



HAL
open science

Approche typologique des peuplements de macrophytes aquatiques du marais breton-vendéen : suivi du réseau hydraulique d'une zone expérimentale

Jean-François Marchais

► **To cite this version:**

Jean-François Marchais. Approche typologique des peuplements de macrophytes aquatiques du marais breton-vendéen : suivi du réseau hydraulique d'une zone expérimentale. Sciences de l'environnement. 1997. hal-03806168

HAL Id: hal-03806168

<https://hal.inrae.fr/hal-03806168>

Submitted on 7 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

97/0413



LA RECHERCHE POUR L'INGENIERIE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ENVIRONNEMENT

Université de Bordeaux II
Université d'Enseignement
des Sciences Pharmaceutiques

Département Gestion
des milieux aquatiques

Division Qualité des Eaux

**APPROCHE TYPOLOGIQUE DES PEUPELEMENTS
DE MACROPHYTES AQUATIQUES
DU
MARAIS BRETON-VENDEEN**

Suivi du Réseau Hydraulique d'une zone expérimentale

**MEMOIRE POUR LE DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES
EAU - SANTE - ENVIRONNEMENT**

Présenté et soutenu le 29 octobre 1997 par Jean-François MARCHAIS

Mémoire réalisé à la suite du stage effectué du 2 avril au 30 septembre 1997

Sous la direction de Alain DUTARTRE

Groupement Bordeaux

Octobre 1997

50, avenue de Verdun
BP 3 33611 GAZINET cedex
Tél. 05.57.89.08.00

APPROCHE TYPOLOGIQUE DES PEUPEMENTS
DE MACROPHYTES AQUATIQUES
DU MARAIS BRETON - VENDEEN

Suivi du Réseau Hydraulique d'une Zone Expérimentale

Jean-François MARCHAIS

avril - septembre 1997

Résumé : Depuis 1994, le Cemagref étudie, dans le cadre d'un programme européen de protection des zones humides côtières, le réseau hydraulique d'une zone expérimentale, située dans la partie gérée en eau douce du marais Breton-Vendéen (Loire Atlantique).

Les macrophytes aquatiques ont été choisis comme un des indicateurs de l'environnement, pour caractériser les fossés et pour comprendre le fonctionnement de ce réseau hydraulique.

Faisant suite aux investigations de quantification des végétaux menées depuis 1995, cette étude a pour objectif de définir pour chacune des trois strates de macrophytes les types de peuplement. Nous avons pu suivre leur évolution au cours de la saison végétative, ainsi que l'influence des conditions stationnelles sur leur répartition et leur abondance. Dans ce domaine, la hauteur de vase et la hauteur d'eau sont les deux paramètres les plus déterminants. Nous avons pu montrer l'influence de la strate flottante sur la strate submergée, dont les très forts recouvrements privent cette dernière de l'énergie lumineuse nécessaire à son développement.

Les perspectives de ce travail correspondent à l'élargissement de l'étude à l'ensemble du marais et au croisement de cette typologie avec celle des populations piscicoles, afin de comprendre leur répartition au sein des fossés. Le devenir de ce marais concerne la mise en place d'une gestion raisonnée, basée notamment sur le développement d'une activité piscicole.

Mots-clés : *Macrophytes aquatiques, peuplements, classification ascendante hiérarchique, typologie, zone humide, réseau hydraulique.*

Remerciements

J'exprime en tout premier lieu mes remerciements à Monsieur Le Professeur CANG NGUYEN BA pour m'avoir accueilli au sein du DESS « EAU SANTE ENVIRONNEMENT » de l'Université de Bordeaux 2.

Je remercie tout particulièrement Monsieur M. MARIEU, Directeur du Groupement de Bordeaux, ainsi que Monsieur F. DELMAS, Chef de la division Qualité des Eaux, pour m'avoir reçu au sein du CEMAGREF et m'avoir fait profiter de toute la logistique disponible.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Monsieur A. DUTARTRE, maître de stage, pour la confiance qu'il m'a témoigné et pour l'aide qu'il m'a apporté tout au long de ce travail. Je lui suis reconnaissant de sa grande disponibilité.

Ne sont pas oubliés, Messieurs J. MASSE, C. RIGAUD et P. LAMBERT de la division Ressources Aquatiques Continentales pour leurs conseils et leurs remarques avisées.

Un grand merci, pour leur aide sur le terrain ou au laboratoire pour le fastidieux tri des lentilles d'eau, à Aline MOREAU, Christophe LAPLACE, Bertrand PINEL et Didier LEVEAU.

Et enfin, merci à toute l'équipe du CEMAGREF de Bordeaux pour son accueil chaleureux.

SOMMAIRE

CHAPITRE I INTRODUCTION

CHAPITRE II PRESENTATION DE L'ETUDE

II.1 - INTERET DES ZONES HUMIDES	3
II.2 - CADRE JURIDIQUE	4
II.2.1 - Législation interne	4
II.2.2 - Droit international	5
II.3 - PROGRAMME NORSPA	7
II.4 - OBJECTIFS DE L'ETUDE	8
II.5 - ZONE D'ETUDE	11
II.5.1 - Le Marais Breton-Vendéen	12
II.5.2 - La zone atelier	

CHAPITRE III METHODOLOGIE

III.1 - MACROPHYTES AQUATIQUES	15
III.1.1 - Généralités	15
III.1.2 - Classification	17
III.1.3 - Rôles des macrophytes aquatiques	18
III.2 - METHODES D'ETUDE POUR LA QUANTIFICATION DES VEGETAUX AQUATIQUES	19
III.2.1 - Hydrophytes submergés	20
III.2.1.a - Technique des points-contact	20
III.2.1.b - Allègement du protocole d'étude	21
III.2.1.c - Corrélation Indice d'abondance - Volume	23
III.2.2 - Hydrophytes flottants	24
III.2.2.a - Recouvrement et représentativité	24
III.2.2.b - Biomasse sèche	25
III.2.3 - Hélophytes	25
III.2.4 - Paramètres mésologiques	26

CHAPITRE IV BILAN DES ETUDES ANTERIEURES

CHAPITRE V CAMPAGNES DE TERRAIN DE L'ANNEE 1997

V.1 - RAPPELS DES OBJECTIFS	30
V.2 - RESULTATS	31
V.3 - CONCLUSION	40

CHAPITRE VI TYPOLOGIE DES MACROPHYTES AQUATIQUES

VI.1 - ANALYSE DES DONNEES	41
VI.1.1 - Gestion des données	41
VI.1.2 - Principe de l'analyse	41
VI.2 - CONDITIONS STATIONNELLES	43
VI.2.1 - Caractéristiques des fossés de la zone expérimentale	43
VI.2.1.a - Paramètres morphologiques	43
VI.2.1.b - Qualité de l'eau	44
VI.2.2 - Typologie des stations étudiées	46
VI.2.2. a - Caractéristiques morphométriques globales des stations de prélèvement	46
VI.2.2.b - Approche typologique Morphométrique	47
VI.3 - ANALYSE GLOBALE DES PARAMETRES FLORISTIQUES	52
VI.3.1 - Evolution de la strate des Hydrophytes submergés	52
VI.3.1.a - Richesse spécifique	52
VI.3.1.b - Fréquence	53
VI.3.1.c - Abondance	54
VI.3.1.d - Volume	56
VI.3.2 - Evolution de la strate des Hydrophytes flottants	58
VI.3.2.a - Richesse spécifique et fréquence	58
VI.3.2.b - Recouvrement	59
VI.3.2.c - Biomasse sèche	61
VI.3.3 - Evolution de la strate des Hélophytes	63
VI.3.3.a - Richesse spécifique	63
VI.3.3.b - Fréquence	63
VI.3.3.c - Recouvrement	64

VI.4 APPROCHE TYPOLOGIQUE DES PEUPEMENTS	67
VI.4.1 - Typologie des stations a l'aide de l'abondance globale des trois strates	68
VI.4.1.a - Résultats	68
VI.4.1.b - Discussion	70
VI.4.2. - Strate Hydrophytes submergés	71
VI.4.2.a - Distribution spatiale des types de peuplement	74
VI.4.2.b - Répartition mensuelle des types de peuplement	76
VI.4.2.c - Discussion	77
VI.4.3. - Strate Hydrophytes flottants	78
VI.4.3.a - Distribution spatiale des types de peuplement	81
VI.4.3.b - Répartition mensuelle des types de peuplement	82
VI.4.3.c - Discussion	84
VI.4.4. - Strate Hélophytes	84
VI.4.4.a - Distribution spatiale des types de peuplement	87
VI.4.4.b - Répartition mensuelle des types de peuplement	89
VI.4.4.c - Discussion	89
VI.5 - INFLUENCE ENTRE LES STRATES	91
VI.5.1 - Influence strate submergée - strate flottante	91
VI.5.2 - Influence strate submergée - Hélophytes	92
VI.5.3 - Influence strate flottante - Hélophytes	92
VI.6 - INFLUENCE DE LA QUALITE DE L'EAU	93
VI.7 - CAS PARTICULIER DES STATIONS CUREES	96

CHAPITRE VII SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES
--

GLOSSAIRE	109
BIBLIOGRAPHIE	112
LISTE DES TABLEAUX	116
LISTE DES GRAPHS	118
LISTE DES FIGURES	120
LISTE DES CARTES	120
ANNEXES	121

SOMMAIRE ANNEXES

ANNEXE 1 ESPECES RENCONTREES SUR LE MARAIS BRETON

**ANNEXE 2 ESSAIS D'ALLEGEMENT DU PROTOCOLE DE QUANTIFICATION
DES HYDROPHYTES SUBMERGES**

ANNEXE 3 CORRELATION INDICE D'ABONDANCE - VOLUME

ANNEXE 4 RESULTATS CAMPAGNES DE TERRAIN 1997

ANNEXE 5 TYPOLOGIE DES PEUPLEMENTS

ANNEXE 6 LEGISLATION

ANNEXE 7 QUALITE DE L'EAU

CHAPITRE I ~ INTRODUCTION

On assiste depuis plusieurs dizaines d'années à une réduction massive à travers le monde des surfaces occupées par les zones humides. En France par exemple, elles ne représentent plus que 2 % du territoire, soit 8 millions d'hectares.

L'extension des zones urbaines, la mise en place d'une agriculture intensive, le drainage et la pollution sont à l'origine de la destruction de ces milieux et en particulier des marais littoraux pourtant souvent façonnés à l'origine par la main de l'homme (exemple des marais salants).

Le constat est d'autant plus inquiétant que l'on a pris conscience du rôle important que jouent ces zones humides côtières dans l'équilibre du littoral. En plus de leur importance hydraulique et hydrologique, ces milieux sont des lieux d'échange et de productivité, abritant une faune et une flore particulières. Les zones humides côtières, en position charnière entre le continent et le milieu marin, sont des réserves de vie et leur destruction réduit la production biologique et retentit sur la richesse de tout le littoral.

Si on connaît aujourd'hui les rôles écologiques fondamentaux que jouent ces marais, force est de constater l'absence de données et la grande méconnaissance de la complexité et du fonctionnement de leur réseau hydraulique.

Ainsi, le Cemagref de Bordeaux étudie depuis plusieurs années, notamment dans le cadre d'un programme européen de protection des zones côtières (projet NORSPA), un marais littoral situé au nord de la Vendée, le **Marais Breton-Vendéen**, dont la particularité réside en un réseau complexe de fossés secondaires.

Le marais Breton-Vendéen est une région entièrement aménagée par l'Homme depuis le début de l'ère chrétienne pour la production salicole, halieutique et agricole. Ce marais subit aujourd'hui une déprise agricole et une désertification, dont les conséquences se traduisent par un mauvais entretien et un dysfonctionnement du réseau hydraulique. On observe en effet un envasement important sur de nombreux fossés, réduisant les mouvements d'eau et empêchant de cette manière le marais de remplir pleinement ses fonctions écologiques (amortissement des crues, épuration des eaux).

Depuis 1994, le Cemagref suit plus particulièrement une zone de 380 hectares, située dans la partie nord du marais gérée en eau douce.

L'objectif du suivi de cette zone expérimentale est de pallier tout d'abord au manque de connaissances concernant l'organisation spatiale, le mode de fonctionnement, les qualités environnementales (qualité de l'eau, peuplements végétaux et piscicoles) et la dynamique de l'évolution du réseau hydraulique.

Au moyen de descripteurs quantitatifs et qualitatifs des fossés (indices de fonctionnement, d'entretien, de qualité biologique), les investigations doivent contribuer à expliquer les interactions "milieux - usages", ceci dans l'optique d'instaurer des règles d'une gestion environnementale de ce marais.

INTRODUCTION

Les macrophytes aquatiques présentent des fonctions multiples dans les zones humides, ils interviennent dans la consommation des nutriments, dans les cycles de l'oxygène et du pH et dans l'accumulation des sédiments fins. Ils ont aussi une importance dans la structuration des habitats des animaux aquatiques (invertébrés, poissons, batraciens et oiseaux inféodés aux milieux aquatiques).

La connaissance des relations entre qualité des milieux et la nature de leurs peuplements végétaux permet d'apprécier la qualité biologique des eaux, de suivre la répartition des populations animales et en particulier des populations piscicoles et de mieux comprendre le rôle fonctionnel des végétaux au sein de ces écosystèmes.

C'est la raison pour laquelle, les macrophytes aquatiques ont été choisis dans le cadre du programme NORSPA comme indicateurs de l'environnement, afin d'étudier la zone expérimentale du marais Breton-Vendéen.

En ce qui concerne donc la composante végétale des canaux, les études menées depuis 1994 sur les Macrophytes aquatiques ont permis d'établir les espèces dominantes, de quantifier et caractériser les peuplements et de suivre leur évolution au cours de la saison végétative (mai à octobre).

Le travail présenté ici fait suite à ces études. Son objectif principal est d'établir une typologie des fossés de la zone expérimentale à l'aide des Macrophytes, afin de définir un état de référence.

L'approche typologique concernera chacune des trois strates de macrophytes aquatiques, pour lesquelles seront définis différents types de peuplement, établis à partir d'une classification hiérarchique des données d'abondances des diverses espèces, recueillies sur la zone d'étude lors des campagnes de terrain.

On suivra en particulier à l'aide d'analyses multivariées la répartition des types de peuplement au cours de la saison végétative, en fonction des types de fossés et de la qualité de l'eau.



CHAPITRE II - PRESENTATION DE L'ETUDE

II.1 - INTERET DES ZONES HUMIDES

Les zones humides côtières constituent des milieux riches, abritant une faune et une flore unique. Elles présentent des propriétés et un fonctionnement particulier, qui leur confèrent des intérêts écologiques majeurs.

Ces écosystèmes complexes présentent une productivité et une diversité biologique exceptionnelles, ce qui permet de rendre plus évidente l'importance de ces milieux pour l'avenir de la planète. Ils remplissent notamment une fonction écologique fondamentale (**habitat et lieu de reproduction de nombreuses espèces animales et végétales**) et jouent également un rôle-clé, dans la conservation et la gestion des ressources en eau douce (**épuration des eaux par absorption des nutriments, amortissement des crues, recharge des nappes phréatiques**).

L'originalité et la diversité des biotopes et des biocénoses des zones humides en font des secteurs à haut intérêt paysager.

Les zones humides représentent aussi des supports aux activités humaines. Les pratiques traditionnelles, que sont la pêche et l'élevage, se sont révélées au cours des siècles compatibles et même profitables à la conservation de ces milieux. En effet, le maintien de ces activités a permis d'assurer l'entretien des plans d'eau et des fossés, de même que le pâturage par les animaux a engendré une plus grande diversité de la végétation

Aujourd'hui les zones humides offrent un éventail d'activités de plein air (chasse, randonnée, équitation, pêche de loisir..) qui conduit de plus en plus de personnes à les fréquenter. Le tourisme constitue donc un nouveau moyen d'essor économique pour désenclaver ces zones rurales. Toutefois, les équipements et les infrastructures nécessaires à l'accueil d'une population supplémentaire peuvent être de nature à nuire aux fonctions essentielles des zones humides.

Depuis le début du siècle, en France comme en Europe, ces zones aménagées disparaissent sous les travaux d'urbanisation, de développement industriel, de drainage ou d'assèchement et aussi du fait de l'abandon des activités traditionnelles. En effet, confrontées aux productions intensives, de nombreuses productions traditionnelles adaptées aux zones humides ne peuvent rester viables économiquement si elles n'évoluent pas. Les zones humides sont alors prises entre deux menaces, l'abandon ou une intensification fondée sur des modifications radicales du milieu. L'abandon conduit à la perte économique et mène le plus souvent à une évolution régressive du milieu. Quant aux tentatives d'intensification, elles conduisent automatiquement à un effet négatif sur l'environnement.

La résolution de ces problèmes passe par la mise au point et la promotion de technique de valorisation spécifique des zones humides, fondées sur des productions et des utilisations adaptées au milieu. C'est la raison pour laquelle de nombreuses études scientifiques ont été réalisées ces dernières années, afin de mieux comprendre le fonctionnement de ces milieux et appréhender de manière rigoureuse leur gestion.

II.2 - CADRE JURIDIQUE

La prise de conscience de la préservation des zones humides est assez récente. Ce n'est que depuis une vingtaine d'années, que les instances scientifiques et politiques ont compris l'intérêt primordial de ces zones et la nécessité absolue de les protéger contre les pressions de l'urbanisme, du tourisme et de l'activité agricole.

Mais cette reconnaissance est toute théorique et il n'existe aujourd'hui en France aucune politique d'ensemble concernant les zones humides. Néanmoins, des mesures de protection sont envisagées dans des textes nationaux mais aussi internationaux, qui permettent tout de même de limiter les dégradations massives de ces milieux.

II.2.1 - LEGISLATION INTERNE

Le dispositif législatif, sur lequel est fondée la politique conduite en FRANCE en matière de protection des milieux aquatiques et donc des zones humides, repose essentiellement sur les textes suivants :

☞ La **Loi du 16 septembre 1964** relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre la pollution.

☞ La **Loi du 10 juillet 1976** relative à la protection de la nature, qui reconnaît les zones humides comme des territoires à protéger.

☞ La **Loi du 29 juin 1984** relative à la pêche et à la gestion des ressources piscicoles.

☞ En outre, la **Loi du 6 janvier 1986** « Loi littoral », qui devait permettre une protection globale du littoral, n'a abouti tout au plus qu'à quelques mesures pour la préservation de ces milieux (cités au nombre d'espaces caractéristiques du patrimoine naturel du littoral).

L'article **L. 146-6 du Code de l'urbanisme** issu de la loi du littoral fixe bien, que toute décision en matière d'urbanisme doit prendre en compte la nécessité de protéger ces milieux caractéristiques, mais le texte renvoyait à un décret pour fixer la liste de ces espaces.

☞ Il faut attendre la **Loi sur l'Eau du 3 janvier 1992** pour voir pris en compte la nécessité de protéger les écosystèmes aquatiques et les zones humides.

Parallèlement à la reconnaissance de la valeur de l'eau comme « patrimoine commun de la nation », la loi sur l'eau donne une identité juridique aux zones humides, en définissant ces caractéristiques :

« On entend par zones humides des terrains exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salées ou saumâtres, de façon permanente ou temporaire. La végétation quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année »

PRESENTATION DE L'ETUDE

L'ensemble de ces lois concourent à la poursuite des objectifs suivants :

- protection de l'eau sur le plan quantitatif et qualitatif,
- assurer une gestion équilibré de l'eau en tant que ressource indispensable,
- préservation des milieux aquatiques,
- planification des usages de l'eau.

Il existe d'autre part, toute une série de moyens permettant aux autorités publiques de protéger les zones humides. En effet, on peut citer :

- **l'article R. 123-8-1 du Code de l'urbanisme** qui indique que les documents graphiques doivent faire apparaître les zones naturelles, notamment celles à protéger du fait de leur intérêt.
- **Le décret du 23 décembre 1985** découlant de la **Loi « pêche » de 1984**, qui fixe les conditions de concessions et autorisations de pisciculture. Il fournit ainsi un moyen de protection pour les zones humides communiquant avec des piscicultures.

Ensuite, le classement en parcs naturels et en réserves naturelles, défini par la **Loi du 10 juillet 1976** relative à la protection de la nature, a permis la préservation de certaines zones humides. Un **décret du 25 avril 1988** précise que peuvent faire l'objet d'un classement à l'initiative des régions, les territoires ayant la qualité d'un patrimoine naturel et culturel afin d'en assurer la protection.

II.2.2 - DROIT INTERNATIONAL

En ce qui concerne les zones humides, la prise de conscience au niveau international s'est traduite par **une convention signée le 3 février 1971 à Ramsar** (Iran). Cette convention n'est entrée en vigueur qu'en 1975 et a été amendée en 1987. Elle réunit aujourd'hui plus d'une soixantaine d'Etats.

Cette convention définit les zones humides comme :

« des étendues de marais, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas 6 mètres. »

La convention a été extrêmement bénéfique aux zones humides, même si son objectif initial était simplement de protéger les oiseaux. En effet, la convention donne la définition des zones humides et oblige les états à faire en sorte que, lors de l'élaboration de leurs plans d'aménagement du territoire, il soit tenu compte de la nécessité de conserver les zones humides figurant sur la liste des zones humides d'importance internationale. En outre, ce texte fait part de l'obligation de favoriser une utilisation rationnelle de ces milieux, mais l'imprécision de cette obligation rend ses effets douteux.

PRESENTATION DE L'ETUDE

Actuellement 546 sites couvrant 32 650 000 hectares, dont huit sites français sont inscrits à cette convention.

On peut regretter au niveau européen que les états membres ne soient pas obligés de ratifier cette convention, ce qui dénote par ailleurs un manque de volonté politique.

Le droit communautaire est en effet peu développé dans le domaine de la conservation des milieux aquatiques, même si l'Acte Unique signé en 1987 donne mandat à la Communauté Européenne de préserver, protéger et améliorer la qualité de l'environnement. On note tout de même un certain nombre de Directives qui ont pour objet la protection des eaux et la gestion des milieux.

- * Les Directives Oiseaux de 1979 et 1985,
- * La Directive 78/659 CEE concernant la qualité des eaux piscicoles,
- * La Directive 79/923 CEE concernant la qualité des eaux conchylicoles,
- * La Directive « Habitat » de 1992, visant à la protection des zones fragiles.

La Directive HABITATS, directive 92/43/CEE du Conseil Européen du 21 mai 1992 concerne la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. Cette directive « Habitats » vise non seulement à protéger les plantes et les animaux les plus menacés de la Communauté, mais surtout, les types d'habitats naturels en tant que tels et non plus seulement comme milieux de vie d'espèces. Elle prend en compte des espèces et des biotopes menacés à travers l'Europe et considérés comme étant d'importance communautaire. Il s'agit donc de définir au niveau de chaque pays membre de l'Union des zones de conservation spéciale constituant les maillons du réseau européen NATURA 2000 comprenant également des corridors écologiques de liaison basés sur des zones protégées déjà existantes, créées dans le cadre d'autres directives ou de conventions internationales.

La mise en œuvre de la loi sur l'eau et des diverses directives européennes existantes ou à venir et le développement des bases de données dans le domaine de la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques vont se traduire dans les prochaines années par :

- ✓ un accroissement des connaissances et un meilleur suivi de la qualité de l'eau,
- ✓ la prise en compte de l'état de santé des écosystèmes aquatiques dans les procédures de gestion et d'aménagement des milieux

Cette évolution va nécessiter de disposer de données suffisantes et fiables sur les milieux aquatiques et leur fonctionnement.

II.3 - PROGRAMME NORSPA

Face à la réduction massive des zones humides, engendrées notamment par les pressions urbaines et agricoles, on note aujourd'hui un regain d'intérêt pour la protection et la valorisation de ces milieux fragiles. Ces préoccupations grandissantes de conservation de ces zones, se traduisent par un nombre accru de recherches scientifiques, dont les objectifs visent à une meilleure compréhension de leur fonctionnement, permettant à terme leur gestion intégrée rationnelle.

NORSPA, le programme européen de protection de l'environnement mis en place en 1991, s'inscrit ainsi dans ce cadre. Son objectif tend à la protection des zones côtière de l'Océan Atlantique et de la Mer du Nord. Cette étude d'ampleur importante s'étend sur cinq années, de 1993 à 1997.

Carte n°1 : Localisation de la Baie de Bourgneuf



La Baie de Bourgneuf (Loire Atlantique) a fait l'objet de différentes démarches coordonnées, visant à améliorer la gestion de cette zone fragile du littoral :

- schéma de mise en valeur de la mer,
- contrat de baie,
- programme d'opérations pilotes pour la protection de l'environnement.

Ces actions intègrent différents aspects (économiques, écologiques, sociologiques...) et ont donc été retenues dans le cadre du programme NORSPA. Ces démarches ont été menées conjointement par les services de l'état et les élus locaux, regroupés au sein de l'Association pour l'Etude du Schéma de Mise en Valeur de la Baie de Bourgneuf.

PRESENTATION DE L'ETUDE

Divers travaux ont été entrepris sur ce site depuis le début de ce projet en 1993, ils concernent notamment :

- l'amélioration de la connaissance concernant les processus de pollution agricole et la définition d'une méthode de lutte contre ces pollutions,
- la restauration du réseau hydraulique et de sa valeur piscicole,
- un observatoire de la qualité des eaux permettant d'évaluer l'efficacité des actions entreprises,
- l'amélioration de la qualité écologique pour favoriser la nidification de l'avifaune,
- un volet communication - animation (sensibilisation du public).

Ce programme comporte donc diverses approches, afin de définir des critères de qualité (qualité de l'eau, qualité du milieu), de proposer des outils et des règles de gestion simple, ceci dans le but de permettre une valorisation harmonieuse du milieu sur les plans de l'écologie et des activités humaines.

Les finalités de ce programme visent en effet à garantir la préservation des zones humides, qui sont de moins en moins entretenues, du fait notamment de la déprise agricole.

Ce programme vient à la suite d'une étude sur la qualité des eaux en Baie de Bourgneuf, menée de 1993 à 1996. Les moyens mis en oeuvre pour la protection de ce milieu sont la restauration du réseau hydraulique secondaire et la mise en place d'une gestion piscicole, visant à l'exploitation halieutique raisonnée du marais.

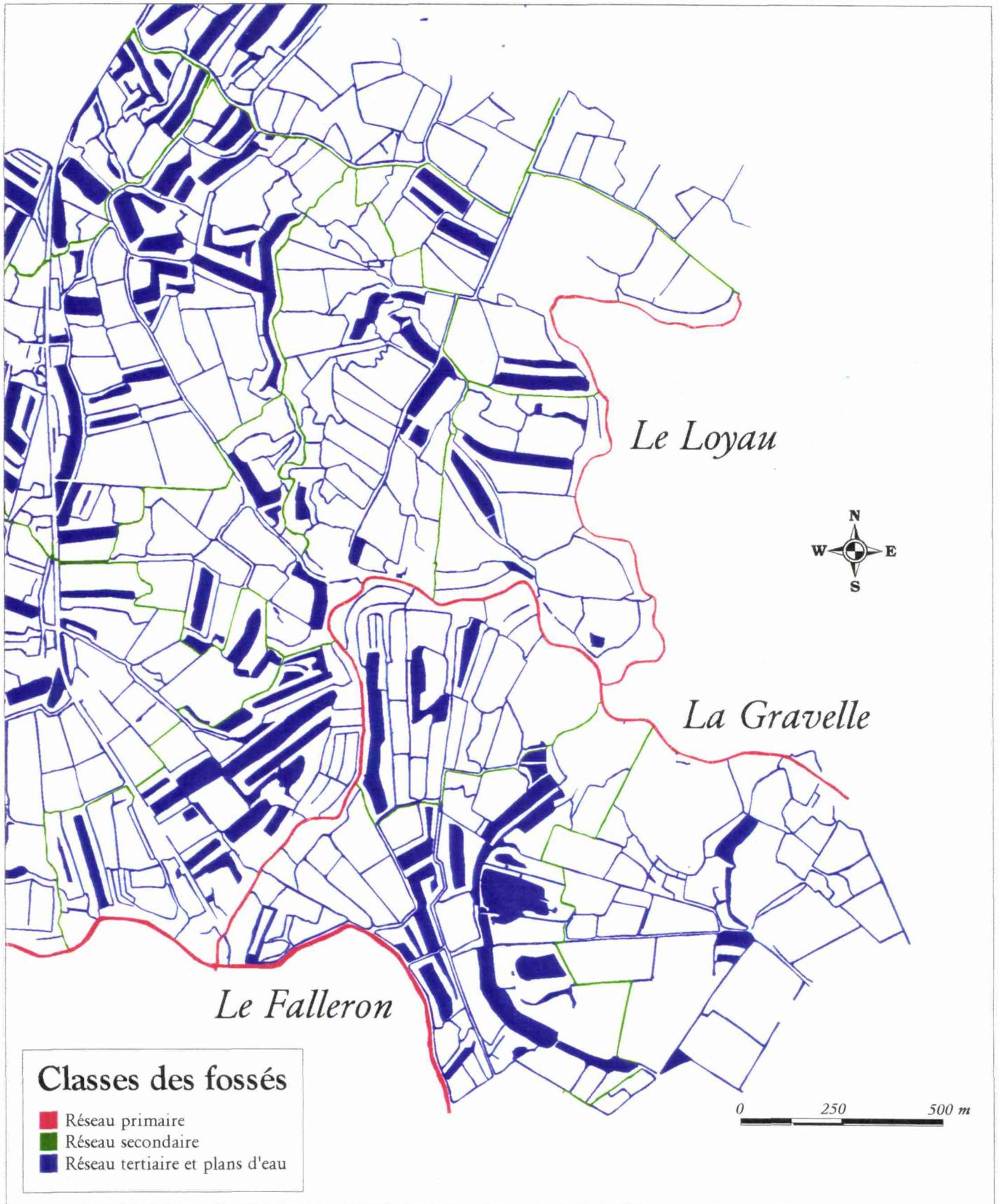
Les travaux d'étude ont donc été confiés au Cemagref de Bordeaux, dont plusieurs divisions sont impliquées dans ce projet (Ressources Aquatiques Continentales, Qualité des Eaux, Production et Economie Agricole). D'autres organismes de recherches participent au projet NORSPA dans le marais Breton-Vendéen, il s'agit de l'I.F.R.E.M.E.R. pour tout ce qui concerne la qualité de l'eau dans la Baie et de l'I.N.R.A. pour la partie agricole.

II.4 - OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les canaux du marais Breton appartiennent à un réseau hydraulique souvent mal entretenu, qui présente de nombreux dysfonctionnements. On observe en particulier des phénomènes d'érosion des berges et des développements végétaux importants, qui accentuent le comblement des fossés, restreignant ainsi les rôles écologiques que peut jouer un tel marais.

La dégradation du réseau hydraulique, l'absence d'entretien et la mauvaise qualité physico-chimique du milieu aquatique ont bien sûr leurs conséquences sur la qualité des habitats, supports potentiels d'une importante richesse biologique floristique et faunistique.

Comprendre le fonctionnement du réseau secondaire et étudier son évolution sont les objectifs des études menées sur la zone expérimentale depuis 1994, qui permettront à terme de proposer des mesures de gestion et d'entretien du marais.



(Carte J. MASSE, Division Ressources Aquatiques Continentales)

Carte n°2 : Marais de Bourgneuf-Machecoul
Réseau hydraulique de la zone expérimentale Life-Norspa

PRESENTATION DE L'ETUDE

La présente étude s'inscrit donc dans cette démarche, dont nous rappelons ici les objectifs à long et moyen terme.

Objectifs à long terme :

- Restauration du réseau secondaire et travaux d'aménagement,
- Entretien du marais,
- Optimisation d'une gestion piscicole dans l'optique d'une exploitation halieutique raisonnée sur le marais dulçaquicole (2700 ha).

Objectifs à moyen terme :

- Connaissance des fonctions écologiques du marais,
- Connaissance du fonctionnement du réseau hydraulique,
- Compréhension des problèmes qui se posent en terme de qualité de l'eau,
- Comparaison des peuplements de macrophytes et des peuplements piscicoles pour préciser l'évolution spatiale de la répartition de l'ichtyofaune.

L'objectif de notre étude est d'établir à partir des données recueillies sur plusieurs années une typologie des fossés de la zone expérimentale à l'aide des macrophytes aquatiques.

Cette étude présente deux axes :

⇒ Acquisition de données supplémentaires :

- Poursuite des études de quantification des macrophytes aquatiques au cours de trois campagnes de terrain sur 33 stations de prélèvement. Seuls les résultats des campagnes de terrain de juin et août seront pris en compte dans cette présente étude.
- Allègement du protocole : Dans un souci de réduire le protocole de quantification des Hydrophytes submergés, nous étudierons la possibilité de réduire le nombre de prélèvements par station, sans entraîner pour autant une perte d'information.
- Essais de corrélation de deux paramètres quantitatifs décrivant la strate des Hydrophytes submergés, dans l'optique d'alléger les protocoles d'étude de cette strate.

⇨ Approche typologique des fossés à l'aide des macrophytes aquatiques :

- Mise en forme des données recueillies de 1995 à 1997 pour les traitements statistiques : transformation des informations en données semi-quantitatives (classes d'abondance et de recouvrement).
- Analyse des données floristiques pour établir une typologie des peuplements : travail effectué pour chacune des strates de macrophytes aquatiques.
- Analyse des paramètres mésologiques pour établir une typologie des fossés.
- Comparaison des deux typologies pour expliquer la répartition des types de peuplement de macrophytes aquatiques en fonction des paramètres mésologiques des fossés (hauteur d'eau, hauteur de vase, largeur..).
- Etude de l'évolution temporelle des types de peuplement.
- Analyse des influences entre les strates de macrophytes aquatiques
- Analyse de l'influence de la qualité de l'eau

Enfin, une discussion des résultats nous permettra d'établir les caractéristiques générales de chacune des strates de macrophytes.

II.5 - ZONE D'ETUDE

La Baie de Bourgneuf se situe au sud de l'estuaire de la Loire. Elle est bordée à l'est par le marais Breton, dont elle reçoit les eaux d'écoulement et à l'ouest par l'île de Noirmoutier. Cet ensemble géographique (cf. : carte de la Baie de Bourgneuf, Chapitre II.3) est un important lieu d'échange hydrosédimentaire avec le milieu terrestre qui confère à la baie un intérêt biologique et écologique majeur.

De tout temps, l'homme a utilisé ce potentiel naturel pour mieux l'adapter à ses besoins. Aujourd'hui, la Baie de Bourgneuf a une vocation aquacole et conchylicole bien affirmée, et correspond à une destination touristique de premier ordre, par l'agrément qu'elle présente.

Le développement urbain, l'abandon de certaines pratiques traditionnelles et la régression de l'agriculture ont modifié peu à peu l'environnement de la Baie et sont susceptibles de nuire aux usages les plus sensibles.

Ce sont les raisons pour lesquelles, les élus de cette région se sont lancés dans des démarches de protection et de réhabilitation de la baie.

II.5.1 - LE MARAIS BRETON

Le marais Breton-Vendéen, situé donc sur la façade atlantique, borde la Baie de Bourgneuf. Représentant une superficie de 36.000 hectares, ce marais s'étend sur deux départements, la Loire Atlantique et la Vendée.

Ce marais côtier se compose en fait de deux parties distinctes :

- * le marais de **Bouin-Bourgneuf-Machecoul** au nord (16.000 ha),
- * le marais de **Mont-Challans** au sud (20.000 ha)

Ces deux marais sont d'origine identique mais ont suivi une évolution différente; le marais nord résultant d'un colmatage par endiguements et cordons sableux, le marais sud a été isolé des eaux de la Baie de Bourgneuf par un cordon littoral naturel boisé.

Le marais Breton-Vendéen se présente comme une vaste étendue plane, en prolongement de la baie, séparée de cette dernière par des digues ou des cordons sableux. Cette zone humide se compose d'une grande diversité de milieux. La terre consacrée aux prairies naturelles est parsemée de fossés et de petits plans d'eau, témoignant d'un passé salicole récent.

L'ensemble de cette zone bénéficie, par sa situation géographique, d'un climat océanique caractérisé par sa douceur et son humidité. La température moyenne annuelle est 12,4°C, les pluies abondantes sont de l'ordre de 777 mm par an, réparties sur 159 jours (données de Météo-France).

La géologie de cette zone est issue d'une succession de transgressions, qui ont apporté au cours des temps, calcaires gréseux, sables calcaires, marnes. La dernière transgression en date correspond au Flandrien (- 10.000 ans), qui a vu la mise en place du bri (sédiment argileux).

L'essentiel du marais est donc constitué par le bri, sédiment marneux plus ou moins compact, dont la couleur varie en fonction de l'âge des dépôts et des vitesses de sédimentation.

Constitué à 50 % d'illite et 30 % de kaolinite, le bri correspond à une couche dont la profondeur varie de 5 à 7 mètres sur le marais. En été, la dessiccation du bri est importante alors que, lors de la période humide il a un aspect vaseux.

Les intérêts suscités par cette zone humide ont semblé suffisants pour qu'elle puisse s'inscrire dans le cadre d'un projet européen, tel que le programme NORSPA.

II.5.2 - ZONE ATELIER

La zone d'étude du programme NORSPA se situe au sein de la partie nord du marais Breton, sur les communes de Machecoul, Fresnay en Retz (département de la Loire Atlantique). Cette partie du marais est, comme il a été dit précédemment, isolée de la Baie de Bourgneuf par un ensemble de digues.

PRESENTATION DE L'ETUDE

La zone expérimentale est donc gérée en eau douce et s'articule autour de l'étier de la Gravelle; l'alimentation principale en eau provenant du Falleron, qui coule au niveau de Machecoul.

Elle s'étend sur 380 hectares dont 79 hectares (soit 21%) sont en eau et correspond à un réseau complexe de fossés.

Les intérêts de cette zone atelier, pour lesquels elle a été intégrée dans le projet NORSPA, portent sur :

- * existence de plusieurs types de fossés (étiers, écours, fossés secondaires),
- * existence de divers usages du marais,
- * existence de plusieurs formes de gestion de l'eau à petite échelle,
- * fossés peu entretenus,
- * suivis piscicoles depuis 1988.

PRESENTATION DE L'ETUDE

Figure n°1 : Ecours, bordé d'iris



Figure n°2 : Fossé secondaire bordé de phragmites et couvert de lentilles d'eau



(Photos A. DUTARTRE, 1996)

CHAPITRE III - METHODOLOGIE

III.1 - MACROPHYTES AQUATIQUES

III.1.1 - GENERALITES

Le milieu aquatique, par ses caractéristiques particulières, détermine des peuplements végétaux très spécifiques. Les diverses espèces qui colonisent cet habitat présentent de multiples adaptations, grâce auxquelles elles ont pu faire face aux contraintes physiques et chimiques (profondeurs, courant, lumière, température, teneur en éléments minéraux....), et assurer une colonisation efficace et rapide. Ces stratégies adaptatives concernent en particulier la reproduction. Les espèces aquatiques ont en effet développé de nombreuses formes de multiplication asexuée et d'organes de survie pour résister à la saison froide. On note aussi des adaptations du système conducteur et la présence de lacunes aérifères favorisant la flottaison.

