphométriques

On entend par là les paramètres physiques qui permettent d'évaluer quantitativement la forme ou le relief du lit du cours d'eau. Il s'agit essentiellement:

- de la largeur mouillée ou largeur du chenal d'étiage,
- de la profondeur mesurée au centre du chenal d'étiage,
- de la vitesse du courant mesurée à l'aide d'un morceau de bois et d'un chronomètre sur une distance de 10 à 20 m,
- du substrat, c'est-à-dire de la nature du fond du cours d'eau,
- de l'ordre de drainage des différents tronçons de la Haute-Sûre qui nous renseigne sur le nombre de ses affluents et qui est représenté sur la figure 3.

Dans le cadre de ce travail nous avons mesuré les différents paramètres décrits ci-dessus aux 26 stations à étudier et les résultats obtenus sont résumés sous forme d'un tableau (cf. tabl. 1).

Stations (N°)	Critères	Altitude (m)	Géologie *	Largeur mouillée (m)	Profondeur (centre) (m)	Vitesse (m/s)	Substrat **	Ordre de drainage
1a		440	Sg ¹	1	0,25	courant modéré	X	1
1'		440	Sg ¹	1	0,25	courant modéré	X	1
1b		435	Sg ¹	2	0,40	0,33	XX	2
2		420	Sg ²	3	0,35	0,44	XX	2
3		410	Sg ²	6	0,35	0,44	X	3
4		390	Sg ²	8	0,20	0,33	XX	3
5		390	Sg ²	7	0,30	0,33	XXX	3
6a		370	Sg ^{2a}	8	0,30	0,67	X	3
6b		365	Sg ^{2a}	8	0,50	0,55	XX	3
6c		360	Sg ^{2a}	8	1,00	0,09	XXXX	3
6d		360	Sg ^{2a}	8	0,80	courant fort	XXX	3
7		360	Sg ²	9	0,30	0,67	XXX	3
8		355	Sg ²	10	0,30	0,67	XXX	3
9		350	E ^{1a}	10	0,30 (1,20)	0,67	XXX	3
10		335	E ^{1a}	10	0,30	0,61	XX	4
11		325	Sg ²	10	0,30	0,61	X	4
12a		270	Sg ²	12	0,40	courant modéré	X	4
12b		270	Sg ²	12	0,30	0,43	X	4
13a		255	Sg ²	15	0,30	0,57	X	4
13b		255	Sg ²	15	0,30	0,43	XX	4
14a		235	Sg ²	15	0,30	0,43	X	4
14b		235	Sg ²	18	0,80	courant modéré	X	5
15		235	Sg ²	15	0,40	0,67	X	5
16		215	E ^{1a}	16	0,50	0,67	X	5
17a		205	Sg ²	16	0,40	0,17	XX	5
17b		200	Sg ²	16	0,80	0,17	X	5

* Explication des symboles utilisés pour caractériser la nature du sous-sol d'une station:

- E^{1a} : schiste bien stratifié avec de rares bancs de grès quartzeux et quartzophyllades (Emsien inférieur)
Sg² : schiste compact, grossier, mal stratifié, avec de rares bancs de grès argileux (Siegenien supérieur)
Sg^{2a} : à la base, faciès local de phyllades très fissiles (ardoises) (Siegenien supérieur)
Sg¹ : grès et schiste gréseux, compact (Siegenien moyen)
Sg : phyllade bleu, noir et quartzophyllade gris (Siegenien inférieur)

** Explication des symboles utilisés pour décrire la nature du substrat:

- X : caillouteux et alluvions fines
XX : caillouteux avec des plages d'alluvions fines près des bords
XXX : caillouteux et vaseux
XXXX : très vaseux

Tabl. 1

Caractéristiques morphométriques et d'environnement de la Haute-Sûre

Nous constatons que la Haute-Sûre constitue un cours d'eau peu profond avec une profondeur moyenne de 0,30 m, assez rapide (vitesse moyenne de 0,5 m/s), à substrat grossier (avec plus ou moins d'alluvions fines selon les stations) et dont la largeur augmente régulièrement d'amont en aval si bien qu'il faut y distinguer les trois régions caractéristiques définies par S. Haslam (1981):

Δ une région dans laquelle le cours d'eau est qualifié de ruisseau ou "small stream". Dans cette région la largeur mouillée est très faible et varie de 1 à 3 m. Dans notre cas, cette partie s'étend de Vaux-sur-Sûre à Sûre (de la station n° 1a à la station n° 2);

Δ une région où le cours d'eau est désigné par le terme de ruisseau ou "medium stream". Sa largeur moyenne est comprise entre 3 et 10 m. Pour la Sûre, cette région se situe entre Burnon et Martelange (de la station n° 3 à la station n° 7);

Δ une région où S. Haslam parle d'une rivière ou "large stream", dont la largeur mouillée est supérieure ou égale à 10 m. Cette région commence à la Ferme d'Oeil et se termine dans notre cas à Erpeldange (de la station n° 8 à la station n° 17b).

2.3. Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques

Il s'agit d'un ensemble de paramètres permettant de définir la qualité de l'eau.

Parmi les critères organoleptiques nous rangeons toutes les propriétés de l'eau que nous pouvons percevoir grâce à nos sens, telles l'odeur, la couleur ou encore la turbidité, c'est-à-dire le degré de clarté de l'eau.

D'autre part, les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont déterminées par toute une série de paramètres dont nous avons retenu les suivants:

- la température de l'eau,
- sa conductibilité électrique qui rend compte de son degré de minéralisation,
- son pH,
- sa concentration en chlorures (Cl^-),
- sa concentration en nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), et en ammonium (NH_4^+),
- la quantité de phosphates (PO_4^{3-}) contenus dans l'eau,
- sa teneur en ions sodium (Na^+) et potassium (K^+),
- la quantité d'oxygène dissous dans l'eau,
- son oxydabilité au KMnO_4 qui permet de déterminer la quantité de matières organiques qu'elle contient.

Pour évaluer ces différents paramètres, nous avons effectué des prélèvements d'eau à 16 stations caractéristiques réparties régulièrement dans la région étudiée, échantillons dont les analyses complètes ont été effectuées par le service technique de l'Administration de l'Environnement.

Nos résultats, à part ceux obtenus à la station n° 1b de Vaux-sur-Sûre, concordent avec ceux de l'Administration de l'Environnement dont nous

Critères Stations (N°)		Date	Turbidité	T °C	Cond. * (µS/cm)	pH	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	O ₂ dissous (mg/l)	Oxyd. * KmnO ₄ (mg/l)
1a		5.7.85	claire	15	60	6,9	8	7,8	0	< 0,1	/	3,4	0,4	10,2	2,8
1b		28.5.85	claire	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1b **		3.7.85	très trouble	17	160	6,4	18	2,8	3,22	5,98	/	/	5,6	9,0	20,1
2		3.7.85	assez claire	14	117	8,1	14	13,4	0,12	0,56	0,29	5,9	2,1	8,4	3,9
3		5.7.85	assez claire	17	/	7	/	/	/	/	/	/	/	/	/
4		5.7.85	claire	16	105	7,1	13	13,1	0,16	< 0,1	/	5,2	1,9	9,7	2,2
5		3.7.85	claire	16	115	7,1	14	13,0	0,15	0,20	/	5,5	2,2	9,3	2,2
6a		5.7.85	trouble	17	110	7,1	12	13,1	0,16	< 0,1	/	5,0	2,1	9,2	2,4
6b		7.7.85	claire	15	/	7,2	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6c		7.7.85	assez claire	16,5	/	7,3	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6d		7.7.85	très trouble	16	113	7,3	13	12,3	0,11	0,11	0,32	5,4	1,9	9,6	2,9
7		7.7.85	assez claire	16	/	7,3	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8		3.7.85	assez claire	14,2	110	8,1	13	11	0,09	0,16	0,16	5,4	1,7	9,0	/
9		7.7.85	assez claire	15	112	7,3	13	11,7	0,10	< 0,1	0,1	5,2	1,9	9,8	2,6
10		7.7.85	assez claire	/	/	7,3	/	/	/	/	/	/	/	/	/
11		7.7.85	assez claire	17	/	7,3	/	/	/	/	/	/	/	/	/
11a		7.7.85	trouble	17	121	7,3	14	12,3	0,12	< 0,1	0,28	5,6	2,2	9,4	2,6
12a		7.7.85	trouble	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
12b		7.7.85	trouble	17,5	136	7,8	16	15,7	0,08	0,12	/	6,8	2,6	9,6	2,3
13a		6.7.85	claire	18	138	8	16	16,0	0,06	< 0,1	/	7,0	2,6	10,3	1,8
13b		6.7.85	claire	18	143	8	16	16,0	0,02	0,15	0,4	6,9	2,5	10,2	/
14a		6.7.85	claire	19	140	7,8	19	13,9	0,1	0,1	0,06	6,9	2,5	10,2	/
14b		6.7.85	claire	19	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15		6.7.85	assez claire	19	215	7,8	24	13,6	0,17	< 0,1	/	13,3	3,7	9,6	2,3
16		6.7.85	claire	19	210	7,8	23	20	0,16	< 0,1	/	12,0	4,0	9,5	2,3
17a		6.7.85	claire	19	202	7,8	24	20,1	0,11	< 0,1	/	11,3	3,9	9,7	2,4
17b		6.7.85	assez claire	19	/	7,8	/	/	/	/	/	/	/	/	/

* Explications des abréviations:

T (°C) : Température de l'eau, mesurée en degré Celsius

Cond. (µS/cm) : Conductibilité électrique à 20° C, mesurée en micro-siemens par centimètre

Oxyd. KmnO₄ (mg/l) : Oxydabilité au KmnO₄, la quantité d'oxygène est exprimée en milligramme par litre

** Station n° 1b : L'eau y a été analysée à deux reprises. Les résultats de la première analyse correspondent à une eau polluée par les décharges de l'abattoir alors que les résultats de la deuxième, qui figurent en-dessous, correspondent à une eau en apparence normale.

Tabl. 2. - Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques de la Haute-Sûre

avons consulté à titre de comparaison les analyses faites en 1984 et 1985.

Les résultats de toutes ces analyses sont représentés dans le tableau 2.

a) Turbidité

Les eaux de la Haute-Sûre sont en général assez claires à deux exceptions près:

- En aval de Vaux-sur-Sûre, à la station n° 1b, on observe souvent une eau très trouble et colorée en rouge, ce qui est dû aux effluents déversés directement dans la rivière par l'abattoir de Vaux-sur-Sûre. Cette coloration rouge de l'eau peut s'étendre jusqu'à la station n° 2, située près de Sûre.

Mais en dehors des jours où l'abattoir rejette ses déchets, l'eau reprend une coloration normale, tout en restant assez trouble.

- Une deuxième perturbation de la limpidité de l'eau est notée au niveau de la station n° 6c près de Martelange, où les résidus poussiéreux des ardoisières ainsi qu'une forte quantité de matières organiques en provenance de l'agglomération viennent troubler l'eau.

Signalons encore qu'en été on observe une augmentation de la turbidité aux abords des terrains de camping, comme par exemple à la station n° 5 de Wisembach ou aux stations n° 12a et n° 12b du Heiderscheidergrund.

b) Température de l'eau

Ce facteur varie non seulement en fonction de la profondeur, mais aussi en fonction des saisons.

Alors que les températures enregistrées au début du mois de juillet oscillent autour de 17° C, ces mêmes températures peuvent descendre en hiver jusqu'à 3° C et dépasser en été 20° C.

Les températures varient assez peu d'une station à l'autre, accusant tout au plus une légère augmentation d'amont en aval, ce qui permet d'écarter l'hypothèse d'une perturbation importante de l'équilibre thermique de la Haute-Sûre par les eaux du barrage dont ce sont les couches profondes et froides qui servent à alimenter la rivière en aval du lac.

c) Conductibilité électrique

La conductibilité électrique dépend de la quantité de substances dissoutes dans l'eau, et notamment des ions Na^+ , K^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} (cas d'un cours d'eau non pollué). Elle augmente assez régulièrement d'amont en aval.

D'ailleurs, nous constatons qu'une augmentation de la conductibilité correspond le plus souvent à un changement de l'ordre de drainage.

Comme la conductibilité se situe généralement entre 100 et 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à l'exception des dernières stations, nous pouvons qualifier la Haute-Sûre de cours d'eau faiblement minéralisé; à partir de Goebelsmühle, on parlera d'un cours d'eau moyennement minéralisé.

Cependant, nous observons une "anomalie" à la station n° 1b située en aval de Vaux-sur-Sûre. En effet, la conductibilité y atteint par moments la valeur de 160 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

d) pH

Le pH est généralement compris entre 7 et 8 ce qui caractérise les eaux neutres à faiblement basiques.

Ces valeurs proches de la neutralité sont notamment dues au substrat géologique qui est formé par des roches non calcaires, faiblement attaquées par l'érosion.

Signalons encore que le pH peut présenter en été des élévations assez fortes qui s'expliquent par les températures assez élevées de l'eau et par une photosynthèse accrue de la part des végétaux aquatiques chlorophylliens.

e) Eléments chimiques dissous dans l'eau

Les concentrations des différentes substances dissoutes dans l'eau augmentent d'amont en aval, ce qui indique une eutrophisation accrue de la Haute-Sûre.

Afin de mieux rendre compte de la composition chimique de l'eau, nous avons résumé les données moyennes des différents éléments à l'aide d'un

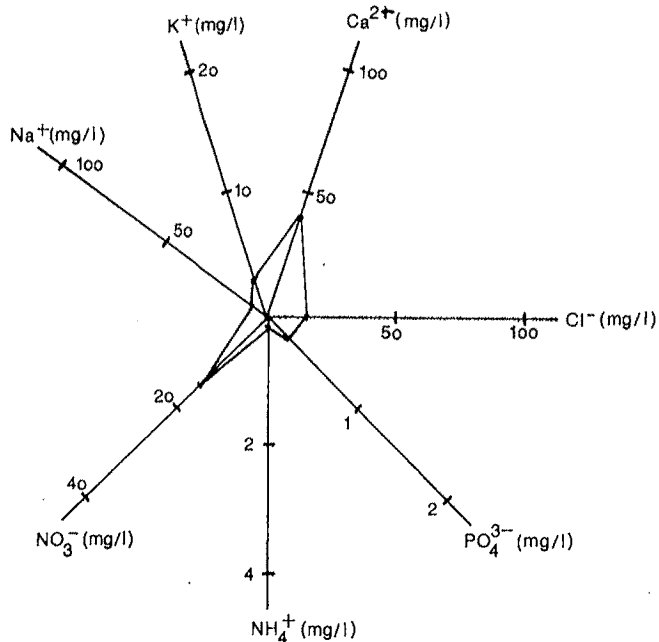


Fig. 4. - Diagramme ionique résumant la composition chimique de l'eau

diagramme ionique, dessiné selon la méthode de S. Haslam (1978) (cf. fig. 4). Le diagramme nous montre que les concentrations des différents éléments sont fortement regroupées autour de l'origine, ce qui nous permet de classer la Haute-Sûre parmi les eaux pauvres en substances dissoutes.

f) Demande chimique en oxygène et oxygène dissous dans l'eau

La teneur en oxygène utilisé reste toujours inférieure à 5 mg/l à l'exception de la station n° 1b, en aval de Vaux-sur-Sûre, où elle s'élève à 20,1 mg/l. Cela signifie que la quantité de matières organiques en suspension dans l'eau est acceptable, sauf en aval de Vaux-sur-Sûre. Notons cependant qu'en dehors des effluents polluants en provenance de l'abattoir, la quantité d'oxygène dépensée à la station n° 1b n'est plus que de 3,9 mg/l, ce qui montre que la plus grande partie des matières organiques a pu être décomposée par les microorganismes et donc que les processus d'autoépuration fonctionnent bien à cette station.

D'autre part, la quantité d'oxygène dissous est partout supérieure à 9 mg/l, ce qui correspond à un pourcentage de saturation de plus de 90 %. Signalons toutefois une diminution de l'oxygène dissous à la station n° 1b après qu'une grande partie des matières organiques ont été décomposées, ce qui rend compte de l'activité minéralisante des microorganismes à cette station.

Une sursaturation en oxygène dissous, due à une intense photosynthèse par les végétaux aquatiques, peut être observée à la station n° 13a de Tadler-Moulin.

En résumé, l'analyse des caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques de la Haute-Sûre met en évidence une légère eutrophisation d'amont en aval, mais elle permet surtout de déterminer une pollution très nette à la station n° 1b de Vaux-sur-Sûre.

2.4. Sources de pollution

On entend par là toutes les sources engendrant une perturbation de la qualité physico-chimique et biologique de l'eau, mais aussi celles modifiant les caractéristiques morphométriques de la rivière.

Nous nous limiterons à une simple énumération des sources de pollution, leur importance étant évaluée plus loin.

L'observation de la figure 5 nous permet de distinguer plusieurs sources de perturbation:

- Δ l'abattoir de Vaux-sur-Sûre;

- Δ les scieries de Vaux-sur-Sûre et de Bodange;

- Δ les deux ardoisières de Martelange, responsables selon les dires des pêcheurs de l'envasement de cette partie de la rivière; relevons cependant que l'ardoisière belge n'est plus en activité depuis 1984, alors que celle située en territoire luxembourgeois possède un bassin de décantation;

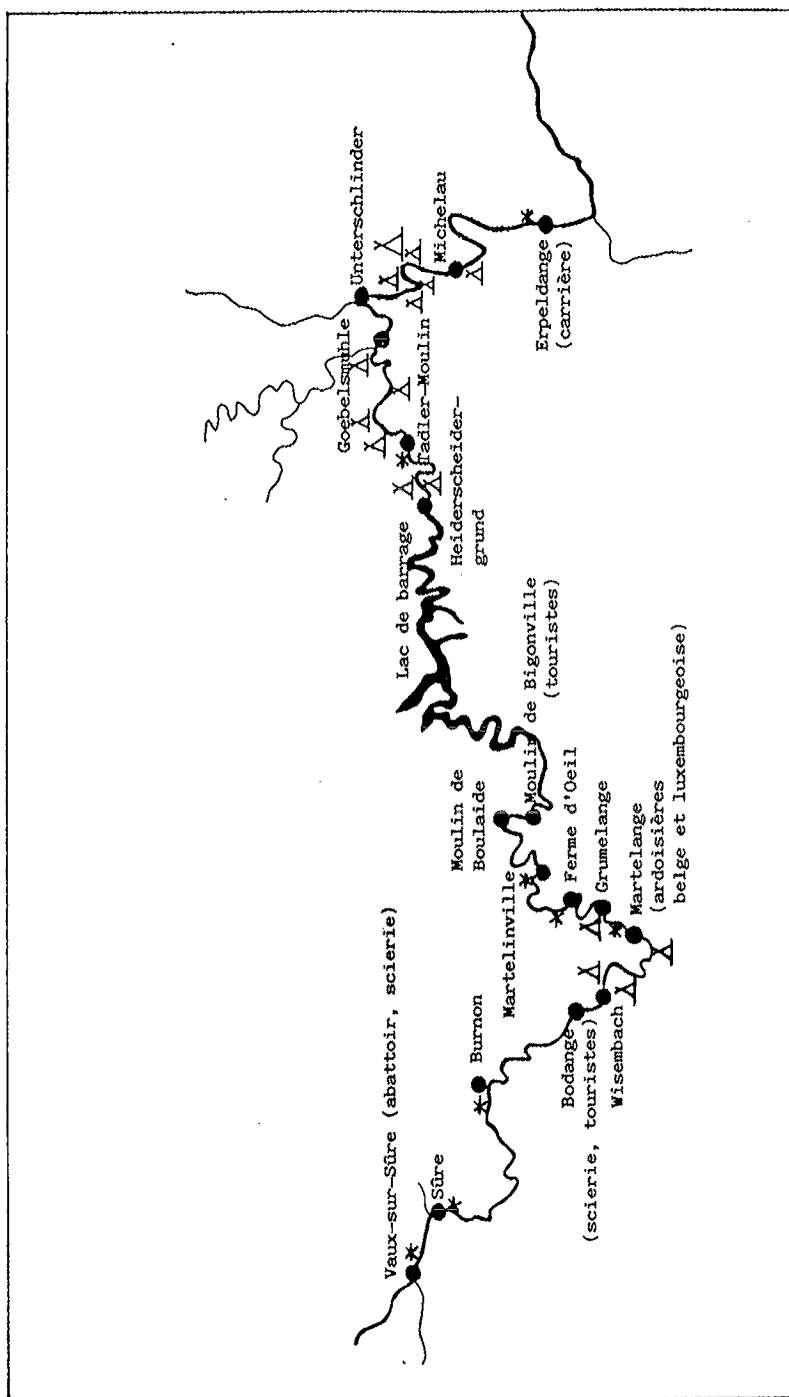


Fig. 5. - Différentes sources de pollution de la Haute-Sûre

△ les terrains de camping pour lesquels on observe deux centres de concentration: le premier s'étendant de Wisembach à Grumelange, le second de Heiderscheidergrund jusqu'à Michelau;

△ le barrage d'Esch-sur-Sûre qui est responsable des crues et qui pourrait également perturber l'équilibre thermique de la Haute-Sûre;

△ le bétail;

△ la carrière d'Erpeldange;

△ les localités de Vaux-sur-Sûre et de Martelange qui sont dépourvues de tout système d'épuration; les autres villages, une trentaine, situés aux bords de la Sûre sont toutefois munis d'un tel système.

La région de la Haute-Sûre constitue la région la moins polluée de notre pays; la charge nette moyenne, relevée par le Ministère de l'Environnement, est estimée inférieure à 15 équivalents par habitant et par km² (1 équivalent-habitant correspond à une DBO-5 de 72 mg/l) (P. Weber, 1979).

II. METHODES D'ANALYSE DE LA VEGETATION

Dans ce paragraphe nous nous bornerons à insister sur quelques points importants concernant les méthodes employées pour l'élaboration et l'interprétation des relevés de végétation. Pour plus de détails, nous renvoyons aux ouvrages de J. Braun-Blanquet (1964) et de S. Haslam (1981), ainsi qu'à notre propre mémoire scientifique (1985).

1. Elaboration des relevés

Avant de procéder au travail sur le terrain proprement dit, il faut tenir compte d'un certain nombre de paramètres concernant notamment:

- le nombre des sites à analyser;
- l'emplacement (pour chaque site) des endroits où sont effectués les relevés;
- la surface minimale sur laquelle il faut répertorier les différentes espèces végétales;
- la saison et plus précisément les mois convenant le mieux aux inventaires de végétation et donnant les relevés les plus complets;
- les paramètres à enregistrer tant en ce qui concerne la description de la station et celle du cours d'eau que ceux relatifs à la végétation.

1.1. Nombre de sites à analyser

En tenant compte des recommandations de S. Haslam (1981), nous avons fixé le nombre des stations à 26, dont 16 sont situées en amont du lac de barrage et 10 en aval (cf. Généralités, paragraphe 2.1).

En ce qui concerne la Haute-Sûre, nous avons choisi d'étudier plus particulièrement la pollution engendrée par l'abattoir de Vaux-sur-Sûre, celle due aux ardoisières et à la localité de Martelange et finalement les

perturbations provoquées par les divers terrains de camping, ce qui explique l'augmentation du nombre des stations en ces endroits.

1.2. Emplacement des stations

Toujours d'après S. Haslam (1981), il faut faire les relevés de végétation du haut d'un pont ou de points de vue similaires et entrer dans l'eau seulement si c'est indispensable pour la confirmation des identifications de plantes.

Tout en respectant de façon générale ces directives, nous avons néanmoins légèrement modifié cette méthode.

En effet, pour chaque station nous avons, dans un premier temps, procédé à des observations à partir du pont (s'il y en avait un), ce qui nous a donné une bonne vue d'ensemble du site. Ensuite, nous avons profité de l'eau peu profonde pour faire des relevés de végétation plus détaillés en descendant dans l'eau, ce qui nous a permis à la fois de mieux nous rendre compte des différentes espèces aquatiques présentes dans le chenal et de mieux examiner la végétation riveraine.

En outre, nous avons observé certaines recommandations importantes pour une analyse parfaite du point de vue phytosociologique (détermination des groupements de végétaux). D'après J. Braun-Blanquet (1964), il faut choisir, pour effectuer des relevés de végétation, des endroits aussi "naturels" que possible et présentant une grande homogénéité du point de vue physionomique afin d'éviter de faire des inventaires à cheval sur deux associations végétales différentes. Voilà pourquoi nous avons veillé (à quelques exceptions près) à ce que les stations se situent dans un même environnement paysager qui est la plupart du temps constitué par des prés ou des pâturages.

Il va sans dire que lors du choix des stations nous avons dû tenir compte de l'accessibilité du site, et que nous avons retenu seulement les endroits aisément abordables afin d'être en mesure de les surveiller de façon continue.

1.3. Surface à inventorier

Tout en nous inspirant des données de S. Haslam (1981), J. Braun-Blanquet (1964) et M. Dethioux (1982), nous avons choisi de relever, dans la mesure du possible, la végétation riveraine sur un espace de 100 m de longueur et de 0,5 m de largeur (surface inventoriée: $100 \times 0,5 = 50 \text{ m}^2$); pour la végétation aquatique nous avons conservé cette même longueur de 100 m, en prenant toutefois comme largeur celle de la rivière à la station considérée (surface inventoriée: 100 m x largeur, allant de 100 m^2 à 1.600 m^2).

1.4. Saisons

S. Haslam (1981) indique que toutes les espèces végétales se développent dans la période comprise entre juin et septembre et que les relevés

servant à calculer l'indice de pollution doivent être effectués pendant la phase de croissance maximale, c'est-à-dire dans notre cas depuis la mi-juin jusqu'à la mi-août.

Nous avons observé la végétation aux différentes stations durant deux saisons consécutives, en 1984 et en 1985, et cela généralement à plusieurs reprises en été et en automne.

1.5. Paramètres descriptifs de la station et de la végétation

a) Indications générales

Elles sont indispensables, puisqu'elles contribuent à déterminer les facteurs du milieu pouvant influencer la répartition des végétaux. On y distingue tout un ensemble de paramètres, tenant compte:

- de la localisation géographique de la station (pays et lieu);
- de la topographie de la région (altitude);
- de la nature géologique du substrat;
- de l'environnement (paysage, berges dont il faudra noter à la fois la nature et la pente, éclaircissement du chenal);
- de la texture du substrat du lit de la rivière (nature du fond);
- de la taille du cours d'eau (largeur et profondeur);
- des conditions du courant (vitesse);
- de la "qualité" de l'eau (turbidité, pH, température);
- des sources possibles de pollution (mécanique et chimique) produite par l'homme.

b) Paramètres concernant la végétation

Pour des raisons d'homogénéité, nous avons étudié séparément la végétation aquatique et la végétation riveraine. De plus, nous n'avons analysé qu'une des deux rives du cours d'eau, toujours afin de conserver une certaine uniformité des relevés; en effet, à de nombreuses stations l'une des berges est couverte par des pâturages, alors que l'autre présente un environnement de type forêt.

D'autre part, pour rendre compte de l'abondance des différentes espèces, nous avons utilisé le coefficient d'abondance-dominance de J. Braun-Blanquet (1964) qui constitue une échelle mixte, combinant à la fois un critère tenant compte du nombre d'individus présents (en ce qui concerne une espèce végétale) et un critère décrivant le recouvrement, c'est-à-dire la surface occupée par cette espèce.

Par ailleurs, nous avons noté à chaque fois (pour la végétation aquatique et la végétation riveraine) la surface inventoriée, ainsi que le recouvrement total qui correspond à la proportion de la surface examinée, occupée respectivement par la végétation aquatique et la végétation riveraine.

En outre, nous avons tenu compte de la hauteur de la végétation riveraine qui dans le cas des rivières étroites peut provoquer une importante réduction de l'éclaircissement du chenal.

2. Interprétation des relevés

En ce qui concerne l'interprétation des relevés, nous avons eu recours à deux méthodes très différentes, mais se complétant l'une l'autre.

La première méthode a été élaborée par J. Braun-Blanquet (1964); elle nous sert à analyser la végétation du point de vue phytosociologique. Cela signifie que nous allons déterminer les différentes associations végétales en présence et nous intéresser davantage à la composition floristique des relevés, ce qui nous permettra de mieux mettre en évidence les modifications de la végétation produites par les différents facteurs du milieu.