La variabilité des structures et des formes rencontrées, les difficultés d'exploration inhérentes à ce milieu, font de la flore aquatique l'une des moins bien connues.

Les végétaux aquatiques auxquels nous nous intéressons pour cette présente étude sont les macrophytes, ils correspondent aux plantes que l'on peut individualiser visuellement.

Les macrophytes sont des végétaux autotrophes, c'est à dire, capables de réaliser la synthèse de leurs composés organiques à partir des éléments minéraux prélevés dans le milieu et d'une source d'énergie extérieure (énergie solaire). Ils possèdent des tissus spécialisés, qui leur permettent d'assurer certaines fonctions comme la circulation, la protection, la rigidité... Les macrophytes les plus évolués possèdent des organes végétatifs (racines, rhizomes et tiges feuillées) et des organes reproducteurs.

* système racinaire :

Les racines sont plus ou moins développées chez les macrophytes et peuvent être parfois absentes comme chez *Wolffia arrhiza* (une petite lentille d'eau). Les racines assurent, comme chez les plantes terrestres, l'ancrage dans le substrat et la nutrition minérale. Chez les hydrophytes flottants, les racines n'assurent pas le rôle de fixation au substrat puisque ces individus sont libres, mais participent simplement au prélèvement des éléments minéraux à partir du compartiment eau.

* système foliaire :

L'adaptation de l'appareil foliaire consiste en une augmentation des surfaces d'échange, grâce à un fort découpage des limbes et en une réduction de l'épaisseur des feuilles. Les feuilles fines opposeraient en effet moins de résistance au courant. On note aussi un polymorphisme foliaire, notamment chez les Hydrophytes submergés, qui affleurent et développent une partie de leur appareil végétatif ou reproducteur à l'air libre.

* **adaptations histologiques** :

Du fait du rôle de l'eau dans le port des macrophytes, on note une réduction des tissus de soutien. De même, le système conducteur est généralement réduit puisque les plantes vivent dans un milieu riche en eau et en sels minéraux.

* **reproduction** :

Il existe deux formes de reproduction chez les macrophytes aquatiques, une reproduction sexuée, grâce à laquelle le nouvel individu prend naissance à partir de la fusion de deux gamètes et une reproduction asexuée (végétative). Ce second principe de reproduction est plus fréquent chez les macrophytes aquatiques.

- **reproduction sexuée** : elle fait intervenir des organes reproducteurs, qui permettent la fécondation, pour aboutir à un fruit. La fleur est généralement formée de pièces florales réduites et discrètes. Elle peut rester submergée et libérer le pollen dans le milieu aquatique. La plupart des macrophytes aquatiques possèdent tout de même des fleurs, qui après s'être formées dans l'eau, viennent éclore à la surface. La pollinisation s'effectue alors par le vent et par les animaux.

- **reproduction asexuée** :

La reproduction végétative s'effectue sans l'intervention d'organes reproducteurs et exclut donc tout brassage génétique. Les individus obtenus sont semblables à l'individu parent. Assez répandue, elle se réalise soit par bourgeonnement ou par des boutures naturelles.

Il existe aussi des organes végétatifs, enfouis dans le sol, qui permettent la fixation dans les sédiments, le maintien hivernal de l'espèce et assurent la propagation.

* **Physiologie** :

L'absorption des nutriments se fait par les racines ou par diffusion directe des éléments nutritifs à travers les tissus des tiges et des feuilles.

La croissance de ces végétaux se déroule selon un cycle annuel :

Toutes les espèces croissent rapidement durant le printemps et atteignent leur biomasse maximum en été. En Automne et Hiver, certaines cessent leur croissance ou d'autres meurent en laissant des organes de survie, graines ou rhizomes.

* **Facteurs de distribution** :

La présence d'une espèce en un lieu résulte des phénomènes de propagation et d'adaptation à ce biotope. Les facteurs abiotiques peuvent exercer des contraintes sur son développement et limiter la production. Divers facteurs influent donc sur la répartition des espèces et empêchent leur propagation :

- lumière
- profondeur de l'eau
- qualité de l'eau
- substrat
- courant

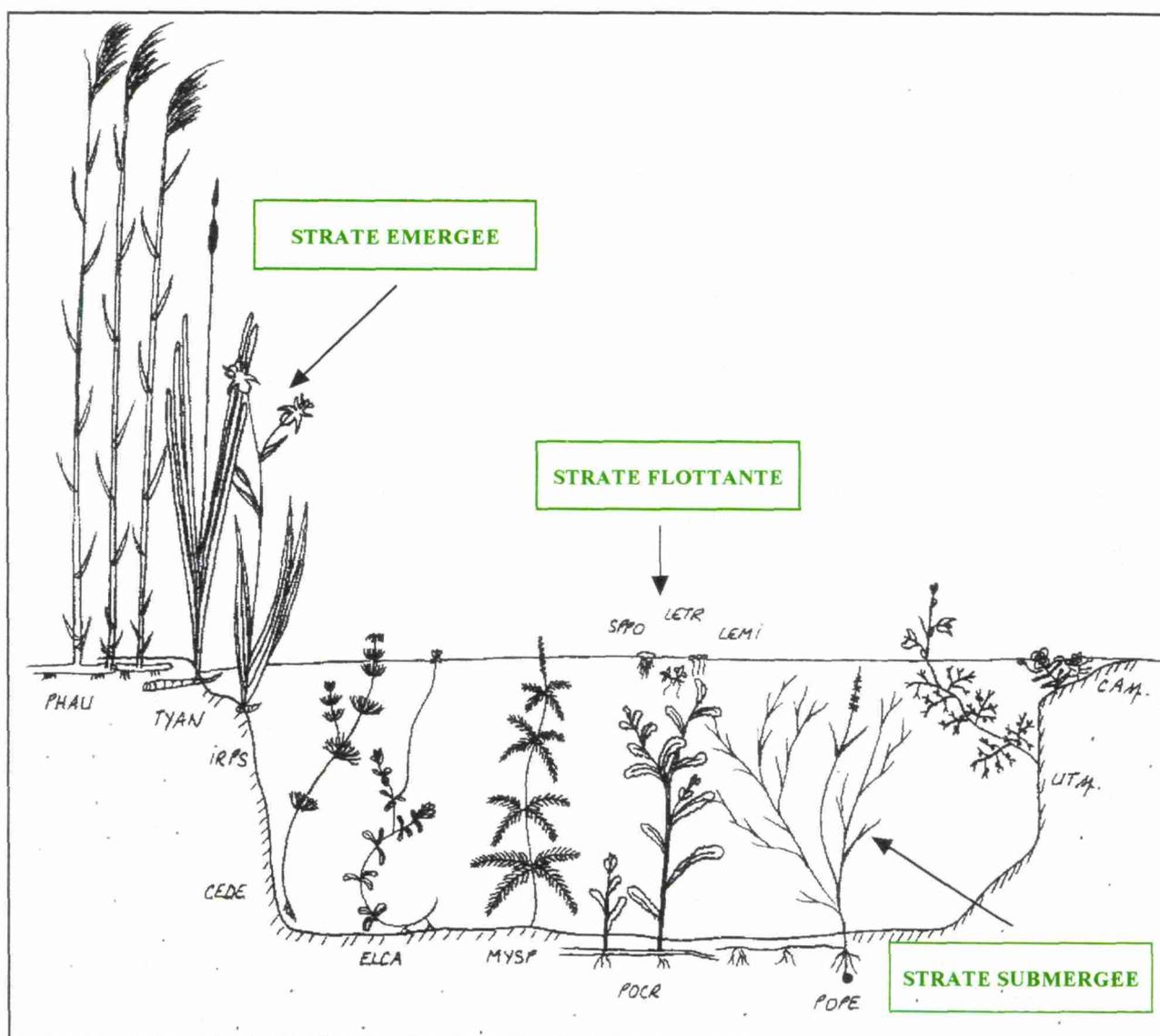
III.1.2 - CLASSIFICATION

Une des classifications simples des macrophytes aquatiques, consiste à prendre en compte la position des plantes par rapport à l'eau et permet la distinction des groupes suivants :

✿ LES HYDROPHYTES

Ces végétaux développent la totalité de leur appareil végétatif non souterrain (tiges et feuilles) dans la masse d'eau ou à la surface. Ils sont donc totalement dépendants du milieu aquatique; l'eau leur procure notamment leur port (tissu de soutien peu ou pas développé), l'apport de nutriments et de gaz nécessaires à la respiration et à la photosynthèse et correspond aussi à un moyen de dissémination.

Figure n°3 : Coupe transversale d'un fossé - Position des macrophytes aquatiques



CEDE = *Ceratophyllum demersum* ELCA = *Elodea canadensis* MYSF = *Myriophyllum spicatum*
 POCR = *Potamogeton crispus* POPE = *P. pectinatus* CASP = *Callitriches sp.* SPPO = *Spirodela polyrrhiza*
 LETR = *Lemna trisulca* LEMI = *Lemna minor* PHAU = *Phragmites australis* TYAN = *Typha angustifolia*

METHODOLOGIE

Parmi ce groupe, on distingue les hydrophytes libres flottant à la surface, des hydrophytes submergés, fixés au fond de l'eau à l'aide de rhizomes et de racines. Ces derniers peuvent atteindre tout de même la surface et se développer à l'air libre.

- **Hydrophytes flottants** : Ils ne possèdent aucun système de fixation sur le substrat et flottent à la surface de l'eau ou entre deux eaux. Les hydrophytes flottants ne résistent pas à la saison froide et meurent après avoir formé des bourgeons, qui assurent la succession au printemps.

- **Hydrophytes submergés** : Ces végétaux sont totalement submergés mais peuvent être affleurants. Ceci aboutit à un polymorphisme foliaire, avec l'existence de 2 ou 3 catégories de feuille.

* LES HELOPHYTES

Les Hélophytes sont caractérisés par un développement partiellement ou totalement aérien de leur appareil végétatif et reproducteur. Ils possèdent néanmoins un appareil souterrain de fixation dans un substrat vaseux gorgé d'eau. Ils colonisent ainsi les bords des cours d'eau et des étangs, en formant des ceintures périphériques végétales; les espèces se positionnant en fonction de la dépendance de leur appareil souterrain avec le milieu vaseux et gorgé d'eau.

Ces trois groupes de macrophytes sont donc présents sur l'ensemble du marais Breton-Vendéen, mais ne sont représentés que par un nombre limité d'espèces. La liste des espèces présentée en annexe n°1 ne constitue pas un inventaire exhaustif, puisque pour certains macrophytes du fait d'une identification difficile, on ne considère que le genre. Néanmoins, cela permet d'avoir une vision globale des peuplements de macrophytes rencontrés sur le marais.

III.1.3 - ROLE DES MACROPHYTES AQUATIQUES

Dans le cadre du Programme NORSPA, les macrophytes aquatiques se sont imposées logiquement comme descripteurs de l'environnement. La raison de ce choix s'explique par les multiples rôles fondamentaux que jouent ces végétaux dans le fonctionnement d'un tel écosystème :

- **rôles biologiques** : Les macrophytes aquatiques sont en premier lieu des producteurs de biomasse. Le marais Breton-Vendéen est un milieu qui permet la production d'une biomasse végétale importante, avec des niveaux de productivité élevés. Ils servent donc de nourriture pour de nombreuses espèces animales, participent à la structuration de leurs habitats (poissons, insectes, mollusques, oiseaux...) et contribuent de cette manière au maintien de la biodiversité animale.

- **rôles physico-chimiques** : Chlorophylliens, ils influent sur les teneurs en oxygène dissous et sur les variations de pH. Durant le jour, la photosynthèse est bien supérieure à la respiration, ce qui se traduit par une augmentation des teneurs en oxygène dissous du début à la fin de journée. Par contre, l'arrêt de la production photosynthétique durant la nuit provoque une diminution des teneurs, pouvant entraîner un déficit en oxygène parfois fatal aux poissons. Ils interviennent aussi dans la consommation des nutriments, notamment phosphore et azote, disponibles dans les eaux et les sédiments et participent ainsi à l'épuration des eaux.

- **rôles mécaniques** : Les macrophytes aquatiques peuvent engendrer, par leur développement et leur prolifération, une modification des écoulements. Ils participent par leurs débris et également en retenant et piégeant les sédiments, au comblement des fossés.

La strate des Hélophytes participe, quant à elle, à la fixation des berges et empêche ainsi leur érosion.

Si les végétaux aquatiques participent au maintien de la diversité animale et garantissent la qualité de l'eau, ils peuvent par leurs proliférations engendrer des dysfonctionnements du système, envasement, ralentissement des écoulements, qui à terme contribuent aux comblements des fossés et donc à l'arrêt du fonctionnement du milieu.

L'amélioration des connaissances sur les rôles fonctionnels des macrophytes dans les zones humides, la compréhension de leur distribution et de leur développement apparaissent donc primordiales, pour satisfaire aux objectifs fixés de gestion intégrée de ces milieux si particuliers.

Les travaux entrepris dans le marais Breton-Vendéen au niveau de la zone expérimentale NORSPA s'inscrivent dans cette logique. Ils doivent permettre en particulier de préciser les relations entre la physique du système (connexité, profondeur, envasement, écoulement, caractéristiques physico-chimiques) et la répartition des diverses strates étudiées (Hélophytes, Hydrophytes flottants et submergés).

Les résultats de ces études devront permettre de mieux comprendre les mécanismes, qui régissent le fonctionnement du marais et de fournir des règles et des outils de gestion, nécessaires à la protection et à la restauration de ce milieu.

III.2 - METHODES D'ETUDE POUR LA QUANTIFICATION DES VEGETAUX AQUATIQUES

Depuis 1994, plusieurs campagnes de terrain ont été réalisées chaque année, de mai à octobre, pour étudier l'évolution de la végétalisation. Lors de ces campagnes, la quantification des développements de macrophytes a été faite sur des stations de 50 mètres de longueur, longueur considérée comme suffisante pour représenter l'aire minimale d'apparition de l'ensemble des espèces.

Les stations étudiées de 1995 à 1997 ont été choisies par rapport à la proximité des stations de pêches suivies par la division Ressources Aquatiques Continentales, afin d'établir à terme des corrélations entre habitats et poissons, mais aussi pour leur représentativité par rapport à l'ensemble du réseau du marais.

L'estimation du recouvrement ou le prélèvement direct de plantes sont les deux techniques de quantification qui ont permis d'étudier les différentes strates, décrites d'autre part à l'aide de données qualitatives.

III.2.1 - HYDROPHYTES SUBMERGES

III.2.1.a - TECHNIQUE DES POINTS - CONTACT

Le recouvrement et la diversité des Hydrophytes submergés sont impossibles à estimer depuis la berge, du fait notamment d'une transparence de l'eau souvent faible et par la présence de la strate des Hydrophytes flottants, qui recouvre parfois la totalité de la surface de la station.

C'est la raison pour laquelle cette strate a été suivie à l'aide de la méthode des points-contact, qui consiste à effectuer des observations et des prélèvements régulièrement espacés, le long de lignes transversales appelées « **profils** » ou « **transects** ». Chaque profil comprend trois points de prélèvements, positionnés le long de la section du fossé comme présentés ci-dessous :

- **1^{er} point** : à 50 cm de la berge 1
- **2nd point** : au milieu de la section du fossé
- **3^{ème} point** : à 50 cm de la berge 2

Trois prélèvements directs sont ainsi réalisés sur chaque transect, à l'aide d'un râteau télescopique, enfoncé dans l'eau perpendiculairement à la surface jusqu'au contact de la vase et manié depuis la rive ou dans le fossé même. Une rotation du manche permet d'extraire, grâce à la partie terminale dentée, le volume de végétaux présents dans la colonne d'eau, déterminé à partir de la surface du sol raclé par le râteau soit 165 cm².

Cette méthode permet de récolter des données quantitatives et qualitatives. On peut ainsi évaluer la richesse spécifique, le volume et l'abondance des végétaux constituant cette strate.

L'abondance est notamment déterminée pour chacune des espèces présentes sur chaque point-contact à partir d'un indice variant de 1 à 5 :

- ① attribué à une espèce juste présente sur le râteau,
- ② attribué à une espèce présente en petite quantité sur le râteau,
- ③ déterminant une espèce présente en quantité abondante sur le râteau,
- ④ qualifiant une espèce très abondante sur le râteau, qu'elle recouvre approximativement aux $\frac{3}{4}$,
- ⑤ qualifiant une espèce présente sur l'ensemble du râteau en grande quantité.

Les végétaux prélevés sur les points-contact sont récupérés et tassés dans un compacteur gradué, afin d'évacuer l'eau contenue dans les échantillons. Grâce à la graduation, on peut mesurer la hauteur de végétaux au sein du compacteur et en déduire ensuite leur volume.

Ainsi pour chaque station, on détermine le volume de végétaux présents sur chaque point - contact et par extrapolation on calcule le volume de l'ensemble des espèces submergées par unité de surface (litre/m²). A partir des volumes obtenus, on peut déterminer les biomasses sèches, grâce aux droites de régression exprimant le poids sec en fonction du volume, établies en 1995 (GASTON, 1995).

Remarque : Pour que les résultats soient généralisables à la station, l'échantillon recueilli (ensemble des points-contact) doit être représentatif de cette dernière, c'est-à-dire qu'il doit refléter fidèlement sa composition et sa complexité.

En 1995, chaque station était étudiée à partir de 10 transects séparés de 5 mètres, soit 30 points-contact. En 1996, seules 7 stations sur 33 ont été suivies à l'aide de 10 transects, les 26 autres ont été suivies simplement par 5 transects.

III.2.1.b - ALLEGEMENT DU PROTOCOLE D'ETUDE

Dans un souci d'allègement du protocole, sans toutefois entraîner une trop grande perte d'informations, nous avons envisagé pour les campagnes de 1997 de ne réaliser que 5 transects au lieu de 10, sur l'ensemble des stations d'étude.

Pour cela, il était nécessaire au préalable d'examiner les différences, en terme d'abondance, entre les résultats obtenus à 10 et 5 transects.

Cette analyse concernait l'ensemble des 6 campagnes de 1996, durant lesquelles 7 stations ont été suivies grâce à 10 transects (soit 42 points).

A partir de ces stations étudiées par 10 transects, nous avons estimé l'abondance sur les transects impairs (1, 3, 5, 7, 9), puis par différence sur les transects pairs (2, 4, 6, 8, 10).

Comparer les distributions en terme d'abondance des transects impairs et pairs, permettrait de conclure sur la perte d'informations engendrée par le passage de 10 à 5 transects.

Pour évaluer cette éventuelle perte d'informations, nous avons donc comparé les distributions des 5 transects impairs et 5 pairs, à l'aide d'un test non paramétrique, **le Test T de Wilcoxon**. Ce test semblait le mieux adapté à notre recherche, puisqu'il permet d'estimer la validité de l'hypothèse relative à la similitude des distributions de deux caractères quantitatifs.

Les Hypothèses sont les suivantes :

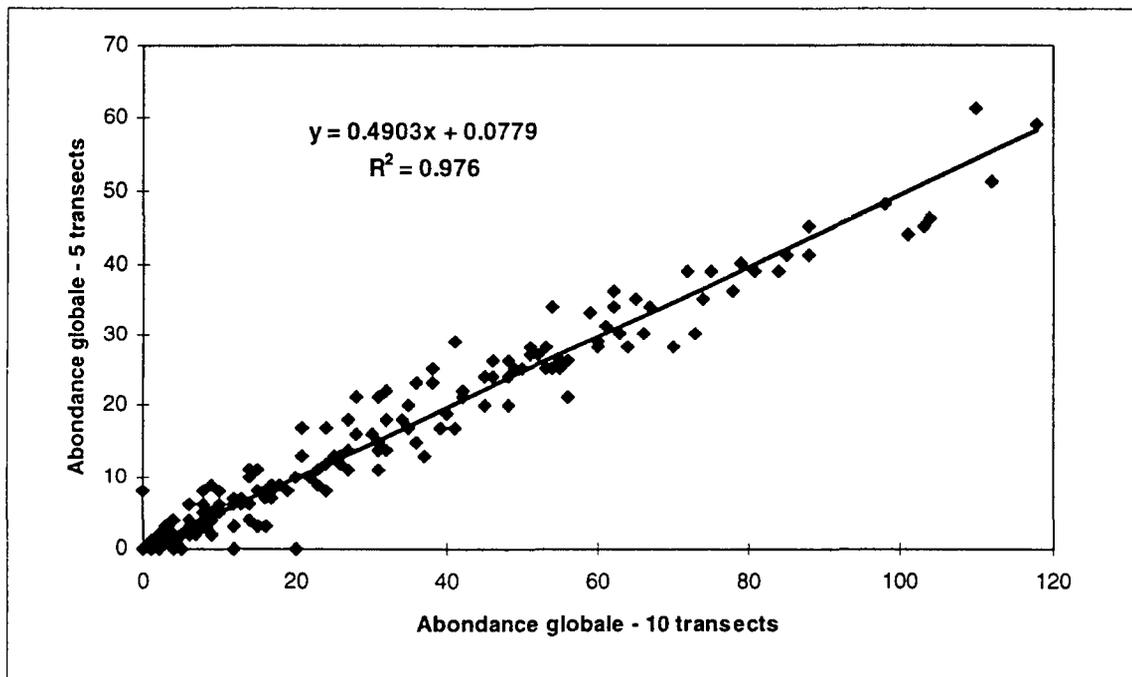
H0 : Il n'existe pas de différence significative entre les deux distributions

H1 : Les deux distributions sont significativement différentes.

Dans un premier temps, nous avons pris en compte l'abondance globale de la strate des Hydrophytes submergés (c'est-à-dire l'ensemble des données recueillies durant les 6 campagnes).

Le Test de Wilcoxon démontre qu'il n'existe pas de différence significative entre les transects impairs et pairs, De plus, le graphe n°1, comparant les distributions des 5 transects impairs et des 10 transects, par régression linéaire, montre un coefficient de régression de **0,97**.

**Graphe n° 1: Corrélation en terme d'abondance totale pour 10 et 5 transects
Hydrophytes submergés**



Ces résultats autorisent certaines conclusions lorsqu'on considère l'ensemble des espèces :

- la distribution d'abondance des transects impairs est similaire à celle des transects pairs,
- la réalisation de 5 transects permet bien d'estimer la demi-abondance obtenue avec la méthode des 10 transects,
- Le passage de 10 à 5 transects ne conduirait pas donc à une perte d'information et à une vision globale de cette strate erronée.

Cependant, lorsqu'on analyse les distributions des abondances spécifiques, on note une grande disparité entre les espèces. En effet, le test de Wilcoxon réalisé pour chacune des espèces montre, qu'il existe des différences plus ou moins significatives entre les distributions des transects impairs et pairs.

Les différences sont notamment plus importantes pour les espèces peu abondantes et présentes sur un nombre restreint de points-contact (Cf. Annexe 2, page 1 à 2).

Il est tout de même important de noter, que le test de Wilcoxon ne prend pas en compte les paires de données dont la différence est nulle, ce qui entraîne dans le cas des espèces peu abondantes une analyse sur un nombre limité de points valides.

Nous avons donc réalisé en complément, des essais de corrélation entre les abondances spécifiques obtenues avec 10 transects et celles estimées avec les 5 transects impairs. Les résultats montrent des coefficients de régression toujours supérieurs à 0,8 (Cf. Annexe 2, page 3 à 4).

A la vue du résultat de ces analyses statistiques concernant l'ensemble des campagnes de 1996, prenant en compte aussi les résultats semblables obtenus par GASTON N. en 1995 (Cf. Bibliographie), nous avons décidé de ne réaliser que 5 transects pour récolter les informations sur les Hydrophytes submergés, même s'il existe un risque de sous-estimation des espèces peu abondantes.

III.2.1.c - CORRELATION INDICE D'ABONDANCE - VOLUME.

La strate des Hydrophytes submergés est étudiée donc principalement par deux indicateurs, le **volume** de végétaux présents sur les points-contact et par **leurs indices d'abondance** respectifs.

Dans le but d'estimer la convergence de ces deux indicateurs, nous avons réalisé pour chaque campagne de 1996, des régressions linéaires entre le volume global de végétaux et la somme des indices d'abondance obtenus sur chacune des stations.

III.2.1.c.α - Relation établie à partir des stations à 5 transects.

Nous avons donc choisi d'établir les relations entre ces deux indicateurs, à partir des 26 stations suivies en 1996 par l'intermédiaire de 5 transects (soit 15 points-contact).

Les résultats présentés en Annexe 3 (page 1) montrent des coefficients de régression médiocres, oscillant selon les campagnes entre **0.41** et **0.55**. On peut émettre l'hypothèse que les résultats obtenus proviennent d'une part, de la sous ou surestimation des indices d'abondance et d'autre part, des pressions variables effectuées par les différents expérimentateurs pour les compactations des végétaux.

De plus, on obtient, du fait de la variabilité de la taille et de la morphologie selon les espèces, des volumes différents pour un même indice d'abondance.

III.2.1.c.β - Relation établie à partir de l'ensemble des stations

Les coefficients de régression (Cf. Annexe 3, page 2) sont légèrement meilleurs (R^2 variant de 0.6 à 0.75), lorsqu'on prend en compte aussi les stations étudiées par 10 transects, ce qui contrairement à l'étude statistique réalisée au chapitre "METHODOLOGIE" tendrait à conclure que l'estimation du volume et des indices d'abondance à partir de 10 transects est préférable.

III.2.1.c.γ - Relation établie à partir de l'indicateur de biomasse

J. MASSE (Division Ressources Aquatiques Continentales) a défini en 1995, à partir des indices d'abondance estimés sur le terrain, un indicateur de biomasse; celui-ci correspond à une approximation par transformation des indices d'abondance en puissance de trois.

Nous avons réalisé pour les campagnes de mai et juin 96 la transformation des données afin d'obtenir ces indicateurs de biomasse, à partir desquels nous avons essayé d'établir une relation avec les volumes respectifs obtenus. Seules les stations à 5 transects sont prises en comptes.

Les coefficients de régression observés ne montrent pas une amélioration significative. En effet, si on obtient notamment pour le mois de juin un progrès supérieur à 0.2 pour aboutir à un R^2 de 0,78, on ne note aucune amélioration pour le mois de juin.

Ce sont ces résultats disparates, qui nous ont conduit à conserver pour les campagnes de 1997 les indices d'abondance comme indicateurs.

III.2.1.c.ε - Conclusion

Malgré les coefficients de régression moyens obtenus, les corrélations établies entre les indices d'abondance et le volume de végétaux permettent tout de même d'affirmer, que ces deux indicateurs retracent de façon similaire l'évolution des peuplements de la strate d'Hydrophytes submergés.

Par contre, il est exclu d'établir directement une relation définie (droite de régression), permettant de déduire le volume à partir des indices d'abondance, du fait des coefficients de régression obtenus trop faibles.

III.2.2 - HYDROPHYTES FLOTTANTS

III.2.2.a - RECOUVREMENT ET REPRESENTATIVITE

Différents paramètres ont permis de suivre, sur l'ensemble des stations, l'évolution de la strate des macrophytes flottants et de connaître la représentativité des espèces qui la composent.

L'approche consiste à déterminer tout d'abord le **recouvrement global** de la strate, puis les espèces présentes auxquelles on attribue un pourcentage de **recouvrement relatif**. Ainsi, pour l'ensemble des stations, l'estimation du pourcentage de recouvrement permet de suivre l'évolution des peuplements d'Hydrophytes flottants. En effet, ce paramètre renvoie à la notion de structure de la végétation et permet d'étudier la mise en place des peuplements, en terme de distribution spatio-temporelle des espèces.

L'étude des recouvrements spécifiques permet de définir les stratégie de colonisation de l'espace pour chacune des espèces.

Pour chaque espèce, on établit aussi **sa représentativité**, c'est-à-dire la fréquence de présence sur les stations étudiées.

Remarque : Le recouvrement ne peut être assimilé à une biomasse. En effet, la prolifération de ces végétaux conduit parfois à un empilement d'appareils végétatifs sur plusieurs centimètres.

III.2.2.b - BIOMASSE SECHE

En plus du recouvrement, la biomasse des Hydrophytes flottants a donc été étudiée en 1996 et 1997 sur 10 stations, ce qui permettra de comparer l'évolution de cette biomasse sur deux années.

Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'un tamis (maille = 200 μ m), sur une surface délimitée par un quadrat flottant (4,2 dm²).

5 échantillons sont prélevés sur chacune des dix stations. Chaque échantillon a fait l'objet d'un traitement ultérieur au laboratoire, dont le protocole est défini ainsi :

- élimination des algues, des débris végétaux, des autres macrophytes, mais aussi des gastéropodes, sangsues et larves d'insectes...
- formation d'un sous - échantillon de 2 grammes environ à partir de chaque échantillon.
- comptage à partir de ce sous - échantillon de 200 Hydrophytes flottants, permettant d'estimer l'abondance relative (en %) et la biomasse relative de chaque espèce.
- Séparation de 200 individus de chacune des espèces pour obtenir a posteriori la biomasse sèche moyenne d'un individu.
- mise à l'étuve des échantillons durant 15 jours (température : 60°C).
- pesée des échantillons pour déterminer les biomasses sèches d'hydrophytes flottantes par m², (à l'aide d'une balance de précision au 10^{ème} de mg).

III.2.3- HELOPHYTES

Du fait de leur position sur les berges et de leurs variations intra-annuelle et inter-annuelle faibles, les Hélophytes sont plus faciles à estimer. En effet, après la détermination des différents genres et espèces, il est assez facile d'estimer les recouvrements spécifiques et les fréquences de présence.

Cependant, la présence de plusieurs opérateurs pose des problèmes de subjectivité dans l'appréciation des recouvrements. Pour y remédier, un calibrage entre chaque participant semble nécessaire.

La quantification des espèces constituant cette strate n'est estimée que par le **pourcentage de recouvrement**. Le prélèvement des pieds d'Hélophytes sans risquer de décimer les populations n'était évidemment pas envisageable.

Pour mieux comprendre la structure de cette strate et les stratégies de colonisation, un **indice de dispersion** a été attribué à chaque espèce. Cet indice permet de classer les espèces en fonction de leur dispersion et ainsi de compléter le recouvrement.

METHODOLOGIE

5 classes ont été établies de manière à rendre compte de toutes les dispersions :

- ① espèce présente
- ② espèce disséminée
- ③ espèce disséminée par touffes
- ④ espèce continue en longueur
- ⑤ espèce continue et abondante

Les Hélophytes se répartissant de chaque côté du fossé, leur quantification a été réalisée en distinguant chacune des berges.

La berge n°1 est la berge directement accessible par un chemin. Elle correspond à la berge sur laquelle se font les manipulations et les observations. La berge opposée correspond à la berge n°2.

III.2.4 - PARAMETRES MESOLOGIQUES

Les observations et mesures de terrain ont également porté sur la hauteur d'eau, le courant animant les canaux en terme d'intensité et de sens, la transparence de l'eau.

CHAPITRE IV ~ BILAN DES ETUDES ANTERIEURES

Le suivi de la zone expérimentale du marais Breton s'inscrit dans le cadre du programme NORSPA, visant à développer les connaissances sur les réseaux hydrauliques des marais littoraux.

L'analyse, menée depuis 1994 sur cette zone gérée en eau douce de 380 hectares, concerne en particulier le réseau de fossés secondaires, représentant plus de 70 % du linéaire de fossés. Les actions entreprises ont pour objet de comprendre en quels termes se posent le problème de la gestion et de l'entretien de ce réseau, en s'appuyant sur :

- * la connaissance de l'état physique de ce réseau secondaire
- * la connaissance de certaines fonctions écologiques (en particulier des composantes végétales et piscicoles)
- * l'étude des interactions entre usages du territoire et gestion du réseau
- * la conception et l'essai d'aménagement simples pouvant contribuer à une prise en compte du compartiment piscicole dans la gestion multiusage du réseau

⇒ 1994 En ce qui concerne l'étude du compartiment végétal, l'analyse qualitative des peuplements de macrophytes, menée en 1994 par T. MOISSONNIER (Cf. Bibliographie) parallèlement à l'étude des caractéristiques générales du marais et au suivi piscicole, devait conduire à donner un premier descriptif des peuplements de végétaux aquatiques.

Les investigations sur 157 stations de prélèvement ont permis de dresser l'inventaire floristique de chacune des strates de macrophytes, de préciser les espèces fréquentes et dominantes au cours de la saison végétative.

Autres travaux réalisés :

- analyse des caractéristiques du marais (historique, géomorphologie..)
- étude du parcellaire
- suivi piscicole
- typologie morphologique des fossés
- suivi de la qualité de l'eau

⇒ 1995 La poursuite de l'étude en 1995 par N. GASTON (Cf. Bibliographie) avait pour objectif :

- * de préciser la nature et l'évolution des peuplements
- * de quantifier la colonisation des fossés
- * de mettre au point des méthodes d'investigation de terrain suffisamment simples pour être appliquées en routine sur un nombre important de stations de prélèvement

BILAN DES ETUDES ANTERIEURES

Les cinq campagnes, réparties de mai à septembre sur 29 stations ont en effet permis la détermination de la richesse spécifique des différents types de macrophytes et le suivi de leur développement.

La strate des Hydrophytes submergés a fait l'objet d'une attention particulière, avec la mise au point d'une méthode de quantification permettant l'estimation de l'abondance et de la biomasse, la méthode des "points-contact" (Cf. Chapitre III METHODOLOGIE).

Autres travaux réalisés :

- suivi piscicole
- suivi de la qualité de l'eau

⇨ 1996

En 1996, A. MOREAU a poursuivi les études de quantification des peuplements végétaux, notamment par la mise au point d'un protocole de quantification des Hydrophytes flottants. Cette méthode permet d'obtenir des données de biomasse globale et de biomasse spécifique.

Le suivi de 33 stations, de mai à octobre, a permis de préciser l'évolution des peuplements au cours de la saison végétative.

Autres travaux réalisés :

- S.I.G.
- suivi de la qualité de l'eau (étude particulière du cycle de l'azote)
- suivi piscicole
- quantification de la production primaire (phytoplancton et algues)

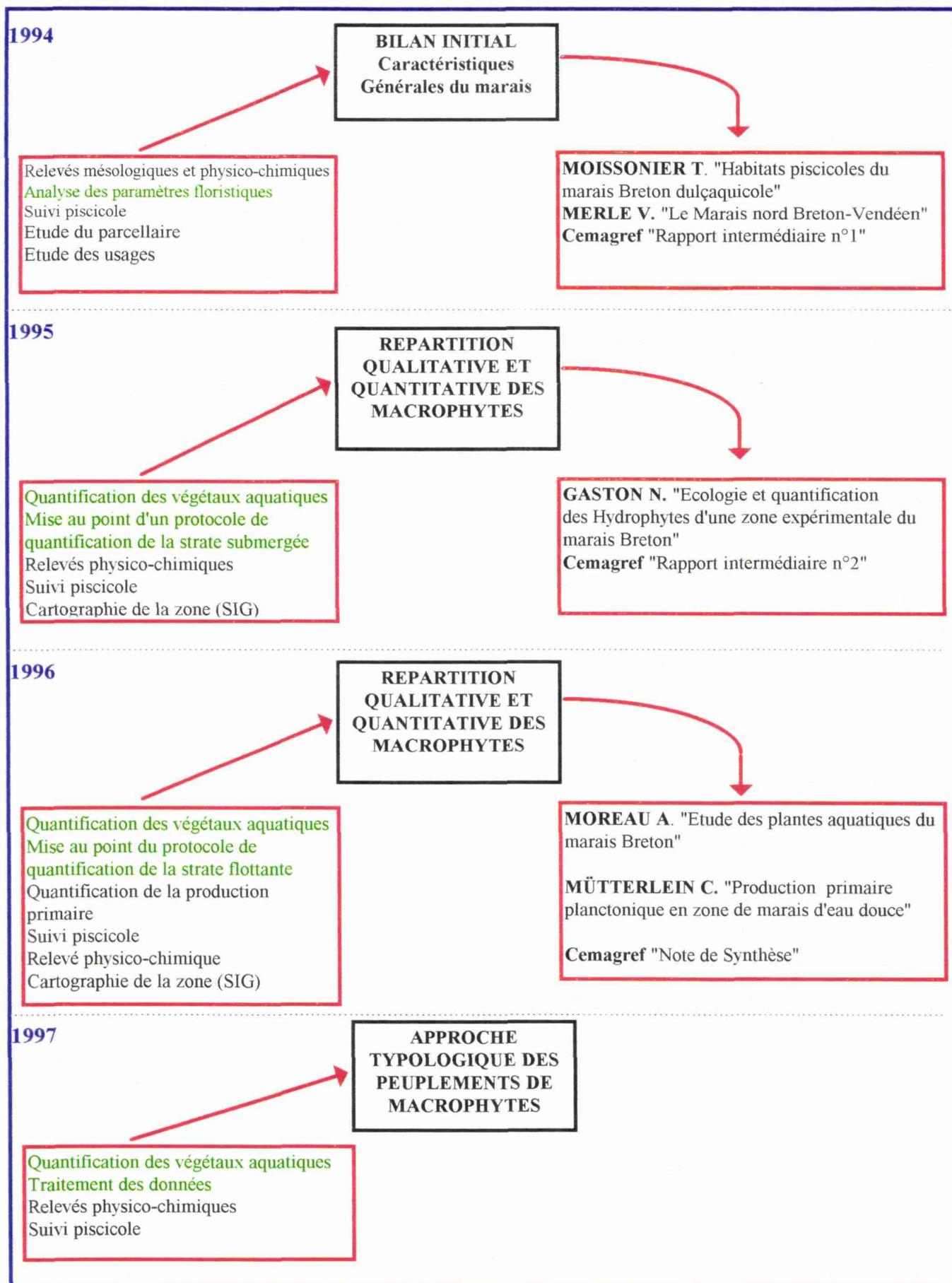
⇨ PERSPECTIVES DE 1997

Dans l'optique d'étudier les relations entre nature des peuplements de végétaux aquatiques et qualité du milieu et aussi de les comparer aux peuplements piscicoles du marais, la nécessité s'est imposée en 1997 de dresser le bilan des données récoltées sur la zone expérimentale, afin de présenter les caractéristiques particulières du compartiment végétal des fossés et surtout d'établir une typologie des peuplements rencontrés.

La connaissance des divers peuplements, de leur structure et de leur évolution au cours du temps devrait aboutir à une meilleure compréhension du rôle que jouent ces végétaux dans le fonctionnement du marais.

Le tableau n°1 retrace les travaux menés sur la zone expérimentale depuis 1994. Sont notées en particulier les investigations entrepris pour la description de la composante végétale du marais et les rapports d'activités.

Tableau n° 1: Calendrier des travaux entrepris sur la zone expérimentale



CHAPITRE V ~ CAMPAGNES DE TERRAIN DE L'ANNEE 1997

V.1 - RAPPELS DES OBJECTIFS

Les campagnes de terrain, programmées en 1997, avaient pour optique de recueillir des informations supplémentaires, concernant les macrophytes aquatiques et sub-aquatiques du marais Breton-Vendéen. Ces campagnes s'inscrivent toujours dans le cadre du programme NORSPA, qui a permis de récolter de nombreuses données depuis 1994.