La deuxième a été empruntée à S. Haslam (1981). Elle nous permet d'évaluer le degré de pollution des différentes stations et de rendre compte de l'impact des perturbations d'origine anthropique sur la végétation.

Comme la méthode phytosociologique est la méthode classique, utilisée pour faire des analyses de végétation, nous nous bornerons ici à fournir quelques précisions sur la méthode plus nouvelle de S. Haslam (1981).

Méthode de S. Haslam (1981)

Elle permet dans un premier temps d'identifier, sur base de différentes caractéristiques du cours d'eau et de la région, la communauté végétale qui devrait être présente de façon naturelle (en l'absence de toute pollution).

Ensuite, dans un deuxième temps, il s'agit de comparer cette végétation "théorique" à celle réellement présente à la station examinée, ce qui nous permettra de calculer deux indices de pollution.

Signalons encore que nous avons apporté quelques modifications à la méthode de S. Haslam, conçue essentiellement pour la Grande-Bretagne, modifications qui nous permettent de mieux l'adapter à nos régions.

2.1. Identification de la communauté végétale "théorique"

La végétation "théorique" d'une station est déterminée par l'ensemble des facteurs naturels dont certains sont typiques de la région, d'autres caractéristiques du cours d'eau analysé.

Selon S. Haslam(1981), il faut tenir compte:

- de la nature géologique du substrat qui, rappelons-le, conditionne notamment la teneur de l'eau en substances nutritives ainsi que la texture du substrat;
- de la topographie de la région qui détermine la pente ainsi que la vitesse du courant (et par ailleurs aussi la texture du substrat) de la rivière.

Ces deux types de paramètres nous permettent de préciser grâce aux communautés de plantes traitées dans le livre "River vegetation" de S. Haslam (1981), la végétation théoriquement présente au niveau de la Haute-Sûre, et cela pour chacune des trois zones de la rivière (ruisselet, ruisseau et rivière).

2.2. Calcul des indices de pollution

D'une manière générale, le calcul des indices de pollution se base, comme nous l'avons déjà mentionné, sur une comparaison entre la végétation "théorique" et la végétation réellement présente à la station.

On distingue deux indices de pollution différents:

- le premier, appelé "indice-dégâts" ou "damage rating", rend compte de la pollution totale définie par l'ensemble des facteurs mécaniques et physico-chimiques d'origine anthropique;
- le deuxième, désigné par le terme d'indice de pollution ou "pollution index", évalue uniquement la pollution physico-chimique ou pollution au sens strict.

a) Indice-dégâts ou "damage rating"

Cet indice qui tient compte de toutes les perturbations du milieu dues à l'homme, permet d'évaluer la pollution totale d'une station d'après une échelle comportant huit degrés, désignés par des lettres minuscules et allant de 'a' ('all right') pour les zones non polluées à 'h' ('horrible') pour les zones fortement polluées, les autres lettres (b à g) n'ayant pas de signification particulière et désignant simplement des endroits où la pollution est intermédiaire.

Le calcul de l'indice-dégâts est basé sur sept critères différents, qui sont résumés dans le tableau 3 ci-après:

<u>1) Diversité spécifique:</u>							
Nombre d'espèces présentes:	0	1-2	3-4	5-6	7-8	9+	
Valeur à attribuer:	5	4	3	2	1	0	
<u>2) Diminution de la diversité spécifique:</u>							
différence entre le nombre d'espèces prévues et le nombre d'espèces réellement présentes							
<u>3) Pourcentage de réduction du pourcentage de recouvrement:</u>							
Diminution du recouvrement (%) :	100	95-80	75-60	55-40	35-20	15-0	
Valeur à attribuer:	5	4	3	2	1	0	
<u>4) Changement de bande trophique:</u>							
Changement:	plus d'une bande	une bande ou végétation absente	une demi-bande	changement douteux	pas de changement		
Valeur à attribuer:	4	3	2	1	0		
<u>5) Pourcentage d'espèces tolérantes à la pollution:</u>							
Espèces tolérantes (%) :	absence de végétation	100	95-75	70-50	45-30	25-15	10-0
Valeur à attribuer:	5	5	4	3	2	1	0
Remarque: Il faut ajouter respectivement 4 et 3 points si la végétation comprend uniquement des espèces sensibles, mais si leur nombre est inférieur respectivement à un sixième et au quart de celles prévues.							
<u>6) Quantité de Potamogeton pectinatus et d'algues vertes filamenteuses:</u>							
Quantité:	beaucoup de Potamogeton pectinatus	peu de Potamogeton pectinatus, la seule espèce présente	beaucoup d'algues filamenteuses				
Valeur à attribuer:	4 (2 si la quantité est moyenne)	1	2				
<u>7) Quantité de vase organique:</u>							
Ceci s'applique uniquement aux substrats argileux et gréseux des régions de plaine.							
Quantité de vase organique:	élevée	faible					
Valeur à retrancher:	2	1					

Tabl. 3. - Critères indispensables au calcul de l'indice-dégâts (d'après S. Haslam, 1981)

Notons encore que lors du calcul de l'indice-dégâts on ne tient compte que des espèces figurant dans la liste établie par S. Haslam (1981). Cette liste se présente sous forme d'un disque subdivisé en plusieurs bandes, chaque bande étant représentée par une couleur et contenant les espèces végétales d'un niveau trophique déterminé (espèces dystrophes, oligotrophes, semi-eutrophes ...).

Grâce à ces différents critères, nous pouvons évaluer l'indice-dégâts tout simplement en faisant la somme des valeurs obtenues pour chacun des paramètres décrits précédemment. Ensuite, à l'aide de l'échelle établie par S. Haslam (1981), nous serons en mesure de déterminer la lettre à utiliser afin de classer nos stations:

Somme obtenue:	Indice-dégâts:
0-4	a ('all right')
5-7	b
8-10	c
11-13	d
14-16	e
17-18	f
19-21	g
22+	h ('horrible')

b) Indice de pollution ou "pollution index"

Cet indice rend compte de la pollution au sens strict, due aux facteurs de perturbation physico-chimiques engendrés par l'homme.

Il est déduit de l'indice-dégâts et est, comme lui, défini sur la base d'une échelle comportant huit degrés désignés cette fois-ci par des lettres majuscules et allant de 'A' ('all right') à 'H' ('horrible').

Quant à sa détermination, il suffit de considérer pour chacune des stations l'importance des facteurs de perturbation mécaniques. Plus ces facteurs mécaniques sont nombreux au niveau d'une station, plus l'indice de pollution se trouve diminué par rapport à l'indice-dégâts (pollution chimique moins grave que le degré de perturbation totale). D'un autre côté, en l'absence de toute cause mécanique à une détérioration de la végétation, l'indice de pollution est égal à l'indice-dégâts.

Finalement, si les facteurs mécaniques interviennent de façon trop intense au niveau d'une station, on lui attribue la lettre 'U' ('unclassable') qui signifie que, vu les circonstances, il est impossible d'estimer le degré de pollution de cette partie de la rivière.

III. RESULTATS

1. Végétation riveraine

Le tableau phytosociologique (tabl. 4) nous montre l'ensemble de la végétation riveraine répertoriée et met en évidence, d'après E. Oberdorfer (1977), deux associations différentes, à savoir:

Δ l'association à *Glyceria fluitans*, appelée Glycerietum fluitantis Wilzek 35;

Δ l'association à *Carex acuta* et *Phalaris arundinacea*, qualifiée de Caricetum acuto-vesicariae phalaridetosum Koch 26 Westhoff 49.

Certains auteurs, comme J.-L. Mériaux (1981), dédoublent cette association en Phalaridetum arundinaceae Libbert 31 et en Caricetum gracilis Tüxen 37, *Carex gracilis* étant un synonyme de *Carex acuta*. Toutefois, cette distinction ne nous semble pas appropriée dans notre cas. En effet, M. Dethioux (1982) note que le Caricetum acuto-vesicariae se réduit à une frange de *Phalaris arundinacea* le long des rivières exposées à de fortes crues, ce qui est aussi valable pour la Haute-Sûre.

Les deux associations mentionnées ci-dessus font partie de l'ordre des Phragmitetalia et de la classe des Phragmitetea, caractérisés par les espèces suivantes: *Equisetum fluviatile*, *Eleocharis palustris*, *Alisma plantago-aquatica*, *Sparganium erectum* (cf. E. Oberdorfer, 1977).

Par ailleurs, on y observe de nombreuses espèces compagnes, pouvant être regroupées comme suit (cf. M. Dethioux, 1982):

□ espèces des prairies paludicoles qui constituent des transgressives du Molinion, du Filipendulion et du Calthion;

Molinion: *Cardamine pratensis*, *Cirsium palustre*, *Equisetum palustre*, *Juncus effusus*, *Myosotis scorpioides*, *Achillea ptarmica* etc;

Filipendulion: *Angelica sylvestris*, *Epilobium hirsutum*, *Filipendula ulmaria*, *Lythrum salicaria*, *Valeriana repens* etc;

Calthion: *Polygonum bistorta*, *Caltha palustris*, *Scirpus sylvaticus*, *Lychnis flos-cuculi*, *Rumex acetosa*, *Lotus uliginosus* etc;

□ espèces caractéristiques des pâturages faisant notamment partie du Cynosurion et de l'Arrhenatherion: *Lolium perenne*, *Cynosurus cristatus*, *Phleum pratense*, *Arrhenatherum elatius*, *Trifolium repens*, *Taraxacum officinale*, *Bellis perennis*, *Holcus lanatus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Ranunculus repens*, *Achillea millefolium*, *Alopecurus geniculatus*, *Agrostis gigantea* etc;

□ espèces forestières du Alno-Ulmion:

Stellaria nemorum, *Stachys sylvatica*, *Impatiens noli-tangere*, *Myosoton aquaticum*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*;

□ espèces nitrophiles des Bidentetalia:

Bidens tripartita, *Calystegia sepium*, *Galeopsis tetrahit*, *Galium aparine*, *Polygonum persicaria*, *Rumex crispus*, *Rumex obtusifolius*, *Symphytum officinale*, *Urtica dioica* etc.

Relevés (N°)		c																										
Espèces		1a	1'	6b	6c	8	9	1b	2	3	4	5	6a	6d	7	10	11	12a	12b	13a	13b	14a	14b	15	16	17a	17b	
1. Ranunculus flammula	+																			+								2
2. Epilobium palustre	+																											1
3. Cardamine amara	+	1																										2
4. Ajuga reptans	+	1																										2
5. Juncus effusus	+	1		+																								3
6. Alchemilla xanthochlora	+	1		1																								1
7. Prunella vulgaris	+	1																										1
8. Veronica beccabunga	+	1																										1
9. Luzula campestris	+	1																										1
10. Anthoxanthum odoratum	+	1																										1
11. Stellaria graminea	+	1																										1
12. Holcus lanatus	+	1																										1
13. Lotus uliginosus	+	1																										1
14. Poa nemoralis	+	1																										1
15. Arrhenatherum elatius	+	1																										1
16. Cynosurus cristatus	+	1																										1
17. Cirsium palustre	+	1																										1
18. Agrostis canina	+	1																										1
19. Cerastium fontanum	+	1																										1
20. Bellis perennis	+	1																										1
21. Achillea millefolium	+	1																										1
22. Vicia cracca	+	1																										1
23. Cruciatia laevipes	+	1																										1
24. Agrostis capillaris	+	1																										1
25. Rumex acetosa	+	1																										1
26. Myosoton aquaticum	+	1																										1
27. Myosotis scorpioides	+	1																										1
28. Galium palustre	+	1																										1
29. Polygonum bistorta	+	1																										1
30. Polygonum repens	+	1																										1
31. Veronica chamaedrys	+	1																										1
32. Veronica filutans	+	1																										1
33. Lycchnis flos-cuculi	+	1																										1
34. Cardamine pratensis	+	1																										1
35. Alopecurus geniculatus	+	1																										1
36. Petalaria uliginosa	+	1																										1
37. Calluna palustris	+	1																										1
38. Rumex acetosella	+	1																										1
39. Achillea ptarmica	+	1																										1
40. Polygonum amphibium	+	1																										1
41. Mentha arvensis	+	1																										1
42. Poa trivialis	+	1																										1
43. Rumex obtusifolius	+	1																										1
44. Urtica dioica	+	1																										1
45. Filipendula ulmaria	+	1																										1
46. Galeopsis tetrahit	+	1																										1
47. Phalaris arundinacea	+	1																										1
48. Agrostis elagantia	+	1																										1
49. Stachys palustris	+	1																										1
50. Alisma plantago-aquatica	+	1																										1
51. Scirpus sylvaticus	+	1																										1
52. Plantago major	+	1																										1
53. Rorippa sylvestris	+	1																										1
54. Taraxacum officinale	+	1																										1
55. Senecio jacobaea	+	1																										1
56. Carex ovalis	+	1																										1
57. Eleocharis palustris	+	1																										

Tabl. 4. - Tableau phytosociologique des plantes riveraines

	32	27	33	44	41	35	28	33	43	19	33	36	26	28	33	26	31	26	40	24	31	29	30	54	42	38	862
66. <i>Asopocurus pratensis</i>	+	+	3			+	+	+	+	4	+	+	+	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
67. <i>Stellaria nemorum</i>						1								1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
68. <i>Alnus glutinosa</i>			3			1				+	+	+	+	1	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	18
69. <i>Iris pseudacorus</i>			+			+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	12
70. <i>Solanum dulcamara</i>			+			+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	13
71. <i>Lysimachia vulgaris</i>			+			+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
72. <i>Equisetum fluviatile</i>			+			+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	6
73. <i>Equisetum palustre</i>			+			+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	11
74. <i>Lycopus europaeus</i>			+			+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
75. <i>Alliaria petiolata</i>			+			+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
76. <i>Symphytum officinale</i>			+			+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
77. <i>Equisetum arvense</i>			+			+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	4
78. <i>Lamium album</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
79. <i>Centaurea nigra</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	4
80. <i>Angelica sylvestris</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5
81. <i>Galium mollugo</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5
82. <i>Fraxinus excelsior</i>						1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
83. <i>Stellaria holostea</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
84. <i>Rumex crispus</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
85. <i>Carex rostrata</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5
86. <i>Valeriana repens</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
87. <i>Stachys sylvatica</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5
88. <i>Phleum pratense</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5
89. <i>Ridens tripartita</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	4
90. <i>Callitriche platycarpa (f.t.)</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	11
91. <i>Salystigia sepium</i>						1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
92. <i>Succisa pratensis</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
93. <i>Erigeron annuus</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
94. <i>Artemisia vulgaris</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
95. <i>Rumex x pratensis</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
96. <i>Poa palustris</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	4
97. <i>Petasites hybridus</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	4
98. <i>Salix alba</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
99. <i>Cardamine flexuosa</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	4
100. <i>Impatiens noli-tangere</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
101. <i>Carex vesicaria</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
102. <i>Lythrum salicaria</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
103. <i>Carex disticha</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
104. <i>Polygonum persicaria</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	14
105. <i>Chenopodium polyspermum</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
106. <i>Cuscuta europaea</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
107. <i>Epilobium hirsutum</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
108. <i>Lysimachia nummularia</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
109. <i>Carex hirta</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
110. <i>Rorippa amphibia</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
111. <i>Polygonum cuspidatum</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
112. <i>Polygonum lapathifolium</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
113. <i>Sparganium erectum</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
114. <i>Epilobium collinum</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
115. <i>Galinsoga ciliata</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
116. <i>Mentha x piperita</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
117. <i>Mentha aquatica</i>						+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
Nombre d'espèces	32	27	33	44	41	35	28	33	43	19	33	36	26	28	33	26	31	26	40	24	31	29	30	54	42	38	862

Légende: c = constance f.t. = forme terrestre



Station n° 10 du Moulin de Boulaide



Station n° 17b d'Erpeldange

1.1. Association à *Glyceria fluitans*

Ce groupement de végétaux est défini par la prédominance de *Glyceria fluitans* et fait partie de l'alliance du Sparganio-Glycerion fluitantis.