Les campagnes ont été placées de manière à couvrir l'ensemble de la période végétative des macrophytes :

- la campagne du 9 au 11 juin correspondait à la phase de croissance,
- l'étude du 4 au 7 août à la phase de développement optimum,
- celle du 22 au 25 septembre retraçait la phase de décroissance

Les stations de prélèvement étudiées correspondent aux mêmes sites suivis durant l'année 1996, soit 33 stations, dont certaines avaient fait l'objet d'un curage durant l'hiver 96-97; **stations 180 et 173** notamment (signes indicatifs : présence de boues de curage sur les berges, nombre restreint d'espèces).

Les peuplements rencontrés dans le réseau hydraulique du marais ont été définis comme lors des campagnes de 1996, grâce à un ensemble de descripteurs quantitatifs : nombre d'espèces, représentativité, recouvrement global et spécifique, indice d'abondance, volume..

Comme en 1996, les peuplements d'Hydrophytes flottants ont été définis aussi en terme de biomasse globale et spécifique, sur 10 stations, souvent caractérisées par une strate de flottants à fort recouvrement :

↳ stations : 28, 29, 30, 153, 160, 162, 163, 184, 188, 396.

Ainsi, ces trois campagnes permettront d'avoir un suivi de quatre années consécutives de l'ensemble des peuplements de macrophytes, afin de définir l'aspect global du compartiment « végétaux aquatiques » du marais Breton. De cette manière, la strate des Hydrophytes submergés a pu être étudiée en terme de volume durant trois années et, les Hydrophytes flottants en terme de biomasse durant deux années. Une telle étude répartie sur plusieurs années consécutives rend possible les comparaisons et permet de mesurer les variations intra et inter-annuelles.

V.2 - RESULTATS

Les Macrophytes du réseau hydraulique du marais Breton-Vendéen ont donc été suivis par des paramètres quantitatifs, visant à décrire la structure des peuplements.

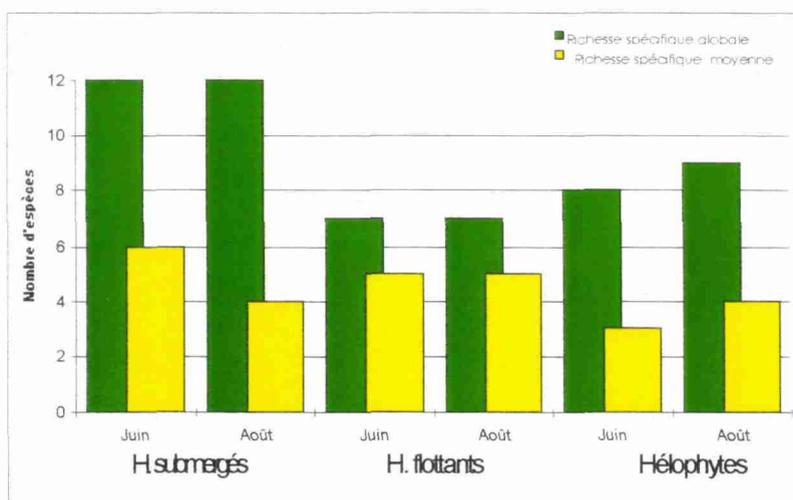
Parmi les descripteurs, la richesse spécifique, correspondant au nombre d'espèces identifiées et présentes au niveau de la station (échantillon considéré comme représentatif de l'ensemble du fossé) permet d'avoir une vision globale de la composition végétale de chacune des trois strates. Pour cette étude et en raison d'une détermination de l'espèce difficile ou impossible sur le terrain, la description de certains végétaux s'est réduite au genre. De cette manière, nous citerons les joncs (*Juncus sp.*), des algues filamenteuses (*Cladophora sp.*), les callitriches ou encore les characées.

Les observations effectuées lors de ces deux campagnes montrent pour les trois strates, des richesses spécifiques similaires aux résultats obtenus les années précédentes. Nous n'avons pas noté en particulier l'apparition de nouvelles espèces sur les stations de la zone d'étude.

Le graphique n°2 montre une richesse spécifique globale constante entre les deux campagnes pour les Hydrophytes submergés et flottants, tandis que le nombre d'espèces observées pour les Hélophytes était plus important lors de la seconde campagne, du fait de l'apparition au cours de l'été des salicaires.

En ce qui concerne la richesse spécifique moyenne par station, on observe des disparités entre les strates. En effet, si on constate une augmentation ou une stagnation du nombre d'espèces par station pour les Hélophytes et les Hydrophytes flottants entre les deux campagnes, la richesse spécifique moyenne par station pour la strate submergée a diminué du printemps à l'été. Cette réduction s'explique notamment par le fait que les Hydrophytes submergés correspondent à la strate la plus sensible aux influences du compartiment eau (diminution du niveau d'eau, écoulement plus faible, détérioration de la qualité de l'eau...).

Graphe n°2 : Richesse spécifique des 3 strates de macrophytes 1997



★ STRATE DES HYDROPHYTES SUBMERGES

Codes utilisés pour définir les espèces de cette strate :

CASP = *Callitriche* sp. CEDE = *Ceratophyllum demersum* CLSP = *Cladophora* sp.
 ELCA = *Elodea canadensis* ENIN = *Enteromorpha intestinalis* MYSP = *Myriophyllum spicatum*
 HYRE = *Hydrodictyon reticulatum* POCR = *Potamogeton crispus* POPE = *Potamogeton pectinatus*
 POPU = *Potamogeton pusillus* ZAPA = *Zannichelia palustris* UTSP = *Utricularia* sp
 CHAR = *Characées*

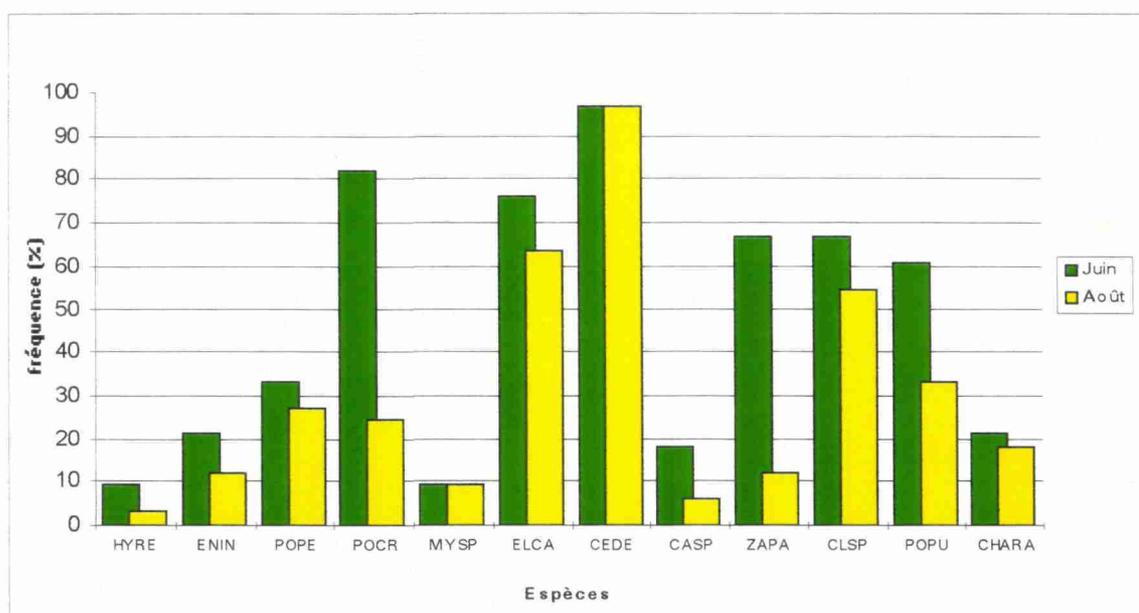
L'évolution au cours des 2 campagnes montre une réduction de la diversité, se traduisant par un nombre moyen d'espèces par station passant de 6 au mois de juin à 4 au mois d'août. Les stations présentant une diversité de 5 à 9 se réduisent de juin à août, où lors de cette dernière campagne ces stations représentent moins de 43 % des stations étudiées.

Les espèces les plus fréquemment rencontrées lors des deux campagnes sont les mêmes que les années précédentes, c'est à dire *Elodea canadensis* et *Ceratophyllum demersum*, ce dernier est présent sur plus de 90 % des stations de prélèvement au cours des deux campagnes.

Plusieurs espèces se manifestent au mois de juin sur plus de 50 % des stations, comme le genre *Cladophora* (Algue filamenteuse), *Potamogeton crispus*, *P. pusillus*, *Zannichelia palustris*, mais ces trois dernières espèces régressent en été et ne se retrouvent que sur un nombre limité de stations au mois d'août.

Certaines espèces restent rares lors des deux campagnes. En effet, comme les campagnes des années précédentes, les callitriches, *Myriophyllum spicatum*, *Hydrodictyon reticulatum* sont toujours des espèces présentes sur moins de 12 % des stations.

Graphe n°3 : Fréquence des Hydrophytes Submergés - 1997



La méthode des points-contact, décrite dans la partie Méthodologie (Cf. Partie III), permet d'estimer les abondances spécifiques des Hydrophytes submergés présents sur les stations de prélèvement. Les résultats obtenus confirment la dominance de *C. demersum* et

d'*E. canadensis*, dont la somme de leurs abondances correspond respectivement à 46 % et 72 % de l'abondance globale, estimée sur l'ensemble des stations, au mois de juin et août.

Au mois de juin, plusieurs espèces se manifestent par une abondance globale non négligeable, comme *Potamogeton crispus*, *P. pusillus*, *Zannichelia palustris*, *Cladophora sp.* Parmi ces espèces, seul *Cladophora sp.* préserve au mois d'août son niveau d'abondance. Toutes les autres montrent une forte régression.

Les espèces dites « rares » sont caractérisées au mois de juin par des abondances faibles, qui diminuent au mois d'août.

La tendance correspond à une régression de l'abondance globale du mois de juin au mois d'août, expliquée par la disparition ou la forte diminution de nombreuses espèces sur les stations. Les deux espèces dominantes, quant à elles, montrent au contraire une légère augmentation de leurs abondances respectives, du fait peut-être de leur tolérance vis-à-vis des conditions du milieu ou encore de l'espace libre laissé par les autres espèces.

Les végétaux récoltés au niveau des points-contact sont ensuite introduits dans un compacteur gradué, qui permet, après l'évacuation de l'eau, d'estimer leur volume. Ce volume brut est ensuite rapporté à un volume par unité de surface, en l'occurrence litre par mètre carré.

Tableau n°2 : Volumes moyens mesurés pour les campagnes de juin et août 1997

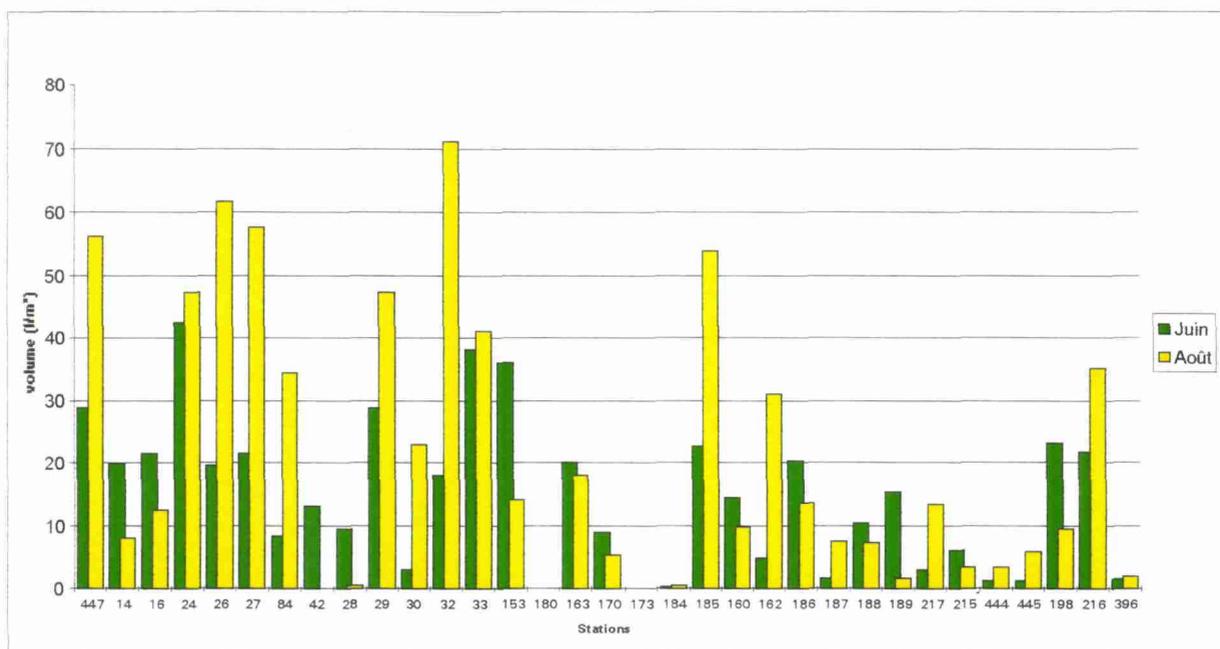
	JUIN	AOÛT
Volume (l/m²)	14,6	21
Minimum	0	0
Maximum	42	71
écart-type	11,8	21,7
écart-type %	80,8	103,3

Contrairement aux années précédentes, on constate une forte augmentation des volumes de végétaux entre le mois de juin et le mois d'août, due essentiellement au développement des deux espèces dominantes. Les écarts-type importants estimés montrent des grandes différences entre les stations. On note par exemple des volumes nuls sur les stations curées récemment et des volumes très importants sur stations envasées (station 32 : 71 litres/m² au mois d'août).

Le graphe n°4 présente pour chaque station, le volume de plantes récoltées par mètre carré sur les points-contact. On note donc une grande disparité entre les stations. En effet, les volumes les plus élevés se rencontrent dans la majorité des cas, au niveau du réseau secondaire en mauvais état, correspondant à une hauteur de vase importante et une hauteur d'eau faible. (Stations 26, 447, 33, 153, 29).

A l'opposé, les écours et les fossés secondaires mieux entretenus, avec notamment une hauteur de vase moins importante, correspondent à des valeurs de volume plus faibles (Stations 396, 444, 445, 217, 187, 14..).

Graphe n°4 : Estimation du Volume d'Hydrophytes submergés par station (l/m²) - 1997



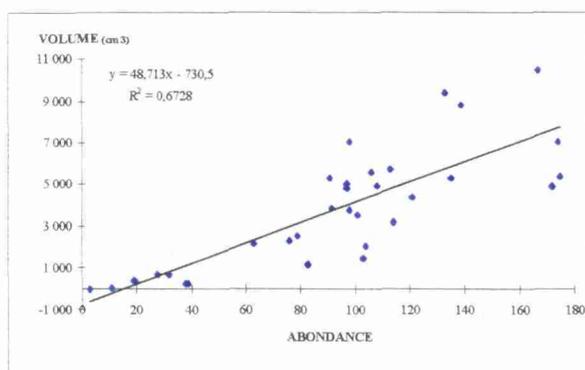
Pour près de 50 % des stations, on observe entre les deux campagnes de terrain, une forte augmentation des volumes d'Hydrophytes submergés récoltés. Cette augmentation concerne notamment les stations situées sur des fossés secondaires, pourtant les plus soumis à la baisse du niveau des eaux et à la détérioration de la qualité de l'eau durant la période estivale.

Cette augmentation des volumes s'explique par le fort développement, observé au mois d'août, des deux espèces dominantes de la strate et en particulier *C. demersum*.

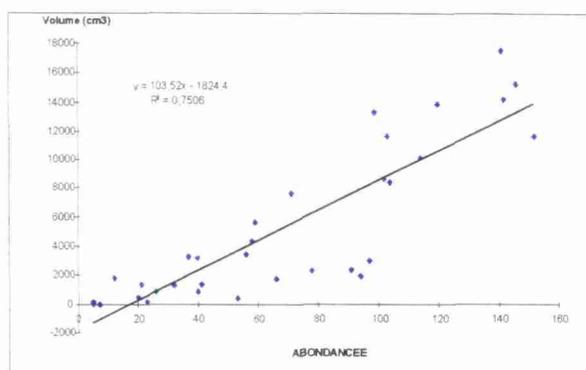
L'évolution du volume correspond bien à l'augmentation observée des abondances de ces deux espèces. Les régressions linéaires, effectuées entre les deux paramètres abondance et volume, pour chacune des deux campagnes, montrent une assez bonne corrélation. En effet, les coefficients de régression linéaire obtenus sont respectivement de 0,67 et 0,75. Ceci confirme bien les résultats obtenus pour les campagnes de 1996

Graphes n°5 et 6 : Corrélation volume-abondance

Juin 1997



Août 1997



D'autre part, on distingue, par le volume estimé nul ou très faible, les stations ayant un subi un curage récent. On peut citer les stations 170, 180, 173, curées en fin d'année 1996, la station 42 curée en juillet 97. Les stations 14 et 84, curées à la fin de l'année 1995, ont donc fait l'objet depuis d'une colonisation végétale assez importante, traduite notamment pour la station 84 par un volume d'Hydrophytes submergés au mois d'août supérieur à 30 litres par m². En 1996, le volume de végétaux estimé pour cette station n'avait pas dépassé 5 l/m² pour chacune des six campagnes étalées de mai à octobre.

* STRATE DES HYDROPHYTES FLOTTANTS

Codes utilisés pour définir les espèces de cette strate :

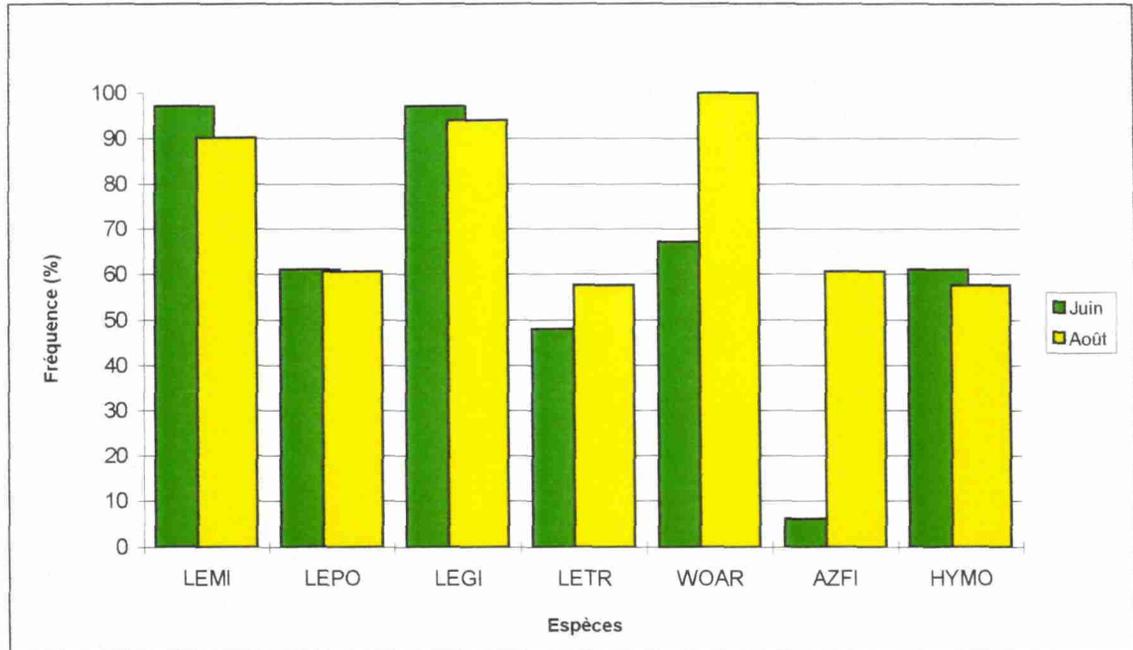
LEMI = *Lemna minor* LEGI = *Lemna gibba* LETR = *Lemna trisulca* WOAR = *Wollfia arrhiza*

LEPO = *Lemna polyrrhiza* HYMO = *Hydrocharis morsus ranae* AZFL = *Azolla filiculoides*.

Le graphe n°7, montrant l'évolution des fréquences des Hydrophytes flottants, permet de constater qu'il existe une certaine constance dans la présence sur les stations de prélèvement des sept espèces. Toutes les espèces d'Hydrophytes flottants identifiées sont des espèces fréquemment rencontrées au niveau des canaux du marais.

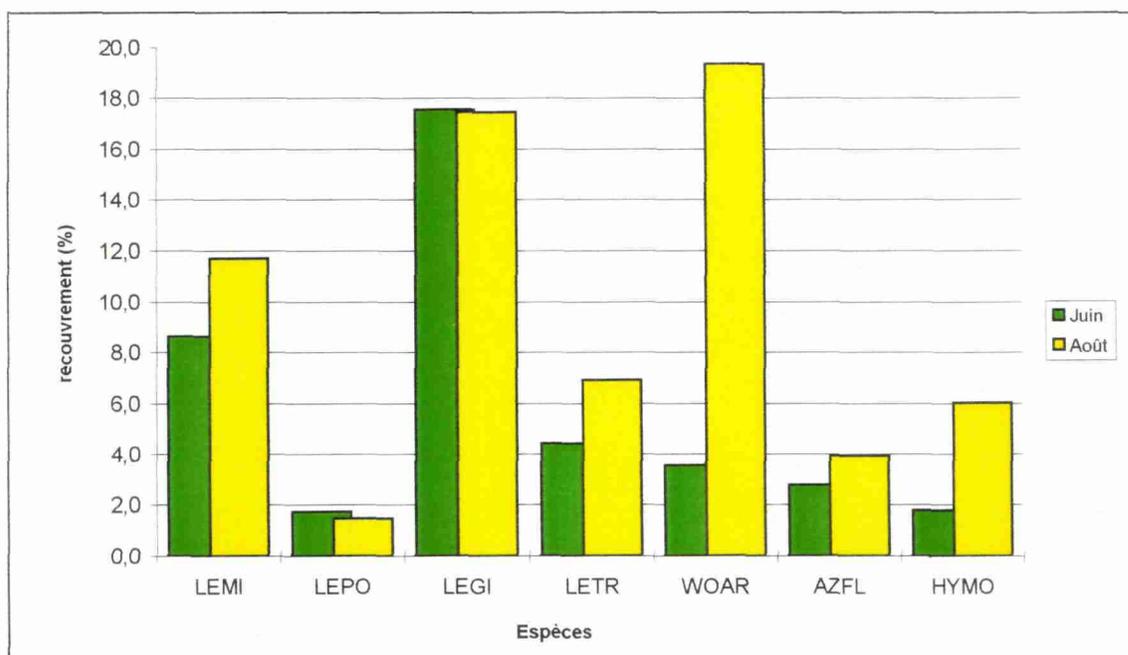
Lemna gibba et *Lemna minor* sont les deux espèces dominantes en terme de fréquence, puisqu'elles sont présentes pour les deux campagnes sur plus de 90 % des stations.

Graphe n°7 : Fréquence des Hydrophytes Flottants - 1997



Deux espèces se manifestent, au cours de la seconde campagne, sur un nombre plus important de stations. Il s'agit de la petite lentille d'eau *Wollfia arrhiza* et de la fougère aquatique *Azolla filiculoides*. Cette dernière espèce, rare au mois de juin, voit sa représentativité (ou fréquence) augmenter lors de la seconde campagne avec une présence sur près de 60 % des stations. Cette fougère aquatique correspond en fait à une espèce très prolifique, qui peut en condition optimale doubler son poids en 3 à 5 jours.

Graphe n°8 : Estimation des recouvrements spécifiques moyens des Hydrophytes flottants - 1997



En ce qui concerne les pourcentages de recouvrement, on note, comme les années précédentes, une augmentation entre le printemps et l'été. L'ensemble des espèces progresse, en particulier *W. arrhiza*, dont le recouvrement moyen passe de 3, 8 à 19 %.

Tableau n°3 : Recouvrement moyen sur les 33 stations Hydrophytes flottants - 1997

	JUIN	AOÛT
Recouvrement moyen %	32,8	56,6
Min.	2	3
Max.	100	100
écart-type	36,6	44,4
écart-type %	111.6	78

L'estimation des recouvrements moyens sur les 33 stations confirme cette progression avec un maximum de couverture de 56,6% pour le mois d'août. Comparé aux résultats des années précédentes, on note une importante diminution du recouvrement moyen de cette strate. En août 1996 par exemple, le recouvrement moyen était de l'ordre de 84 % sur l'ensemble des stations; ce mois correspondait au maximum de couverture de cette strate.

Cette diminution du recouvrement moyen peut s'expliquer peut être par le fort développement observé pour la strate submergée, ce qui a entraîné une diminution de l'apport en nutriment ou en gaz dissous pour la strate flottante.

Cependant, on constate tout de même une progression des stations à fort recouvrement entre les deux campagnes de 1997. En août, plus de 40 % des stations sont recouvertes au moins au trois quarts par une couche d'Hydrophytes flottants.

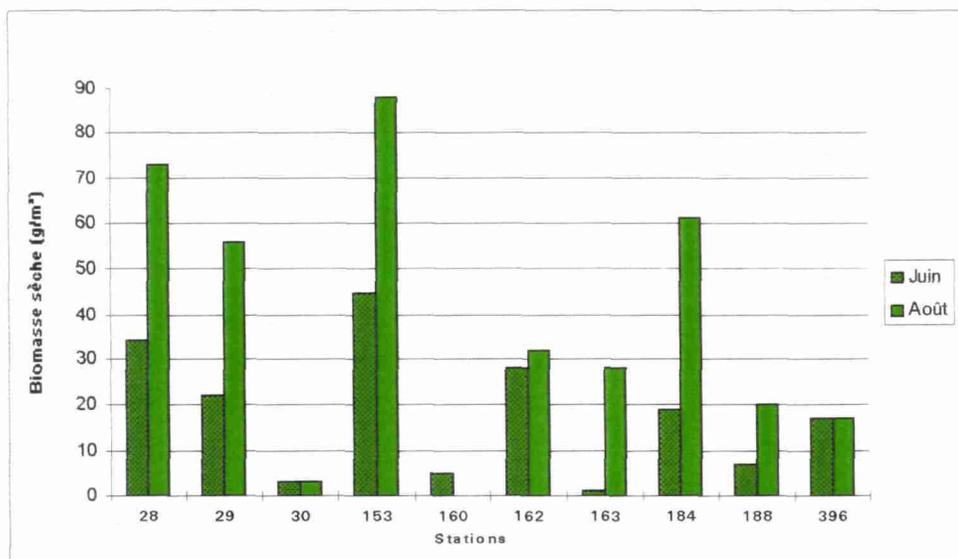
Comme en 1996, nous avons effectué sur une dix de stations, des mesures de la biomasse de la strate d'Hydrophytes flottants. Les résultats globaux obtenus (Cf. Graphe n°9) montrent une diminution des biomasse sèche moyennes pour l'ensemble des stations par rapport aux campagnes de 1996, concordant ainsi avec la régression observée pour les recouvrements.

Entre juin et août, on observe tout de même, parallèlement aux recouvrements, une augmentation des biomasses, provenant certainement du développement des parties végétatives de certaines espèces. On a observé notamment une augmentation de la taille des *Lemna gibba* et principalement de leurs parties renflées.

Tableau n°4: Biomasse sèche globale moyenne (g/m²)

	JUIN	AOÛT
Biomasse sèche globale moyenne (g/m²)	18	42
Min.	1	0
Max.	45	73
écart-type	14,6	28,6
écart-type %	81,1	68,1

Graphe n°9 : Biomasse sèche moyenne d'Hydrophytes flottants par unité de surface de la station pour les mois de juin et août 1997



Remarque : Pour pouvoir comparer les stations entre elle en tenant compte de la biomasse du film d'Hydrophytes flottants et de leur pourcentage de recouvrement sur le fossé, nous avons utilisé un indice intégrant les deux paramètres :

$$\text{Biomasse en g} = (\text{Biomasse dans le film d'Hydrophytes flottants} \times \text{Taux de recouvrement de la station}) / 100$$

Comme il a été décrit dans la partie Méthodologie, nous avons réalisé aussi une estimation des biomasses spécifiques relatives, dont les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau n°5 : Estimation des biomasses spécifiques relatives moyennes

ESPECES	Biomasse spécifique relative (%)	
	JUIN	AOÛT
LEMI	11	27,8
LEGI	67,3	29,4
LETR	13,1	6,3
WOAR	2,6	26
AZFL	0	0,02
LEPO	0,3	0,1
HYMO	0	0,4
Déchets	5,2	10

Ces résultats montrent la nette dominance de *Lemna gibba* au mois de juin, qui représente plus de 67 % de la biomasse totale de la strate. Au cours de l'été, l'importance de cette biomasse diminue au profit de deux autres espèces de lentilles d'eau, *Lemna minor* et *Wolffia arrhiza*. Ces trois espèces présentent au mois d'août des biomasses relatives équivalentes. La progression de *L. minor* et de *W. arrhiza* correspond bien à l'augmentation observée entre les deux campagnes de leur recouvrement

Les autres espèces ne représentent qu'une part très faible de la biomasse totale, souvent inférieure à 5 %, comme *H. morsus ranae*, *L. polyrrhiza* et *A. filiculoïdes*.

A noter par ailleurs qu'un pourcentage non négligeable de la biomasse totale de cette strate correspond à des végétaux morts (déchets).

***STRATE DES HELOPHYTES**

Codes utilisés pour définir les espèces de cette strate :

TYAN = *Typha angustifolia* PHAU = *Phragmites australis* JUSP = *Juncus sp.* (joncs)
SCSP = *Scirpes sp.* (Scirpes) ELPA = *Eleocharis palustris* IRPS = *Iris sp.* CXSP = *Carex sp.*
RUFRR = *Rubus fruticosus* (ronces).

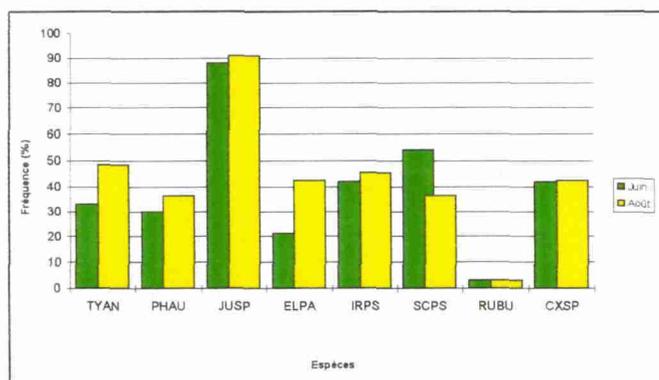
Les investigations, menées lors de ces campagnes, montrent une strate Hélophytes bien développée sur l'ensemble des stations de la zone d'étude, avec des taux de recouvrement moyen pour les berges n°1 et n°2, respectivement de l'ordre de 60 % et 50 %. Les variations observées d'une campagne à l'autre sont faibles et correspondent plus certainement à la subjectivité des observateurs.

Nous avons pu noter que près de la moitié des stations ont leurs berges recouvertes à plus de 50 % par les différentes espèces d'Hélophytes, dont notamment 4 stations sont bordées de part et d'autre par une strate peuplée à 100 %.

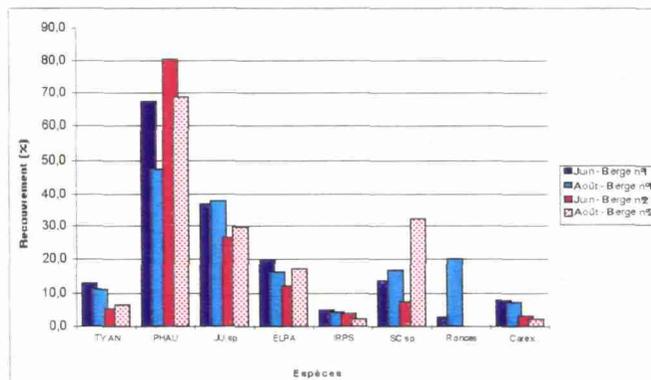
CAMPAGNES DE TERRAIN 1997

Plus des trois quarts des stations proposent un nombre d'espèces supérieur ou égal à 3. Les stations 42, 26 et 444 ont la richesse spécifique la plus élevée avec 6 ou 7 espèces. Les stations 180 et 396 ne présentent au contraire qu'une seule espèce, *Phragmites australis*, mais celle-ci les recouvre à 100 %.

Graphe n°10 : Fréquence des Hélophytes



Graphe n°11 : Recouvrements spécifiques moyens des Hélophytes



Les joncs sont les Hélophytes les plus ubiquistes, en étant notamment répartis sur près de 90 % des stations avec un taux de recouvrement moyen variant de 30 à 40 %. A l'opposée, les ronces (*Rubus fruticosus*) ne sont présentes que sur la station 42. Les autres espèces ont une répartition plus variable sur la zone d'étude et ne sont rarement présentes sur plus d'une quinzaine de stations. C'est le cas de *Phragmites australis* que l'on observe simplement sur dix stations, mais avec un fort taux de recouvrement.

Les indices de dispersion montrent les disparités existant dans la répartition des Hélophytes. On distingue notamment les espèces, dont les peuplements sont continus sur les berges, comme les phragmites, les joncs ou encore *E. palustris* et les espèces dont la répartition est plus sporadique, souvent disséminées par touffes, comme les carex, les iris, les scirpes ou encore les typha. Cet indice permet de mieux comprendre la structure des peuplements.

Tableau n°6 : Indice de dispersion spécifique moyen - 1997

	TYAN	PHAU	JUSP	ELPA	IRPS	SCPS	CXSP
JUN 97	2	4	3	3	2	2	1
AOÛT 97	2	3	3	3	2	2	2

Cette strate, plus souvent contrainte aux activités humaines, est constituée majoritairement d'espèces basses comme les Joncs, les Carex et les Scirpes. Les espèces plus hautes, comme *Phragmites australis* et *Typha angustifolia*, ne sont présentes que sur 30 % des stations, mais ont à chaque fois un recouvrement important. Ils interviennent donc assurément sur ces stations comme barrage à l'éclairement pour les deux autres strates.

V.3 - Conclusion

L'objet des campagnes de terrain, programmées pour l'année 1997, était la poursuite des investigations menées sur les végétaux aquatiques du marais Breton-Vendéen depuis 1994. Les méthodes de quantification utilisées pour ces campagnes sont identiques à celles de l'année 1996. Seul un allègement du protocole d'étude des Hydrophytes flottants a été appliqué, en particulier par une réduction du nombre de points-contact.

Les résultats des deux campagnes de juin et août, montrent des évolutions des végétaux similaires à celles des années précédentes. On ne note pas en effet de changements significatifs au sein des trois strates, qui présentent les mêmes peuplements.

La strate des Hélophytes est caractérisée par la dominance des joncs, qui sont présents sur plus de 90 % des stations avec des recouvrements compris entre 30 et 40 %. Cette strate, constituée de huit ou neuf espèces, ne montre qu'une faible variabilité entre les deux campagnes et les peuplements présents sur les stations gardent les mêmes structures.

La strate des Hydrophytes submergés est dominée fortement par deux espèces, *Ceratophyllum demersum* et *Elodea canadensis*, qui semblent ne pas être influencées au cours de l'été par les variations dues au confinement du marais (baisse des niveaux d'eau, détérioration de la qualité de l'eau..), contrairement aux autres espèces qui ont régressé au fur et à mesure de la saison. Le développement de ces deux espèces est sûrement facilité par l'espace libre laissé par la disparition ou la diminution des autres espèces.

Les volumes importants d'Hydrophytes submergés estimés au mois d'août, notamment sur les fossés secondaires, peuvent expliquer les faibles biomasses mesurées pour la strate des Hydrophytes flottants. En effet, comparés aux années précédentes, les Hydrophytes flottants présentent une biomasse globale deux à trois inférieure. L'importance de l'abondance de la strate submergée a pu constituer un facteur limitant pour le développement de la strate flottante (apport réduit en nutriments et en gaz dissous).

Cette strate, constituée de sept espèces, est dominée par *Lemna gibba*, *L. minor* et *Wolffia arrhiza*, qui au mois d'août se manifestent sur 90 % des stations et correspondent à plus de 80 % de la biomasse globale moyenne de cette strate.

CHAPITRE VI - TYPOLOGIE DES PEUPEMENTS DE MACROPHYTES AQUATIQUES

VI.1 - ANALYSES DES DONNEES

VI.1.1 - GESTION DES DONNEES

De 1994 à 1996, tous les résultats obtenus pour chaque campagne de terrain ont été intégrés à la base de données PARADOX.

PARADOX (version 7) est une base de données relationnelle, dont les informations sont organisées en table. Chaque table contient des catégories de données répétées pour chaque élément de la table. De ce fait, il est possible d'extraire des informations spécifiques dans chaque table et de les rassembler de façon cohérente. On peut aussi relier plusieurs tables et en faire ressortir des données pour un élément choisi.

Les données obtenues peuvent être exportées vers un tableur (EXCEL) en vue de leur exploitation ou vers un logiciel de statistiques.

Les données sur la végétation (recouvrement, indice d'abondance, données morphométriques des canaux, paramètres de la qualité de l'eau...) ont été traitées dans ce document par le logiciel STATLAB (version 2), qui permet la réalisation de nombreuses analyses statistiques.

VI.1.2 - PRINCIPE DE L'ANALYSE

L'objectif de cette présente étude est d'établir les principaux types de peuplements de Macrophytes aquatiques, présents sur la zone expérimentale du marais Breton-Vendéen. Cette analyse a notamment pour but de déterminer une typologie des stations à l'aide des Macrophytes, de définir la composition et la structure des peuplements, de suivre leurs évolutions spatio-temporelles pour ainsi comprendre les rôles qu'ils jouent dans le fonctionnement du marais. Dans cette étude, nous avons aussi défini une typologie des stations à l'aide des paramètres morphologiques, ceci dans l'optique de confronter les deux typologies.

Pour obtenir cette typologie, nous avons appliqué une méthode statistique de classification, le **Classification Ascendante Hiérarchique** ou **C.A.H.**. Cette méthode permet la construction de classes homogènes d'individus selon un groupe de variables et inversement, la construction de classes homogènes de variables selon un ensemble d'individus donnés.

La C.A.H. est une méthode ascendante, qui permet, à partir des éléments, de former des petites classes ne comprenant que des individus très semblables. Puis à partir de celles-ci, on construit des classes de moins en moins homogènes (révélées par des variances intra-classes élevées). Le principe de cette méthode consiste à construire une suite de partitions en η classes, $\eta - 1$ classes, $\eta - 2$ classes....emboîtées les une dans les autres.

On parle de classification hiérarchique, car chaque classe d'une partition est incluse dans une classe de la partition précédente. La suite de partitions obtenues est usuellement présentée sous la forme d'un arbre de classification, appelé **dendogramme**.

Le dendogramme est, sans nul doute, le résultat le plus important donné par la C.A.H., il correspond en effet à sa représentation graphique. La hiérarchie représentée par ce dendogramme est "indicée", c'est à dire qu'à chaque partition correspond une valeur numérique, représentant le niveau auquel ont lieu les regroupements. Plus l'indice est élevé, plus les parties regroupées sont hétérogènes.

Au sein de l'arbre, chaque classe correspond à un noeud (ou intersection) auquel est attribué un numéro et comprend tous les éléments que l'on trouve en suivant les chemins qui mènent aux extrémités

Connaissant l'architecture du dendogramme, il est possible d'en déduire des partitions en un nombre plus ou moins grand de classes, il suffit pour cela de couper l'arbre à un certain niveau (défini par l'indice) et de regarder les classes qui en résultent.

La coupure du dendogramme à un certain indice permet de dégager des informations supplémentaires :

- * le nombre de classes,
- * la composition des classes,
- * la variance globale,
- * la variance intra-classe et son taux qui représentent l'inertie absolue et relative dans les classes de la partition,
- * la variance inter-classe et son taux qui représentent l'inertie absolue et relative entre les classes de la partition.

Remarques : La partition reste bonne tant que la variance intra-classe reste faible, ce qui dénote une certaine homogénéité entre les éléments, et que la variance interclasse reste forte, ce qui démontre la différence entre les classes

On obtient aussi des informations sur les variables, à partir desquelles la classification est réalisée. En effet, cette méthode donne le **Cor**, qui est défini comme la contribution relative d'un élément classifiant à l'excentricité d'une classe donnée. Le Cor permet de détecter les éléments classifiants, qui contribuent à donner un sens à une classe.

VI.2 - CONDITIONS STATIONNELLES

Le marais Breton-Vendéen correspond à un réseau plus ou moins complexe de canaux secondaires, alimenté par une petite rivière, **Le Falleron**, dont le bassin versant se divise en deux parties à fonctionnement différent :

- * En amont de Machecoul, le Falleron a un régime fluvial et présente de grandes variations de débit, avec notamment les pics de janvier et d'octobre, alors que le débit estival est très faible.
- * La partie à l'aval de Machecoul concerne la zone du marais, dont le réseau est alimenté artificiellement et géré par un ensemble de vannes.

TYPLOGIE DES PEUPEMENTS

Le réseau complexe du marais est composé par trois types de fossés, définis en fonction des paramètres morphologiques (largeur, courant, débit...) et des paramètres fonctionnels (usage, entretien..) :

- * les étiers, dont l'entretien dépend de l'Union des Marais,
- * les écours, dont l'entretien dépend des syndicats de marais,
- * les fossés secondaires, dont l'entretien est à la charge des propriétaires.

Remarque : L'écours est un terme local, pour désigner une voie préférentielle pour la vidange des salines. L'existence d'un léger courant dans ces fossés leur fait jouer un rôle important dans la gestion de l'eau, c'est la raison pour laquelle ils ont été bien entretenus et recalibrés jusqu'à ces dernières années.

On note aussi la présence de nombreux petits plans d'eau, qui sont les témoins d'une activité salicole antérieure.

Le régime hydraulique du marais montre une alternance hiver-été :

- * niveau le plus haut en hiver avec mélange et écoulements rapides et fréquents vers la mer,
- * eau stagnante en été avec une baisse progressive des niveaux, compensée néanmoins par un apport d'eau douce de Loire dans la partie nord du marais.

VI.2.1 - CARACTERISTIQUES DES FOSSES DE LA ZONE EXPERIMENTALE

En 1994, l'étude de l'organisation du réseau secondaire avait permis de dégager une classification des fossés (suivi de 225 fossés), à l'aide notamment des paramètres morphométriques quantitatifs et qualitatifs et à la connexité (MOISSONNIER T., Cf. Bibliographie).

Cette étude a permis aussi de définir les caractéristiques globales de la zone expérimentale. Ainsi, la zone présente une surface en eau (fossés et plans d'eau) d'environ 76 hectares, soit près de 20 % de la surface totale. Le réseau hydraulique présente une densité importante, avec 245 mètres de linéaires de fossés par hectare. Pour comparaison, le marais Poitevin ne comporte que 40 mètres de canaux à l'hectare (BILLAUD, 1986). Les fossés secondaires montrent une grande importance dans le réseau par rapport aux autres fossés, puisqu'ils représentent près des trois quart de l'ensemble du linéaire de la zone (93 km de linéaire).

VI.2.1.a - PARAMETRES MORPHOLOGIQUES

L'analyse des paramètres morphométriques définit l'aspect général de l'état du réseau. Ces paramètres correspondent à des descripteurs du réseau, tant au point de vue de son organisation (connexité, fossés permanents ou temporaires, positionnement...) que de son fonctionnement (hauteur d'eau, écoulement, envasement..)

Les résultats obtenus (voir tableau n°7, ci dessous) montrent une certaine hétérogénéité des paramètres étudiés, confirmés par des écart-types importants.

Tableau n°7 : Caractéristiques morphométriques des fossés de la zone NORSPA (campagnes 1994)

Paramètres	Moyenne	Ecart-type	Valeur mini	Valeur maxi
Largeur (cm)	344	105	150	800
Hauteur d'eau (cm)	51	23	5	120
Hauteur de vase (cm)	50	22	0	140
Hauteur totale (cm)	100	22	25	170

Les fossés sont assez étroits, même si certains peuvent atteindre une largeur importante de l'ordre de huit mètres. A la saison chaude, la hauteur d'eau moyenne reste faible et n'excède pas 51 cm. Les fossés les plus éloignés des écoures sont susceptibles parfois d'être à sec, en raison d'une alimentation en eau très réduite. L'ensemble des canaux subit un phénomène d'envasement important, avec des hauteurs de vase élevées (50 cm en moyenne). Ce phénomène résulte d'une évolution naturelle, développement important de la végétation aquatique et subaquatique, érosion des berges par les animaux (ragondins, bovins) et d'un manque évident d'entretien.

VI.2.1.b - QUALITE DE L'EAU

Différentes campagnes d'analyses physico-chimiques ont été effectuées de 1994 à 1996, par la division Ressources Aquatiques Continentales du Cemagref de Bordeaux, sur tous les types de canaux de la zone expérimentale. Elles concernaient en particulier la période estivale et automnale, ceci dans le but de suivre la phase la plus critique pour le marais (diminution des niveaux, confinement, prolifération végétale..).

Les résultats n'ont pas montré de différences importantes et significatives entre les étiers, les écoures et le réseau secondaire, ils permettent de mettre en exergue les caractéristiques majeurs de l'eau dans ce type de milieu et ainsi de mieux en comprendre le fonctionnement.

□ Conductivité

Ce paramètre montre un niveau d'hétérogénéité important, notamment pour les stations situées sur le réseau secondaire. Son évolution saisonnière se traduit par une hausse progressive en été et par des niveaux plus faibles en hiver. La conductivité permet d'évaluer le niveau de confinement général du marais ainsi que celui des canaux les moins bien renouvelés (poches isolées, fossés en cul-de-sac..). Elle retrace en outre les intrusions d'eau douce provenant de la Loire, lors des périodes critiques.

□ Matière en suspension

Les valeurs de ce paramètre sont très hétérogènes, souvent supérieures à 30 mg/l. La fraction minérale est toujours majoritaire, de l'ordre de 70 à 80 %. On note une augmentation à partir d'avril jusqu'en août, puis un resserrement automnal à des niveaux plus faibles, expliqué par un renouvellement de la masse d'eau notamment par les précipitations.

□ Oxygène dissous

L'oxygène dissous, mesuré par un oxymètre entre 12 et 16 heures à 30 cm sous la surface de l'eau, montre une hétérogénéité importante et des valeurs moyennes faibles en été (concentration souvent inférieure à 1,5 mg/l pour de nombreux canaux secondaires). Ce paramètre est fonction de la prolifération végétale, du niveau d'envasement, de la température et de l'intensité des mouvements d'eau.

□ Azote et phosphore

Le marais semble jouer un rôle majeur dans le cycle de ces deux éléments; les résultats obtenus montrent des valeurs assez faibles (phosphore total 1,7 mg/l et azote ammoniacal inférieur à 1 mg N/l, azote nitrique inférieur à 6 mg N/l).

Une étude particulière de la dynamique de l'azote se déroule actuellement, avec pour objectifs de préciser le phénomène de nitrification - dénitrification dans le cas particulier du marais.

Conclusion sur la qualité de l'eau

Tableau n°8 : Qualité de l'eau de la zone expérimentale pour la période de 1994 à 1996, ordre de grandeur des paramètres physico-chimiques

Paramètres	Limites	Valeurs	Qualité de l'eau
Conductivité (µmhos)	200 à 1700	< 400 en hiver 400 à 700 au printemps 500 à 2500 en été	S0 S1 S2-S3
MES (mg/l)	0-300	> 30 (pour 60 % des prélèvements)	2-H.C.
DCO (mg O ₂ /l)	0-240	> 50 (pour 60 % des prélèvements)	3-H.C.
O ₂ dissous (mg/l)		> 5 (pour 75 % des prélèvements) < 5 (pour 35 % des prélèvements)	1A-1B 2-3
pH		8,3 (moyenne)	1A-1B
N-NH ₄ ⁺ (mg N/l)	0-0,8	< 0,4 (pour 88 % des prélèvements)	1B
N-NO ₃ ⁻ (mg N/l)	0-3	> 3 (pour 58 % des prélèvements)	1B-2-3
P total (mg P/l)	0-1,7	> 1,7 (pour 58 % des prélèvements)	2

Remarque : Les classes de minéralisations et de qualité de l'eau utilisées dans ce tableau sont issues de la grille d'appréciation générale de la qualité des eaux et des cours d'eau de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (Cf. Annexe n°7)

On note donc un **niveau d'hétérogénéité important** aussi bien sur le réseau secondaire que sur les écours, une évolution saisonnière des différents paramètres respectée sur l'ensemble des stations.

Les résultats traduisent **une qualité de l'eau assez médiocre**, avec un déficit en oxygène dissous pour la période estivale, probablement dû à une gestion en vase clos du réseau hydrographique. De plus, la conductivité, les matières en suspension et la demande chimique en oxygène (D.C.O.), sont les paramètres aux teneurs les plus élevées pour une grande majorité des stations de prélèvements, révélant ainsi les caractères spécifiques de la zone, **forte production organique, sols salés, faible profondeur d'eau et évaporation importante**.

Il est à noter que **la D.D.A.S.S.** (Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales) suit, depuis une dizaine d'années, à partir de trois stations de prélèvement, la qualité du Falleron. Par contre, aucun suivi du réseau secondaire ni même des écoures n'a été entrepris.

Les analyses effectuées permettent d'établir des critères de qualité pour chaque paramètre étudié et ainsi d'estimer la qualité globale de l'eau. Les résultats obtenus par les services de la DDASS depuis 1985 montrent une qualité de l'eau toujours médiocre sur le Falleron. Les paramètres de moins bonne qualité résultent notamment, de l'analyse bactériologique avec un classement en hors catégorie (Streptocoques fécaux supérieurs à 10^4 pour 100 ml - Coliformes totaux supérieurs à 5.10^4 pour 100 ml) et, de la matière organique (DCO et DBO).

VI.2.2 - TYPOLOGIE DES STATIONS ETUDIÉES

Depuis 1995, la zone expérimentale fait donc l'objet d'une étude particulière sur les peuplements de végétaux aquatiques et sub-aquatiques. Ce suivi a été réalisé sur une trentaine de stations, choisies en fonction de leur représentativité vis-à-vis de l'ensemble de la zone expérimentale et en fonction de leur rapprochement avec les stations, suivies par la division Ressources Aquatiques Continentales.

- * 29 stations suivies pour chaque campagne de terrain en 1995
- * 33 stations étudiées par campagne en 1996 et 1997 : depuis 1996 les stations 24, 184 et 188 ont notamment été rajoutées au programme d'étude

VI.2.2.a - CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES STATIONS DE PRELEVEMENT

Les stations suivies depuis 1995 (Cf. Carte n°3) appartiennent en majorité au réseau secondaire de la zone expérimentale; ceci dans l'optique de suivre son évolution naturelle et de mieux comprendre les rôles qu'il peut jouer dans le fonctionnement du marais. Différentes stations de prélèvements se situent sur des écoures, fossés animés d'un léger courant et qui contribuent à l'alimentation et au renouvellement en eau du réseau secondaire. Une seule station (Station n°444) a été positionnée sur un étier (fossé à dimensions plus importantes).

Contrairement aux 225 stations étudiées en 1994, les 33 stations servant de support à l'étude des Macrophytes aquatiques présentent une certaine homogénéité en ce qui concerne leurs caractéristiques morphologiques, révélée par des écarts-type plus faibles. Le tableau n°9, ci-dessous révèle des fossés étroits, assez envasés (envasement moyen de 50 %), dont les eaux sont stagnantes ou animées d'un faible courant.

TYPOLOGIE DES PEUPEMENTS

Comme il a été précisé précédemment, 70 % de ces stations sont des fossés secondaires, dont certains correspondent à des culs-de-sac . Ces fossés secondaires sont soit organisés **en poche** (fossé ou ensemble de fossés reliés par un seul point de connexion au réseau principal) ou soit **en maille** (Fossés ayant au moins deux points de connexion avec le réseau principal).

Tableau n°9 : Caractéristiques des stations de prélèvement

	Hauteur d'eau (m)	Hauteur de vase(m)	Hauteur totale (m)	Colmatage (%)	Largeur (m)	Caractéristiques
MOYENNE	0.5	0.5	1.0	49,6	3.3	30 % à courant faible
MIN.	0.15	0.09	0.69	13	2.1	70 % à courant nul
MAX.	0.87	0.91	1.38	82	5	70 % de fossés II
ECART-TYPE	0.18	0.18	0.18	17,9	0.65	27 % d'écours
ECART-TYPE (%)	36.3	37	17,7	36,1	20.1	une station sur 1 étier

Remarque : Hauteur de vase et hauteur d'eau estimées en juillet 1996

VI.2.2.b - APPROCHE D'UNE TYPOLOGIE MORPHOMETRIQUE

A partir des données quantitatives et qualitatives, concernant la morphologie et la connexité des 33 stations choisies sur la zone d'étude, nous avons effectué **une Classification Ascendante Hiérarchique** (C.A.H.) de ces informations. La première étape consiste à transformer les données brutes quantitatives en trois classes de données qualitatives, **faible, moyenne et forte**. Du fait de l'estimation des hauteurs d'eau et de vase lors des campagnes de 1996, cette typologie concerne l'année 1996.

Tableau n°10 : Domaine de définition des différentes classes des paramètres morphologiques

PARAMETRES en cm	CLASSE 1 FAIBLE	CLASSE 2 MOYENNE	CLASSE 3 FORTE
HAUTEUR D'EAU	0-29	30-59	60-120
HAUTEUR DE VASE	0-39	40-59	60-140
HAUTEUR TOTALE	0-69	70-119	120-360
LARGEUR	0-274	275-349	350-850

La seconde étape définit, à l'aide d'une classification hiérarchique, une typologie morphologique qualitative, qui a permis de mettre en évidence cinq classes distinctes dont les caractéristiques sont décrites dans le tableau n°11.

Tableau n°11 : Représentation des caractéristiques des différents paramètres morphologiques

PARAMETRES	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Effectif
Hauteur de vase	Moyenne	Moyenne	Faible	Forte	Moyenne	33
Hauteur d'eau	Forte	Moyenne	Forte	Faible	Moyenne	33
Hauteur totale	Forte	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	33
Colmatage moy.(%)	43 %	45 %	23 %	69 %	52 %	33
Largeur	Forte	Moyenne à Forte	Faible à Forte	Moyenne à Forte	Moyenne à Forte	33
ORDRE						
1 ➡➡ (étier)					14 %	1
2 ➡➡ (écours)	40 %		17 %		86 %	9
3 ➡➡ (fossé II ^{aire})	40 %	40 %	66 %	80 %		16
4 ➡➡ (cul-de-sac)	20 %	60 %	17 %	20 %		7
ORGANISATION						
Maille (M)	40 %	20 %	66 %	40 %		11
Poche (P)	20 %	80 %	17 %	60 %		12
Réseau principal (E)	40 %		17 %		100 %	10
EFFECTIF	5	5	6	10	7	33
STATIONS	27, 16, 42, 396, 170	30, 24, 215, 162, 32	163, 84, 14, 160, 216, 198	184, 26, 188, 28, 33, 447, 186, 153, 29, 189	445, 217, 173, 187, 185, 180, 444	

☞ **Classe A** : Ce type regroupe 5 stations. Elles présentent une hauteur d'eau importante et un envasement moyen de l'ordre de 43 %. Ces stations correspondent à la fois au réseau principal et au réseau secondaire. Les canaux secondaires, appartenant à ce groupe, sont larges et organisés en maille ou en poche. Les eaux sont le plus souvent stagnantes

☞ **Classe B** : Les canaux appartenant à cette classe présentent une hauteur de vase moyenne, correspondant à un envasement de 45 %. La hauteur d'eau est souvent conséquente (moyenne à forte). Ils correspondent principalement à des fossés d'ordre 4 ou 3, organisés pour la plupart en poche. D'une largeur le plus souvent supérieure à 3 mètres, leurs eaux ne sont pas animées d'un courant.

☞ **Classe C** : 6 stations appartiennent à cette classe caractérisée par une hauteur totale moyenne, encombrée par un envasement relativement faible de 30 %. Ce sont des fossés en bon état, avec une hauteur d'eau supérieure à 60 %. Ce sont des fossés secondaires, organisés en maille ou en poche. Seule la station 216 correspond à un écours. Courant nul.

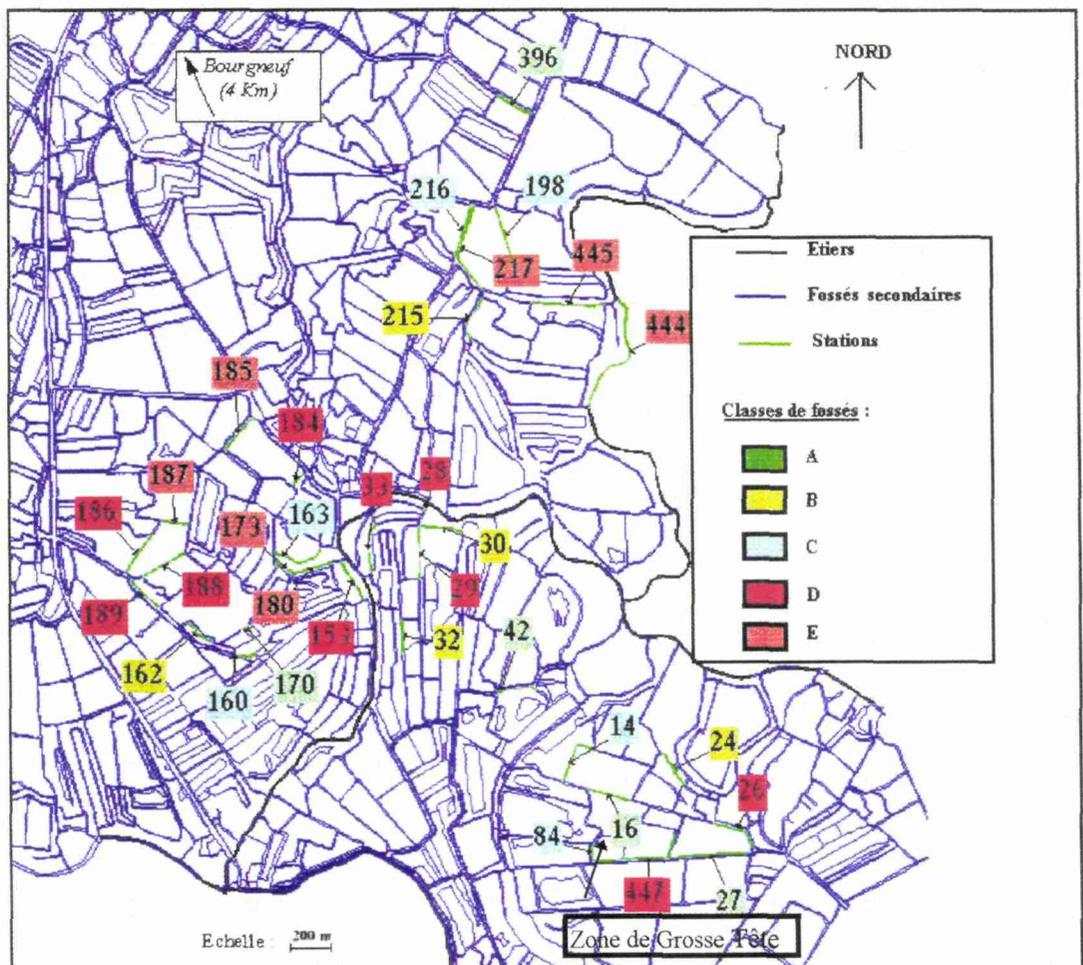
☞ **Classe D** : Les 10 canaux appartenant à ce type présentent une hauteur d'eau très moyenne, inférieure à 40 cm et une hauteur de vase importante, correspondant à un envasement moyen de 69 %. Ce sont principalement des fossés secondaires ou en cul-de-sac, organisés en maille ou en poche. Ils correspondent à des fossés en fin de comblement, où les eaux sont stagnantes.

TYPOLOGIE DES PEUPEMENTS

Classe E : Ce sont des canaux larges, caractérisés par une hauteur totale de 103 cm, envasés à 52 %. Ils appartiennent au réseau principal (étier et écours) et leurs eaux sont donc animées d'un courant faible. 9 stations appartiennent à cette classe.

En 1994, une analyse comparable réalisée sur 225 stations de la zone expérimentale définissait approximativement les mêmes types morphologiques de stations

Carte n°3 : Localisation des classes de stations sur la zone expérimentale



TYPLOGIE DES PEUPEMENTS

La carte n° 3 représente la répartition des cinq classes de fossés au sein de la zone d'étude. Les quatre premières classes correspondent bien au réseau secondaire, dont l'entretien est plus ou moins assuré. Ainsi, les stations de la classe D, présentant le niveau d'envasement le plus élevé, se situent soit dans des culs-de-sac, soit en position éloignée vis-à-vis d'un écoulement.

N.B. : Au cours des trois années, certaines stations ont subi un curage, dont les conséquences se traduisent par un changement de classe de ces stations. Ainsi, la station 14, classée pour l'année 96 dans le type C, a été curée à la fin de l'année 95. Auparavant elle appartenait donc à la classe A. Même chose pour la station 84, qui en 1995 avant son curage appartenait à la classe B.

Entre les campagnes de 1996 et 1997, différentes stations ont été curées notamment des stations appartenant à la classe E. Ces stations passent alors pour les campagnes de 1997 au sein du groupe C :

- * stations 170, 180, 217
- * station 42, curée entre la campagne de juin et celle d'août 97.

TYPLOGIE DES PEUPEMENTS

Figures n° 4 et 5 : Fossés secondaires envasés



(Photos A. DUTARTRE, 1996)

VI.3 - ANALYSE GLOBALE DES PARAMETRES FLORISTIQUES

Ce chapitre concerne la présentation des caractéristiques de chacune des strates, composant les peuplements de macrophytes aquatiques de la zone expérimentale, située sur le marais Breton-Vendéen. Les résultats présentés correspondent aux paramètres de quantification des végétaux, suivis de 1995 à 1997, sur une trentaine de stations de prélèvement. Les protocoles des méthodes de quantification sont décrits dans le chapitre III, concernant la méthodologie.

VI.3.1 - EVOLUTION DE LA STRATE DES HYDROPHYTES SUBMERGES

Codes utilisés pour définir les espèces de cette strate :

CASP = *Callitriche* sp. CEDE = *Ceratophyllum demersum* CHAR = *Characées*
 CLSP = *Cladophora* sp. ELCA = *Elodea canadensis* ENIN = *Enteromorpha intestinalis*
 MYSP = *Myriophyllum spicatum* HYRE = *Hydrodictyon reticulatum* POCR = *Potamogeton crispus*
 POPE = *Potamogeton pectinatus* POPU = *Potamogeton pusillus* ZAPA = *Zannichelia palustris*
 UTSP = *Utricularia* sp.

VI.3.1.a - RICHESSE SPECIFIQUE

Au cours des trois années d'études, 13 espèces ou genres appartenant à la strate des Hydrophytes submergés, ont été identifiés sur la zone expérimentale. Comme il a été précisé précédemment, trois espèces d'algues, non fixées au substrat, ont été rattachées à cette strate du fait de leur position submergée. Il n'était en effet pas concevable de les relier avec les espèces d'Hydrophytes flottants.

Tableau n°12 : Richesse spécifique globale - Hydrophytes submergés

	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPT.	OCT.
1995	12	12	9	9	9	-
1996	12	12	10	7	11	10
1997	-	12	-	-	-	-

Les observations de terrain, soulignées dans le tableau ci-dessus, montrent une plus grande diversité pour les mois de mai et juin, durant lesquels la quasi totalité des espèces recensées se développent au sein des canaux du marais. On observe ensuite une régression de la diversité, coïncidant sans nul doute avec les variations des conditions du milieu, correspondant au confinement du marais. Les espèces les moins tolérantes aux variations du milieu voient leurs populations diminuer ou disparaître.

VI.3.1.b - FREQUENCE

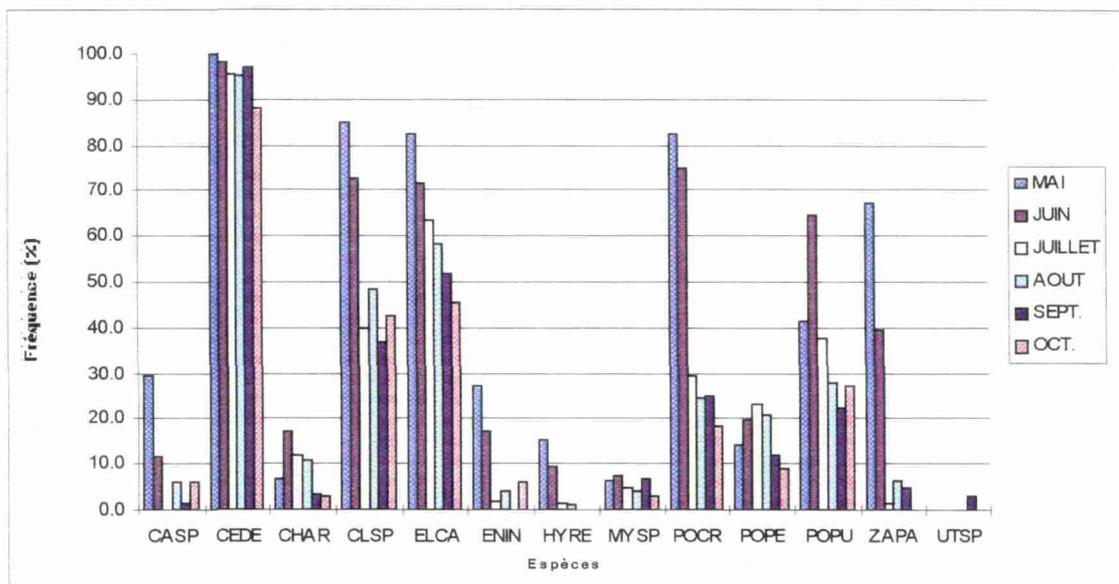
Pour interpréter les valeurs de fréquence, nous nous sommes basés sur une grille de référence, déterminant un classement des espèces selon leurs fréquences d'apparition sur les stations suivies. Cette grille est établie comme suit :

75 % < Fréquence < 100 %	☞ espèce permanente
50 % < F < 75 %	☞ espèce très fréquente
25 % < F < 50 %	☞ espèce commune
12,5 % < F < 25 %	☞ espèce peu fréquente
0 % < F < 12,5	☞ espèce rare

Cette grille peut servir de référence à chaque strate de végétaux.

Ainsi, le graphe n°12 présentant les fréquences mensuelles moyennes observées durant 3 années d'études, montre qu'une seule espèce, *Ceratophyllum demersum*, reste permanente tout au long de la saison végétative, en étant présente sur plus de 80 % des stations de prélèvement de mai à octobre. Cette espèce est la plus ubiquiste de la strate, sa présence étant notée sur toutes les classes de fossés répartis sur la zone d'étude.

Graphes n° 12 : Fréquence mensuelle moyenne de 1995 à 1997



Ensuite, on constate que trois espèces se répartissent au printemps sur plus de 75 % des stations, il s'agit de *Elodea canadensis*, *Potamogeton crispus* et le genre *Cladophora* (algue filamenteuse) et sont donc considérées alors, comme espèces permanentes. Au cours de l'été, leurs fréquences d'apparition sur les fossés diminuent et ces espèces ne sont alors décrites que comme espèces fréquentes ou simplement communes.

Le tableau n°13 permet, à l'aide du classement des espèces selon leur fréquence, de suivre l'évolution de l'apparition de l'ensemble des espèces.

**Tableau n°13 : Evolution de la fréquence des espèces - Hydrophytes submergés
1995 à 1997**

	Espèce permanente	Espèce fréquente	Espèce commune	Espèce peu fréquente	Espèce rare
MAI	CEDE, ELCA, CLSP, POCR	ZAPA	CASP, ENIN, POPU	HYRE, POPE	CHAR, MYSP, UTSP
JUIN	CEDE	ELCA, CLSP, POCR, POPU	ZAPA	CHAR, ENIN, POPE	CASP, HYRE, MYSP, UTSP
JUILLET	CEDE	ELCA	CLSP, POCR, POPU	POPE	CASP, CHAR, ENIN, HYRE, MYSP, ZAPA, UTSP
AOÛT	CEDE	ELCA	CLSP, POCR, POPU	POPE	CASP, CHAR, ENIN, HYRE, MYSP, ZAPA, UTSP
SEPTEMBRE	CEDE	ELCA	CLSP, POCR	POPU	CASP, CHAR, ENIN, HYRE, MYSP, ZAPA, UTSP, POPE
OCTOBRE	CEDE		CLSP, POPU, ELCA	POCR	CASP, CHAR, ENIN, HYRE, MYSP, ZAPA, UTSP, POPE

On note donc au cours de la saison, le passage de *E. Canadensis* et *Cladophora sp.* d'espèces permanentes à espèces communes. Cependant, ces deux espèces sont toujours présentes sur plus de la moitié des stations de prélèvement.

Un certain nombre d'espèces restent peu fréquentes et n'ont été notées que sur quelques stations au cours des campagnes de terrain, il s'agit de *H. reticulatum*, *E. intestinalis*, *M. spicatum*, *Chara sp.*, *Utricularia sp.*, *Z. palustris* et *Callitriche sp.*

Les trois autres espèces, appartenant au groupe des potamots, se rencontrent fréquemment au printemps, puis leur répartition diminue au fur et à mesure de la saison végétative.

VI.3.1.c - ABONDANCE

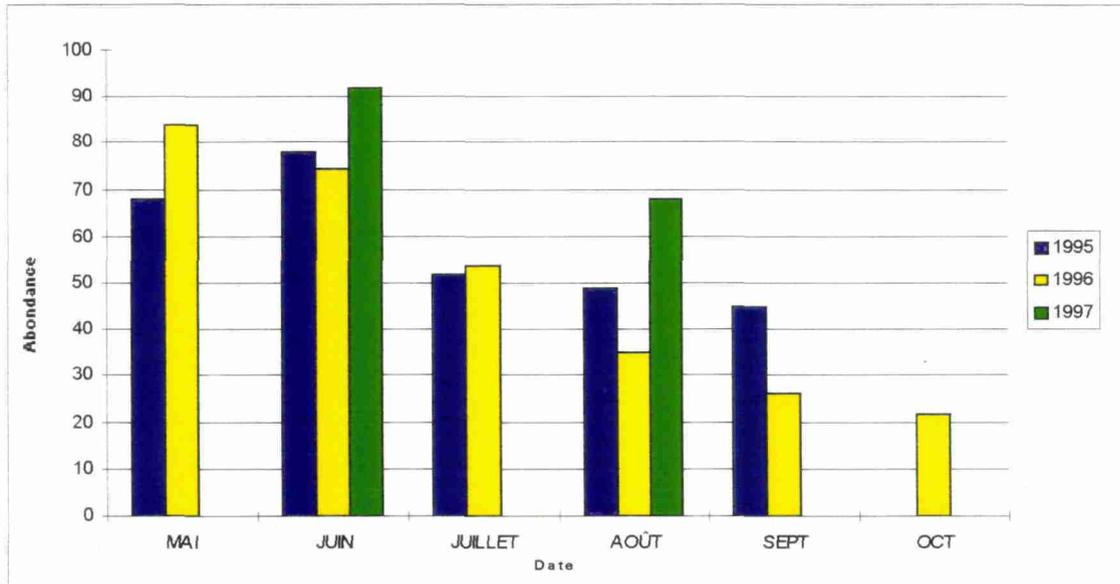
La méthode des points-contact, permet de quantifier chaque espèce au point de prélèvement à l'aide notamment d'un indice d'abondance, décrit dans le chapitre III, METHODOLOGIE.

Nous avons établi pour chaque station étudiée une abondance globale, correspondant à la somme des abondances des espèces, présentes sur la station de prélèvement. Le graphe n°13, retraçant l'évolution de l'abondance globale moyenne par station, fait apparaître le printemps, comme la période la plus productive. On note ensuite une diminution de l'abondance, traduisant la diminution de la fréquence et même la disparition de la plupart des espèces.

TYPOLOGIE DES PEUPEMENTS

Le pic d'abondance, observé au mois d'août 1997, correspond à un fort développement de *C. demersum* et de *E. canadensis*. Nous avons constaté en effet, une abondance importante de ces deux espèces, sur une majorité de stations lors de cette campagne de terrain, se traduisant aussi par de forts volumes de végétaux (Cf. Chapitre V, CAMPAGNES DE 1997).

Graphe n°13 : Evolution de l'abondance moyenne par station - Hydrophytes submergés.



L'étude des abondances spécifiques de chaque espèce, permet de conclure à la dominance de *C. demersum* et de *E. canadensis*, dont les abondances représentent à chacun des mois plus de 50 % de l'abondance globale (Cf. tableau n°14).

Tableau n°14 : Pourcentages de *C. demersum* et de *E. canadensis* par rapport à l'abondance globale mensuelle

%	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPT.	OCT.
CEDE	32	33	52	53	60	50
ELCA	20	20	30	29	25	24
TOTAL	52	53	82	82	85	74

Au printemps, le pourcentage que représente les deux espèces dominantes par rapport à l'abondance globale est plus faible, du fait de l'apparition et du développement des espèces moins fréquentes. On constate effectivement sur les stations de prélèvement, le développement de plusieurs espèces en abondance élevée lors de cette période, notamment *Potamogeton crispus*, *P. pusillus* et *Cladophora sp.*

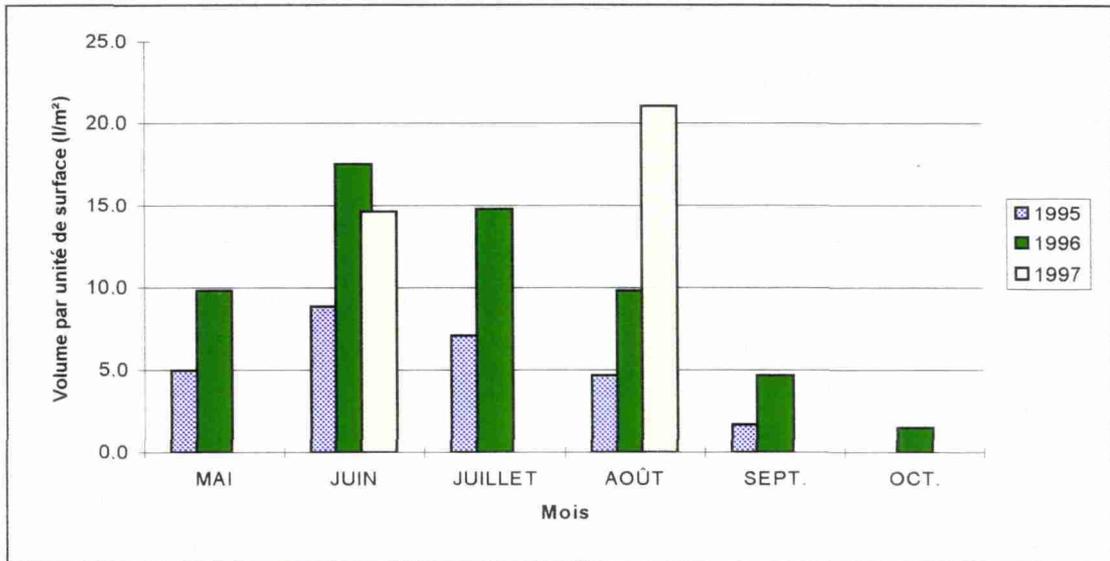
Les mois suivants une majorité des espèces régresse, laissant ainsi une aire de répartition importante pour les espèces dominantes.

VI.3.1.d - VOLUME

Le graphe n°14 corrobore les conclusions faites à l'examen des abondances. En effet, on constate que les volumes les plus importants sont observés au mois de juin. L'évolution des volumes se traduit par une augmentation de mai à juin, puis une lente régression.

On observe néanmoins un pic de l'abondance globale au mois d'août 1997, expliqué par un développement important sur les stations de *C. demersum* et *E. canadensis* (Cf. Chapitre V, CAMPAGNES DE TERRAIN 1997).

Graphe n°14 : Evolution du volume moyen par station d'Hydrophytes submergés (l/m²)



On observe néanmoins une grande disparité entre les stations, traduite par des écarts-type très importants lors de chacune des campagnes de terrain. La gamme des volumes estimés sur l'ensemble des campagnes varie de 0 à 71 l/m². Les volumes nuls ou très faibles sont observés, soit pour des stations récemment curées, soit pour des fossés secondaires en fin de vie, caractérisés par un engorgement très important et une hauteur d'eau faible. La station 184, classée en fossé de type D (Cf. Partie VI.B), correspond à cet exemple, en ne présentant lors des trois années d'étude, que des volumes faibles ou nuls.