La forme typique à *Ranunculus flammula*, *Epilobium palustre* et *Cardamine amara* est observée aux stations n° 1a et n° 1', alors que les relevés n° 6b, 6c, 8 et 9 montrent déjà des transitions vers l'association à *Phalaris arundinacea* qui y est présent, mais en quantité relativement faible, ce qui pourrait être dû aux berges assez raides en ces endroits.

Selon M. Dethioux (1980), l'association à *Glyceria fluitans* est caractéristique des ruisseaux peu profonds (15 à 30 cm) à tendance oligotrophe et est surtout répandue en Ardenne, ce qui confirme nos résultats.

Remarque: Nous ne considérons ici que la forme terrestre de *Glyceria fluitans*, les exigences de la forme aquatique étant analysées plus loin.

1.2. Association à *Carex acuta* et à *Phalaris arundinacea*

Cette association, dominée par de grands héliophytes tels que *Carex acuta* et *Phalaris arundinacea*, fait partie de l'alliance du Magnocaricion dont les espèces caractéristiques sont les suivantes: *Galium palustre*, *Carex disticha*, *Iris pseudacorus*, *Carex vesicaria*, *Lycopus europaeus*, *Scutellaria galericulata*, *Stachys palustris*, *Carex rostrata* et *Lysimachia vulgaris* (voir E. Oberdorfer, 1977).

Elle est observée au niveau de la plupart de nos stations. Toutefois, il faut signaler que *Carex acuta* fait souvent défaut, surtout en amont du barrage d'Esch-sur-Sûre, où la largeur de la Sûre est inférieure à 10 m et où les crues sont assez fortes. A la station n°3 de Burnon, c'est un autre *Carex*, à savoir *Carex rostrata*, qui se développe à côté de *Phalaris arundinacea*; cela pourrait indiquer que nous avons affaire à l'association du Caricetum rostratae liée aux eaux plus faiblement minéralisées que ce n'est le cas pour *Carex acuta*. Néanmoins, comme cette observation n'a été faite qu'à une seule station de la Haute-Sûre, nous ne pouvons maintenir cette hypothèse. C'est à partir du Moulin de Boulaide (station n° 10) que *Carex acuta* apparaît de façon régulière.

Ce n'est qu'aux dernières stations étudiées (n° 16 et surtout n° 17a et n° 17b) que *Sparganium erectum*, caractéristique des cours d'eau lents, commence à se développer.

Finalement, nous remarquerons que le tableau 4 montre une nette évolution d'amont en aval qui n'est pas due à un changement de la nature géologique du substrat, mais qui est à mettre en relation avec les variations des caractéristiques morphométriques et physico-chimiques de la Haute-Sûre.

2. Végétation aquatique

Le tableau 5 renferme toutes les espèces de macrophytes aquatiques inventoriées aux 26 stations étudiées. Nous y avons ajouté les espèces

Espèces		Relevés (N°)																										c
1a	1'	1b	2	3	4	5	6a	6b	6c	6d	7	8	9	10	11	12a	12b	13a	13b	14a	14b	15	16	17a	17b	c		
1. Callitriche stagnalis	+																									1		
2. Nitella flexilis	1'	+																								1		
3. Callitriche hamulata	+			1																						3		
4. Glycyrrhiza fluitans		3	2	2	1																					5		
5. Lemna minor				+			+																			3		
6. Elodea canadensis																										1		
7. Potamogeton crispus																										1		
8. Graminées terrestres																										7		
9. Callitriche platycarpa																										23		
10. Ranunculus penicillatus	4																									15		
11. Dépôt algal																										5		
12. Equisetum fluviatile																										16		
13. Lemanea fluviatilis																										4		
14. Stachys palustris																										10		
15. Fontinalis antipyretica																										5		
16. Mentha sp.																										2		
17. Sparganium erectum																										7		
18. Iris pseudacorus																										7		
19. Rhynchosostegium riparioides																										2		
20. Algues vertes filamenteuses																										2		
21. Amblystegium fluviatile																										2		
22. Chiloscyphus pallescens																										2		
23. Schistidium rivulare																										2		
24. Chiloscyphus polyanthos																										1		
25. Polygonum amphibium																										3		
26. Lysimachia vulgaris																										1		
27. Solanum dulcamara																										1		
28. Sparganium emersum																										1		
29. Ranunculus fluitans																										1		
Nombre d'espèces	4	3	4	8	5	3	3	8	6	4	9	4	3	4	6	5	9	4	6	3	5	9	5	6	9	7	142	

Légende : c = constance
() = espèce, observée uniquement de façon temporaire

Tabl. 5. - Tableau phytosociologique des plantes aquatiques

terrestres situées dans le chenal et enracinées en-dessous du niveau moyen des eaux.

Les groupements observés aux différentes stations font tous partie de la même association, appelée Callitricho-Ranunculetum penicillati Oberdorfer 77, appartenant à l'alliance du Ranunculion fluitantis Neuhäusl 59, qui comprend les groupements des eaux courantes (groupements rhéophiles). Malgré cela, nous notons cependant de nettes différences en ce qui concerne nos relevés et nous pouvons distinguer, d'amont en aval, les groupements suivants (cf. figure 6):

(1) dans la région du cours d'eau qualifiée de ruisseau:

un groupement à *Ranunculus penicillatus*, *Glyceria fluitans* (forme aquatique) et *Callitriche hamulata*, accompagné dans les zones polluées de *Callitriche platycarpa* (stations n° 1a à n° 3);

(2) dans la région qualifiée de rivière:

un groupement qui est toujours dominé par *Ranunculus penicillatus*, s'accompagnant cette fois-ci de quelques bryophytes aquatiques, dont *Fontinalis antipyretica* est la plus importante, et d'une algue rouge, *Lemanea fluviatilis*, (stations n° 4 à n° 17a); dans cette partie de la Haute-Sûre, on observe encore quelquefois *Callitriche platycarpa*; par ailleurs, nous constatons que dans la région située en aval du barrage d'Esch-sur-Sûre, les algues vertes du genre *Cladophora* tendent à remplacer *Ranunculus penicillatus*, ce qui indique une pollution organique croissante (M. Dethioux, 1985); en outre, à partir de la station n° 15, nous relevons *Polygonum amphibium* à feuilles flottantes qui caractérise les eaux plus profondes;

(3) à la station n° 17b, près d'Erpeldange:

un groupement mixte à *Ranunculus penicillatus* et *Ranunculus fluitans* qui semble indiquer que nous nous trouvons dans une zone de transition vers le Ranunculetum fluitantis Allorge 22, association répandue, selon M. Dethioux (1982), dans les rivières plus larges (largeur moyenne: 10,60 m) et plus profondes (profondeur moyenne: 55 cm) que pour *Ranunculus penicillatus* (largeur moyenne: 4,90 m; profondeur moyenne: 33 cm).

Retenons encore que la proportion des espèces terrestres, situées dans le chenal augmente vers l'aval, ce qui s'explique par la diminution de la vitesse du courant en ces endroits et par la création d'un substrat plus vaseux près des berges. Par ailleurs, nous avons observé à la station n° 6d de Martelange deux espèces assez caractéristiques des zones polluées, à savoir *Elodea canadensis* et *Potamogeton crispus* (cf. A. Kohler, 1982). En outre, il faut mentionner la présence à la station n° 2 de *Nitella flexilis*, qui est une characée liée aux eaux acides. Finalement, l'association du Callitricho-Ranunculetum penicillati semble caractéristique des rivières ardennaises, ce qui est d'ailleurs confirmé par les travaux de M. Dethioux (1982, 1985). Une rapide analyse de la Clerve, de la Wiltz et de l'Our (début août 1985) nous a permis d'y trouver les mêmes espèces que dans la Haute-Sûre, à savoir: *Ranunculus penicillatus*, *Callitriche sp.*, *Fontinalis antipyretica* et *Glyceria fluitans*.

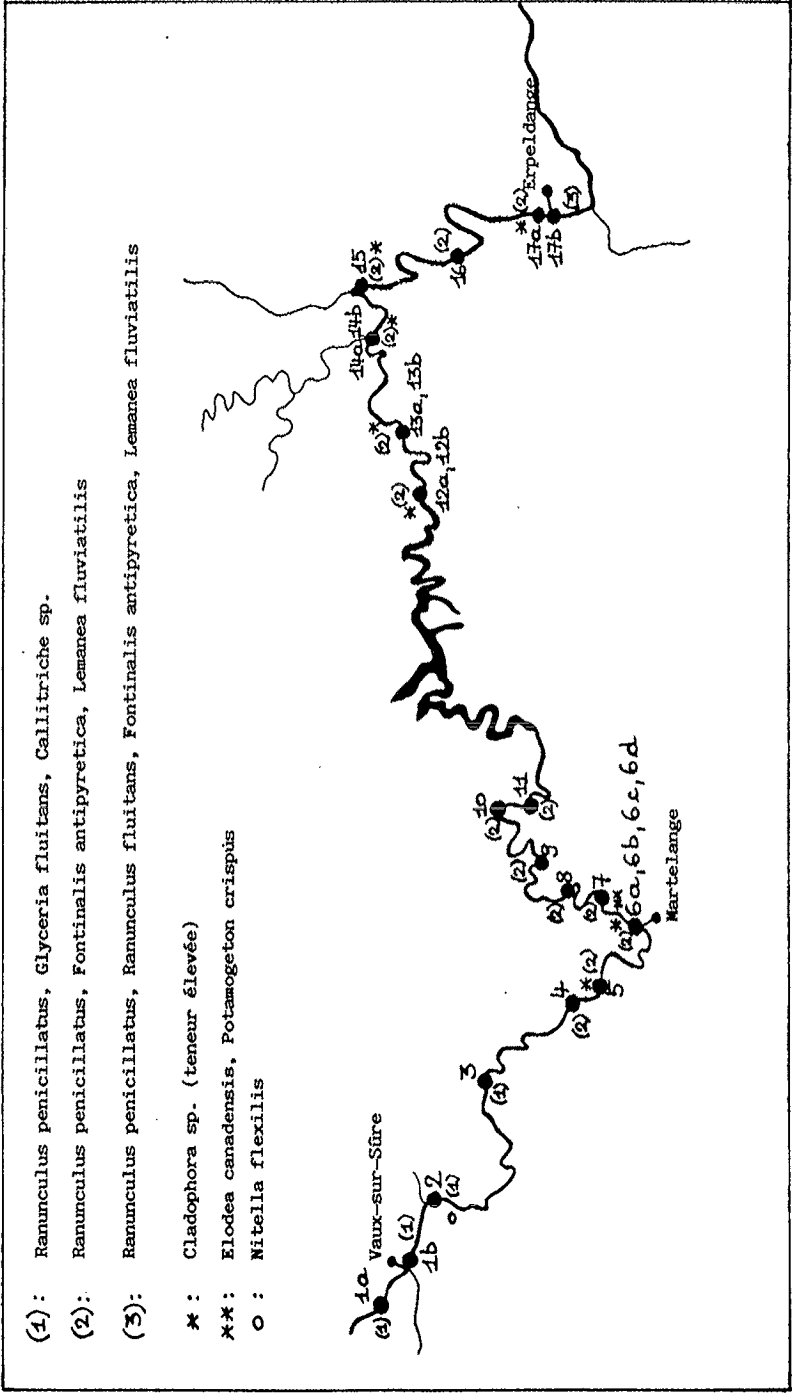
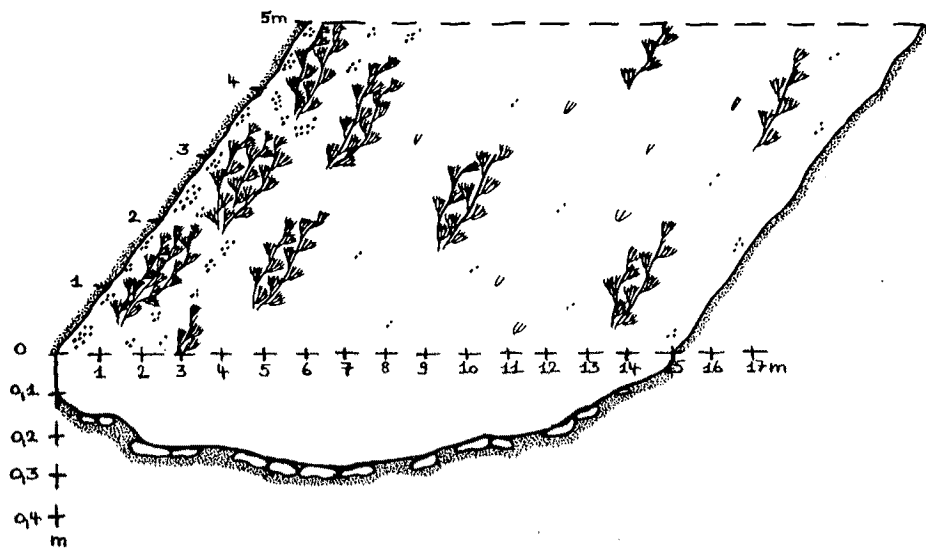
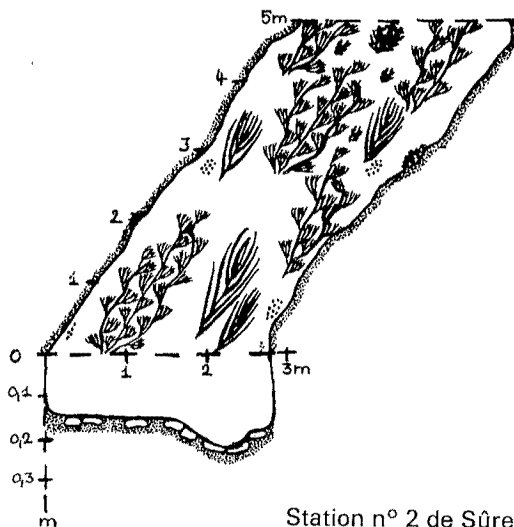


Fig. 6. - Groupements végétaux observés le long de la Haute-Sûre



Station n° 13a de Tadler-Moulin



Station n° 2 de Sûre



Ranunculus penicillatus



Callitriche sp.