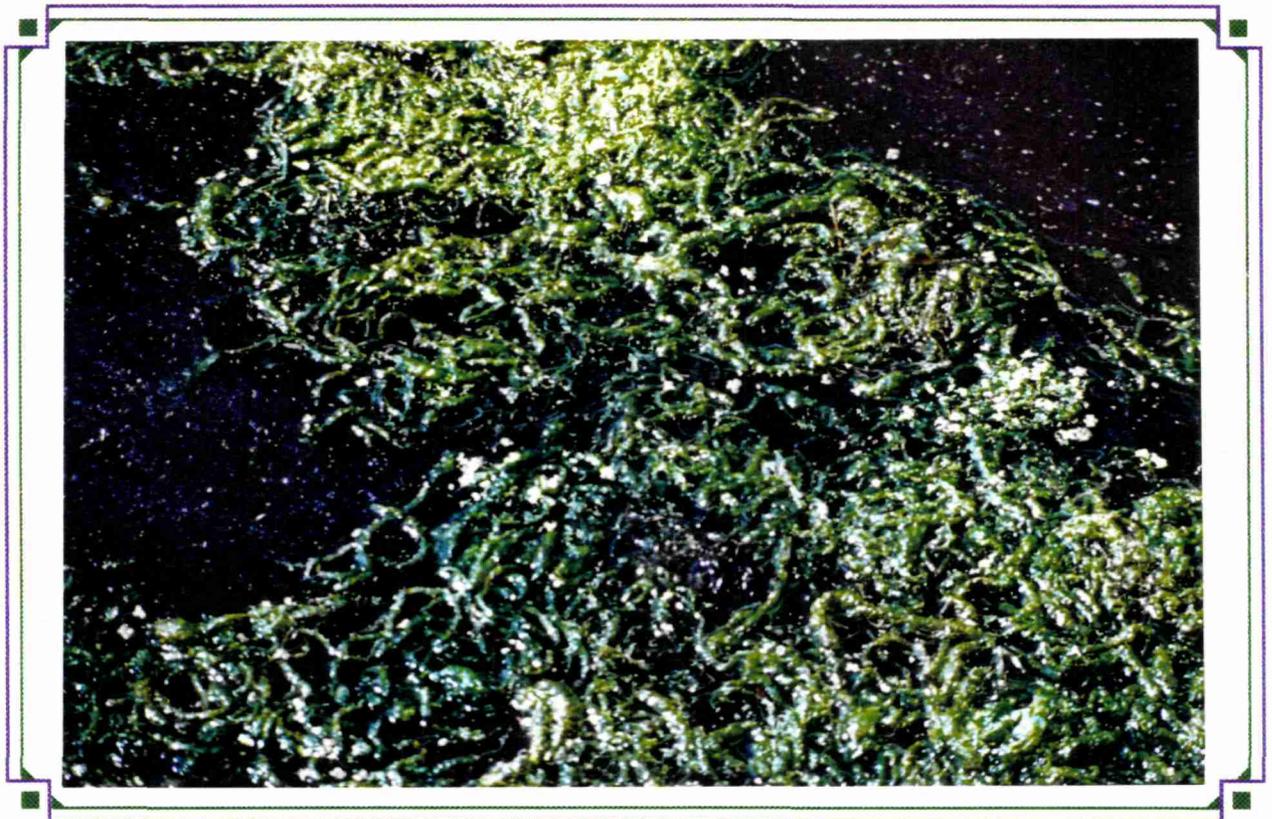
A l'opposée, les forts volumes estimés en particulier au printemps, sont notés sur l'ensemble des classes de fossés, écouls et fossés secondaires, et ne semblent pas caractériser une classe spécifique.

TYPOLOGIE DES PEUPELEMENTS

Tableau n°15 : Evolution du volume moyen par station (litres par m²) - Hydrophytes submergés

	1995					1996						1997	
	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Juin	Août
VOL. moy (l/m ²)	5	8,9	7,1	4,7	1,7	9,8	17,6	14,7	9,8	4,7	1,5	14,6	21
Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max.	18,7	27,8	30,8	20,3	7	37,5	55,6	61,7	40,6	40,2	7,9	42,4	71
écart-type	4,5	7,6	8,9	6,1	2,1	8,7	14,5	16,5	11,4	7,6	2	11,8	21,7
écart-type %	90,7	85,4	124,7	129,5	126,2	88,1	82,8	112	115,5	163,4	135	80,7	103,2

Figure n°6 : Peuplements d'Hydrophytes submergés envahissant le fossé
Elodées, Algues et Potamots



(Photo, A. DUTARTRE, 1996)

VI.3.2 - EVOLUTION DE LA STRATE DES HYDROPHYTES FLOTTANTS

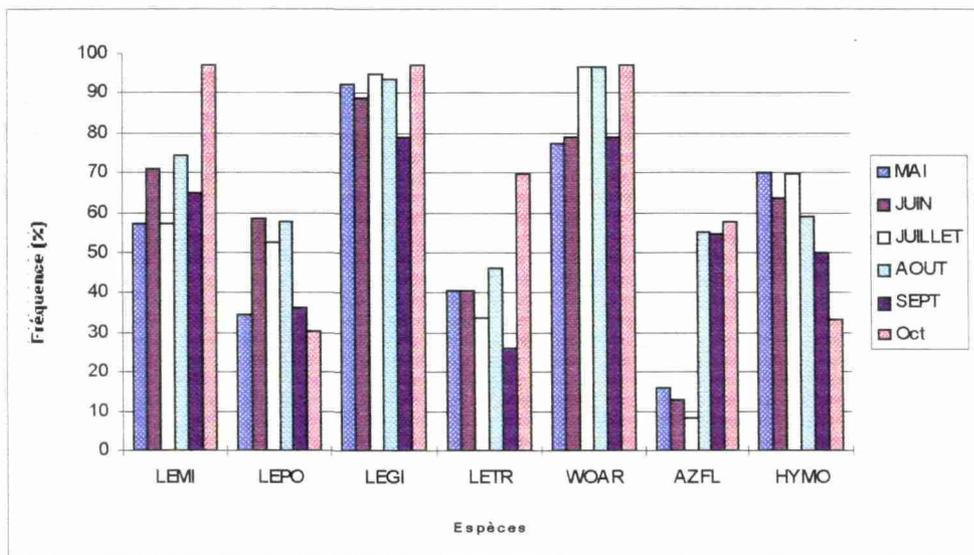
Codes utilisés pour définir les espèces de cette strate :

LEMI = *Lemna minor* LEGI = *Lemna gibba* LETR = *Lemna trisulca* WOAR = *Wolffia arrhiza*
 LEPO = *Lemna polyrrhiza* HYMO = *Hydrocharis morsus ranae* AZFL = *Azolla filiculoides*

VI.3.2.a - RICHESSE SPECIFIQUE ET FREQUENCE

La strate des Hydrophytes flottants, sur le marais Breton-Vendéen, est constituée de 7 espèces, se manifestant fréquemment sur les canaux. En effet, de 1995 à 1997, ces Hydrophytes flottants ont été notés à un moment ou à un autre de la saison végétative, au niveau des stations de prélèvement.

Graphe n°15 : Fréquences mensuelles moyenne de 1995 à 1997



Le graphe n°15, représentant les fréquences moyennes mensuelles des Hydrophytes flottants au cours des trois années d'étude, montrent bien la présence fréquente des espèces sur les stations tout au long de la saison de développement végétatif.

On constate une augmentation des fréquences du printemps à l'été, coïncidant avec la phase de développement végétatif de l'ensemble des espèces. Seule, *Azolla filiculoides* (une petite fougère aquatique) se développe un peu plus tard dans la saison, en particulier à partir du mois d'août.

En terme de fréquence, on note tout de même la domination de trois espèces, qui sont toujours présentes de mai à octobre sur plus de 70 % des stations. Il s'agit de trois espèces de lentilles d'eau, *Lemna minor*, *Lemna gibba* et *Wolffia arrhiza*.

Remarque : L'augmentation des fréquences, notée sur le graphe n°15, au mois d'octobre pour quelques unes des espèces d'Hydrophytes flottants, est à relativiser par le fait que ce mois ne correspond qu'à une seule campagne au cours des trois années d'étude.

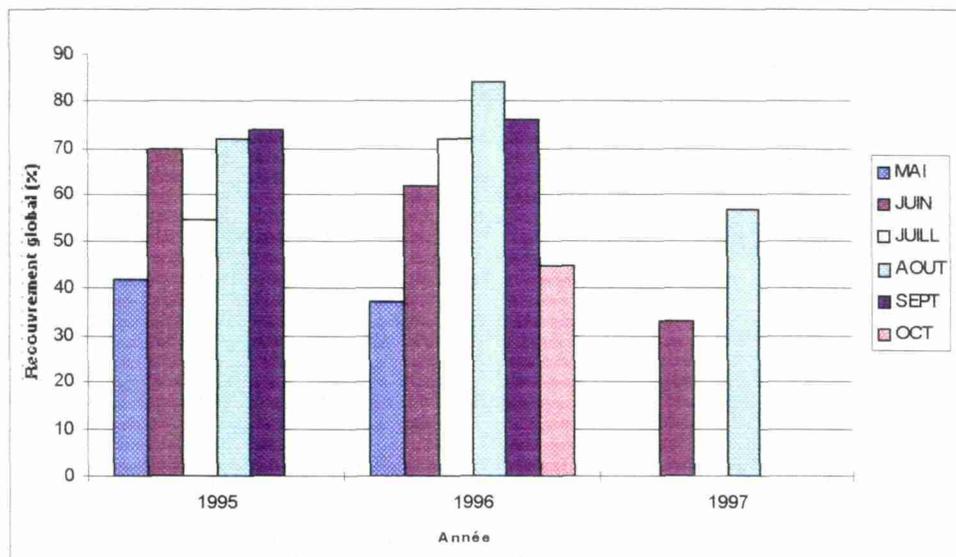
VI.3.2.b - RECOUVREMENT

L'évolution des recouvrements globaux sur l'ensemble des stations, se caractérise par une progression de mai à août, suivi ensuite de la diminution au cours de l'automne. On note néanmoins pour l'année 1995 une baisse des recouvrements au cours du mois de juillet, qui peut s'expliquer soit par une sous-estimation des observateurs ou soit, par de mauvaises conditions physico-chimiques dues au confinement du marais qui auraient occasionné une diminution des peuplements ou encore par un important développement de la strate des Hydrophytes submergés.

On note d'autre part, pour les deux campagnes de 1997, des taux de recouvrement plus faibles que lors des années précédentes, confirmés par des mesures de biomasses faibles.

On peut remarquer néanmoins que l'ensemble des stations étudiées présente pour cette strate, des taux de recouvrement toujours supérieurs à 30 % du printemps à l'automne. Il existe cependant une grande disparité entre les stations, certaines présentent des taux de recouvrement importants tout au long de la saison alors que sur d'autres stations, le film d'Hydrophytes flottants n'est jamais développé de manière conséquente.

Graphe n°16 : Recouvrement global moyen - Hydrophytes flottants



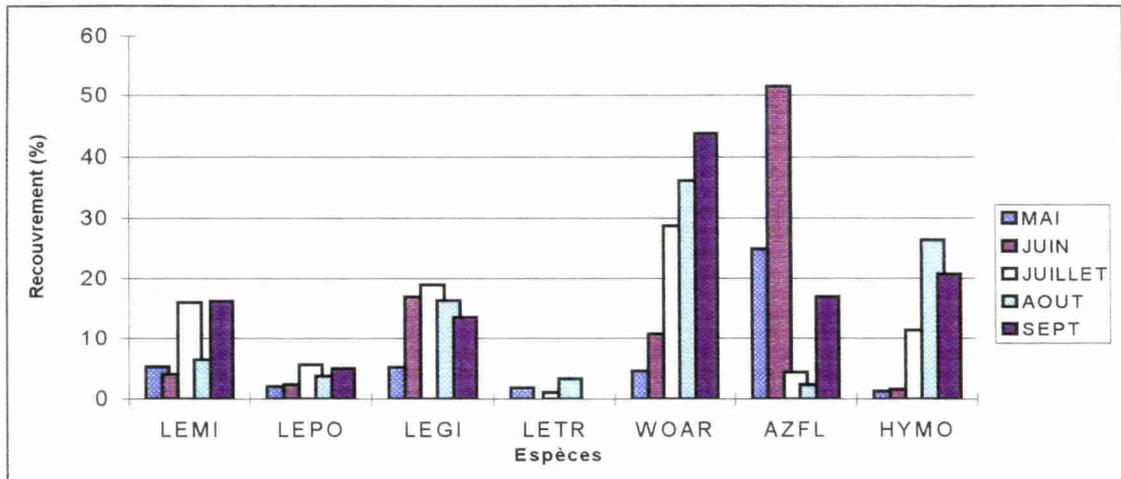
On observe par exemple pour les trois années d'étude des taux de recouvrement toujours supérieurs à 70 % tout au long de la saison pour les stations 396, 170, 153, 28, 29, 173, 189. Ces stations appartiennent à la classe de fossés A et D, et sont donc caractérisées par une hauteur de vase importante. 50 % des stations étudiées présentent des taux de recouvrement moyens supérieurs à 50 %.

A l'opposé, d'autres stations présentent une strate d'Hydrophytes flottants peu développée, notamment les stations appartenant à un réseau isolé de fossés secondaires, situé au lieu-dit « Grosse Tête », stations 447, 14, 16, 26, 84.

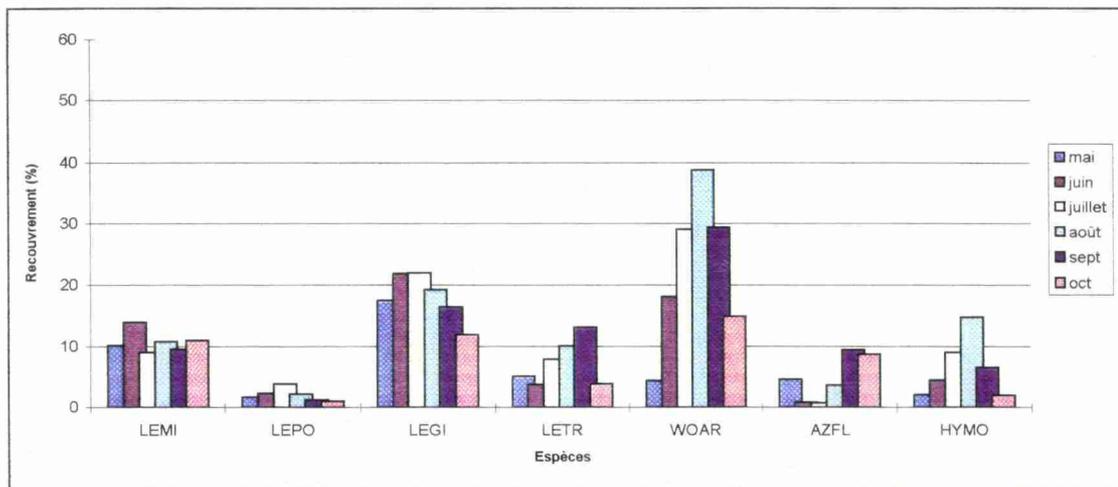
L'examen des recouvrements spécifiques moyens montrent la progression de l'ensemble des espèces de mai à août, dont les recouvrements maximaux sont souvent observés pour les mois de juillet et août.

TYPOLOGIE DES PEUPEMENTS

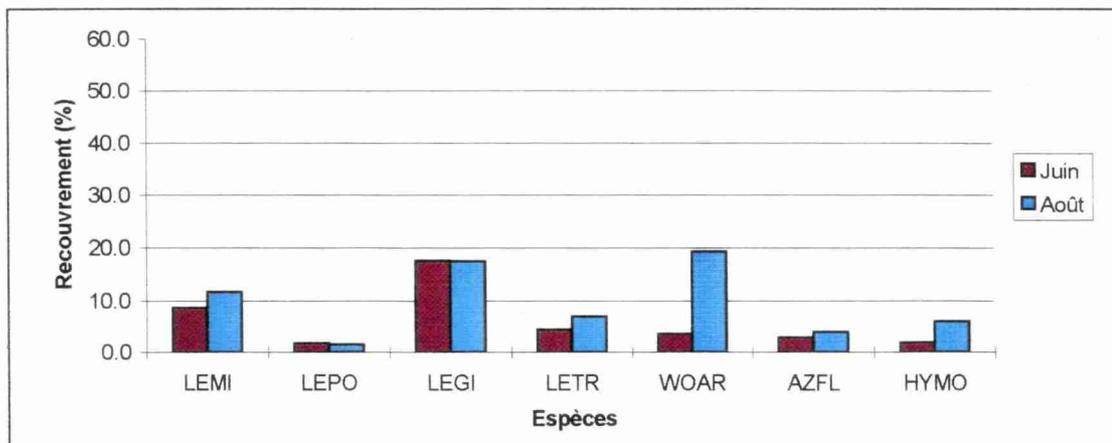
Graphe n°17 : Evolution des recouvrements spécifiques moyens - 1995



Graphe n°18 : Evolution des recouvrements spécifiques moyens - 1996



Graphe n°19 : Evolution des recouvrements spécifiques moyens - 1997.



TYPLOGIE DES PEUPEMENTS

Les trois espèces les plus fréquemment observées sur les stations de prélèvement, présentent aussi les taux de recouvrement les plus élevés. *Lemna gibba*, *Lemna minor* et *Wolffia arrhiza* correspondent donc aux espèces dominantes de la strate flottante.

Azolla filiculoides est présente sur un nombre accru de stations à partir du mois d'août et voit parallèlement accroître ses taux de recouvrement. Cependant, en 1995 on note une forte augmentation de son taux de recouvrement moyen au printemps alors que sa fréquence est restée faible. Ceci s'explique par un développement printanier de cette espèce sur un nombre limité de stations, où les conditions ont été favorables à sa prolifération.

Les autres espèces, moins fréquentes, proposent des recouvrements souvent inférieurs à 10 %. A noter que, la position sub-aquatique (entre deux eaux) de *Lemna trisulca* peut entraîner une sous estimation de son taux de recouvrement.

VI.3.2.c - BIOMASSE SECHE

Comme il a été antérieurement précisé, la strate des Hydrophytes flottants a été suivie pour les 6 campagnes de 1996 et les deux campagnes de 1997 en terme de biomasse, selon le protocole présenté dans la partie METHODOLOGIE.

Tableau n°16 : Biomasse globale moyenne sur l'ensemble des stations

Biomasse globale (g/m ²)	Moyenne	Min.	Max.	écart-type	écart-type %
Mai-96	43	3	114	38,6	91
Juin-96	115	18	331	90	78
Juillet-96	115	39	198	47,8	42
Août-96	124	39	222	65	52
Sept.-96	109	13	188	63	58
Oct.-96	55	4	131	52,8	96
Juin-97	18	1	45	14,6	81
Août-97	42	0	73	28,6	68

L'étude des biomasses sur une dizaine de stations de prélèvement a mis en évidence, l'augmentation de la biomasse du printemps à l'été, conformément à l'évolution des recouvrements estimés.

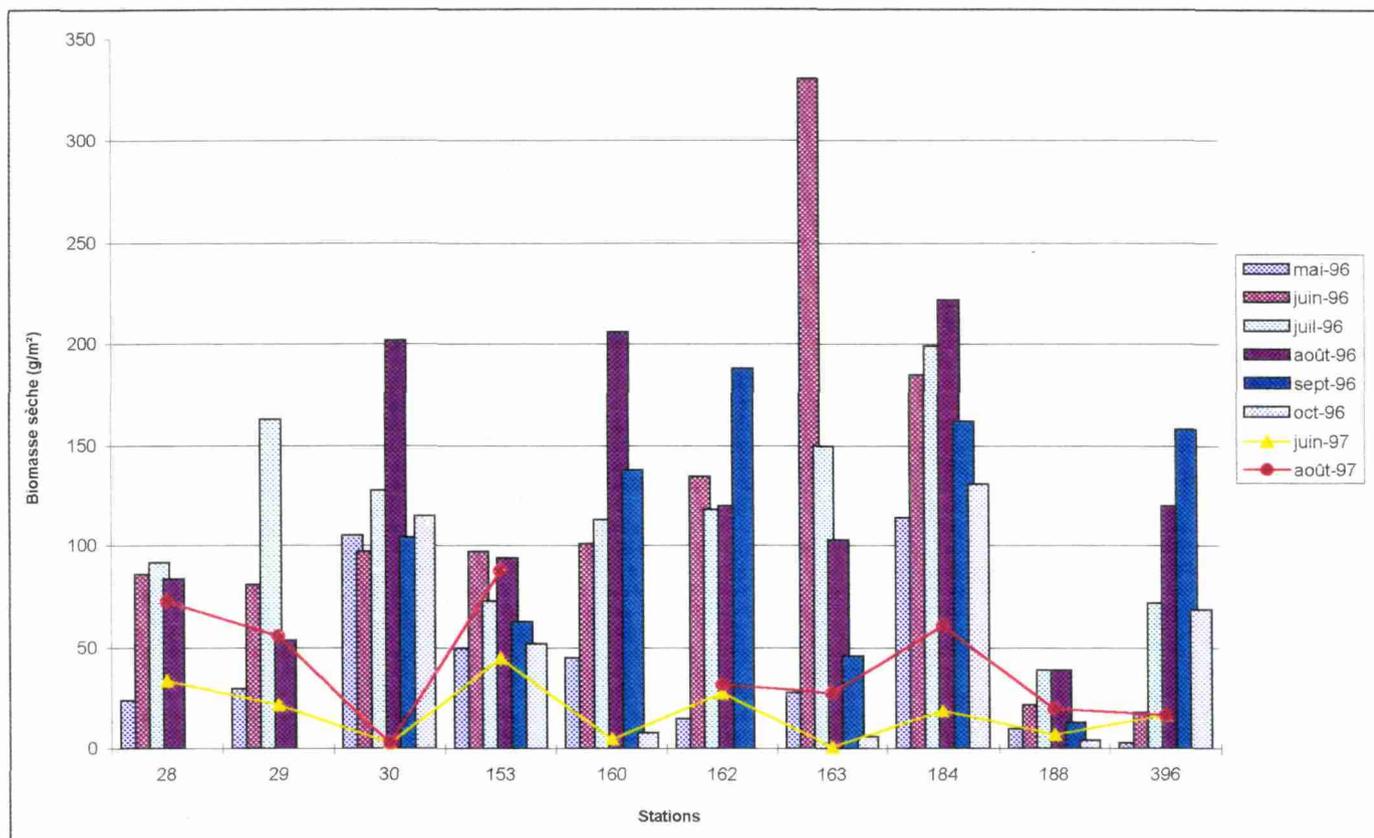
Il semble apparaître cependant, que la biomasse continue à croître au mois d'août alors que, les recouvrements maximaux sont atteints dès le mois précédent. Ceci s'explique, notamment lors de la phase de croissance maximum, par un développement sur plusieurs centimètres d'épaisseur du film d'Hydrophytes flottants, ce qui entraîne des recouvrements globaux sur les stations supérieurs à 100 %. Mais, ce développement des lentilles d'eau sur plusieurs couches superposées, rend difficile l'estimation des taux de recouvrement de chaque espèce et donc conduit à une sous-estimation des recouvrements globaux.

TYPOLOGIE DES PEUPELEMENTS

La biomasse maximum de cette strate est donc atteinte au mois d'août, que l'on peut considérer comme le maximum annuel, étant donné que les campagnes de terrain ont couvert la période la plus favorable au développement des Hydrophytes.

Les deux campagnes de juin et août 1997 font apparaître des biomasses très inférieures à celle observées lors de l'année 1996, expliquées en partie par la forte abondance de la strate submergée, freinant ainsi le développement de la strate des Hydrophytes flottants.

Graph n°20 : Biomasse sèche moyenne d'Hydrophytes flottants par unité de surface de la station



Les écarts-type sont assez élevés (65 % en moyenne) et témoignent donc d'une grande disparité entre les stations, comme le montre le graphe n°20. On note la plus grande variabilité entre les stations au printemps et en automne. En effet, pour l'année 1996 par exemple, la station 163 présente au mois de juin une biomasse très importante de l'ordre de 325 g/m² alors que 70 % des stations pour ce mois ont une biomasse inférieure à 100 g/m².

Par contre, la variabilité entre les stations diminue aux mois de juillet et août, lors de la phase maximale de développement, se traduisant par des écarts-type moins importants. On constate en fait un resserrement des valeurs de biomasse en été pour l'ensemble des stations.

Les stations 28, 29, 153 et 188 présentent sur les deux années les biomasses d'Hydrophytes flottants les plus faibles. La classification hiérarchique des stations (Cf. Partie VI.B.) a montré que ces quatre stations appartenaient à la classe D, constituée de fossés marqués par un envasement important et une hauteur d'eau faible. D'autre part, ces stations montrent une strate d'Hydrophytes submergés très abondante, qui pourrait constituer un facteur limitant pour le développement de la strate flottante (diminution des gaz dissous et des nutriments).

VI.3.3 - EVOLUTION DE LA STRATE DES HELOPHYTES

Codes utilisés pour définir les espèces de cette strate :

TYAN = *Typha angustifolia* PHAU = *Phragmites australis* JUSP = *Juncus sp. (joncs)*
 SCSP = *Scirpes sp. (Scirpes)* ELPA = *Eleocharis palustris* IRPS = *Iris sp.* CXSP = *Carex sp.*
 RUFN = *Rubus fruticosus (ronces)*.

VI.3.3.a - RICHESSE SPECIFIQUE

Tableau n° 17 : Richesse spécifique globale - Hélophytes

	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	OCTOBRE
1995	9	9	-	-	-	-
1996	8	8	11	12	9	9
1997	-	8	-	10	-	-

Cette strate, constituée globalement d'une douzaine d'espèces, comprend surtout des joncs (*Juncus effusus*, *J. conglomeratus*, *J. gerardi*, *J. maritimus*), des *Typha angustifolia* et des *Phragmites australis*.

La richesse spécifique observée pour cette strate montre une progression au cours de la saison, en passant de huit ou neuf espèces au printemps à 11 ou 12 en été. Cette augmentation est due au développement sur les berges de plusieurs espèces, comme les chardons, les lycopes ou encore les salicaires. En automne ces espèces disparaissent. Ces espèces ne seront pas pris en compte dans cette étude, du fait de leur trop faible fréquence. Seule l'évolution des huit principaux taxons sera présentée ici.

VI.3.3.b - FREQUENCE

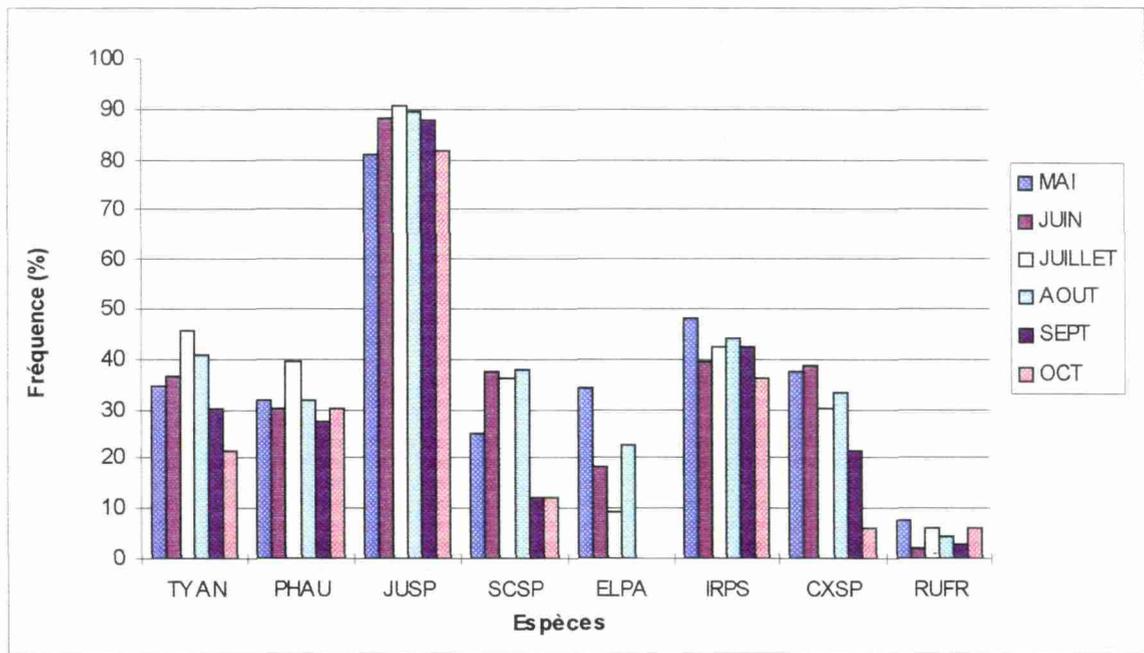
Le graphe n°21, présentant la fréquence moyenne des Hélophytes, fait apparaître la domination des joncs, qui correspondent à l'espèce la plus fréquente de la strate. Les joncs sont présents en effet sur plus de 80 % des stations. On note ensuite un groupe d'espèces se manifestant fréquemment sur les stations de prélèvement.

Les laïches, les massettes, les roseaux, les iris et *Eleocharis palustris* sont en effet très communes sur le marais. Seules les ronces se rencontrent moins fréquemment et ne sont présentes que sur une seule station, la station 42.

La représentativité des espèces (ou fréquence) est la plus forte pour les mois de juillet et d'août.

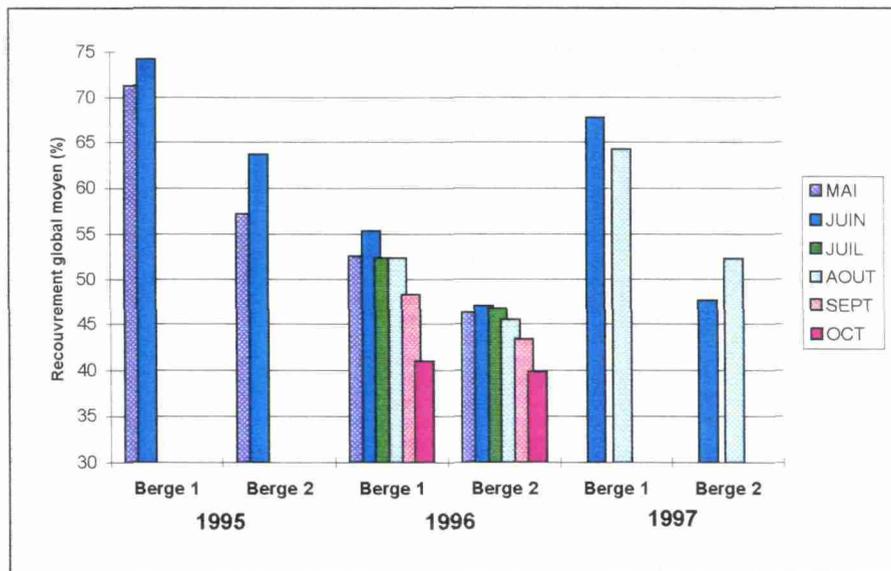
Remarque : Pour une majorité d'espèces on ne note qu'une faible variation de la fréquence de mai à octobre, qui s'explique plus par la subjectivité de l'observateur que par la régression de l'espèce au cours de la saison végétative.

Graphe n°21 : Fréquence mensuelle moyenne de 1995 à 1997 - Hélophytes



VI.3.3.c - RECOUVREMENT

Graphe n°22 : Recouvrement Global moyen - Hélophytes



La strate des Hélophytes apparaît développée sur le marais, avec des taux de recouvrement moyen assez élevés. Au cours des trois années d'étude, on remarque une certaine stabilité de cette strate, avec des taux de recouvrement moyen similaires.

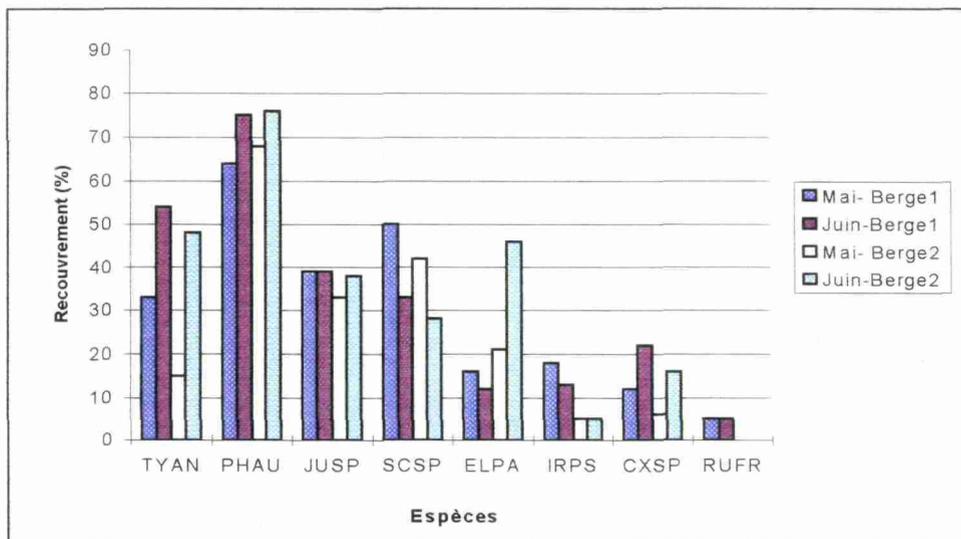
TYPOLOGIE DES PEUPEMENTS

Le développement maximum de cette strate est observé pour les mois de juin et juillet, traduit cependant par une progression assez faible des recouvrements. Les deux berges présentent des évolutions parallèles, mais les recouvrements estimés sur la berge opposée (berge n°2) sont toujours légèrement plus faibles que sur la berge n°1. Cette différence provient peut-être de la subjectivité des observateurs, dont l'analyse de la berge n°1 sur laquelle ils sont situés, tend à surestimer les recouvrements. La vision de la berge opposée (berge n°2) est sans doute plus aisée et plus précise. A partir du mois d'août les recouvrements régressent, correspondant à la fin de la saison végétative.

Les graphes n°23 à n°26 montrent l'évolution des recouvrements spécifiques moyens sur chacune des deux berges. On note aussi une certaine stabilité pour chacune des espèces, les joncs par exemple se répartissent en touffes, toujours avec des taux de recouvrement, compris entre 30 et 40 %. Les phragmites, présents sur une douzaine de stations de prélèvement, correspondent le plus souvent à des peuplements continus et denses sur une ou deux berges. Les stations 28, 180 et 396 par exemple sont bordées de part et d'autre par des peuplements denses de phragmites couvrant la totalité des berges.

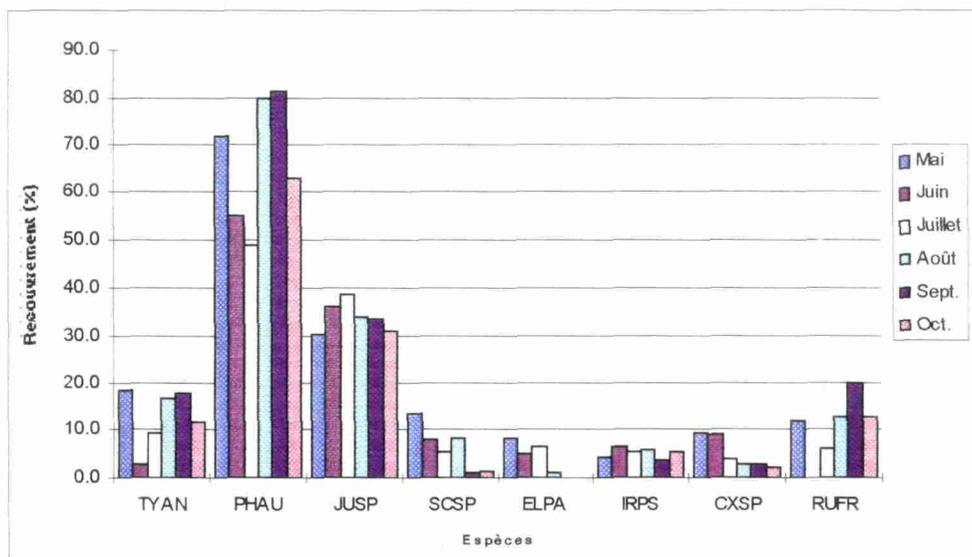
Les autres espèces présentent des recouvrement plus ou moins variables selon les stations, correspondant à des taux dans la plupart des cas inférieurs à 30 %. Leurs peuplements sont plus ou moins disséminés le long des berges et plus

Graphes n°23 : Evolution du recouvrement spécifique - Hélophytes 1995

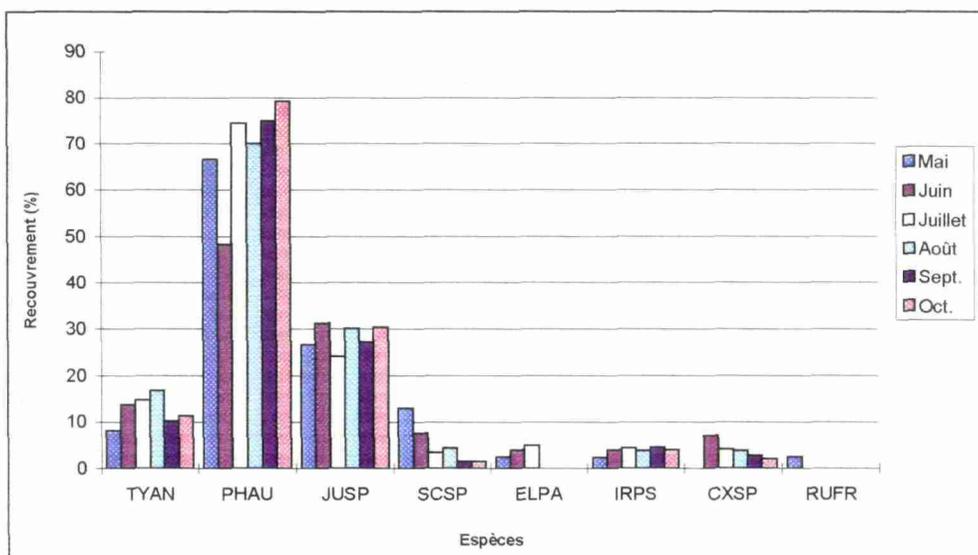


TYPOLOGIE DES PEUPELEMENTS

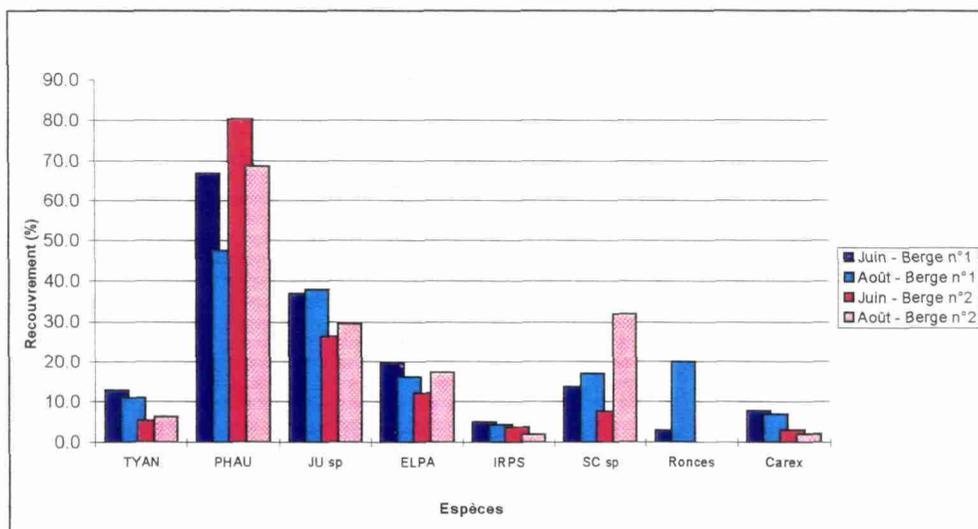
Graphe n°24 : Evolution du recouvrement spécifique - berge 1- Hélophytes 1996



Graphe n°25 : Evolution du recouvrement spécifique - berge 2- Hélophytes 1996



Graphe n°26 : Evolution du recouvrement spécifique - Hélophytes 1997



VI.4 - APPROCHE TYPOLOGIQUE DES MACROPHYTES AQUATIQUES

Pour établir la typologie des canaux du marais à l'aide des Macrophytes, nous avons donc utilisé une méthode statistique de classification (C.A.H.), portant sur les abondances estimées des espèces présentes sur les stations de prélèvement.

La classification des stations s'effectue à partir de 409 individus (ou stations), suivies lors de 13 campagnes de terrain de 1995 à 1997, à partir de l'abondance des espèces présentes (variables). La date de l'observation a été indiquée pour chaque station, permettant ainsi de suivre l'évolution des types au cours du temps.

Nous avons procédé à une approche typologique réalisée strate par strate, en raison notamment d'une estimation de l'abondance des espèces, effectuée selon les strates au moyen de descripteurs quantitatifs différents. Ainsi, les Hydrophytes submergés ont été suivis à l'aide d'un indice d'abondance, tandis que les deux autres strates ont été quantifiées grâce à l'estimation du taux de recouvrement (Cf. Chapitre III, METHODOLOGIE).

Pour les Hydrophytes submergés, l'indice d'abondance d'une espèce sur une station est global, il correspond à la somme des indices d'abondance recueillis sur l'ensemble des points-contact d'une station.

Afin de minimiser les différences d'appréciation de l'abondance des espèces entre les observateurs, nous avons défini les variables en terme de classes d'abondance et classes de recouvrement, en tenant compte de la moyenne, des minima et des maxima de ces paramètres.

Tableau n°18 : Classes d'abondance globale et classes de recouvrement

CLASSES	INDICE D'ABONDANCE	TAUX DE RECOUVREMENT
0	Absence	Absence
1	Abondance faible (1 à 15)	Recouvrement faible (0 à 20)
2	Abondance moyenne (16 à 25)	Recouvrement moyen (20 à 50)
3	Abondance forte (26 à 50)	Recouvrement fort (50 à 80)
4	Abondance très forte (> 50)	Recouvrement très fort (>80)

Au préalable de la typologie réalisée à l'aide des espèces de chacune des strates, il nous a semblé important de définir une typologie des stations vis-à-vis des abondances globales des trois strates.

L'objectif de cette première étape est d'apprécier la physionomie des stations de prélèvement de la zone expérimentale, en définissant les principaux types caractéristiques et d'étudier leur répartition en fonction des différentes classes de fossés (Cf. Chapitre VI.B).

VI.4.1 - TYPOLOGIE DES STATIONS A L'AIDE DE L'ABONDANCE GLOBALE DES TROIS STRATES

Cette première analyse comporte trois étapes :

① transformation des données quantitatives (abondance totale, recouvrement global) en variables semi-quantitatives, distribuées en classes de même amplitude comme présentées dans le tableau ci-dessous.

Hydrophytes submergés (quantifiée par des indices d'abondance)		Hydrophytes flottants et Hélophytes (quantifiées par des taux de recouvrement)	
ABONDANCE GLOBALE	CLASSE	RECOUVREMENT GLOBAL	CLASSE
0 à 40	Faible	0 à 20 %	Faible
40 à 80	Moyen	20 à 50 %	Moyen
80 à 120	Fort	50 à 80 %	Fort
> à 120	Très Fort	> à 80 %	Très Fort

② Réalisation d'une Classification Ascendante Hiérarchique, pour déterminer les types de stations en fonction de l'abondance végétale globale de chacune des strates.

③ Analyses bi-variées entre les types de peuplement et les classes de fossés, entre les types de peuplement et leur mois d'apparition. Les résultats de ces analyses sont présentés en annexe n°5.

Remarque : Une analyse bi-variée permet en fait d'observer le degré de dépendance entre deux variables et donc d'exprimer, voire d'expliquer la nature de la relation existant entre celles-ci.

Une des méthodes les plus classiques en statistiques est l'examen du coefficient χ^2 (χ^2). Ce coefficient caractérise l'ensemble des écarts entre effectifs observés réellement et effectifs théoriques calculés dans l'hypothèse où les deux variables sont indépendantes. La comparaison du χ^2 calculé et du χ^2 théorique (table du χ^2) permet de statuer sur la dépendance des deux variables.

Si χ^2 calculé est \leq au χ^2 théorique, on accepte l'hypothèse H_0 selon laquelle les deux variables sont indépendantes sinon, on rejette cette hypothèse et les deux variables sont considérées comme liées.

VI.4.1.a - RESULTATS

La classification hiérarchique permet d'aboutir à la détermination de 6 classes de stations en fonction de l'abondance globale de chacune des strates. La variance intra-classe, qualifiant l'homogénéité des classes est de 28,2 % de la variance globale des données.

De plus, des analyses bi-variées ont permis de préciser les mois privilégiés d'apparition des différents types, ainsi que les conditions stationnelles favorables à leur développement.

☞ **Type 1** : Type regroupant 92 stations, caractérisées par :

- abondance faible en Hydrophytes submergés,
- un taux de recouvrement faible à moyen en Hydrophytes flottants,
- un taux de recouvrement fort d'Hélophytes.

Ce type est présent sur les fossés à envasement moyen (Classes A et B et E) et sous-représenté sur les fossés à fort envasement (Classe D). Apparaît principalement au printemps.

☞ **Type 2** : Type regroupant 113 stations, marquées par :

- abondance faible en Hydrophytes submergés,
- un taux de recouvrement très fort en Hydrophytes flottants,
- un taux de recouvrement très fort d'Hélophytes.

Type sur-représenté sur les fossés mal entretenus à fort envasement (Classe D) et sous-représenté sur les fossés bien entretenus à faible envasement. Développement de juillet à septembre.

☞ **Type 3** : Type regroupant 75 stations, caractérisées par :

- abondance faible en Hydrophytes submergés,
- un taux de recouvrement très fort en Hydrophytes flottants,
- un taux de recouvrement moyen d'Hélophytes.

Type sur représenté sur les fossés bien entretenus à envasement faible (Classe C) et sur les écours (Classe E). Sous représenté sur les autres classes de fossés. Développé principalement de juillet à octobre.

☞ **Type 4** : Type regroupant 42 stations, marquées par :

- abondance faible à moyenne en Hydrophytes submergés,
- un taux de recouvrement faible en Hydrophytes flottants,
- un taux de recouvrement faible à moyen d'Hélophytes.

Type présent principalement sur les fossés de classes C, E et D. Apparaît tous les mois mais sur un nombre faible de stations.

☞ **Type 5** : Type regroupant 58 stations, caractérisées par :

- abondance forte en Hydrophytes submergés,
- un taux de recouvrement faible à fort en Hydrophytes flottants,
- un taux de recouvrement fort d'Hélophytes.

Type présent dans les mêmes proportions sur l'ensemble des classes de fossés. Développement du printemps à l'été, disparition en octobre.

☞ **Type 6** : Type regroupant 29 stations, caractérisées par :

- abondance forte en Hydrophytes submergés,
- un taux de recouvrement faible en Hydrophytes flottants,
- un taux de recouvrement faible à moyen d'Hélophytes.

Présent sur tous les types de fossés. Développement au printemps. N'apparaît plus en automne.

VI.4.1.b - DISCUSSION

On peut constater que **les types 2 et 3**, marqués par une abondance faible en Hydrophytes submergés et un très fort recouvrement en Hydrophytes flottants, correspondent au cas de figure le plus fréquent rencontré sur la zone d'étude au cours de la saison végétative, puisqu'ils représentent en effet 46 % des individus étudiés (stations de prélèvement).

Ces deux types se différencient par le recouvrement de leur strate d'Hélophytes; les stations du type 2, marquées par une couverture forte d'Hélophytes sur les deux berges correspondent principalement aux fossés secondaires très envasés, alors que le type 3 présentant une strate d'Hélophytes moins développée, est associé le plus souvent à des fossés peu envasés.

Les types 5 et 6, caractérisés par une strate submergée en forte abondance et une strate flottante au développement plus variable n'ont été notés que sur 21 % des stations étudiées. Ces types ne sont pas associés préférentiellement à une classe de fossés particulière et apparaissent principalement au printemps.

Afin de préciser la répartition des strates, nous avons effectué des analyses bi-variées entre l'abondance globale de chaque strate et trois paramètres morphologiques des stations de prélèvement, hauteur de vase, hauteur d'eau et hauteur totale.

⇒ Un test de χ^2 montre notamment une dépendance au seuil de signification de 1 %, entre l'abondance globale de la strate submergée et la hauteur de vase ($\chi^2 = .22$). Les abondances faibles d'Hydrophytes submergés sont souvent associées à une forte hauteur de vase. En outre, les fortes abondances n'apparaissent pas associées à un faible envasement. On note aussi une sur-représentation des abondances moyennes sur les stations à envasement moyen.

Ces résultats démontrent qu'un faible envasement ne correspond pas nécessairement à une strate submergée abondante, comme par exemple les stations ayant subi un curage dont la strate submergée se développe ensuite assez lentement (réadaptation et recolonisation du milieu). Cependant, si un envasement moyen ne semble pas gêner ou freiner le développement des Hydrophytes submergés, on constate que les fortes hauteurs de vase constituent un facteur limitant à l'abondance de la strate.

⇒ Un test de χ^2 indique une dépendance au seuil de 1 % entre le recouvrement des Hélophytes et la hauteur de vase ($\chi^2 = .52$). Cette analyse montre l'association des forts recouvrements d'Hélophytes avec les fortes hauteurs de vase et, l'association des faibles recouvrements avec les faibles hauteurs de vase. De plus, les forts recouvrements ne sont pas associés aux faibles envasements.

Du fait de la position sur les berges, le développement des Hélophytes ne dépend pas directement de l'envasement des fossés. La dépendance signifiée par le test de χ^2 confirme en réalité le rôle actif de cette strate dans le phénomène d'envasement. En effet, les débris végétaux des différentes espèces d'Hélophytes tombent dans l'eau, sédimentent et participent ainsi au comblement des fossés. Cette analyse indique donc la correspondance entre une strate Hélophytes abondante et un envasement important.

⇔ Un test de χ^2 entre le recouvrement d'Hélophytes et la hauteur d'eau met en évidence une dépendance au seuil de signification de 1 % ($\chi^2 = 47$). Les recouvrements faibles sont souvent associés aux faibles hauteurs d'eau et les recouvrements moyens associés aux hauteurs d'eau importantes. D'autre part, les recouvrements faibles sont sous-représentés sur les stations à hauteur d'eau importante.

Cette analyse montre la dépendance à l'eau des espèces appartenant à la strate des Hélophytes. En effet, si l'appareil reproducteur et une grande partie de l'appareil végétatif sont hors de l'eau, la partie souterraine de ces végétaux reste plus ou moins dépendante de la vase gorgée d'eau. Il existe des différences entre les espèces; certaines supportent un assèchement prolongé comme les phragmites, les carex alors que d'autres sont beaucoup plus exigeants en ce qui concerne le niveau d'eau (exemple des Typha). Toutes les espèces recensées au sein de cette strate sur les stations de prélèvement tolèrent la submersion hivernale.

VI.4.2 - STRATE HYDROPHYTES SUBMERGES

Code utilisé pour définir les espèces de cette strate :

CASP = *Callitriche sp.* CEDE = *Ceratophyllum demersum* CHAR = *Characées*
 CLSP = *Cladophora sp.* ELCA = *Elodea canadensis* ENIN = *Enteromorpha intestinalis*
 MYSP = *Myriophyllum spicatum* HYRE = *Hydrodictyon reticulatum* POCR = *Potamogeton crispus*
 POPE = *Potamogeton pectinatus* POPU = *Potamogeton pusillus* ZAPA = *Zannichelia palustris*
 UTSP = *Utricularia sp.*

Les abondances recueillies au niveau de chacune des stations ont été établies, pour chaque espèce d'Hydrophytes submergés présente, par la somme des indices d'abondance estimés à chaque point-contact. En 1995, les abondances spécifiques ont été définies sur les 29 stations à l'aide de 30 points-contact, alors que pour les campagnes de 1996, seules 7 stations sur 33 ont fait l'objet d'un même suivi, les 26 autres ayant été étudiées à l'aide de 5 transects, soit simplement 15 points-contact. Au vue des conclusions établies lors de l'étude sur la réduction du nombre de transects (Cf. chapitre III), l'étude de cette strate par simplement 5 transects a été réalisée lors des campagnes de juin et août 1997.

Pour réaliser une typologie à partir des trois années d'étude à l'aide des indices d'abondance, il a été nécessaire d'harmoniser les résultats, en ne tenant compte pour l'ensemble des 13 campagnes, que des indices d'abondance obtenus sur un même nombre de points-contact.

De cette manière, pour toutes les stations suivies à l'aide de 10 transects, nous n'avons retenu que l'abondance estimée sur les 5 transects impairs (1, 3, 5, 7, 9).

La classification hiérarchique réalisée ici, porte donc sur des classes d'abondance, issues d'indices d'abondance obtenus à partir de 15 points-contact sur toutes les stations étudiées.

La coupure du dendrogramme, issu de la Classification, en un indice 95 (Cf. Dendrogramme-Hydrophytes submergés) permet de répartir les 409 stations, à l'aide des espèces présentes au sein de cette strate, en 12 types. La partition ainsi obtenue, est définie par une variance interclasse correspondant à 57,8 % de la variance totale des données. Cette variance interclasse est en tout état de cause assez faible, elle s'explique par la prise en compte dans la typologie des espèces rares (présence sur moins de 12,5 % des stations). En effet, le choix de conserver les espèces rares oriente la typologie, qui définit alors des types de peuplement caractérisés par la présence d'espèces rares.

TYPLOGIE DES PEUPEMENTS

Si la coupure du dendogramme avait été effectuée en indice moins élevé (se traduisant par une variance interclasse plus importante), nous aurions eu une multitude de types, peu représentatifs et non significatifs d'un point de vue écologique. En établissant une partition, définie par une variance de 57,8 %, nous avons limité le nombre de types de peuplement à 12.

Le choix de conserver les espèces rares pour établir la typologie des peuplements correspond à notre objectif, qui est de définir la structure des peuplements et de déterminer la répartition des espèces au sein de ces peuplements.

L'interprétation des contributions des variables à l'existence d'une classe (noeud) permet de décrire chacun des types obtenus par cette méthode de classification.

Remarque : La Classification Ascendante Hiérarchique détermine notamment la typologie en fonction de la distribution des abondances des espèces les plus rares. Pour compléter la description de chacun des types de peuplement, nous avons donc signalé les abondances respectives de *Ceratophyllum demersum* et de *Elodea canadensis*, qui correspondent aux deux espèces prédominantes de la strate des Hydrophytes submergés.

TYPE 1 (noeud 806) : Ce type regroupe 82 stations, marquées par la présence de *Cladophora sp* (abondance variable) et *Potamogeton pectinatus* (abondance faible). *C. demersum* se manifeste sur ces stations par une abondance moyenne à forte, contrairement à *E. canadensis* qui est le plus souvent absente.

TYPE 2 (noeud 789) : La présence régulière de *Potamogeton pectinatus* en abondance faible, ainsi que les abondances fortes relevées pour *C. demersum* et *E. canadensis*, correspondent aux caractéristiques essentielles de ce type de peuplement. 34 stations suivies lors des différentes campagnes présente un tel peuplement.

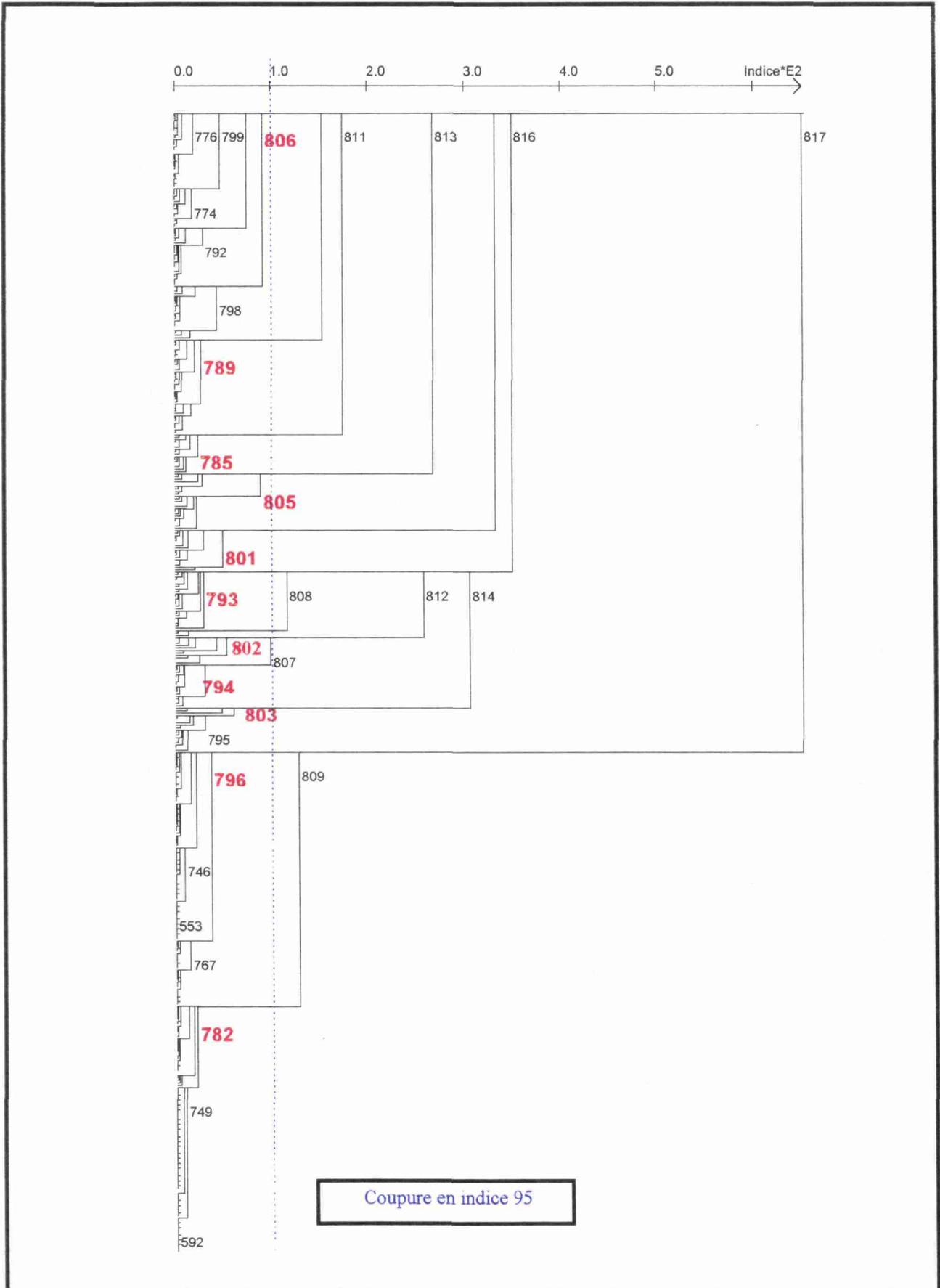
TYPE 3 (noeud 785) : Ce type regroupe 14 stations, caractérisées par une forte abondance de *Potamogeton pusillus* et de *P. crispus*. *C. demersum* montre une abondance forte alors que, *E. canadensis* a une distribution plus variable, passant d'une abondance moyenne à une abondance forte selon les stations.

TYPE 4 (noeud 805) : Marqué essentiellement par la présence de characées en abondance faible, ce type de peuplement présente des populations assez abondantes de *E. canadensis* et de *C. demersum*. On note aussi la présence plus ou moins régulière de *Potamogeton pectinatus*. 20 stations sont caractérisées par un tel type de peuplement.

TYPE 5 (noeud 801) : Ce type regroupe 15 stations, caractérisées par une abondance faible de *Myriophyllum spicatum*. *Ceratophyllum demersum* et *Elodea canadensis* se manifestent sur ces stations avec de fortes abondances.

TYPLOGIE DES PEUPEMENTS

Graphe n°27 : Dendogramme - Hydrophytes submergés



TYPE 6 (noeud 793) : Ce type est marqué par la présence de *Enteromorpha intestinalis* et de *Potamogeton crispus* en abondance faible. *C. demersum* est réparti avec une abondance moyenne à forte alors que, *E. canadensis* ne présente qu'une faible abondance.

TYPE 7 (noeud 765) : Ce groupe, ne regroupant que 3 stations, montre une abondance moyenne à forte en *E. intestinalis* et une faible abondance en callitriches.

TYPE 8 (noeud 802) : Type caractérisé par la répartition de callitriches et de characées en abondance faible. *C. demersum* présente une abondance moyenne à forte et *E. canadensis* une abondance faible. Type regroupant 9 stations.

TYPE 9 (noeud 794) : Ce type regroupe 16 stations, se distinguant par la présence de callitriches (abondance faible) et par l'abondance faible de *E. canadensis* et de *C. demersum*. Ce type se différencie du précédent par l'absence de characées.

TYPE 10 (noeud 803) : Les 16 stations, appartenant à ce groupe, sont marquées par la présence de *Hydodyction reticulatum*, réparti avec une abondance faible à moyenne. On note aussi la présence plus ou moins régulière de *Cladophora sp.* et de *Zannichelia palustris*. Abondance forte de *C. demersum* et abondance faible de *E. canadensis*.

TYPE 11 (noeud 796) : Ce type regroupe plus de 22 % des stations suivies lors des 13 campagnes de terrain. Il se caractérise par une faible diversité. On note simplement la présence intermittente de *Cladophora sp.* et *E. canadensis*. Quant à *C. demersum*, sa présence est toujours notée sur les 91 stations constituant ce groupe. Appartiennent notamment à ce groupe les stations ayant subi un curage, après lequel *C. demersum* est l'espèce qui réapparaît en premier (espèce pionnière).

TYPE 12 (noeud 782) : Les 88 stations, présentant ce type de peuplement, sont marquées par la seule présence de *C. demersum*. Cette espèce se manifeste avec une abondance faible. Les types 11 et 12 sont assez similaires.

VI.4.2.a - DISTRIBUTION SPATIALE DES TYPES DE PEUPEMENT

L'analyse du diagramme des fréquences d'apparition des différents types de peuplement, montre la dominance au sein de la strate des Hydrophytes submergés de trois types (types 1, 11 et 12), qui représentent plus de 60 % des différents peuplements observés sur les stations de prélèvement, au cours des campagnes de terrain.

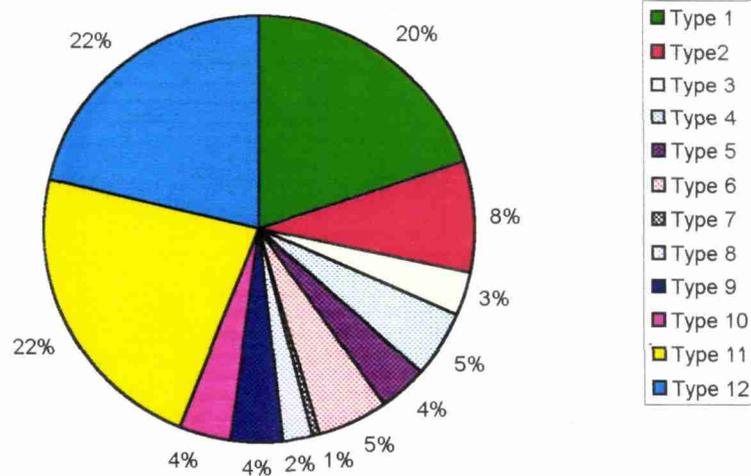
On remarque ensuite l'existence de plusieurs types de peuplement, types 2, 4 et 6, notés chacun sur plus d'une vingtaine de stations. Ils correspondent généralement à la présence d'espèces assez communes, comme *P. crispus* ou encore le genre *Chara* (characées).

Les autres types de peuplement ont été observés sur un nombre faible de stations au cours des trois années d'étude, et ne correspondent qu'à des types secondaires.

TYPOLOGIE DES PEUPEMENTS

Néanmoins, ils ne doivent pas être négligés, du fait notamment qu'ils se distinguent bien souvent par la présence d'espèces assez rares sur la zone expérimentale.

**Graphe n°28 : Fréquence des types établis par la C.A.H.
Hydrophytes submergés**



L'analyse bi-variée des deux variables qualitatives, issues de la typologie des stations de prélèvement et de la typologie des peuplements, permet de confronter ces deux typologies et d'en dégager certains enseignements.

Tableau n°19 : Contribution au test du χ^2 entre les types de peuplement des Hydrophytes submergés et les classes de fossés

CLASSE DE FOSSES φ	A	B	C	D	E
TYPE DE PEUPEMENT					
ρ					
1	0	-0.3	0.8	0.1	-0.8
2	-3.3	3.5	-0.1	2.2	-2.1
3	0.2	1.3	4.5	-2.1	-2.6
4	0	0.2	-1.6	2.6	-1
5	-2.2	11.7	3.8	-3.9	-1.3
6	-1.5	1.9	0	-0.2	0.1
7	-0.4	-0.4	-0.5	0	2.7
8	-0.1	-0.1	1.1	0.6	-1.7
9	0	-0.8	-1	-1.4	8.6
10	0	-0.8	-0.2	0.3	0.1
11	6.1	-1.8	-0.1	-5.4	3.9
12	-0.1	-1	-1.2	3.6	0

(les contributions relatives au χ^2 sont exprimées en %, une valeur négative signifie une contribution par sous-représentation, une valeur positive signifie une contribution par sur-représentation)

TYPOLOGIE DES PEUPELEMENTS

Un test de χ^2 permet de préciser l'existence d'une dépendance entre types de peuplement et classes de fossés ($\alpha=1\%$, $\chi^2 = 113$). On constate notamment la présence fréquente du type 2 sur les fossés secondaires mal entretenus (classes B et D), l'association du type 4 avec les fossés de classe D et l'association du type 6 avec les fossés de classe B.

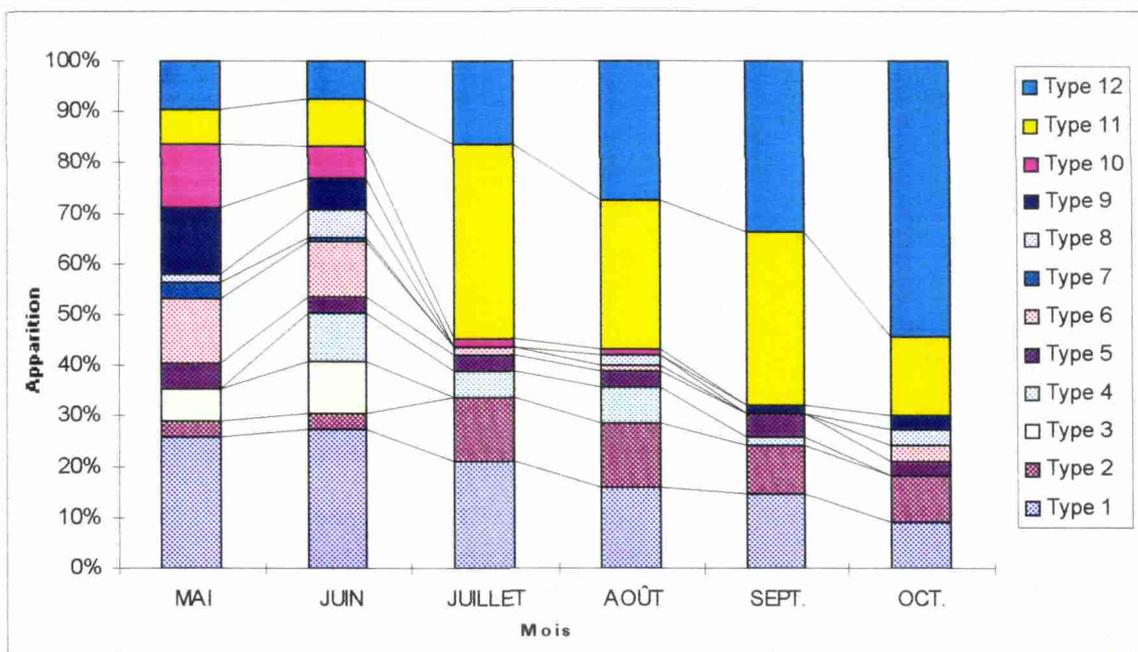
Le type 11, caractérisé par une faible diversité, est sur-représenté sur les fossés à envasement moyen (classes A et E) et sous-représenté sur les fossés à envasement important (classes B et D). Le Type 12, marqué aussi par un faible diversité, est quant à lui sur-représenté sur les fossés secondaires mal entretenus (classe D).

Le type 5, marqué par la présence de *Myriophyllum spicatum*, est le plus souvent associé aux fossés de classe B, à envasement moyen. Le type 9 se distinguant par la présence de callitriches est surtout présent sur les écours, dont l'envasement est moyen et dont les eaux sont animées d'un léger courant.

VI.4.2.b - REPARTITION MENSUELLE DES TYPES DE PEUPELEMENT

La confrontation des types de peuplements d'Hydrophytes submergés, issus de la Classification hiérarchique, avec leur mois d'apparition permet de suivre leur évolution au cours de la saison végétative.

Graphe n°29 : Répartition mensuelle des types de peuplement d'Hydrophytes submergés



Le graphe n°29, montrant la répartition mensuelle des types de peuplements, met en évidence la plus grande diversité de peuplements au printemps. En effet, chacun des types de peuplements déterminés, apparaît au cours des mois de mai et juin, au niveau des canaux de la zone expérimentale. Puis, au cours de la saison végétative, certains types disparaissent. Cette régression est liée à la disparition lors de l'été des espèces rares, laissant place de cette manière aux espèces dominantes qui sont *C. demersum* et *E. canadensis*.

Le confinement du marais en été, se traduisant par une baisse des niveaux d'eau, par une détérioration de la qualité de l'eau, explique sûrement la disparition des espèces moins tolérantes aux variations du milieu. Cela a pour conséquence la dominance des types caractérisés par une faible diversité, à partir du mois de juillet.

En automne, cette dominance s'accroît, coïncidant avec la fin du développement végétal de nombreuses espèces. Ainsi, au mois de septembre et octobre on observe, sur de nombreuses stations, des peuplements composés essentiellement de *C. demersum* (dominance des types 11 et 12).

VI.4.2.c - DISCUSSION

La classification hiérarchique réalisée sur les classes d'abondances des Hydrophytes submergés a donc mis en évidence une typologie des peuplements, composée de 12 types distincts. Néanmoins, 6 types sont notés plus fréquemment sur les fossés de la zone expérimentale en représentant 82 % des observations.

Parmi ces 6 types de peuplement, le **type 1**, marqué par la présence de *Cladophora sp.* et de *P. pectinatus*, associées aux deux espèces dominantes, apparaît principalement au printemps, conformément à la période de développement maximale du genre *Cladophora*. Ce type de peuplement se rencontre en majorité sur les fossés secondaires. On note son apparition fréquente sur les stations de prélèvement, positionnées sur un réseau isolé de fossés ("zone de Grosse tête"), situé au sud-est de la zone expérimentale (stations 84, 14, 27, 42, 24, 447, 26 - Cf. Carte n°3). L'apparition régulière de ce type sur cette poche isolée de fossés témoigne par la présence parfois abondante des algues filamenteuses (*Cladophora sp.*) d'un niveau de trophie élevé.

Les **types 2 et 4**, marqués en particulier par la présence de *P. pectinatus* et par les fortes abondances en *C. demersum* et *E. canadensis*, apparaissent à partir du mois de juillet principalement sur les fossés secondaires mal entretenus à envasement important.

La présence de *E. intestinalis* détermine le **type 6**, présent essentiellement sur les fossés de classe B. Corrélée avec la période de développement de cette algue, l'apparition de ce type s'effectue au printemps.

Les **types 11 et 12**, dont les peuplements assez semblables sont composés essentiellement de *C. demersum*, sont observés fréquemment à partir du mois de juillet. Ces types correspondent bien aux peuplements d'Hydrophytes submergés, rencontrés en fin d'été et en automne sur un grand nombre de stations d'étude. Cependant, on note un certain nombre de stations, présentant ce type de peuplement au printemps. Cette situation correspond soit à des fossés ayant subi un curage, soit à des fossés en fin de vie. En effet, *C. demersum* est une espèce ubiquiste, pionnière et tolérante aux variations du milieu, c'est la raison pour laquelle on rencontre cette espèce dans de tels fossés.

Le type 12, associé aux fossés à envasement important correspond au peuplement caractérisant les fossés en fin de vie (hauteur de vase importante, hauteur d'eau faible).

Les 6 autres types, auxquels appartiennent des espèces moins fréquentes, sont observés au début de la saison végétative où les conditions sont encore favorables au développement d'espèces peu tolérantes aux variations du milieu. On peut citer :

⇒ **Les types 8 et 9**, assez semblables, se différencient par la présence de characées. On constate effectivement la présence de characées sur les stations appartenant au type 8 (seul type de peuplement où apparaissent les characées). Ces deux types ne correspondent pas aux mêmes classes de fossés; le type 8 est associé le plus souvent aux fossés secondaires et le type 9 est présent surtout sur les écours (classe E). Les characées, affectionnant les eaux alcalines, ne se développeraient sur le marais que sur les fossés secondaires, dont les eaux restent stagnantes. Les callitriches, présents au sein des deux types de peuplement, se développent en général dans des eaux acides et seraient moins exigeants du point de vue des conditions d'écoulement.

⇒ **Le type 5**, caractérisé par une strate submergée abondante, composée essentiellement de *C. demersum* et *E. canadensis*, est le seul type à *M. spicatum*, il apparaît au printemps sur les fossés à envasement moyen. Cette espèce affectionne en général les eaux claires.

⇒ *Hydrodictyon reticulatum* n'a été noté que sur 16 stations au cours des trois années d'étude, il caractérise le **type 10**, dont l'apparition survient principalement au printemps. Ce type, marqué aussi par la présence de *Cladophora sp.* et de *Z. palustris*, n'est pas associé à une classe de fossés particulière. Néanmoins, la présence des algues filamenteuses *H. reticulatum* et *Cladophora sp.* témoignent d'un niveau de trophie élevé.

⇒ L'apparition de deux espèces de Potamots (*P. pusillus* et *P. crispus*) au sein d'une strate submergée composée des fortes abondances de *C. demersum* et *E. canadensis* (type 3), s'effectue principalement sur les fossés secondaires à envasement faible.

VI.4.3 - STRATE HYDROPHYTES FLOTTANTS

Codes utilisés pour définir les espèces de cette strate :

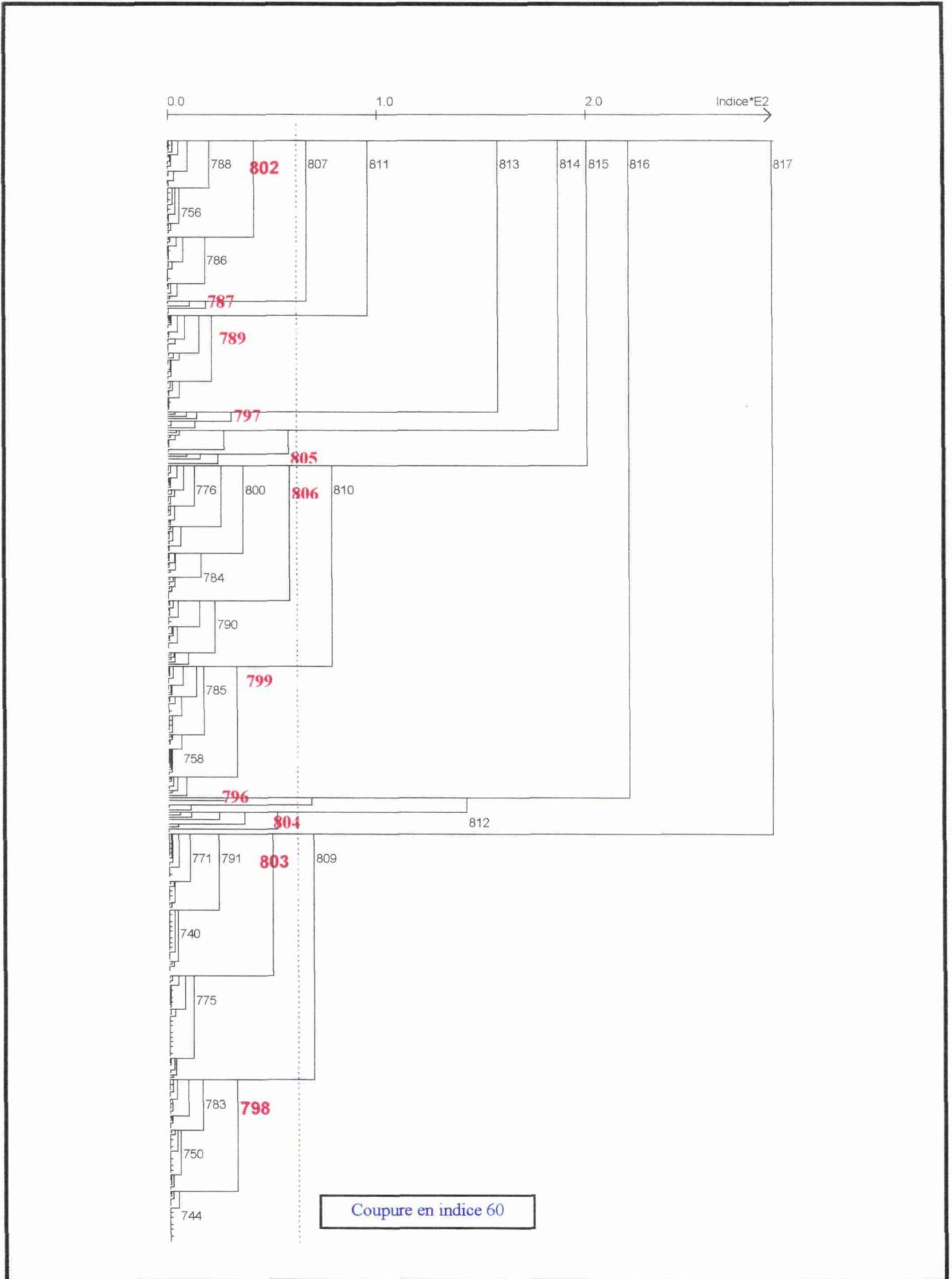
LEMI = *Lemna minor* LEGI = *Lemna gibba* LETR = *Lemna trisulca* WOAR = *Wolffia arrhiza*
LEPO = *Lemna polyrrhiza* HYMO = *Hydrocharis morsus ranae* AZFL = *Azolla filiculoides*

La classification ascendante hiérarchique, effectuée sur cette strate, porte sur des classes de recouvrements estimés par les observateurs, pour les 7 espèces répertoriées. Ces classes ont été établies comme indiqué dans le tableau n°18.

Les résultats issus de cette analyse permettent de dresser 12 types de peuplements, à partir des 409 stations étudiées. La description de chacun des types est permise grâce à l'étude des contributions des variables (espèces).

TYPLOGIE DES PEUPELEMENTS

Graphe n°30 : Dendogramme - Hydrophytes flottants



La coupure du dendrogramme (Cf. Graphe n°30) pour un indice de 60 (variance interclasse est de 54,9 % de la variance totale) permet donc d'obtenir les types suivants :

TYPE 1 (noeud 802) : Caractérisé par la présence cinq ou six espèces parmi les sept identifiées au sein de la strate des Hydrophytes flottants. Ces espèces sont présentes le plus souvent en abondance faible, excepté *Lemna gibba* parfois présent en abondance moyenne et *Wollfia arrhiza* caractérisé par une abondance moyenne à forte. Par contre absence de *Hydrocharis morsus ranae*. Ce type regroupe 60 stations.