Glyceria fluitans



Lemna minor



Lemanea fluviatilis



Bryophytes



Dépôt algal



Station n° 2 de Sûre



Station n° 9 de Martelinville

3. Corrélation de certaines espèces végétales aquatiques avec des facteurs naturels du milieu

Grâce aux observations effectuées aux différentes stations, nous pouvons confirmer les résultats obtenus par S. Haslam en ce qui concerne la répartition des végétaux aquatiques en fonction des facteurs naturels du milieu.

Nos propres résultats à ce sujet sont résumés dans le tableau 6.

Espèces végétales Facteurs naturels	Bryophytes	Ranunculus sp.	Callitriche sp.	Elodea canadensis	Sparganium erectum	Polygonum amphibium
Courant fort	+	+	/	-	-	/
Substrat caillouteux	+	+	-	-	-	-
Substrat vaseux	-	-	+	+	+	+
Ordre de drainage élevé	/	/	-	/	/	/
Profondeur élevée	-	-	-	-	+	+
Largeur élevée	-	/	-	-	+	+
Réduction de la luminosité	+	-	+	+	+	/

Légende : + = le développement de l'espèce est favorisé par le facteur considéré
 - = le développement de l'espèce est défavorisé par le facteur considéré
 / = pas de corrélation observée

Tabl. 6. - Corrélations de certaines espèces végétales avec les facteurs naturels du milieu

4. Degré de perturbation de la végétation aquatique

C'est grâce à la méthode de S. Haslam (1981) que nous sommes en mesure d'évaluer le degré de perturbation de la végétation aquatique de la Haute-Sûre. Comme nous l'avons vu auparavant, cette méthode consiste tout d'abord à caractériser la communauté végétale répertoriée aux différentes stations, pour ensuite la comparer à celle prévue par S. Haslam (1981).

4.1. Caractéristiques de la végétation aux différentes stations étudiées

Il suffit de déterminer pour chaque station:

- la diversité spécifique de la végétation dans le chenal;

Espèces des Relevés (N°)		1a	1'	1b	2	3	4	5	6a	6b	6c	6d	7	8	9	10	11	12a	12b	13a	13b	14a	14b	15	16	17a	17b
bandes tropiques																											
B	Sphagnum ssp.																										
	Drosera rotundifolia																										
	Drosera anglica																										
	Narthecium ossifragum																										
	Eriophorum angustifolium																										
	Littorella uniflora																										
	Ményanthes trifoliata																										
	Potamogeton polygonifolius																										
	Ranunculus flammula																										
	Sparganium angustifolium																										
O	Potamogeton gramineus																										
	Caltha palustris																										
	Ranunculus hederaceus																										
	Ranunculus omiophyllus																										
	Oenanthe crocata																										
	Myriophyllum alterniflorum																										
	Callitriche hamulata																										
	Juncus articulatus																										
	Eleocharis acicularis																										
	Eleogiton fluitans																										
J	Juncus bulbosus																										
	Nymphaea alba																										
	* Nuphar lutea																										
	Eleocharis palustris																										
	Glyceria fluitans (fo.a.)																										
	Potamogeton x sparganifolius																										
	Carex acuta																										
	Potamogeton alpinus																										
	* Phalaris arundinacea																										
	* Bryophytes (roches cohérentes)																										
I	* Ranunculus aquatilis (f.c.)																										
	* Ranunculus penicillatus (f.c.)																										
	* Carex acutiformis																										
	* Cladophora sp. (faible)																										
	Petasites hybridus																										
	Polygonum amphibium (fo.a.)																										
	Potamogeton natans																										
	Ranunculus fluitans																										
	Mimulus guttatus																										
	Lemna trisulca																										
	Veronica beccabunga																										
	Berula erecta																										
	* Ranunculus aquatilis (f.m.)																										
	* Ranunculus peltatus (f.m.)																										
	Callitriche sp.																										
	(sauf Callitriche hamulata)																										
	* Bryophytes (roches meubles)																										
	Mentha aquatica																										
	Rorippa nasturtium-aquaticum																										
	Catabrosa aquatica																										
	Ranunculus calcareus (f.m.)																										

(4)

	3	3	2	2	1	2	1	2	2	1	1	+	3	+	+	+	1	+	+
* Ranunculus penicillatus (f.m.)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
* Ranunculus trichophyllus (f.m.)																			
Solanum dulcamara																			
Apium nodiflorum																			
Nyctaginia scorpioides																			
Veronica anagallis-aquatica																			
Hippuris vulgaris																			
Sparganium erectum																			
Elodea canadensis																			
* Carex acutiformis																			
Typha latifolia																			
Phragmites communis																			
Potamogeton perfoliatus																			
* Ranunculus trichophyllus (f.l.)																			
* Ranunculus penicillatus (f.l.)																			
* Cladophora sp. (importante)																			
Groenlandia densa																			
Zonitella palustris																			
Oenothera fluviatilis																			
Glyceria maxima																			
Alisma plantago-aquatica																			
Potamogeton lucens																			
Nyctophyllum spicatum																			
Potamogeton crispus																			
Phalaris arundinacea																			
* Epilobium hirsutum																			
Enteromorpha sp.																			
Ceratophyllum demersum																			
Rumex hydrolapathum																			
Sparganium emersum																			
Sagittaria sagittifolia																			
Butomus umbellatus																			
Potamogeton pectinatus																			
Rorippa amphibia																			
Scirpus lacustris																			
* Nuphar lutea																			
Lemna minor																			
Agrostis stolonifera et autres																			
Autres macrophytes aquatiques																			
Espèces terrestres situées dans le chenal																			

Tabl. 7. - Tableau des bandes trophiques de la Haute-Sûre d'après S. Haslam (1981) * espèces figurant à plusieurs reprises dans différentes bandes trophiques; fo.a. forme aquatique; f.c. feuilles courtes; f.m. feuilles moyennes; f.l. feuilles longues. Les coefficients d'abondance de certaines espèces figurent entre parenthèses, ce qui signifie qu'elles ne s'enracinent pas en-dessous du niveau normal de l'eau.

- le recouvrement de cette végétation;
- la ou les bandes trophiques correspondant le mieux à la végétation de cet endroit;
- le pourcentage d'espèces tolérantes à la pollution.

Les valeurs obtenues sont représentées dans les tableaux 7 et 8.

4.2. Végétation théorique prévue par S. Haslam (1981)

Compte tenu des caractéristiques du bassin versant considéré et de celles du cours d'eau lui-même, nous pouvons grâce au livre "River vegetation" de S. Haslam (1981) relever les plantes que l'on devrait observer théoriquement et en l'absence de toute perturbation dans les différentes parties de la rivière appartenant à la région qualifiée de "upland" (région de plateaux) et intermédiaire entre le type habituel et la variante à environnement paysager riche ("fertile landscape"), décrits par ce même auteur:

☐ Zone qualifiée de ruisseau:

Recouvrement de la végétation aquatique (surface totale occupée par elle): supérieur ou égal à 20%.

Diversité spécifique (nombre d'espèces présentes dans le chenal): supérieure ou égale à 4.

Végétation prévue: espèces mésotrophes et quelques espèces oligotrophes. Ces espèces appartiennent principalement aux bandes jaune et turquoise définies par S. Haslam, auxquelles il faut ajouter certaines espèces de la bande orange.

☐ Zone qualifiée de ruisseau:

Recouvrement de la végétation aquatique: supérieur ou égal à 10%.

Diversité spécifique: supérieure ou égale à 6.

Végétation prévue: espèces mésotrophes, quelques espèces oligotrophes et certaines espèces semi-eutrophes. Ces espèces font essentiellement partie de la bande turquoise; toutefois, il convient d'y ajouter quelques espèces des bandes orange à violette.

☐ Zone qualifiée de rivière:

Recouvrement de la végétation aquatique: supérieur ou égal à 10%.

Diversité spécifique: supérieure ou égale à 6.

Végétation prévue: espèces mésotrophes et espèces semi-eutrophes. Là encore, il s'agit surtout d'espèces de la bande turquoise avec cependant une plus grande proportion de plantes de la bande violette que dans le cas précédent.

4.3. Calcul des indices-dégâts et des indices de pollution aux différentes stations

La comparaison de la végétation relevée aux différentes stations à celle prévue par S. Haslam est effectuée sur base des six critères détaillés dans le chapitre relatif aux méthodes (cf. tabl. 3). Rappelons que le septième critère, qui tient compte de la quantité de vase organique présente, est négligé,

Espèces des bandes trophiques		Relevés (N°)																										
		1a	1'	1b	2	3	4	5	6a	6b	6c	6d	7	8	9	10	11	12a	12b	13a	13b	14a	14b	15	16	17a	17b	
Nombre d'espèces "brunes" (B)		1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	1	2
Nombre d'espèces "oranges" (O)		2	1	1	1	1	/	/	/	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2
Nombre d'espèces "jaunes" (J)		2	1	3	4	3	3	1	3	4	1	2	2	3	4	4	2	3	3	2	3	3	2	2	3	2	3	3
Nombre d'espèces "turquoises" (T)		2	2	2	3	1	2	4	4	2	3	4	3	4	1	4	2	2	2	2	2	1	/	3	5	4	5	5
Nombre d'espèces "violettes" (V)		/	/	/	/	/	2	1	1	3	3	/	/	1	1	/	/	1	1	2	1	2	/	1	/	1	1	1
Nombre d'espèces "rouges" (R)		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	2	1	1
Nombre d'espèces "blanches" (b)		/	1	/	2	2	1	/	4	3	2	3	1	1	1	1	2	1	1	2	/	1	2	1	2	2	2	2
Diversité spécifique		6	4	5	9	6	4	5	10	9	6	9	4	7	7	8	7	5	6	8	5	8	5	6	9	9	11	11
Recouvrement total (%)		70	50	50	60	50	40	20	15	5	3	30	5	10	20	5	5	50	5	60	5	3	1	1	5	1	1	1
																		(1)				(0)						
Bandes trophiques		0-T	J-T	J-I	J-T	J	J-T	T-V	J-T	J-T	T-V	T-V	J-T	J-T	J	J-T	J-T	J-V	J-T	J-V	J-T	J-V	J	J-V	J-T	T-R	J-T	J-T
Nombre d'espèces très tolérantes (E_t)		/	/	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	4	2	2
Nombre d'espèces semi-tolérantes (E_{st})		1	1	2	4	3	2	2	4	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
$E_t \times 1 + E_{st} \times 0,5$		0,5	0,5	2	3	2,5	2	2	4	3,5	4	3,5	3	2,5	2	2	3	2	2	3	2	2	2	1,5	2	3	5	3
Pourcentage d'espèces tolérantes (%)		8	13	40	33	42	50	40	40	39	67	39	75	36	29	25	43	40	33	38	40	25	30	33	33	56	27	27

Tabl. 8. - Caractéristiques de la végétation aux différentes stations. Remarque: En ce qui concerne le recouvrement total des stations n° 12b et n° 14a, nous avons noté deux valeurs différentes, la première correspondant au recouvrement enregistré au 2.6.85, la seconde correspondant à celui enregistré début juillet.

puisque'il ne concerne que les régions de plaine à substrat argileux ou gréseux.

Grâce à cette opposition de la végétation "réelle" à la végétation "théorique" nous pouvons calculer pour chaque station son indice-dégâts et déduire ensuite l'indice de pollution correspondant, valeurs qu'il faudra commenter et expliquer.

a) Indices-dégâts

Dans le tableau 9 nous avons détaillé le calcul des différents indices-dégâts en indiquant les valeurs à attribuer à chacun des six paramètres.

L'examen de ce tableau montre que les perturbations de la végétation de la Haute-Sûre affectent principalement la diversité spécifique et le pourcentage d'espèces tolérantes à la pollution, critères auxquels il faut ajouter, dans certains cas, le paramètre (3) concernant la réduction du recouvrement. D'autre part, nous avons pu observer des changements du niveau trophique de la rivière aux stations n°5 de Wisembach, n°6c et 6d de Martelange pour lesquelles les bandes caractéristiques sont le turquoise et le violet au lieu du jaune et du turquoise prévus par S. Haslam. Un changement douteux a été noté à la station n° 17a d'Erpeldange où la proportion des espèces de la bande rouge a augmenté sensiblement. Aux stations n° 5, 12a, 12b, 13a et 13b, les algues vertes sont présentes en quantité assez importante.

b) Indices de pollution

Ils sont déduits directement des indices-dégâts. Il suffit pour cela de tenir compte de l'importance des facteurs mécaniques, soit naturels (ombre), soit anthropiques (campeurs, bétail, barrage). Les valeurs correspondantes figurent dans le tableau 9.