TYPE 2 (noeud 787) : Les cinq stations, qui composent cette classe, correspondent à des stations suivies lors du printemps 95. Elles sont caractérisées par des recouvrements élevés en *L. gibba*, *W. arrhiza* et *H. morsus ranae*, seules espèces présentes sur ces stations.

TYPE 3 (noeud 789) : Caractérisé par des recouvrements moyens pour *L. minor*, *L. gibba*, faibles pour *W. arrhiza* et *L. polyrrhiza*. Absence des autres espèces. Ce type regroupe 36 stations.

TYPE 4 (noeud 797) : Type caractérisé par la prédominance de *L. gibba* et par un recouvrement fort en *Lemna polyrrhiza*. Ce type ne concerne que 7 stations.

TYPE 5 (noeud 805) : Ce type regroupe 13 stations et se distingue, par un recouvrement important pour *L. gibba*, *W. arrhiza* et *L. trisulca*. Les autres espèces sont absentes ou ne présentent dans le meilleur des cas qu'un recouvrement très faible.

TYPE 6 (noeud 806) : Marqué principalement par un recouvrement moyen à fort en *W. arrhiza*, faible pour les trois espèces que sont *Lemna minor*, *Azolla filiculoides* et *H. morsus ranae*, alors que l'on note l'absence de *L. polyrrhiza* et de *L. trisulca*. Ce type rassemble 75 stations.

TYPE 7 (noeud 799) : Se distingue par des recouvrements faibles pour chacune des espèces présentes et notamment pour *A. filiculoides* et *L. gibba*. 49 stations font partie de ce groupe.

TYPE 8 (noeud 796) : Ce type se distingue par des recouvrements très importants en *L. minor*, *L. gibba* et *A. filiculoides* et par l'absence des autres espèces., il ne rassemble que deux stations étudiées en juin 95.

TYPE 9 (noeud 773) : Composée simplement de trois stations, cette classe se rapproche de la précédente, en étant notamment marquée par des recouvrements très forts en *A. filiculoides* et *L. gibba*.

TYPE 10 (noeud 804) : Ce type est marqué par les espèces suivantes, *L. minor*, *H. morsus ranae*, *W. arrhiza* et *L. gibba* qui montrent des recouvrements importants. Huit stations constituent ce type.

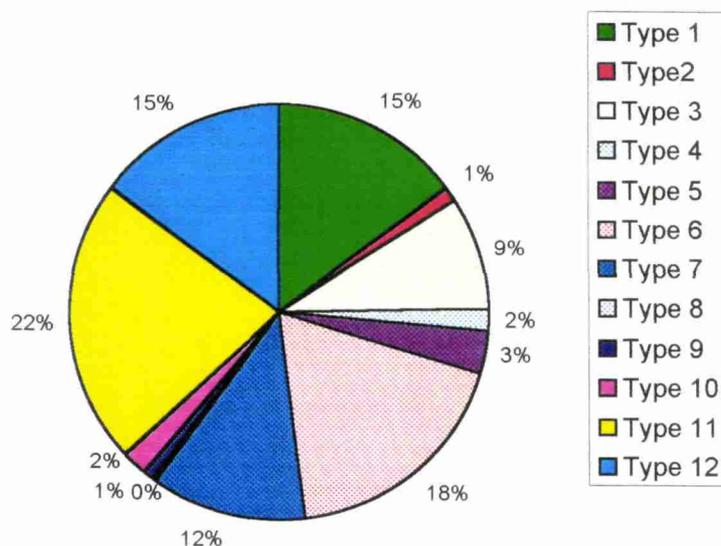
TYPE 11 (noeud 803) : En englobant plus de 22 % des stations étudiées, ce type correspond au cas de figure le plus fréquent. Ce type se différencie par des recouvrements faibles ou l'absence de l'ensemble des espèces. Il se distingue du type 7, par le fait qu'il apparaît au printemps et au début de l'été.

TYPE 12 (noeud 798) : Ce type est marqué par des recouvrements faibles. Alors que *L. gibba* et *W. arrhiza* sont toujours notées, la présence des autres espèces est plus variable. Regroupe 60 stations.

VI.4.3.a - DISTRIBUTION SPATIALE DES TYPES DE PEUPEMENT

Le graphe n°31 montre bien que 6 types de peuplement d'Hydrophytes flottants (**types 1, 3, 6, 7, 11 et 12**) sont prédominants en terme de fréquence et représentent 91 % des types notés sur la zone expérimentale, durant les 13 campagnes de terrain. Les 6 autres types identifiés sont des types secondaires, ne concernant pour chacun d'entre eux qu'un nombre limité de stations.

Graphe n°31 : Fréquence des types établis par La C.A.H. Hydrophytes flottants



Comme pour la strate précédente, nous avons confronté la typologie des peuplements d'Hydrophytes flottants avec la typologie des stations vis-à-vis des paramètres morphométriques, afin d'étudier les conditions stationnelles, nécessaires au développement des différents peuplements.

Le test du χ^2 confirme au seuil de signification de 5 % l'indépendance des deux typologies. Cette analyse ne met pas en évidence l'influence des conditions stationnelles (paramètres morphologiques des fossés) sur la répartition des différents types de peuplement des Hydrophytes flottants.

TYPOLOGIE DES PEUPEMENTS

Tableau n°20 : Distribution croisée des types de peuplement et des classes de fossés

CLASSE φ	A	B	C	D	E	EFFECTIF TOTAL
TYPE φ						
1	2	10	10	23	15	60
2	1	0	1	0	3	5
3	4	7	4	9	12	36
4	1	0	1	2	3	7
5	3	1	1	7	1	13
6	19	6	16	21	13	75
7	7	9	9	13	11	49
8	0	0	1	1	0	2
9	1	0	1	0	1	3
10	2	2	0	1	3	8
11	17	19	15	26	14	91
12	10	11	13	17	9	60
TOTAL	67	65	72	120	98	409

Néanmoins, le tableau n°20, présentant la distribution croisée des types de peuplements et des types de canaux, montre tout de même, le développement des six types principaux de peuplements d'Hydrophytes flottants sur l'ensemble des types de stations. Les conditions stationnelles favorisant un type plutôt qu'un autre n'apparaissent pas clairement, même si certains peuplements se développent plus rarement sur certains types de stations. C'est le cas du type n°1, caractérisé par la présence de 5 ou 6 espèces en abondance faible, qui est sous-représenté sur les fossés de classe A.

On note la diversité de peuplements la plus faible (8 types simplement) sur les stations de type B, correspondant au réseau secondaire (fossé secondaire ou cul-de-sac) caractérisée par une hauteur totale moyenne et par un envasement moyen de 44 %. En effet, les types de peuplements accessoires sont le plus souvent absents de ces stations. Il faut cependant nuancer par la faible représentativité des stations de ce type, qui ne correspondent qu'à 16 % des stations suivies.

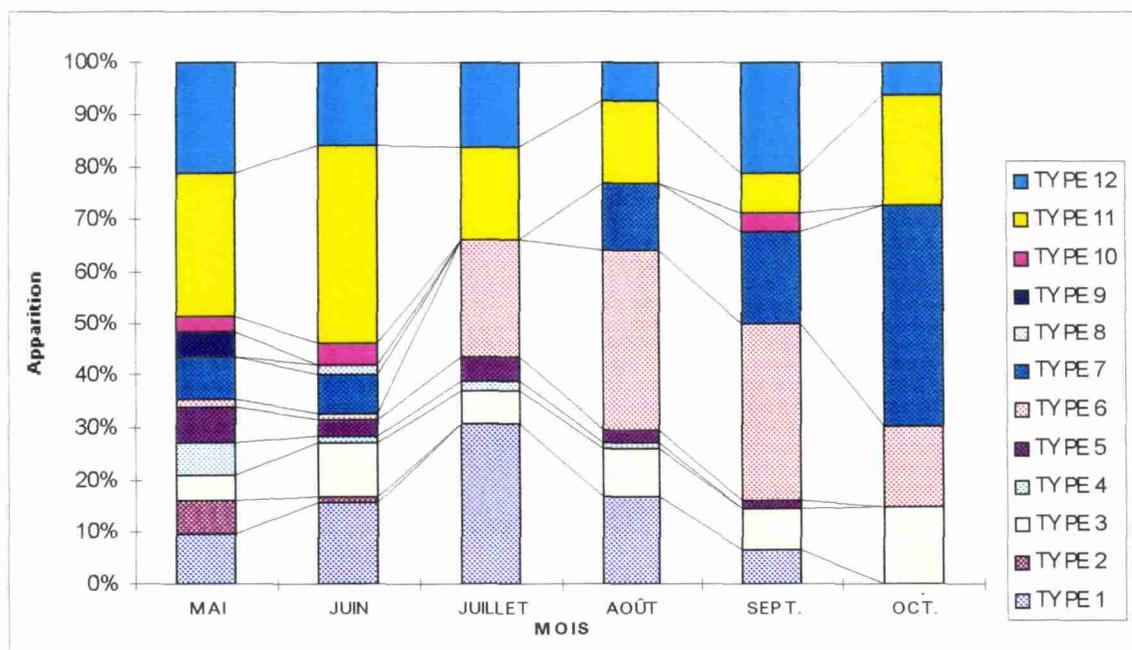
A l'opposé, les canaux du réseau secondaire regroupés dans le type C, correspondant aux fossés les plus entretenus avec des taux d'envasement faibles, ainsi que les écours à faible courant (type E) présentent la diversité de peuplements la plus élevée avec l'apparition de 11 types différents.

VI.4.3.b - REPARTITION MENSUELLE DES TYPES DE PEUPEMENT

L'analyse bi-variée, confrontant la typologie des peuplements d'Hydrophytes flottants et leurs mois d'apparition, permet de suivre l'évolution temporelle des apparitions des différents types.

Le graphe suivant, représentant le pourcentage des types de peuplement pour chacun des mois suivis, permet de dégager trois périodes distinctes, correspondant aux phases de développement végétal.

Graph n°32 : Répartition mensuelle des types de peuplements d'Hydrophytes flottants



Le printemps, marquant la phase de croissance végétale, voit le développement de la quasi totalité des types de peuplement (apparition de 11 types sur 12), mais la plupart ne se développe que sur un nombre limité de stations. Seuls les types 11 et 12 apparaissent sur un plus grand nombre de stations. Ces deux types correspondent au cas de figure les plus fréquents apparaissant au printemps.

Les mois de juillet et août, correspondant au développement végétal maximum, montrent l'extension de certains types aux dépens des autres. On voit se développer en particulier les types 1 et 3, caractérisés par une diversité spécifique plus importante et des recouvrements spécifiques faibles à moyens, selon les espèces.

On note aussi l'extension sur un nombre important de stations du type 6, marqué notamment par le fort recouvrement en *W. arrhiza*. Au contraire, les types 11 et 12, prédominants au printemps, régressent peu à peu.

La régression du nombre de types apparaissant en été, et en particulier la disparition des types caractérisés par des recouvrements spécifiques importants, s'explique soit par le confinement du marais, traduit par une détérioration de la qualité de l'eau (augmentation de la conductivité, diminution du taux d'oxygène dissous...) et par une baisse générale du niveau des eaux, soit par une forte compétition entre les espèces ou entre les strates, qui aboutirait à des recouvrements plus faibles et à la disparition de certaines espèces.

Pour les mois de septembre et octobre, l'ensemble des types diminue fortement, certains même n'apparaissent plus. Seuls 5 types sont encore présents sur les stations suivies en fin de saison, ils sont caractérisés par des abondances spécifiques faibles ou par l'absence de la majorité des espèces.

VI.4.3.c - DISCUSSION

La classification hiérarchique, effectuée sur les classes de recouvrements spécifiques, a donc mis en évidence l'existence de 6 types principaux de peuplement, au sein de la strate des Hydrophytes flottants.

Parmi eux, **les types 11 et 12**, marqués par des recouvrements spécifiques faibles ou par l'absence de bon nombre d'espèces, caractérisent les mois de mai et juin. Ces deux types de peuplements ne révèlent pas des conditions stationnelles particulières.

Le type 1, caractérisé par la diversité la plus élevée, par une abondance moyenne à forte en *W. arrhiza* et par une abondance faible pour les autres espèces, se développe principalement en été. C'est notamment au mois de juillet qu'il occupe un nombre conséquent de stations. L'apparition de ce type coïncide avec la période de développement de la petite lentille d'eau, *W. arrhiza*.

Les peuplements, caractérisés par des recouvrements moyens en *L. minor*, *L. gibba*, *L. polyrrhiza* et *W. arrhiza*, (**Type 3**), semblent constants au cours de la saison et sont présents sur un petit nombre de stations.

Les types 6 et 7 se manifestent à partir du mois de juillet ou août, ils sont caractérisés par des recouvrements spécifiques faibles et par l'absence des espèces les moins fréquentes. Le type 7 correspond en automne au type dominant. Ces types surviennent sur l'ensemble des types de fossés et ne semblent pas dépendants de conditions stationnelles précises. Ils correspondent simplement à la fin de la période de développement végétal.

Les 6 autres types (2, 4, 5, 8, 9 et 10) apparaissent au printemps sur un nombre réduit de stations, puis régressent rapidement les mois suivants. Ils sont marqués par des recouvrements spécifiques importants.

Les stations du **type 5**, caractérisées par une strate flottante abondante (recouvrement supérieur à 80 %) composée de *L. gibba* et *W. arrhiza*, présentent aussi des recouvrements importants en *L. trisulca*.

VI.4.4 - STRATE HELOPHYTES

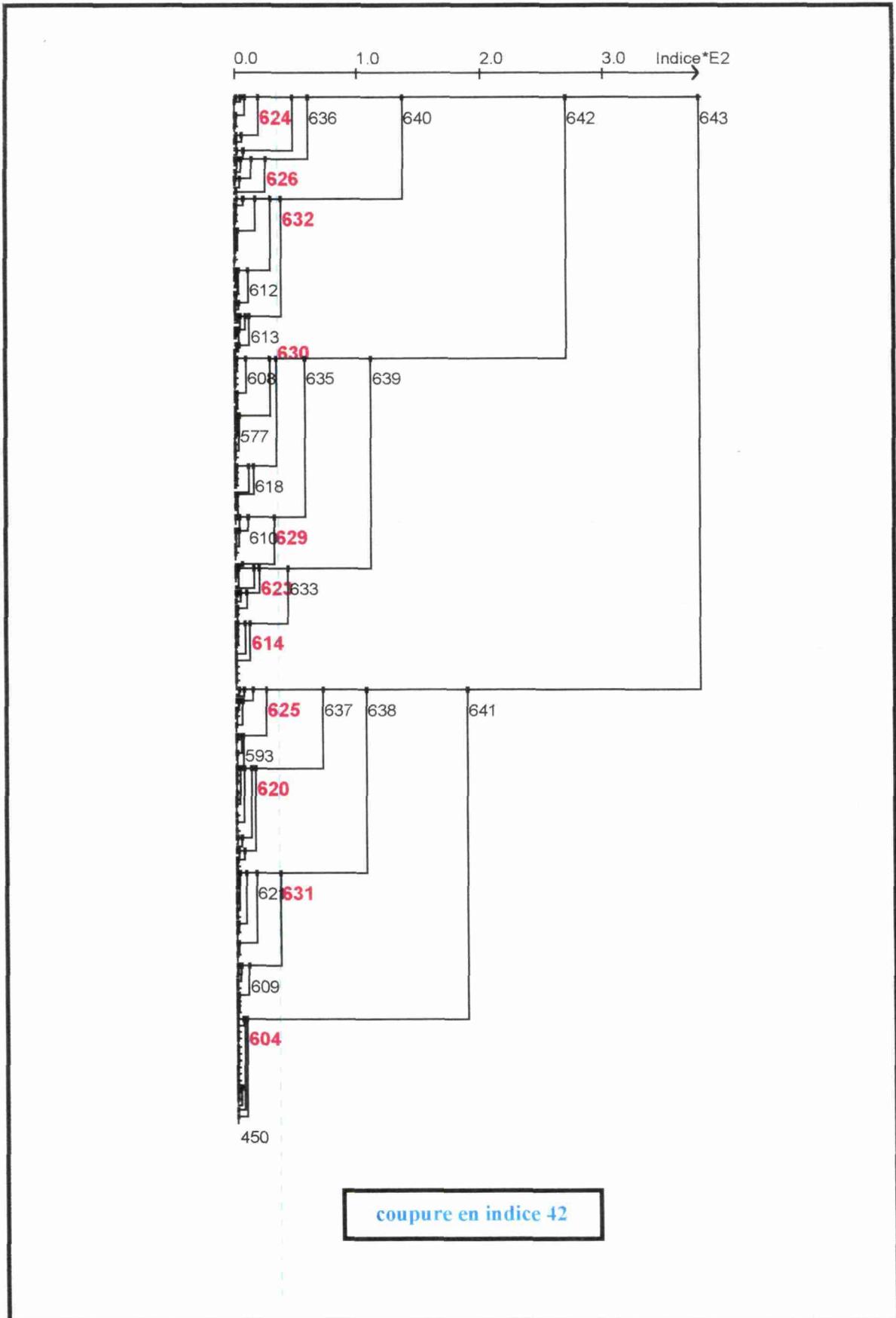
Codes utilisés pour définir les espèces de cette strate :

TYAN = *Typha angustifolia* PHAU = *Phragmites australis* JUSP = *Juncus sp.* (joncs)
 SCSP = *Scirpes sp.* (Scirpes) ELPA = *Eleocharis palustris* IRPS = *Iris sp.*
 RUFR = *Rubus fruticosus* (ronces) CXSP = *Carex sp.*

Contrairement aux deux précédentes strates, les Hélophytes n'ont été suivies en 1995 qu'au mois de mai et juin. Les résultats obtenus par la classification hiérarchique n'ont donc concerné que 322 individus, correspondant aux stations étudiées pendant 10 campagnes de terrain.

TYPOLOGIE DES PEUPELEMENTS

Graphe n°33 : Dendogramme - Hélophytes



TYPLOGIE DES PEUPEMENTS

Pour établir la typologie des stations vis-à-vis des Hélophytes, nous avons réalisé l'analyse en considérant la moyenne des recouvrements spécifiques des deux berges.

D'autre part, plusieurs espèces comme les salicaires et les ronces n'ont pas été retenues pour l'analyse, du fait qu'elles étaient présentes sur un trop faible pourcentage de stations (moins de 5%) et risquaient de fausser la typologie. Les types ont donc été définis à partir de sept espèces.

La coupure en indice 42 du dendrogramme (Cf. Graphe n°33), issu de la C.A.H., permet de répartir les 322 stations en 12 classes, dont les caractéristiques sont données par l'analyse des contributions des variables.

La variance intra-classe, représentant l'homogénéité des classes, correspond à 34,7 % de la variance totale des données. La variance interclasse est 65,3 %.

TYPE 1 (noeud 624) : Ce type regroupe 17 stations, il est marqué par la présence de *Eleocharis palustris*, de *Typha angustifolia* et de carex avec des recouvrements moyens. Les joncs sont souvent assez bien représentés (recouvrement de 50 à 80 %) sur les stations appartenant à ce type. Absence des autres espèces.

TYPE 2 (noeud 600) : Ce type est caractérisé par des recouvrements forts en *E. palustris* et en carex. On note aussi la présence de joncs et d'iris, disséminés par touffes (recouvrements faibles). Ce type ne concerne que trois stations.

TYPE 3 (noeud 626) : Ce type ne regroupe 12 stations, dont la strate "Hélophytes" est composée de 5 espèces, présentes en abondance faible (recouvrements inférieurs à 20 %). On note en particulier la présence d'*E. palustris* alors que les carex et les phragmites sont absents.

TYPE 4 (noeud 632) : Ce type, regroupant 50 stations se différencie par des recouvrements faibles en carex et en iris. Les joncs sur ces stations sont bien représentés avec des recouvrements moyens à forts. Absence des phragmites et des scirpes.

TYPE 5 (noeud 630) : Les 50 stations, appartenant à ce type, présentent une faible diversité au sein de la strate des Hélophytes. On ne constate en effet que la présence de trois espèces, dont les recouvrements respectifs sont assez faibles. Présence d'iris, de joncs et de scirpes.

TYPE 6 (noeud 629) : Ce type est caractérisé par des recouvrements faibles en typha, par la présence en touffes disséminées de scirpes et d'iris. La strate émergée des stations appartenant à ce type est dominée par les joncs, qui peuvent recouvrir jusqu'à 80 % des berges. Ce type ne concerne que 16 stations.

TYPE 7 (noeud 623) : Ce type, regroupant 17 stations, se distingue par des recouvrements moyens en scirpes et en joncs (20 à 50%). Si on note la présence de quelques typha, les autres espèces sont absentes des berges.

TYPOLOGIE DES PEUPELEMENTS

TYPE 8 (noeud 614) : Les 21 stations de ce type sont caractérisées par la présence sur leurs berges de scirpes et d'*E. palustris*, dont les couvertures restent faibles (<20 %), et par des recouvrements faibles à moyens en joncs. Absence des autres espèces.

TYPE 9 (noeud 625) : On note sur les stations appartenant à ce type l'association de recouvrements faibles en carex et en *E. palustris*. Les joncs disséminés en touffes peuvent couvrir jusqu'à 50 % des berges. Recouvrement variable en typha. Absence des autres espèces.

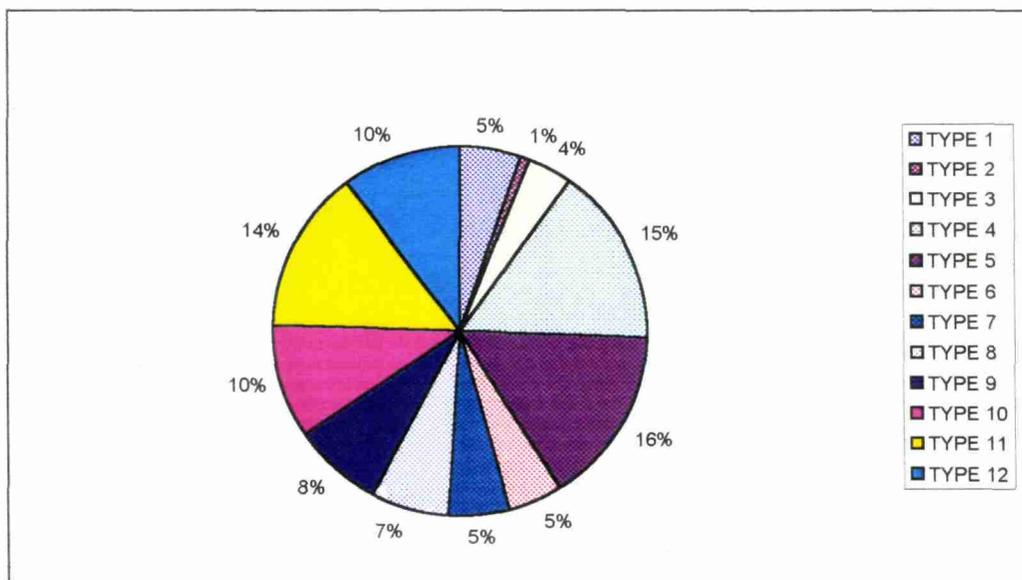
TYPE 10 (noeud 620) : Les 32 stations appartenant à ce type se distinguent par une faible diversité. On ne constate sur leurs berges que la présence de typha et de joncs, dont les recouvrements restent faibles.

TYPE 11 (noeud 631) : Ce type se distingue par des recouvrements variables en joncs (faibles à forts). Lorsque les phragmites sont présents sur ces stations, ils couvrent en totalité une des deux berges. 46 stations composent ce type.

TYPE 12 (noeud 604) : Ce type est marqué par des peuplements monospécifiques de *Phragmites australis*, qui couvrent souvent les deux berges à 100 %. Ce type caractéristique est représenté en particulier, parmi l'ensemble des sites d'étude, par les stations 180, 396, 153 et 28.

VI.4.4.a - DISTRIBUTION SPATIALE DES TYPES DE PEUPELEMENT

Graphe n°34: Fréquence d'apparition des types établis par la C.A.H. Hélophytes



TYPOLOGIE DES PEUPEMENTS

Le diagramme présentant les fréquences d'apparition des différents types de peuplement montre l'existence de sept types, dominant la strate des Hélophytes. Ces types (types 4, 5, 8, 9, 10, 11 et 12) sont de proportion assez semblable (fréquence variant de 7 à 16%) et regroupent 80 % des stations suivies durant les 10 campagnes de terrain. Les autres types n'ont été notés que pour 5 % des observations ou moins.

La confrontation entre la typologie des peuplements et la typologie des stations, effectuée grâce à une analyse bi-variée des deux variables qualitatives (test du χ^2 , $\chi^2= 141$, $\alpha= 1\%$) met en évidence une dépendance.

On constate en particulier l'association du type 5 et des fossés de classe B, caractérisés par une hauteur d'eau moyenne et par un envasement moyen de 45 %. Le type 8, marqué par des recouvrements faibles en trois espèces, est sur-représenté sur les fossés bien entretenus (classe C) et sous-représenté sur les fossés à envasement important (classe D). Il en est de même pour le type 9.

Tableau n°21 : Contributions au test du χ^2 entre les types de peuplement et les classes de fossés Hélophytes

CLASSE DE FOSSES	A	B	C	D	E
TYPE DE PEUPEMENT					
1	0	-1.5	-0.4	2.2	-0.1
2	0.5	0.8	-0.4	-0.6	0.1
3	0	0.1	-1.7	-0.1	1.3
4	1.8	0.9	-1	-0.4	0
5	-0.6	8.8	-3.3	-0.7	1.3
6	0.7	-1.4	-1	0	1
7	-0.7	-1.5	0.6	2.2	-0.7
8	-1.1	0.5	4.1	-4.4	0.7
9	-0.1	-2.2	17.9	-1.1	-1.7
10	-3.5	-1.6	6.8	2.2	-2.8
11	0.1	0.6	-2	0	0.1
12	2.2	-2.9	-1.3	1.3	0

(les contributions relatives au χ^2 sont exprimées en %, une valeur négative signifie une contribution par sous-représentation, une valeur positive signifie une contribution par sur-représentation)

Le type 12, différencié par les très forts recouvrements en phragmites, est le plus souvent associé aux fossés de classe A, alors qu'il est absent sur les fossés de classes B. La différence principale entre ces deux classes de fossés réside en la hauteur d'eau, qui est plus importante sur les fossés de classe A. *Phragmites australis*, supportant un envasement moyen des fossés, serait favorisé par les hauteurs d'eau supérieures à 60 cm.

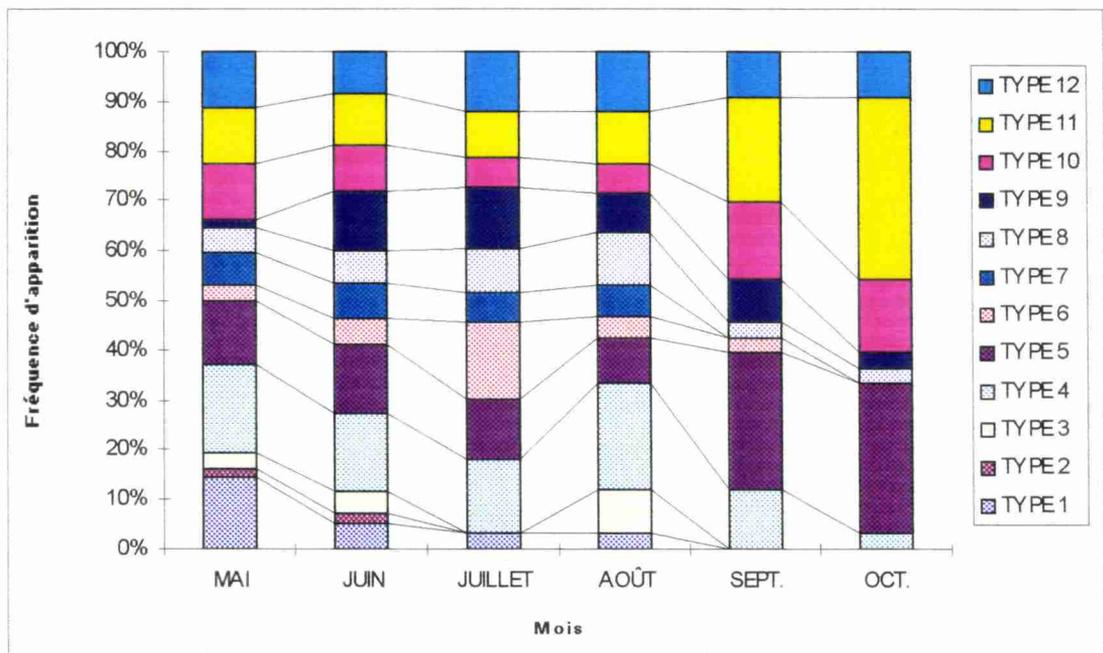
VI.4.4.b - REPARTITION MENSUELLE DES TYPES DE PEUPEMENT

La confrontation entre les types de peuplement d'Hélophytes et leur mois d'apparition permet, à l'aide du graphe n°35 représentant la répartition mensuelle des types de peuplement, de dégager diverses informations concernant l'évolution de cette strate.

Ainsi, on remarque les variations réduites de la répartition de la majorité des types de peuplement, traduisant une variabilité intra-annuelle et une variabilité inter-annuelle faibles de cette strate.

L'apparition du plus grand nombre de types survient aux mois de mai et juin, puis au fur et à mesure de la saison on note une régression, pour aboutir simplement au mois d'octobre à la présence, sur un nombre limité de stations, de 7 types différents. Ceci est à nuancer par le fait que les Hélophytes n'ont pas été suivis lors des campagnes de juillet à septembre 1995, entraînant de cette manière, pour ces mois, une sous-estimation de la diversité des types de peuplement et une sur-estimation de la diversité pour les mois de mai et juin.

Graphe n°35 : Répartition mensuelle des types de peuplements d'Hélophytes



VI.4.4.c - DISCUSSION

La strate des Hélophytes est marquée par une répartition constante des sept types les plus fréquents, qui sont notés tout au long de la saison végétative. Les cinq autres types de peuplement sont accessoires, moins significatifs et n'ont été observés que sur un nombre limité de stations.

La majorité des types de peuplement correspond à une strate émergente assez bien développée, avec des recouvrements globaux assez élevés. Seuls deux types sont associés à une abondance faible (types 5 et 10).

On constate six types à faible diversité, caractérisés par la présence sur leurs berges de trois espèces maximum. La plus forte diversité (5 espèces) est observée pour les types 3 et 4.

Les joncs, très fréquents sur les berges des fossés de la zone expérimentale, sont présents avec une abondance plus ou moins variable au sein de 11 types, le type 12, étant caractérisé par des peuplements monospécifiques de phragmites.

Il paraît difficile de statuer sur les mois d'apparition de chacun des 12 types. En effet les variations concernant l'abondance de la strate émergente sont faibles d'un mois à l'autre et même d'une année à l'autre (Cf. Chapitre VI.C Paramètres floristiques globaux). Les fluctuations des recouvrements spécifiques notées alors pour chacune des campagnes de terrain correspondraient plus certainement à la subjectivité des observateurs qu'au développement ou à la régression de telles ou telles espèces. Néanmoins, soumise directement aux activités de l'Homme et servant de nourriture aux animaux (ragondins, bétail..), la strate émergente sur les berges des fossés peut évoluer et on assiste alors à la mise en place de nouveaux peuplements.

Le type 5, caractérisé par des recouvrements faibles de joncs et de scirpes et par la présence de quelques pieds d'iris, se rencontre fréquemment sur les fossés secondaires à envasement moyen et hauteur d'eau inférieure à 60 cm (classe B). Au cours des trois années d'étude, les stations 162 et 215 présentent toujours ce type de peuplement.

Le type 4 correspond à une strate émergente abondante, composée de 5 espèces. Il est noté principalement sur les fossés secondaires et notamment sur les fossés de classes A (hauteur d'eau et hauteur de vase moyennes). Les stations 447, 84, 42, 26 appartenant à un petit réseau isolé de fossés secondaires ("Grosse tête", Cf. Carte de localisation des fossés), présentaient souvent au cours des différentes campagnes de terrain ce type de peuplement.

Le type 12 correspond à des canaux typiques de zone humide, dont les deux berges sont totalement recouvertes de *Phragmites australis* (roseaux). Ce type est présent à la fois sur le réseau secondaire et sur le réseau principal.

Le type 11 présente aussi des peuplements denses et abondants de *P. australis*, mais sur une seule des berges. L'autre berge est recouverte essentiellement par des joncs. Ce type est associé souvent aux stations 29, 30, 187 et 170.

Les types 1, 6, 7, 9 correspondent à une strate émergente abondante, composée de joncs, de scirpes ou de carex et d'une espèce haute *Typha angustifolia* (nom français "Massettes").

T. angustifolia présente des recouvrements faibles le plus souvent inférieurs à 15 %. On retrouve cette espèce au sein du **type 10**, associée à des recouvrements faibles de joncs. Ce type présente une strate émergente peu abondante, composée uniquement de ces deux espèces. Ce type est sur-représenté sur les fossés secondaires en bon état (classe C).

Le type 8 présentent une strate d'Hélophytes composée de trois espèces, *E. palustris*, joncs et scirpes, dont les recouvrements sont assez faibles. Ce type est associé au canaux de classe C et sous-représenté sur les fossés secondaires mal entretenus (classe D).

L'individualisation du **type 2** ne correspond qu'à la présence sur les berges de recouvrements forts d'*E. palustris* et de carex. Ce type n'a été noté que pour le printemps 1995 et ne comprend que trois stations. Ce type n'est donc pas représentatif des peuplements d'Hélophytes de la zone expérimentale. Les forts recouvrements en carex et en *E. palustris* n'ont pas été notés sur ces stations lors des campagnes de terrain de 1996 et 1997. Ce type correspond soit à une régression des deux espèces soit à une surestimation des observateurs.

VI.5 - INFLUENCE ENTRE LES STRATES

Du fait de la position de chacune des strates de macrophytes sur le fossé, nous avons été amenés à penser qu'il existait peut-être une certaine compétition ou encore plus simplement des pressions entre les strates, empêchant ainsi le développement maximale de telle ou telle strate.

En effet, on peut se demander par exemple dans quelle mesure les Hélophytes dressés sur les berges du fossé privent de lumière les deux autres strates, gênant ainsi leur développement. Ou plus encore quel niveau de compétition existe-t-il entre la strate des Hydrophytes flottants et la strate des Hydrophytes submergés pour ce qui est de la lumière, des gaz dissous et des nutriments.

Au cours des campagnes de terrain, les observations ont montré entre les stations, une grande variabilité du niveau de végétalisation de chacune des strates, résultant de conditions du milieu plus ou moins favorables, des variations climatiques ou peut-être encore des influences entre les strates.

Pour estimer ce degré d'influence d'une strate sur une autre, nous avons donc effectué des analyses bi-variées entre les variables semi-qualitatives, représentant l'abondance végétale globale de chacune des strates.

VI.5.1 - INFLUENCE STRATE SUBMERGEE - STRATE FLOTTANTE

En ce qui concerne la strate d'Hydrophytes submergés et la strate d'Hydrophytes flottants, le test du χ^2 montre une certaine dépendance, au seuil de signification, $\alpha = 1\%$, de leurs abondances respectives ($\chi^2 = 69$). On note en particulier, que les faibles taux de recouvrement d'Hydrophytes submergés sont souvent associés à une strate flottante très développée (recouvrement global supérieur à 80 %). Par contre, les recouvrements d'Hydrophytes flottants simplement forts (50 à 80 %) ne sont pas associés aux abondances faibles de la strate submergée. De même les abondances fortes en Hydrophytes submergés sont associées aux faibles recouvrements d'Hydrophytes flottants et sont sous-représentées lorsque les recouvrements de la strate flottante sont importants.

Tableau n°22 : Contribution relative au χ^2 entre les classes d'abondance d'Hydrophytes submergés et les classes de recouvrement des Hydrophytes flottants

Abondance globale Hydrophytes submergés	Recouvrement global Hydrophytes flottants			
	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Faible	-1,1	-10,5	-8,2	20,5
Moyenne	-3,3	8,6	3	-1,7
Fort	7,8	0,9	4	-16,5
Très fort	5,1	0,6	0,6	-7,7

(les contributions relatives au χ^2 sont exprimées en %, une valeur négative signifie une contribution par sous-représentation, une valeur positive signifie une contribution par sur-représentation)

VI.5.2 - INFLUENCE STRATE SUBMERGEE - HELOPHYTES

La confrontation des abondances globales de la strate submergée et des taux de recouvrement des Hélophytes montre une dépendance au seuil de 1 % ($\chi^2 = 30$). On constate notamment une sur-représentation des abondances globales fortes et très fortes en Hydrophytes submergés sur les stations, dont le recouvrement en Hélophytes est important (50 à 80 %). Par contre, lorsque le recouvrement en Hélophytes est supérieur à 80 % (très fort), on note une sur-représentation des abondances faibles en Hydrophytes submergés. Ceci n'est pas le cas lorsque le recouvrement en Hélophytes est simplement fort (50 à 80 %).

On observe aussi l'association d'une strate submergée abondante avec un faible taux de recouvrement en Hélophytes

Tableau n°23 : Contribution relative au χ^2 entre les classes d'abondance d'Hydrophytes submergés et les classes de recouvrement des Hélophytes

Abondance Hydrophytes submergés	Recouvrement Hélophytes			
	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Faible	-1	0	-12	16,2
Moyenne	-0,5	0,8	-0,1	0
Fort	7	-0,5	16,8	-25,2
Très fort	0	-0,9	12,1	-6,4

(les contributions relatives au χ^2 sont exprimées en %, une valeur négative signifie une contribution par sous-représentation, une valeur positive signifie une contribution par sur-représentation)

VI.5.2 - INFLUENCE STRATE FLOTTANTE - HELOPHYTES

Le test du χ^2 , entre classes de recouvrement des Hydrophytes flottants et classes de recouvrement des Hélophytes, indique une dépendance ($\alpha = 1$ %). Les recouvrements importants en Hydrophytes flottants (> à 80 %) se rencontreraient plus fréquemment sur des stations, dont le recouvrement en Hélophytes sur les berges est supérieur à 80 %. En outre, les stations, dont la couverture d'Hydrophytes flottants est faible ou moyenne, ne correspondraient pas souvent à une strate d'Hélophytes très développée, mais seraient plus souvent associées à une strate d'Hélophytes à faible recouvrement.

Tableau n°24 : Contribution relative au χ^2 entre les classes de recouvrement d'Hydrophytes flottants et les classes de recouvrement des Hélophytes ($\chi^2 = 26$)

Recouvrement Hydrophytes flottants	Recouvrement Hélophytes			
	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Faible	8,6	2,2	0,7	-16
Moyenne	14,7	-4,8	3,6	-5,5
Fort	-6,9	-1,7	1,7	2,3
Très fort	-9,7	0,8	-6,8	14,1

(les contributions relatives au χ^2 sont exprimées en %, une valeur négative signifie une contribution par sous-représentation, une valeur positive signifie une contribution par sur-représentation)

VI.5.2 - DISCUSSION

Il paraît difficile, à la vue de ces simples résultats, de conclure à l'influence positive ou négative d'une strate sur une autre. Néanmoins, on peut émettre un certain nombre d'hypothèses.