4.4. Discussion du degré de perturbation des différentes stations

L'analyse du tableau 9 nous montre que, de façon générale, le degré de perturbation de la Haute-Sûre est assez faible et que la qualité de l'eau y est assez bonne. En effet, les indices-dégâts et les indices de pollution restent toujours inférieurs respectivement à d et à D. Ces résultats sont tout à fait comparables à ceux obtenus par la méthode des macro-invertébrés de G. Tufféry (1970) (cf. M. Molitor, 1974).

Néanmoins, nous notons des fluctuations assez nettes des deux indices le long de cette rivière (cf. figure 7). Alors que la qualité de l'eau est très acceptable pour les stations n° 1a à n° 3 (du moins en ce qui concerne les plantes), elle se dégrade manifestement à Bodange et à Wisembach (stations n° 4 et n° 5) où les indices ont monté à c et B-C.

Dans les deux cas nous avons pu observer des égouts qui débouchent directement dans l'eau et qui proviennent les uns du restaurant, les autres du terrain de camping et des maisons environnantes.

Critères	Relevés (N°)																									
	1a	1'	1b	2	3	4	5	6a	6b	6c	6d	7	8	9	10	11	12a	12b	13a	13b	14a	14b	15	16	17a	17b
(1) Diversité spécifique	2	3	2	0	2	3	2	0	0	2	0	3	1	1	1	1	2	2	1	2	1	2	2	0	0	0
(2) Diminution de la diversité spécifique	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
(3) Pourcentage de réduction du pourcentage de recouvrement	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	2	0	2	0	2	2	0	2	0	2	3	4	4	2	4	4
(4) Changement de bande trophique	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
(5) Pourcentage d'espèces tolérantes à la pollution	0	1	2	2	2	3	2	2	2	3	2	4	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1
(6) Quantité de <i>Poramoëton pectinatus</i> et d'algues vertes filamenteuses	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Somme	2	4	4	2	4	8	9	2	4	12	4	11	3	2	4	5	7	8	5	9	6	9	8	4	8	5
Indice-Dégâts	a	a	a	a	a	c	a	a	d	a	d	a	a	a	a	b	b	c	b	c	b-c	c	c	a	c	b
Facteurs mécaniques	XX				X	XXX	XX	X	X	X	XX	XX	XX	X	X	XXX	XXX	XXX	X	X	X	0	X	0	0	XX
											XX	XXX	XXX		XXX	0	0	0	0	XXX	XXX	XXX	0	0	0	0
Indice de pollution	A	A	A	A	A	B-C	B-C	A	A	C-D	A	C-D	A	A	A	A-B	A-B	B-C	A-B	B-C	B-C	C	B-C	A	C	B

Légende : X : ombre
 XX : bétail
 XXX : campéurs
 0 : barrage

Les chiffres entre parenthèses correspondent aux valeurs, enregistrées en été 1985 et qui diffèrent assez sensiblement de celles notées au printemps 1985.

Tabl. 9. - Calcul des indices-dégâts aux 26 stations et déduction des indices de pollution.

En amont de Martelange nous constatons à nouveau une amélioration qui cependant n'est que temporaire, puisque près des ardoisières (station n° 6c) et à Grumelange (station n° 7) l'indice-dégâts remonte à d, l'indice de pollution étant un peu plus faible (C-D).

Toutefois, entre ces deux stations l'indice de pollution descend à A, ce qui s'explique par les conditions physiques particulièrement favorables en cet endroit (courant élevé entraînant un bon renouvellement de l'eau et une faible sédimentation). Malgré cela, nous y avons enregistré une eutrophisation visualisée par le changement de bande trophique.

A partir de la Ferme d'Oeil (station n° 8), la situation s'est rétablie; la qualité de l'eau reste bonne jusqu'à la station n° 11 du Moulin de Bigonville où l'on note une légère augmentation de l'indice-dégâts qui devient b.

Par contre, en aval du barrage d'Esch-sur-Sûre, le degré de perturbation de la végétation devient de nouveau plus élevé; on y enregistre un indice-dégâts moyen de c, avec toutefois deux stations où il est meilleur (stations n° 13a et n° 16). Par ailleurs, la figure 7 nous montre que les facteurs mécaniques "bétail" et "ombre" perturbent assez peu la végétation, puisqu'au niveau des stations n° 1a, 6b, 6d, 8 et 10, l'indice-dégâts est toujours a.

En r é s u m é, nous avons donc pu mettre en évidence, grâce à la méthode de S. Haslam (1981), trois zones au niveau de la Haute-Sûre (cf. figure 7), où la végétation est relativement perturbée, à savoir:

- la région de Bodange à Wisembach (1);
- la région comprise entre Martelange et Grumelange (2);
- la région en aval du barrage d'Esch-sur-Sûre (3), qui est interrompue à deux reprises (stations n° 13a et n° 16).

La perturbation de la végétation semble liée à la forte activité touristique dans ces régions, à laquelle s'ajoutent, près de Martelange, deux types de pollution, à savoir celle due aux effluents de la localité de Martelange et celle engendrée par les boues blanchâtres des ardoisières. Cette hypothèse paraît confirmée par le fait que l'indice-dégâts, enregistré près des terrains de camping, atteint presque toujours la même valeur qui est de 9.

Par ailleurs, comme les analyses chimiques effectuées régulièrement le long des campings de la Haute-Sûre n'ont jamais permis de déceler de pollution organique importante, nous pouvons supposer que ce sont essentiellement des facteurs mécaniques (activités des campeurs, des nageurs, des canoéistes) qui sont à l'origine des perturbations de la végétation.

Ces facteurs mécaniques sont suffisamment importants pour provoquer des modifications assez fortes du recouvrement de la végétation aquatique qui, en dehors de la station n° 13a de Tadler-Moulin, est très faible.

Remarque: Bien que la méthode de S. Haslam (1981) nous ait permis de mettre en évidence plusieurs zones polluées, nous constatons cependant qu'elle est insuffisante pour rendre compte de la pollution pourtant évidente, engendrée par l'abattoir de Vaux-sur-Sûre. En effet, malgré une

légère augmentation de l'indice-dégâts (de 2 à 4), celui-ci reste assez faible, si bien que la station n° 1b est qualifiée de a. En fait cette pollution n'est que temporaire et les concentrations élevées en ammonium et en nitrites disparaissent assez rapidement du fait de la nitrification par certains microorganismes. En outre, si près de la source, les processus d'auto-épuration du ruisseau fonctionnent encore parfaitement.

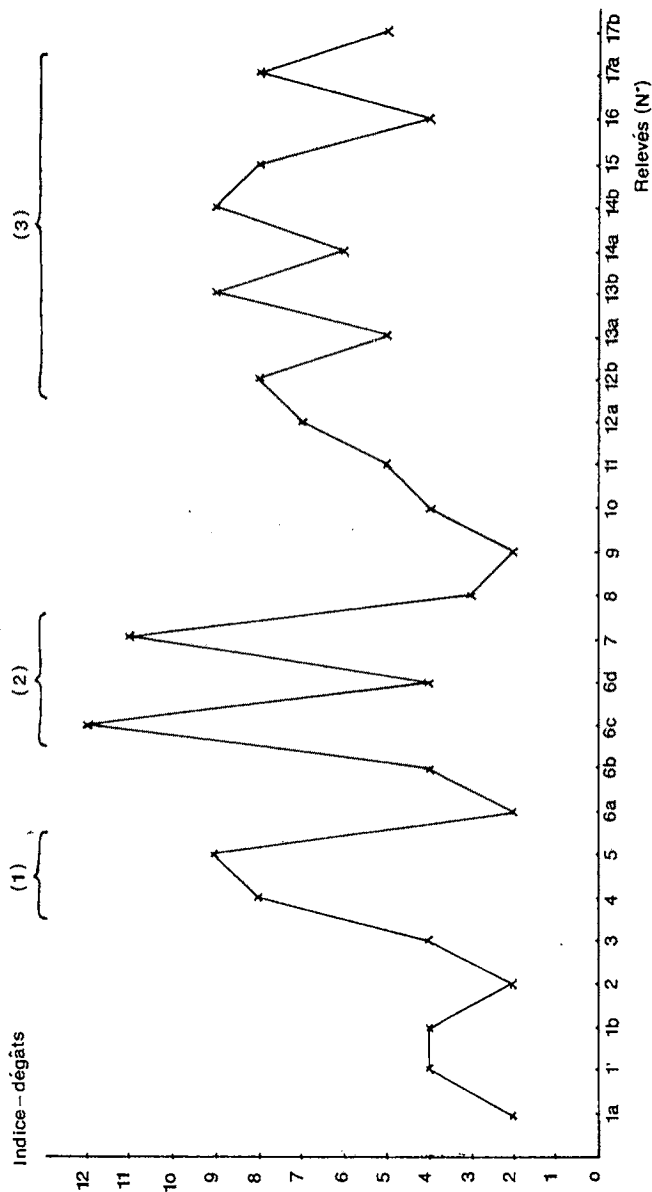


Fig. 7. - Courbe montrant les variations de l'indice-dégâts le long des 26 stations étudiées.

IV. DISCUSSION

Grâce aux deux méthodes employées, celle de J. Braun-Blanquet (1964) et celle de S. Haslam (1981), nous avons pu d'une part préciser les différentes associations végétales observées au niveau de la Haute-Sûre et d'autre part déterminer le degré de perturbation de cette végétation. Il serait maintenant intéressant de confronter les résultats obtenus par ces deux méthodes et d'examiner de plus près comment la composition floristique se trouve modifiée dans les différentes régions perturbées.

En ce qui concerne la végétation riveraine, nous nous proposons d'analyser l'impact du facteur "camping". Quant à la végétation aquatique, nous détaillerons les modifications floristiques pour les deux régions particulièrement perturbées, à savoir celles de Vaux-sur-Sûre et de Martelange. Dans un troisième point, nous essayerons d'expliquer le faible recouvrement de la végétation aquatique en aval du barrage d'Esch-sur-Sûre.

1. Analyse de la végétation riveraine en fonction du facteur "camping"

A cette fin, nous examinons de plus près les relevés effectués aux stations n° 13a, située en amont du terrain de camping de Tadler-Moulin, n° 13b, se trouvant près de ce même terrain de camping et n° 14a, située près du terrain de camping de Goebelsmühle.

Le tableau 10, dans lequel les trois relevés sont mis côte à côte, nous montre qu'il existe une différence très nette entre les relevés n° 13a et 13b, alors que la différence est beaucoup moins marquée entre les relevés n° 13a et 14a.

En effet, nous constatons tout d'abord qu'au niveau des deux campings la diversité spécifique est diminuée, surtout près du terrain de camping de Tadler-Moulin, où elle n'est plus que de 24 au lieu de 40 pour la station n° 13a. D'autre part, nous pouvons observer à la station n° 13b une augmentation des espèces rudérales, tant en ce qui concerne leur nombre qu'en ce qui concerne leur recouvrement.

Ces constatations nous permettent de conclure que les terrains de camping affectent assez sensiblement la végétation riveraine, mais que ces dégâts peuvent être limités, comme c'est le cas au terrain de camping de Goebelsmühle, où seuls quelques endroits ont été aménagés pour faciliter l'accès à l'eau, de sorte que le reste de la végétation riveraine peut se développer plus ou moins normalement.

2. Analyse des modifications de la végétation aquatique dans les zones polluées

Connaissant les différentes variantes de l'association du *Callitriche-Ranunculetum penicillati* que l'on peut trouver le long de la Haute-Sûre, nous pouvons analyser comment la composition floristique des communautés végétales varie avec le degré de pollution d'une station.

N° (relevés)	13a	13b	14a
Espèces			
Phalaris arundinacea	3	3	3
Carex acuta	2	2	2
Caltha palustris	2	2	1
Filipendula ulmaria	2	1	2
Achillea ptarmica	2	2	+
Mentha arvensis	2	1	+
Ranunculus repens	1	2	+
Iris pseudacorus	1	+	1
Alopecurus pratensis	1	1	1
Alopecurus geniculatus	1	+	
Poa trivialis	1	2	1
Polygonum amphibium	1	1	1
Glyceria fluitans	+	1	
Plantago major	+	1	+
Stachys palustris	+	+	+
Cardamine pratensis	+	+	+
Rumex x pratensis	+	2	
Urtica dioica	+	1	1
Polygonum bistorta	+	1	
Lythrum salicaria	+	+	+
Trifolium repens		2	
Lolium perenne		2	
Rumex obtusifolius		1	+
Petasites hybridus		+	
Carex vesicaria	2		
Scirpus sylvaticus	1		1
Equisetum fluviatile	1		
Agrostis gigantea	1		
Solanum dulcamara	+		
Epilobium obscurum	+		
Galium palustre	+		+
Carex disticha	+		
Scutellaria galericulata	+		+
Ranunculus flammula	+		
Myosotis nemorosa	+		+
Rumex acetosa	+		
Lychnis flos-cuculi	+		+
Equisetum palustre	+		
Lysimachia vulgaris	+		1
Lycopus europaeus	+		
Taraxacum officinale	+		
Alisma plantago-aquatica	+		+
Galium mollugo	+		
Agrostis capillaris	+		
Barbarea vulgaris			1
Calystegia sepium			1
Stellaria nemorum			+
Rorippa sylvestris			+
Anthriscus sylvestris			+
Carex rostrata			+
Stellaria uliginosa			+
Nombre d'espèces	40	24	31

Tabl. 10. - Comparaison des relevés n° 13a, 13b et 14a

Nous choisissons pour cela deux exemples, à savoir celui de la pollution engendrée par l'abattoir de Vaux-sur-Sûre et celui de la pollution produite près de Martelange et nous examinerons dans chaque cas les espèces relevées dans les différentes stations situées en amont et en aval de la source de pollution en question.

Considérons tout d'abord ce qui se passe au niveau de Vaux-sur-Sûre (cf. fig. 8).

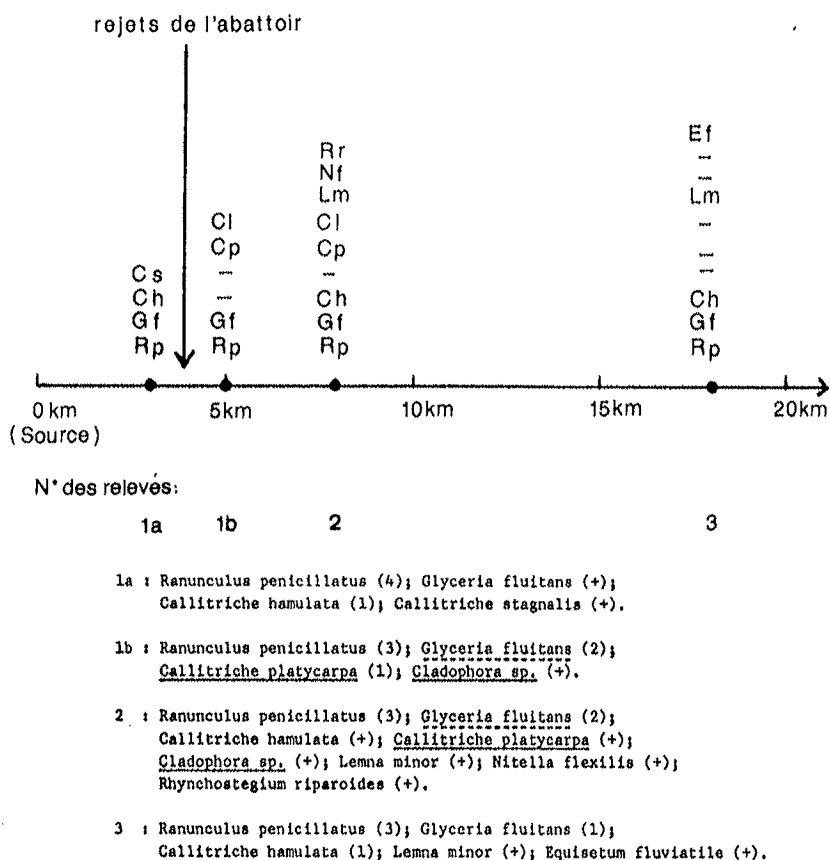


Fig. 8. - Analyse de la végétation aquatique en amont et en aval de l'abattoir de Vaux-sur-Sûre

En amont de l'abattoir, la végétation aquatique est dominée par *Ranunculus penicillatus* accompagné essentiellement de *Callitriche hamulata*. En aval, à la station n° 1b, nous observons, à côté de *Ranunculus penicillatus*, un important développement de *Glyceria fluitans* et l'apparition d'une nouvelle espèce de *Callitriche*, à savoir *Callitriche platycarpa*, alors que *Callitriche hamulata* y fait défaut; le dépôt algal est faible.

La station n° 2 marque une zone de transition dans laquelle coexistent les deux espèces de *Callitriche*; la diversité spécifique de la végétation aquatique y est particulièrement élevée.

La situation est rétablie à la station n° 3 de Burnon, où *Callitriche hamulata* est de nouveau assez abondant. Signalons toutefois qu'en appliquant la méthode de S. Haslam (1981), nous avons obtenu un indice-dégâts plus élevé pour la station n° 3 (indice-dégâts = 4) que pour la station n° 2 (indice-dégâts = 2), ce qui s'explique par la grande diversité spécifique à la station n° 2 et la faible diversité à la station n° 3.

D'après ce que nous venons de voir, il semblerait donc que *Ranunculus penicillatus* et *Glyceria fluitans* résistent assez bien à la pollution organique causée par l'abattoir, tandis que *Callitriche hamulata* y est très sensible et est relayé par une espèce plus tolérante, *Callitriche platycarpa*, dans les régions soumises à une pollution. Ceci est d'ailleurs confirmé par diverses données contenues dans les ouvrages de M. Dethioux (1980) et de J.-L. Mériaux (1979).

En analysant en second lieu les répercussions de la pollution par les effluents de Martelange sur la végétation aquatique, nous constatons (cf. fig. 9) que la végétation en amont de Martelange est caractérisée par *Ranunculus penicillatus*, *Callitriche platycarpa* et une algue rouge, *Lemanea fluviatilis*.

Immédiatement en aval de Martelange, à la station n° 6b, nous notons une diminution du recouvrement des renoncules et, par contre, un meilleur développement de *Lemanea fluviatilis*.

A la station n° 6c, la situation a empiré; l'eau y est tellement trouble que seules quelques algues (surtout des cyanophycées) sont capables d'y vivre. D'un autre côté, le substrat est très vaseux, ce qui permet à *Sparganium erectum* de s'y développer.

La station n° 6d marque une zone de transition caractérisée, comme la station n° 2 de Sûre, par une grande diversité spécifique. Ainsi, à côté des espèces observées de façon régulière tout au long de la Haute-Sûre nous y notons différentes espèces profitant de la présence d'une importante quantité de vase organique; il s'agit notamment d'*Elodea canadensis* et de *Potamogeton crispus*.

En aval de Martelange, la situation se rétablit peu à peu et c'est à partir des stations n° 8 et n° 9 que le recouvrement des renoncules redevient normal.

Grâce à cet exemple nous constatons donc que *Ranunculus penicillatus*, bien que plus ou moins tolérant vis-à-vis d'une pollution organique (cf. exemple 1), résiste assez mal à une réduction de l'éclairement causée par une turbidité croissante de l'eau, due à la forte proportion de particules en suspension dans l'eau (matières organiques et boues des ardoisières).

Par contre, *Lemanea fluviatilis* et les cyanophycées y résistent mieux, ce qui s'explique vraisemblablement par le fait que ces algues possèdent différents pigments (phycoérythrine et phycocyanine) non assimilateurs,

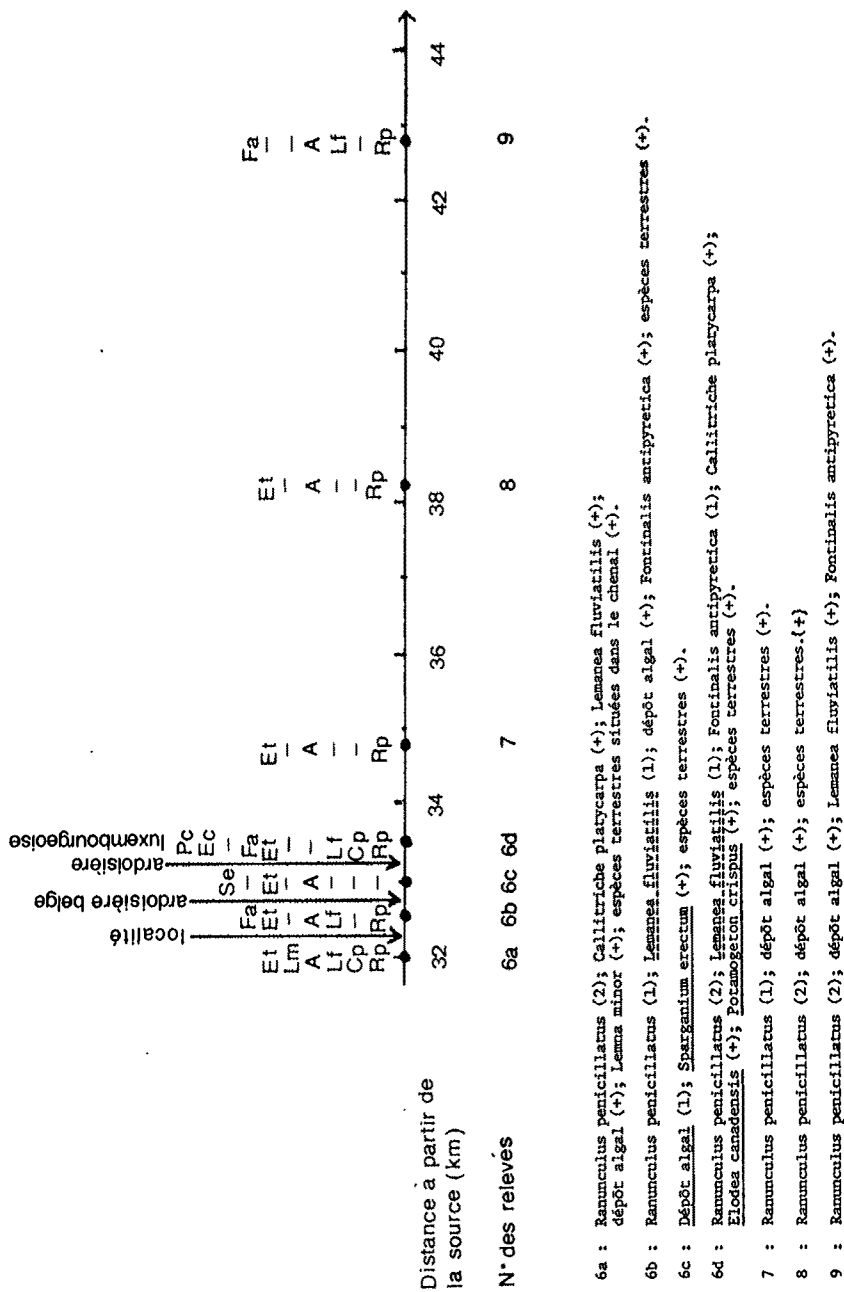


Fig. 9. - Analyse de la végétation aquatique en amont et en aval de Martelange

mais capables d'absorber les radiations vertes qui pénètrent en profondeur alors que les radiations rouges absorbées par les plantes vertes chlorophylliennes sont "retenues" en surface.

D'un autre côté, il faut retenir que les zones de transition sont caractérisées par une diversité spécifique assez élevée.

3. Discussion sur le faible recouvrement de *Ranunculus penicillatus* en aval du barrage d'Esch-sur-Sûre

Aux stations situées en aval du barrage, le recouvrement des renoncules est presque toujours inférieur à 1 %, à l'exception des stations n° 13a de Tadler-Moulin et n° 16 de Michelau. Ceci semble dû à l'activité touristique très intense dans cette région.

Cette hypothèse se justifie aisément par la comparaison des deux stations de Tadler-Moulin. En effet, alors que les renoncules sont très abondantes à la station n° 13a, il en est tout autrement à la station n° 13b située aux abords du terrain de camping, à peine à 100 m de la première. On n'y observe plus que quelques plants isolés se trouvant essentiellement au bout du terrain de camping et dans les zones les moins accessibles aux nageurs. En outre, le pont de Tadler-Moulin constitue également le point de départ de courses de canoéistes, ce qui explique sans doute le brusque changement du recouvrement à ce niveau. De plus, nous avons visité une station située en amont de Dirbach, où M. A. Krier, ingénieur à l'Administration des Eaux et Forêts, a observé un développement important de renoncules. Bien que les renoncules y soient moins abondantes qu'à la station n° 13a de Tadler-Moulin, nous avons néanmoins pu y noter un recouvrement de l'ordre de 20 %. De même, à Michelau situé davantage en aval de la zone des terrains de camping, la situation est meilleure, le recouvrement des renoncules atteignant 5 %.

Ainsi, il semblerait que les terrains de camping, et d'ailleurs les activités touristiques en général, perturbent assez fortement la végétation aquatique et exercent sur elle une action essentiellement mécanique en provoquant notamment des réductions importantes du recouvrement des renoncules. Cette action est d'autant plus néfaste que les renoncules sont déjà soumises à des variations assez importantes de la force du courant et de la profondeur dues au barrage d'Esch-sur-Sûre.

D'un autre côté, il faut signaler qu'à partir de Goebelsmühle et surtout d'Unterschlinder (stations n° 14a et 15), les caractéristiques physico-chimiques de la Sûre sont modifiées de façon importante en raison de la confluence avec la Wiltz et de la densité croissante des terrains de camping. Retenons simplement que la conductibilité électrique passe de 143 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 215 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et que la concentration en nitrates s'élève de 16 mg/l à 19,6 mg/l. Or, d'après M. Dethioux (1982), ces conditions conviendraient mieux à *Ranunculus fluitans* qu'à *Ranunculus penicillatus* (valeurs limites pour *Ranunculus penicillatus*: conductibilité électrique = 208 $\mu\text{S}/\text{cm}$; concentration en nitrates = 16,9 mg/l). Cependant, la Haute-Sûre n'est pas suffisamment profonde en ces endroits pour permettre le développement de *Ranunculus fluitans*, qui exige des profondeurs de l'ordre de 50 cm.

Ces hypothèses sont confirmées par la présence du groupement mixte à *Ranunculus penicillatus* et à *Ranunculus fluitans* à la station n° 17b d'Erpeldange, groupement qui nous indique que nous nous trouvons dans une zone de transition vers l'association à *Ranunculus fluitans* et que le milieu ne convient donc plus tout à fait à *Ranunculus penicillatus* et pas encore assez à *Ranunculus fluitans*.

RESUME ET CONCLUSIONS

Notre étude, qui avait pour but de faire une analyse détaillée des végétations aquatique et riveraine de la Haute-Sûre, nous a conduit d'une part à évaluer le degré de perturbation de la végétation dans cette partie de la rivière essentiellement grâce à la méthode de S. Haslam (1981) et d'autre part, à déterminer les communautés végétales qui se succèdent tout au long de la Haute-Sûre, par la méthode phytosociologique de J. Braun-Blanquet (1964).

En ce qui concerne le degré de perturbation de la Haute-Sûre, nous avons relevé, grâce à la végétation macrophytique en présence, principalement quatre centres de perturbation, à savoir:

- la région de Vaux-sur-Sûre, soumise à une pollution organique provenant de l'abattoir. Cette pollution affecte assez peu les plantes (indice-dégâts = 4) et n'y est décelée que par suite de l'apparition d'une autre espèce de *Callitriche* (*Callitriche platycarpa*) et d'un plus grand développement de *Glyceria fluitans*;
- la zone comprise entre Bodange et Wisembach, caractérisée par une forte activité touristique (indices-dégâts = 8 et 9);
- les environs de Martelange, où la distribution des végétaux dépend de leur sensibilité vis-à-vis des différents types de pollution qui y règnent: terrains de camping, localité de Martelange, ardoisières (indice-dégâts = 12);
- toute la région située en aval du barrage d'Esch-sur-Sûre, à l'exception de quelques endroits privilégiés (stations n° 13a et n° 16); la végétation aquatique y est fortement perturbée, le recouvrement enregistré étant beaucoup trop faible, ce qui est dû à l'intense activité touristique en ces endroits (indice-dégâts moyen = 8).

D'un autre côté, la méthode phytosociologique de J. Braun-Blanquet (1964) nous a permis de mettre en évidence plusieurs groupements végétaux dont la distribution le long de la Haute-Sûre est conditionnée à la fois par des facteurs naturels (courant, substrat, profondeur) et des facteurs d'origine anthropique (pollution organique, ardoisières, terrains de camping, barrage). Pour ce qui est de la végétation riveraine, nous avons pu observer deux associations différentes, qui sont à mettre en relation avec les variations naturelles d'amont en aval des caractéristiques de la Haute-Sûre. Il s'agit notamment du *Glycerietum fluitantis* Wilzek 35, carac-

téristique des ruisselets peu profonds et dont la forme typique a pu être observée à la station n° 1a située dans la région de la source de la Sûre, et du *Caricetum acuto-vesicariae phalaridetosum* Koch 26 Westhoff 49, répandu le long des rivières qui sont régulièrement soumises aux crues (stations n° 1b à 6a, 6d, 7, 10 à 17b). A ces deux associations s'ajoutent des espèces transgressives, provenant d'autres associations végétales et qui sont liées à la fois à l'environnement paysager (pâturages, prairies ou forêt) et au degré de perturbation des berges (campeurs, bétail). Signalons qu'aux abords des terrains de camping le nombre des espèces rudérales augmente, tandis que la diversité spécifique totale s'y trouve diminuée.

Quant à la végétation aquatique, nous avons constaté que tous les groupements font partie de la même association qui est le *Callitricho-Ranunculetum penicillati* Oberdorfer 77. Néanmoins, *Ranunculus penicillatus*, qui est dominant à presque toutes les stations étudiées (du moins à celles qui ne sont pas soumises à quelque perturbation), est accompagné d'espèces végétales qui sont différentes d'amont en aval. Ainsi, jusqu'à Burnon nous observons, à côté des renoncules, principalement *Glyceria fluitans* ainsi que deux espèces de *Callitriche*, à savoir *Callitriche hamulata* dans les zones non polluées, auquel se substitue *Callitriche platycarpa* dans les parties polluées de la rivière.

A partir de Bodange ce sont surtout des bryophytes (*Fontinalis antipyretica*, *Rhynchostegium riparoides*) et une algue rouge (*Lemanea fluviatilis*) qui ont été répertoriées, les renoncules aquatiques mises à part. Toutefois nous avons encore pu relever *Callitriche platycarpa* à plusieurs reprises, mais en général seulement à certaines saisons. De plus, il semblerait que les bryophytes et *Lemanea fluviatilis* résistent mieux aux perturbations qui règnent en aval du barrage d'Esch-sur-Sûre que *Ranunculus penicillatus*, qui y présente le plus souvent un recouvrement très faible.

En outre, il faut noter que la station n° 17b près d'Erpeldange marque une zone de transition vers une nouvelle association qui est le *Ranunculetum fluitantis* Allorge 22 caractéristique des cours d'eau assez profonds, relativement larges et plus fortement minéralisés.

Ainsi, grâce aux deux types de méthodes utilisées au cours de cette analyse, nous avons pu déterminer la végétation naturelle de la Haute-Sûre et les modifications qu'elle subit sous l'influence de diverses perturbations du milieu.

Signalons encore qu'au niveau de certaines stations nous avons pu mettre en évidence des corrélations très nettes entre la distribution des végétaux aquatiques et différents facteurs du milieu, comme la vitesse du courant, la profondeur et la luminosité au-dessus du chenal.

Finalement, la consultation des ouvrages scientifiques spécialisés et notamment celle des travaux de M. Dethioux (1972-1985) et de J.-L. Mériaux (1976-1983) nous a permis de constater que les végétations aquatique et riveraine, observées le long de la Haute-Sûre dans les zones non perturbées, correspondent à celles décrites par d'autres auteurs pour des cours d'eau semblables, et sont caractéristiques des rivières ardennaises dont les eaux sont faiblement minéralisées et légèrement acides à

neutres.

Nous espérons que par notre étude nous avons réussi d'une part, à montrer comment les macrophytes peuvent être utilisées pour évaluer le degré de pollution d'une rivière et ainsi fournir des renseignements complémentaires à ceux obtenus par les autres méthodes d'analyse, chimique et biologique (méthode des macro-invertébrés de G. Tufféry), et d'autre part, à susciter un plus grand intérêt pour la végétation de nos cours d'eau qui, de nos jours, est encore assez mal connue et qui mériterait des analyses plus approfondies.

Remerciements

Je tiens à remercier vivement Mlle Mady Molitor (Luxembourg) et M. Dethioux (Gembloux) de m'avoir guidée tout au long de mes recherches et d'avoir bien voulu me faire profiter de leur grande expérience. J'exprime également ma profonde reconnaissance à M. Léopold Reichling (Luxembourg) pour avoir accepté de vérifier mon herbier ainsi qu'à Mlle Sylvia Haslam (Cambridge) qui lors de son séjour à Luxembourg m'a donné de précieux conseils.

BIBLIOGRAPHIE

- ADMINISTRATION DES EAUX ET FORETS (Luxembourg), 1981. - La qualité biologique de la Sûre. - *Rapport du Service de la Pêche*: 13-15.
- BRAUN-BLANQUET J., 1964. - Pflanzensoziologie. - *Springer-Verlag*, 865 p.
- COOK, C.D.K., 1967. - A monographic study of *Ranunculus* subgenus *Batrachium* (DC.) A. Gray. - *Mitt. Bot. München*, tome V-I: 47-237.
- DE LANGHE J.-E., L. DELVOSALLE, J. DUVIGNEAUD, LAMBINON & C. VANDEN BERGEN, 1983. - Nouvelle flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des régions voisines. - *Éditions du Patrimoine du Jardin Botanique National de Belgique*: 1-1015.
- DELVOSALLE L., J. DUVIGNEAUD, A. LAWALREE, 1970. - A propos de la détermination des renoncules aquatiques et de leur distribution en Belgique. - *Natura Mosana* 23 (1-2): 5-22.
- DETHIOUX M., 1980. - Les Glycérâies ripicoles de Belgique. - *Natura Mosana*, 33 (3): 128-368.
- DETHIOUX M., 1981. - Les reliques du Phragmition en Belgique. - *Colloques phytosociologiques, X, Végétations aquatiques*: 351-368.
- DETHIOUX M., 1982. - Les Cariçaies du bord des eaux. - *Communications du Centre d'Ecologie Forestière et Rurale, nouvelle série* (34): 1-19.
- DETHIOUX M., 1982. - Données sur l'écologie de *Ranunculus penicillatus* (Dum.) Bab. et R. fluitans Lam. en Belgique. - *Studies on Aquatic Vascular Plants, Royal Bot. Soc. of Belgium*: 187-191.
- DETHIOUX M., P. LIMBOURG, A. NOIRFALISE, 1983. - Répertoire écologique des espèces herbagères de Belgique. - *Communications du Centre d'Ecologie Forestière et Rurale, nouvelle série*, 37: 1-29.

- DETHIOUX M., A. NOIRFALISE, 1985. - Les groupements rhéophiles à renoncules aquatiques en moyenne et haute Belgique. - *Tuexenia* 5, *Göttingen*: 31-39
- DETHIOUX M., 1985. - La végétation des rives et des rivières de Wallonie. - *Notes techniques du Centre d'Ecologie Forestière et Rurale*, 49: 1-14
- DIEDERICH P., 1983. - Le genre Callitriche L. au Grand-Duché de Luxembourg. - *Dumortiera*, 26: 13-22.
- DIEDERICH P., 1983. - Le genre Potamogeton L.s.l. au Grand-Duché de Luxembourg et dans les régions voisines. - *Dumortiera*, 27: 26-36.
- DIEDERICH P., 1984. - Le genre Ranunculus L. subgen. Batrachium (DC.) Gray au Grand-Duché de Luxembourg. - *Dumortiera*, 28: 1-6.
- DIEDERICH P., 1984. - Les monocotylédones aquatiques (excl. Potamogeton s.l.) du Grand-Duché de Luxembourg. - *Dumortiera*, 29-30: 34-41.
- DUVIGNEAUD J., H.D. SCHOTSMAN, 1977. - Le genre Callitriche en Belgique et dans les régions avoisinantes. - *Natura Mosana*, 30 (1): 1-22.
- FABER R., 1971. - Climatologie du Grand-Duché de Luxembourg. - *Publication du Musée d'Histoire Naturelle et de la Société des Naturalistes Luxembourgeois*: 1-48.
- GEHU J.-M. & J.-L. MERIAUX, 1983. - Distribution et caractères phytosociologiques des renoncules du sous-genre Batrachium dans le Nord de la France. - *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 130, *Lettres bot.*:57-67.
- GLÄNZER U., W. HABER & A. KOHLER, 1977. - Experimentelle Untersuchungen zur Belastbarkeit submerser Fließgewässer - Makrophyten. - *Arch. Hydrobiol.*, 79: 193-232.
- GUERLESQUIN M. & J.-L. MERIAUX, 1981. - Characées et végétations associées des milieux aquatiques du Nord de la France. - *Colloques phytosociologiques, X. Végétations aquatiques*: 415-444.
- HABER W. & A. KOHLER, 1972. - Ökologische Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern mit Hilfe höherer Wasserpflanzen. - *Landschaft und Stadt* 4: 159-165.
- HASLAM S., 1978. - River plants. - *Cambridge University Press*: 1-396.
- HASLAM S.M. & P.A. WOLSELEY, 1981. - River vegetation. - *Cambridge University Press*: 1-154.
- HASLAM S.M., 1982. - A proposed method for monitoring river pollution using macrophytes. - *Environmental Technology Letters*, 3: 19-34.
- HASLAM S., C. SINKER & P. WOLSELEY, 1982. - British water plants. - *Field studies*, 4: 243-351.
- KOHLER A., 1982. - Wasserpflanzen als Belastungsindikatoren. - *Decheniana - Beihefte (Bonn)* 26: 31-42.
- LECLERCQ L., 1977. - Végétation et caractéristiques physico-chimiques de deux rivières de Haute Ardenne (Belgique): la Helle et la Roer supérieure. - *Lejeunia* 88: 1-43.
- LUCIUS M., 1952. - Manuel de la Géologie du Luxembourg. - *Imprimerie de la Cour Victor Buck*: 283-366.
- MERIAUX J.-L. & J.-M. GEHU, 1979. - Réactions des groupements aquatiques et subaquatiques aux changements de l'environnement: 122-141.

- MERIAUX J.-L., 1981. - La classe des Potametea dans le Nord-Ouest de la France. - *Colloques phytosociologiques, X, Végétations aquatiques*: 115-129.
- MERIAUX J.-L., 1981. - Remarque sur la syntaxonomie des Potametea. - *Colloques phytosociologiques, X, Végétations aquatiques*: 131-138.
- MERIAUX J.-L., 1981. - La classe des Phragmitetea dans le Nord-Ouest de la France. - *Colloques phytosociologiques, X, Végétations aquatiques*: 139-147.
- MERIAUX J.-L., 1981. - Le Phalaridetum arundinaceae Libbert 1931 et les végétations à Phalaris arundinacea L. - *Colloques phytosociologiques, X, Végétations aquatiques*: 499-511.
- MERIAUX J.-L. & J.-R. WATTEZ, 1981. - Groupements végétaux aquatiques et subaquatiques de la vallée de la Somme. - *Colloques phytosociologiques, X, Végétations aquatiques*: 370-412.
- MERIAUX J.-L. & J.-M. GEHU, 1981. - Incidences du degré de connaissance taxonomique en synsystème. - II. Le cas des végétations aquatiques. - *Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde*: 269-278.
- MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE, 1971. - Atlas du Luxembourg.
- MOLITOR M., 1974. - Analyse hydrobiologique des cours d'eau du Grand-Duché de Luxembourg. - *Bulletin de la Société des Naturalistes Luxembourgeois* (79): 3-28.
- NOIRFALISE A. & M. DETHIOUX, 1972. - La carte herbagère du Grand-Duché de Luxembourg. - *Annales de Gembloux* 78: 167-177.
- OBERDORFER E., 1977. - Süddeutsche Pflanzengesellschaften. - Teil I. - *Gustav Fischer Verlag*: 1-311.
- OBERDORFER E., 1983. - Pflanzensoziologische Exkursions Flora. - *Verlag Eupen Ulmer Stuttgart*: 1-1051.
- PESSON P., 1980. - La pollution des eaux continentales. - *Gauthier-Villars*: 1-345.
- RUNGE F., 1980. - Die Pflanzengesellschaften Mitteleuropas. - *Aschendorff Münster*: 1-278.
- SEBES, 1973. - L'alimentation en eau potable du Grand-Duché de Luxembourg: 1-167.
- SOUGNEZ N., & M. DETHIOUX, 1975. - La végétation riveraine à hautes herbes nitrophiles en Belgique. - *Beitr. naturk. Forsch. Südw.-Dtl., (34) - Oberdorfer-Festschrift*: 345-356.
- VAN ROMPAEY E. & L. DELVOSALLE, 1979. - Atlas de la Flore belge et luxembourgeoise. - Ptéridophytes et Spermatophytes. - *Patrimoine du Jardin Botanique National de Belgique, Meise*.
- WIEGLEB G. & W. HERR, 1983. - Taxonomie und Verbreitung von Ranunculus subgenus Batrachium in niedersächsischen Fließgewässern unter besonderer Berücksichtigung des Ranunculus penicillatus Komplexes. - *Gött. Flor. Rundbr., 17. Jahrg., Heft 3/4*: 101-150.
- WOLFF C., 1985. - Analyse de la végétation aquatique et de la végétation riveraine de la Haute-Sûre en fonction des perturbations du milieu. - *Mémoire scientifique d'aspirant-professeur, Luxembourg, manuscrit non publié*: 1-237.

Adresse de l'auteur:

Claudine WOLFF

16, rue Pierre-Thinnes, L - 2614 Luxembourg