Par exemple, la présence sur les berges d'une strate importante d'Hélophytes, composée notamment d'espèces semi-aquatiques (partie végétative inférieure dans l'eau), gênerait les écoulements d'eau et favoriserait le développement sur place des Hydrophytes flottants. En outre, les Hélophytes assureraient une protection contre le vent, qui joue un rôle dans le déplacement de la strate flottante libre.

L'influence des Hélophytes sur les deux autres strates concernant la privation de lumière n'apparaît pas à la vue de ces résultats, expliquée en particulier par la faible hauteur de la plupart des espèces constituant la strate "Hélophytes".

D'autre part, le constat de l'association fréquente des strates submergées faiblement abondantes et des très forts recouvrements des strates flottantes démontre l'influence négative de la strate flottante sur la strate submergée. En 1996, des mesures de luminosité ambiante sur trois stations avaient mis en évidence le rôle de barrière à l'éclairage de la strate d'Hydrophytes flottants (MOREAU, 1995). Les mesures effectuées dans l'eau sous le film d'Hydrophytes flottants montraient en particulier une baisse de 86 % de la luminosité par rapport à celle estimée à la surface. Les Hydrophytes flottants développés à la surface de l'eau absorbent donc une partie de la lumière et priveraient de cette manière les Hydrophytes submergés de cette source d'énergie, nécessaire à leur développement. On retrouve dans la littérature le même constat, en 1955, GESSNER indiquait qu'une couche de lemnaées pouvait absorber 93 % de la lumière.

Cependant, son influence est moindre lorsque les recouvrements sont inférieurs à 80 %. On ne constate pas en particulier l'association des strates submergées faiblement abondantes avec des recouvrements d'Hydrophytes flottants variant de 20 à 80 %. La strate flottante ne jouerait son rôle d'écran à la lumière que pour des recouvrements très importants et influencerait alors sur le développement des Hydrophytes submergés (diminution de la photosynthèse).

D'autre part, on constate aussi l'association des strates submergées abondantes et des faibles recouvrements des strates flottantes, tendant à indiquer qu'une strate submergée très développée sur un fossé serait un facteur limitant à l'expansion des Hydrophytes flottants (privation de l'apport de nutriments et de gaz dissous). Ceci semble corroborer les faibles biomasses d'Hydrophytes flottantes, estimées sur les stations où la strate d'Hydrophytes submergées est abondante (Cf. PARTIE IV Campagnes de terrain 1997).

VI.6 - INFLUENCE DE LA QUALITE DE L'EAU

Les végétaux aquatiques se nourrissent par leurs systèmes racinaires ou directement à travers les tissus de leurs tiges et de leurs feuilles. La qualité physico-chimique des eaux influe donc sur leur diversité et leur répartition.

Afin de mettre en évidence les relations entre macrophytes aquatiques et la qualité de l'eau, nous avons comparé les distributions des abondances globales des strates flottante et submergée, sous l'influence directe des variations de la qualité des eaux et de plusieurs paramètres physico-chimiques.

TYPOLOGIE DES PEUPELEMENTS

Compte-tenu du nombre trop faible informations concernant les paramètres de la qualité de l'eau des stations de prélèvement, nous n'avons pas cherché à établir des groupes de variables influençant la répartition des macrophytes par une Analyse en Composante Multiple, ni à démontrer la prédominance de tel ou tel paramètre physico-chimique par une Analyse en Composante Principale.

Nous avons simplement réalisé des analyses multi-variées (tests du χ^2) entre les abondances globales des strates et différents paramètres physico-chimiques, dans le but de comprendre comment les variations de chacun des paramètres pouvaient influencer la répartition et l'abondance des macrophytes.

Un test de χ^2 indique au seuil de signification de 1 % une dépendance entre l'abondance globale de la strate submergée et l'oxygène dissous. On remarque effectivement l'association des fortes et très fortes abondances d'Hydrophytes submergés avec les teneurs en oxygène, comprises entre 10 et 15 mg O₂/l. On ne retrouve pas ces fortes abondances sur les stations dont les teneurs en oxygène dissous sont plus faibles (0 à 5 mg O₂/l). Sur de telles stations, les Hydrophytes submergés restent peu abondantes. ($\chi^2 = 41$).

Tableau n°25 : Contribution relative au χ^2 entre les classes d'abondance d'Hydrophytes submergés et les teneurs en oxygène dissous

Abondance Hydrophytes submergés	Oxygène dissous (mg O ₂ /l)			
	0 à 5	5 à 10	10 à 15	15 à 20
Faible	8,8	-1,2	-11,7	-6,8
Moyenne	-0,03	1,1	-4,2	1,1
Fort	-10,4	2,7	15,5	2,8
Très fort	-0,7	-5,6	26,1	1,1

(les contributions relatives au χ^2 sont exprimées en %, une valeur négative signifie une contribution par sous-représentation, une valeur positive signifie une contribution par sur-représentation)

Le test de χ^2 effectué sur l'abondance globale de la strate flottante et la teneur en oxygène dissous montre aussi une dépendance au seuil de signification de 1 % ($\chi^2 = 48$). On constate en particulier la présence de strates d'Hydrophytes flottants à très fort recouvrement (> à 80 %) sur des stations à teneurs en oxygène faibles.

Tableau n°26 : Contribution relative au χ^2 entre les classes de recouvrement d'Hydrophytes flottants et les teneurs en oxygène dissous

Recouvrement Hydrophytes flottants	Oxygène dissous (mg O ₂ /l)			
	0 à 5	5 à 10	10 à 15	15 à 20
Faible	-10,7	3,4	9,6	6,2
Moyenne	-5,7	2,1	0,6	12,2
Fort	-0,9	1	3,7	-2,5
Très fort	15,7	-6,6	-12,1	-7

(les contributions relatives au χ^2 sont exprimées en %, une valeur négative signifie une contribution par sous-représentation, une valeur positive signifie une contribution par sur-représentation)

A l'opposé, les faibles recouvrements d'Hydrophytes flottants sont associés souvent aux teneurs en oxygène plus élevées (10 à 20 mg O₂/l).

Un test de χ^2 indique une dépendance entre la transparence de l'eau et l'abondance de la strate d'Hydrophytes flottants. Les forts recouvrements (50 à 80 %) sont souvent associées à une transparence supérieure à 48 cm (Disque de Secchi), mais aussi à une transparence plus moyenne variant de 16 à 32 cm. Sur les stations dont la transparence est faible (inférieure à 16 cm), les forts recouvrements en Hydrophytes flottants sont plus rares. Par contre, on note souvent la présence des très forts recouvrements sur les stations dont la transparence de l'eau est faible, correspondant fréquemment aux fossés très envasés (classe D).

L'analyse montre aussi la présence des faibles recouvrements sur les fossés dont la transparence est comprise de 32 à 40 cm.

DISCUSSION : Les analyses bi-variées réalisées n'ont pu mettre en évidence que l'influence de l'oxygène sur la répartition des Hydrophytes flottants et submergés. L'étude des autres paramètres (MES, DCO, Conductivité) n'a pas permis d'établir des relations entre leurs variations et la répartition et l'abondance des macrophytes aquatiques.

Les faibles données recueillies sur les stations de prélèvement concernant la physico-chimie, sont l'une des raisons pour lesquelles on ne peut conclure sur les relations entre certains paramètres de la qualité de l'eau et l'abondance des macrophytes. D'autre part, l'influence de la qualité de l'eau peut rester relativement faible, du fait notamment de l'importance de divers autres facteurs pouvant agir sur la répartition et l'abondance des macrophytes dans les milieux aquatiques (hauteur d'eau, hauteur de vase, écoulement, lumière..).

Néanmoins, les analyses réalisées ont permis de montrer la relation de l'oxygène dissous et de la répartition des Hydrophytes. Les fortes teneurs d'oxygène mesurées correspondent souvent à une strate submergée bien développée. Cette relation est issue sans doute de la production d'oxygène par les Hydrophytes submergées. Plus la strate est importante, plus les teneurs en oxygène sont élevées. Les macrophytes utilisent cet oxygène pour leur respiration, nécessaire à leur développement.

La strate flottante est, quant à elle, moins soumise aux variations des teneurs en oxygène. Du fait de leurs positions à l'interface air/eau, les Hydrophytes flottants ne sont pas dépendants essentiellement du milieu aquatique et peuvent assimiler l'oxygène contenu dans l'air. Ceci expliquerait le fait que l'on retrouve une strate flottante très abondante sur des fossés dont les teneurs en oxygène sont faibles. D'autre part, la présence à la surface d'un fossé d'une couverture importante d'Hydrophytes flottants réduit les échanges gazeux avec l'atmosphère, ce qui peut accroître le déficit d'oxygène et défavoriser le développement des Hydrophytes submergés ainsi que la survie des populations piscicoles.

De plus, les Hydrophytes flottants ne participent pas à l'apport d'oxygène dans le compartiment aquatique, puisqu'ils relâchent lors de la photosynthèse leur oxygène dans l'air.

Pour préciser le rôle de la strate flottante sur l'oxygénation de l'eau et la répartition de la strate submergée, nous avons réalisé une analyse tri-variée entre ces trois paramètres dont les résultats ont montré :

☞ l'association fréquente d'une strate flottante faible et d'une strate submergée abondante sur les stations dont la teneur en oxygène est de 10 à 15 mg O₂/l.

☞ l'association fréquente d'une strate flottante moyenne et d'une strate submergée abondante sur les stations dont la teneur en oxygène est de 10 à 15 mg O₂/l.

☞ la présence d'Hydrophytes submergés très abondants et d'Hydrophytes flottants abondants (recouvrement de 50 à 80 %) sur des stations dont les teneurs d'oxygène sont comprises entre 10 et 15 mg O₂/l. Pour des stations à teneurs d'oxygène plus faibles (5 à 10mg O₂/l), on constate une abondance plus faible de la strate submergée alors que la strate flottante demeure encore importante sur de telles stations (recouvrement variant de 50 à 80 %).

☞ l'association systématique des très forts recouvrements d'Hydrophytes flottants (> à 80 %) et des valeurs d'oxygène dissous inférieures à 10 mg O₂/l. Dans de tels cas, la strate submergée est abondante si les teneurs en oxygène sont suffisantes (5 à 10 mg O₂/l) et reste toujours peu abondante si les teneurs en oxygène sont plus faibles. (0 à 5 mg O₂/l)

Cette analyse confirme l'influence de la strate flottante sur la strate submergée. En plus du rôle d'écran à la lumière, les Hydrophytes flottants agiraient sur l'oxygénation de l'eau et conditionneraient ainsi en partie la répartition et l'abondance des Hydrophytes submergés.

VI.7 - CAS PARTICULIER DES STATIONS CUREES

Au cours des années d'étude, certaines stations ont été curées, occasionnant évidemment une forte régression des peuplements végétaux. Il était donc intéressant d'étudier plus précisément l'évolution des peuplements sur ces stations (notamment de la strate submergée), afin de comprendre la stratégie de colonisation des différentes espèces et la mise en place de la structure des peuplements.

Nous prendrons donc l'exemple de 4 stations, les stations 14, 84 et 198, correspondant à des fossés secondaires, et la station 42 appartenant au réseau principal.

Les résultats de l'analyse bi-variée entre les types de peuplement et leurs mois d'apparition, permettant de suivre l'évolution des peuplements sur ces stations, sont présentés en annexe n°5.

* Stations curées à la fin de l'année 1995 (stations 14 et 84) :

Avant leur curage, les stations 14 et 84 présentaient une évolution des peuplements d'Hydrophytes submergés assez semblables, caractérisée par :

- un développement au printemps de types de peuplement présentant une certaine diversité (présence d'espèces peu fréquentes ou rares)
- l'apparition en été de peuplements constitués essentiellement par *Ceratophyllum demersum* (type 11 et 12), suite à la régression rapide des autres espèces.

TYPOLOGIE DES PEUPELEMENTS

L'année suivant le curage est marquée pour ces deux stations, par le développement de mai à octobre de divers types de peuplement, caractérisés par la présence d'espèces peu fréquentes en particulier *P. pectinatus*, par une abondance moyenne en *C. demersum* et une abondance faible en *E. canadensis*.

Les deux campagnes de 1997, soit presque deux années après le curage, montrent pour ces deux stations la présence d'espèces rares comme *M. spicatum* et *Chara sp.* et des abondances plus en plus importantes en *C. demersum*, se traduisant notamment en août par des volumes de végétaux assez conséquents

* Station curée en 1991 (station 198) :

Cinq ans après son curage, la station 198 appartient toujours, malgré sa position en cul-de-sac, au réseau secondaire en bon état (classe C), caractérisé en particulier par un envasement faible. Elle se distingue par la présence de mai à juillet des trois espèces de potamots, par une abondance forte en *C. demersum* et faible en *E. canadensis*. En automne, l'ensemble des espèces régresse pour aboutir à des peuplements composés à majorité de *C. demersum*. L'évolution des peuplements d'Hydrophytes submergés de cette station est comparable à celles observées sur une majorité de station.

* Station curée en 1997 (station 42) :

En juin 1997, cette station, proposait un peuplement d'Hydrophytes submergés, de type 1, caractérisé par la présence de *P. pectinatus* et de *Cladophora sp.*, en association avec les deux espèces dominantes de la strate. Curée à la fin du mois de juin, cette station ne montrait plus en août que la seule présence de *C. demersum* en abondance très faible.

Tableau n°27 : Evolution des volumes d'Hydrophytes submergés sur les stations curées - 1995 à 1997

Stations	14	84	198	42
mai-95	2.7	8.7	0.1	
juin-95	1	15	0.4	
juil-95	0	15	2	
août-95	0.1	12.9	3.1	
sept-95	0.3	3	2.9	
mai-96	4	0.3	22.3	4.3
juin-96	14	0.7	44.3	19.2
juil-96	8.4	4	41.8	11.7
août-96	21	6.1	40.6	24.9
sept-96	8.4	5.9	11.2	14
oct-96	6.9	2.9	2.3	0.6
juin-97	19.8	8.3	2.9	12.9
août-97	8	34.1	13.2	0

Si on ne peut définir, à partir de ces simples observations, une règle générale sur l'évolution suite à un curage des populations d'Hydrophytes submergés, on peut tout de même en tirer quelques enseignements.

En effet, en favorisant l'écoulement des eaux, en diminuant la turbidité et éliminant les populations végétales envahissantes, le curage permet, semble-t-il, le développement d'espèces plus rares, et plus exigeantes quant aux conditions du milieu. L'apparition de ces espèces permettrait ensuite la mise en place, au sein du fossé, de types de peuplement différents. Le curage favoriserait donc le maintien d'une certaine diversité.

Ubiquiste, *C. demersum* constitue aussi une espèce pionnière au sein de la strate des Hydrophytes submergés, puisqu'elle correspond à la première espèce observée sur une station curée.

E. canadensis s'implante moins facilement après un curage et le développement de ses populations s'effectue moins rapidement, traduit par des abondances plus faibles que celle de *C. demersum*, sur ces stations ayant subi un curage.

CHAPITRE VII - SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES

CONTEXTE GENERAL

Réalisée dans le cadre du programme NORSPA, la présente étude constitue une première approche typologique des peuplements de macrophytes aquatiques, présents sur les fossés de la zone expérimentale du marais Breton-Vendéen. Elle concerne l'ensemble des végétaux aquatiques, dont les peuplements ont été étudiés par strate (strates submergée, flottante et émergente).

Les objectifs de l'étude consistaient à suivre l'évolution des types de peuplement au cours de la saison végétative (mai à octobre), à établir des relations avec les conditions stationnelles (type de fossés, hauteur de vase, hauteur d'eau, connexité..) et la qualité de l'eau (oxygène, conductivité, demande chimique en oxygène..) et à étudier les influences entre chacune des trois strates. Cette étude fait suite aux investigations de quantification des végétaux, menées sur les fossés de la zone expérimentale depuis 1995.

Trois campagnes de terrain programmées en 1997 ont permis de recueillir des données supplémentaires sur la quantification des macrophytes. Les investigations ont été effectuées sur 33 stations de prélèvement déjà suivies en 1996, dans l'optique de suivre l'évolution des peuplements sur plusieurs années. Les résultats de la campagne de terrain de septembre 1997, n'ont pu être pris en compte pour l'étude typologique des peuplements de macrophytes et ne figurent pas dans ce document.

ALLEGEMENT DU PROTOCOLE

En préalable des études de terrain, une analyse statistique concernant la méthode de quantification des Hydrophytes submergés nous a permis de nous orienter vers un allègement du protocole d'étude par points-contact. Cette méthode consiste à quantifier les végétaux sur un nombre de points de prélèvement, répartis sur 10 transects (profils). Cette analyse devait donc préciser la perte d'informations engendrée par une étude des végétaux au moyen de 5 transects seulement.

Le test de Wilcoxon, réalisé sur l'abondance globale de la strate submergée, nous a démontré qu'il n'existait pas de différence significative entre l'abondance des végétaux recueillis sur les transects impairs et celle des végétaux recueillis sur les transects pairs.

Par contre, lorsqu'on analyse les distributions des abondances de chacune des espèces (abondances spécifiques), on constate des différences plus ou moins significatives selon les espèces entre l'abondance recueillie sur les transects impairs et celle recueillies sur les transects pairs.

Les différences sont notamment plus significatives lorsqu'il s'agit d'espèces peu abondantes et présentes sur un nombre réduit de points-contact. Néanmoins, des corrélations effectuées entre les abondances spécifiques obtenues avec 10 transects et celles estimées avec les 5 transects impairs nous montrent que la perte d'informations reste réduite. On obtient en effet pour chacune des espèces des coefficients de régression R^2 toujours supérieurs à 0,8.

Ces résultats nous ont donc permis d'opter pour un allègement du protocole de quantification, en ne réalisant que 5 transects au lieu de 10, soit 15 points-contact, pour étudier l'abondance et le volume des Hydrophytes submergés, même si le risque de sous-estimation des espèces peu abondantes subsiste.

TYPOLOGIE GLOBALE

Dans un premier temps, nous avons établi une typologie des stations à l'aide de l'abondance globale de chacune des trois strates de macrophytes, qui a permis de définir 6 types de fossés. Cette typologie nous a ensuite permis d'étudier l'influence des conditions stationnelles et de la qualité de l'eau sur le développement des strates, ainsi que les relations entre les strates.

Parmi les six types de fossés, deux sont caractérisés par une strate submergée peu abondante et par des recouvrements d'Hydrophytes flottants souvent très importants (supérieurs à 80 %). Ces deux types (types 2 et 3) sont fréquents et correspondent à 46 % des stations suivies durant les trois années d'étude. Ils se distinguent par leur strate Hélophytes. Le type 2 présente de forts recouvrements d'Hélophytes et est associé aux fossés secondaires très envasés. Au contraire, le type 3 correspond à des fossés secondaires en bon état, peu envasés et dont les berges présentent une strate Hélophytes moins développée.

Les types 5 et 6, caractérisés par une strate submergée abondante et des recouvrements d'Hydrophytes flottants plus variables (faibles à moyens), apparaissent moins fréquemment sur les fossés de la zone expérimentale et sont notés en général au printemps.

Les deux derniers types (1 et 4) présentent une strate submergée et une strate flottante souvent peu développées. Ils correspondent à un grand nombre des stations. Le type 1 marqué aussi par une strate émergente très développée apparaît principalement au printemps sur les fossés à envasement moyen (classes A, B et E).

La confrontation de cette typologie avec certains paramètres abiotiques nous a permis de constater l'influence de la hauteur d'eau et de la hauteur de vase sur le développement des macrophytes.

Ainsi, un envasement moyen (40 à 50 %) sur les fossés ne semble pas freiner le développement des Hydrophytes submergés dès lors que la hauteur d'eau reste suffisante. Par contre, lorsque l'envasement devient trop important, la strate submergée semble moins se développer et reste peu abondante.

On peut citer l'exemple des fossés secondaires en fin de vie, présentant une hauteur de vase très importante, associée bien souvent à une hauteur d'eau faible, où la strate submergée est peu abondante et composée essentiellement de *C. demersum*.

On retrouve aussi *C. demersum* en faible abondance sur les stations récemment curées, où elle correspond à la première espèce colonisatrice du substrat. La strate submergée se développe alors lentement sur ces stations, du fait d'un laps de temps nécessaires aux espèces pour la recolonisation du milieu.

L'analyse de la strate Hélophytes et de la hauteur de vase indique la correspondance entre une strate Hélophytes abondante et un envasement important. De même, on note que les faibles recouvrements de cette strate sont souvent associés aux faibles taux d'envasement. Ceci semble confirmer le rôle actif que joue cette strate dans les phénomènes d'envasement, par l'intermédiaire des débris de végétaux, qui tombent dans les fossés.

D'autre part, cette strate est influencée par la hauteur d'eau dans les fossés, qui semble jouer un rôle sur sa répartition et son développement. On note en particulier l'association des strates Hélophytes peu développées avec les hauteurs d'eau faibles et au contraire l'association des forts recouvrements avec les hauteurs d'eau importantes. Les parties souterraines des végétaux composant cette strate restent dépendantes de la vase gorgée d'eau et les espèces supportent en fait plus ou moins bien la baisse du niveau des eaux. Elles tolèrent par contre plus facilement les périodes de submersion.

La confrontation des abondances globales de chacune des strates et des paramètres de la qualité de l'eau mesurée sur la zone a permis simplement de mettre en évidence la relation avec l'oxygène. Les analyses réalisées avec les autres paramètres n'ont pas montré de dépendance avec l'abondance des macrophytes, expliqué en partie par le nombre trop faible de données recueillies sur les stations. D'autre part, du fait des nombreux paramètres intervenant sur l'abondance et la répartition des végétaux (climat, hauteur d'eau, hauteur de vase, hauteur d'eau, courant...), l'influence de la qualité peut rester relativement faible.

Les résultats montrent notamment une fréquente association des teneurs élevées en oxygène dissous avec les strates submergées abondantes et l'association des faibles abondances avec les teneurs en oxygène faibles. Cette relation correspondrait sans doute à l'oxygène produit par les Hydrophytes submergées lors de la photosynthèse (mesure de l'oxygène sur les fossés entre 12 et 16 heures). Les fortes teneurs correspondant à une strate submergée bien développée et les faibles teneurs à une strate faiblement abondante.

La strate flottante ne paraît pas soumise aux variations des teneurs en oxygène dissous, du fait de sa position à l'interface air/eau, qui la rend moins dépendante du milieu aquatique.

Les strates flottantes bien développées sont en fait souvent associées aux faibles teneurs en oxygène. Elles limitent les échanges gazeux entre l'air et le milieu aquatique, constituent un écran à la lumière restreignant le développement de la strate submergée et réduisant ainsi la production photosynthétique de l'oxygène par les Hydrophytes submergés, ce qui favoriserait les déficits d'oxygène dans les fossés.

De plus, les Hydrophytes flottants ne participent pas à l'apport de l'oxygène dans le milieu aquatique, puisque le rejet de leur oxygène se fait dans l'air.

La confrontation des abondances de chacune des trois strates a confirmé l'influence de la strate flottante sur le développement de la strate submergée. On constate notamment la présence fréquente de recouvrements importants d'Hydrophytes flottants sur les stations, dont la strate submergée est peu abondante. Les très forts recouvrements (supérieurs à 80 %) constitueraient une barrière à l'éclairement de la strate submergée, limitant ainsi son développement (diminution de la photosynthèse, réduction des teneurs en oxygène dans le compartiment aquatique nécessaires à la respiration de ces végétaux).

Cependant, son influence reste limitée aux recouvrements très importants. Il semble effectivement que pour des recouvrements inférieurs à 80 % la strate flottante ne jouerait plus son rôle de barrière à l'éclairement et ne constituerait plus un facteur limitant au développement de la strate submergée. De plus, soumise aux actions du vent et des courants, la strate flottante se déplace sur les fossés, ce qui limite ainsi son influence sur la strate submergée. Par contre, la mobilité de la strate flottante sur les fossés en cul-de-sac est faible et son développement peut alors gêner la croissance des Hydrophytes submergés.

On constate de la même manière l'association fréquente des strates submergées abondantes et des faibles recouvrements d'Hydrophytes flottants, notamment au printemps.

En effet, le développement de la strate submergée intervient principalement au printemps sur les fossés, alors que la période la plus productive de la strate flottante semble correspondre aux mois d'été. Une strate submergée déjà bien développée sur un fossé au printemps pourrait limiter l'essor des Hydrophytes flottants lors de la période estivale par privation de nutriments.

Une forte abondance d'Hydrophytes submergés constituerait ainsi un facteur limitant au développement de la strate flottante.

Les analyses statistiques effectuées n'ont pas permis d'établir le rôle de barrière à l'éclairement joué par les Hélophytes sur les deux autres strates. En revanche, les résultats ont montré qu'une strate émergente composée notamment par des espèces semi-aquatiques pouvait gêner les écoulements d'eau et favoriser le développement sur place des Hydrophytes flottants.

Nous avons ensuite réalisé une typologie des peuplements pour chacune des trois strates de macrophytes, dans l'optique de comprendre la structure des peuplements et de suivre leur évolution au cours de la saison végétative.

STRATE SUBMERGÉE

Dans les fossés de la zone expérimentale, la strate submergée est composée d'une dizaine de taxons fixés au substrat, auxquels pour l'étude trois algues ont été associées du fait de leur position submergée.

Cette strate se caractérise par une assez grande diversité et une forte abondance au printemps, période considérée pour cette strate comme la plus productive. On constate ensuite une régression de l'abondance, traduisant la diminution ou la disparition d'une majorité d'espèces, en particulier des espèces peu abondantes et peu fréquentes. Cette régression coïncide avec le confinement du marais observé lors de la période estivale (baisse des niveaux d'eau, détérioration de la qualité de l'eau..)

En ce qui concerne les volumes de végétaux recueillis sur les stations de prélèvement, les plus forts volumes sont observés en général de mai à août. Le mois de juin semblant correspondre à l'optimum. A partir de l'été, on constate une régression des volumes et de l'abondance, et on note la domination au sein de la strate de deux espèces *Ceratophyllum demersum* et *Elodea canadensis*. Les variations des conditions du milieu engendrées par le confinement du marais ne semblent pas influencer ces deux espèces, qui se maintiennent et correspondent de juillet à octobre aux espèces dominantes de la strate. Elles représentent alors plus de 80 % de l'abondance globale estimée.

Lors des campagnes de terrain de 1997, nous avons constaté un schéma différent avec notamment une augmentation des volumes de juin à août. Cette augmentation s'explique par un développement important sur les fossés de *C. demersum* et *E. canadensis*, alors que les autres espèces de la strate régressaient. Les volumes recueillis lors du mois d'août 1997 correspondent aux plus forts volumes estimés sur la zone depuis 1995, avec une moyenne par station de 21 litres par mètre carré. Les fortes abondances relevées seraient peut-être dues à la douceur des températures notées au mois de mars 97 dans cette région, qui ont favorisé le développement précoce de cette strate.

Au printemps, on assiste aussi à des développements importants d'algues filamenteuses (notamment le genre *Cladophora*) sur de nombreuses stations de prélèvement. Puis au cours de la saison estivale, ces algues régressent mais restent toujours présentes en abondance plus faible sur une bonne moitié des fossés étudiés.

En ce qui concerne l'abondance et le volume, on note une grande disparité entre les stations de prélèvement, ce qui se traduit par des écarts-type importants. Les faibles abondances et volumes sont notés en particulier pour les stations curées ou pour les fossés en fin de vie (envasement très important et hauteur d'eau faible).

La classification ascendante hiérarchique effectuée sur les classes d'abondance des Hydrophytes submergés a permis la mise en évidence de 12 types de peuplement différents.

Au printemps, l'ensemble des types est présent sur les fossés puis, au fur et à mesure de la saison végétative, certains types diminuent ou disparaissent, coïncidant avec la régression ou la disparition de certaines espèces. De juillet à octobre, on constate la domination de deux types de peuplement, les types 11 et 12, correspondant à une strate submergée de faible abondance composée essentiellement de *Ceratophyllum demersum*.

La répartition des types de peuplement sur la zone expérimentale est liée aux conditions stationnelles. En effet, nous avons pu montrer à l'aide d'un test de χ^2 la dépendance entre types de peuplement de la strate submergée et classes de fossés.

Trois types de peuplement, types 1, 11 et 12 sont apparus plus fréquemment et ont été notés sur 60 % des stations de prélèvement étudiées.

Le type 1 apparaissant surtout au printemps correspond à une strate submergée abondante, dominée par *C. demersum* et marquée par la présence d'algues filamenteuses (genre *Cladophora*). Ce type se rencontre sur les fossés secondaires, remarqué notamment sur un réseau de fossés isolés (zone de Grosse tête). Ce type est lié à l'apparition sur les fossés au printemps de ces algues filamenteuses.

Les types 11 et 12 sont marqués par une faible abondance et constitués bien souvent de la seule présence de *C. demersum*. Ils sont plus fréquents à partir du mois de juillet et témoignent du confinement du marais et de la fin de la saison végétative (disparition d'un grand nombre d'espèces). Le type 11 est associé aux fossés à envasement moyen et le type 12 aux fossés mal entretenus à envasement important (classe D); Ces deux types correspondent aussi aux fossés récemment curés, colonisés par quelques individus de *C. demersum* (espèce pionnière).

Une strate submergée constituée de fortes abondances de *C. demersum* et *E. canadensis*, caractérise les types 2, 4 et 6, dont on a noté l'apparition sur une vingtaine de stations de prélèvement au cours des campagnes de terrain. Les types 2 et 4 apparaissent surtout à partir de juillet sur les fossés secondaires en mauvais état et sont marqués par la présence de *Potamogeton pectinatus*. Le type 6 est associé principalement à la présence d'*E. intestinalis* sur des fossés secondaires mal entretenus à envasement moyen (classe B).

Les 6 autres types définis par la classification ne sont apparus que sur un faible nombre de canaux. Ils sont liés principalement à la présence souvent en faible abondance d'espèces peu communes ou rares sur le marais. Ils sont marqués en général par une strate submergée assez abondante, au sein de laquelle se développent les deux espèces dominantes. Leur apparition liée à la présence d'espèces rares est notée au printemps, où les conditions du milieu sont encore favorables au développement de ces espèces.

STRATE FLOTTANTE

La strate flottante présente sur les fossés de la zone expérimentale est composée de 5 espèces de lentilles d'eau, d'une petite fougère aquatique et d'une espèce d'Hydrocharitacée. Ces sept espèces sont assez fréquentes sur les canaux, dont elles peuvent recouvrir toute la surface. Les recouvrements moyens observés au cours des campagnes de terrain sur la trentaine de stations sont toujours supérieurs à 30 %.

La richesse spécifique de cette strate est constante, les sept espèces sont en effet notées sur les fossés de la zone expérimentale de mai à octobre. Trois espèces, *Lemna minor*, *L. gibba* et *Wolffia arrhiza*, sont tout de même notées plus fréquemment et présentent aussi les plus forts taux de recouvrement.

L'abondance de la strate flottante augmente de mai à août, puis régresse lors des mois d'automne. L'ensemble des espèces progresse lors de cette période, sauf la petite fougère aquatique, *Azolla filiculoides*, dont le développement s'effectue plutôt à partir du mois d'août. Les recouvrements maximum de la strate sont notés aux mois de juillet et août et sont donc décalés par rapport au développement printanier des Hydrophytes submergés.

Les investigations menées sur deux années concernant la biomasse de cette strate montrent une biomasse moyenne sèche au cours de la saison végétative de 78 g/m². Les résultats obtenus au cours des campagnes de 1997 correspondent à des valeurs beaucoup plus faibles que celles de l'année précédente, du fait sans doute du fort développement de la strate submergée. En 1996, les biomasses sèches moyennes mesurées pour les mois de juin à août étaient supérieures à 120 g/m²; alors que pour le mois d'août 1997 la moyenne n'a atteint que 42 g/m².

Parmi les 12 types de peuplement établis par la classification hiérarchique, 6 correspondent aux cas de figure les plus fréquents et concernent plus de 90 % des canaux étudiés (types 1, 3, 6, 7, 11 et 12). Les 6 autres types sont peu représentés et concernent chacun moins de 3 % des stations de prélèvement.

La confrontation de ces types de peuplement et des classes de fossés n'a pas indiqué de dépendance, ce qui semble montrer que l'apparition et la répartition des types ne sont pas liées aux conditions stationnelles (hauteur d'eau, hauteur de vase..), mais peut-être à un ensemble de paramètres comme le vent, la qualité de l'eau et le développement des autres strates.

Le printemps, période de croissance végétale, voit le développement de la quasi totalité des types de peuplement sur les fossés, parmi lesquels les types 11 et 12 sont les plus fréquents. Ces deux types correspondent à une faible diversité et à une strate flottante peu abondante (recouvrement faible). On constate aussi l'apparition de types caractérisés par des recouvrements très importants (supérieurs à 80 %), notamment liés aux fortes abondances de *Lemna gibba* et de *Lemna minor*.

A partir du mois de juillet, on note l'extension des types de peuplement caractérisés par une richesse spécifique élevée et de forts recouvrements, comme les types 1 et 6, marqués en particulier par la présence de *Wolffia arrhiza*, dont les recouvrements deviennent importants lors de la période estivale.

SYNTHESE ET PERSPECTIVES

Les types de peuplement marqués par des recouvrements globaux supérieurs à 80 % semblent plus rares en été, ce qui ne correspond pas aux résultats de biomasse obtenus. En effet, les mesures de biomasse montraient plutôt un maximum sur les stations pour le mois d'août. Ces résultats contradictoires sembleraient montrer en fait, la sous-estimation des recouvrements spécifiques par les observateurs, lorsque les recouvrements globaux sont importants et que la strate flottante se développe sur plusieurs couches.

En automne, les recouvrements se réduisent et seuls 5 types de peuplement sont encore observés sur les fossés étudiés. On note en particulier les types 3, 7 et 11, caractérisés par des recouvrements faibles et par une diversité réduite.

STRATE EMERGENTE

La strate émergente comprend une douzaine de plantes différentes, parmi lesquelles on trouve des espèces basses comme les joncs, les laïches (*Carex sp.*) ou *Eleocharis palustris* et quelques espèces plus hautes comme les phragmites, les massettes (typha) et les iris.

La strate émergente apparaît assez bien développée sur le marais et présente une grande stabilité, les variations des recouvrements sont en effet assez faibles de mai à octobre et même d'une saison à l'autre. Ces variations sont bien souvent imputables à la subjectivité des observateurs. L'action brutale de l'Homme (coupe, arrachage..) ou encore les dommages causés par le bétail ou les ragondins peuvent néanmoins engendrer une destruction partielle de la végétation et façonner la strate sur les berges.

Les joncs dominent largement la strate Hélophytes sur la zone expérimentale, ils sont en effet présents sur plus des 80 % des stations étudiées où ils couvrent 30 à 40 % des berges. De nombreuses espèces appartenant à la strate présentent des recouvrements variables, le plus souvent inférieurs à 30 % et sont plus ou moins disséminées le long des fossés. Seuls les phragmites offrent des peuplements denses et continus et couvrent souvent la totalité des berges.

La classification ascendante hiérarchique réalisée sur les classes de recouvrement de sept taxons (les espèces présentes sur moins de 5 % des stations n'ayant pas été prises en compte) a montré l'émergence de 12 types de peuplement. La majorité des types définis correspondent à une strate émergente assez bien développée avec des recouvrements globaux importants. Seuls les types 5 et 10 sont associés à des faibles recouvrements.

Les joncs, taxon le plus ubiquiste, caractérise 11 des 12 types avec des recouvrements plus ou moins variables. Ils dominent notamment par des recouvrements importants les types 1, 6, 7 et 9, où ils sont associés à des recouvrements plus faibles de carex, de typha ou de scirpes.

Les types 3 et 4 montrent la diversité la plus élevée avec la présence de 5 taxons, alors que les autres types ne sont en général composés que de 3 ou 4 taxons.

Le type 4 est marqué en particulier par des recouvrements importants en joncs, par l'absence de phragmites et de scirpes. Les autres taxons montrent des recouvrements faibles et sont disséminés par touffes. Ce type de peuplement est associé aux fossés secondaires et notamment aux fossés à envasement et hauteur d'eau moyens (classe A).

Le type 5 est marqué quant à lui par des recouvrements faibles en joncs et en scirpes, associés à quelques pieds d'iris. Ce type 5 se rencontre plus particulièrement sur les fossés secondaires à envasement moyen et hauteur d'eau faible (classe B).

Les types 4 et 5 sont les types les plus fréquents et sont notés chacun sur 50 stations de prélèvement.

Les types 11 et 12 sont caractérisés à la présence de phragmites, dont les peuplements sont denses et continus. Cette espèce recouvre totalement les berges des fossés appartenant au type 12, alors que les stations du type 11 ne présentent qu'une berge couverte de phragmites. Ces deux types sont caractéristiques des peuplements Hélophytes des zones humides.

BILAN

L'analyse des données concernant les macrophytes de la zone expérimentale du marais Breton-Vendéen nous a donc permis de mettre en évidence quelques caractéristiques des peuplements.

Les classifications hiérarchiques ont notamment mis en évidence les principaux types de peuplement pour chacune des strates et leur évolution sur les différentes classes de fossés au cours de la saison végétative. Les conditions stationnelles (paramètres morphologiques), définies au niveau des différentes classes de fossés, semblent influencer le développement des macrophytes aquatiques et la mise en place des types de peuplement.

La hauteur de vase et la hauteur d'eau correspondent sans nul doute aux paramètres morphologiques les plus influents sur la répartition des peuplements.

L'analyse a révélé l'influence des très forts recouvrements de la strate flottante sur l'abondance de la strate submergée, qui correspondent à un filtre de l'énergie lumineuse pourtant nécessaire au développement des Hydrophytes submergés. La présence de ces forts recouvrements réduit la photosynthèse et freinent le développement de la strate submergée.

La faiblesse des données concernant la qualité des eaux ne nous a pas permis de préciser l'influence de ces paramètres sur la répartition et le développement des macrophytes. Il paraît pourtant évident que les variations des conditions du milieu lors de la période estivale, liées au confinement du marais, engendrent la régression et la disparition de certaines espèces, notamment des espèces les moins tolérantes.

La difficulté de ce travail résidait en fait en la complexité du milieu, qui se traduit par une multitude de paramètres pouvant influencer les peuplements de macrophytes (paramètres morphologiques des fossés, qualité de l'eau, la connexité, le vent..).

PERSPECTIVES

Les investigations menées sur le du marais Breton-Vendéen avaient pour objectifs d'étudier le fonctionnement du réseau hydraulique et de suivre la quantification et l'évolution des peuplements de macrophytes et de poissons. Pour des raisons de logistique et de moyens financiers, le suivi du réseau hydraulique ne concernait qu'une zone de 380 hectares, choisie pour sa représentativité de la partie du marais gérée en eau douce, dont la superficie totale avoisine 2700 hectares.

Néanmoins, dans l'optique de l'examen du fonctionnement du réseau de fossés à une échelle adaptée à la gestion concrète du milieu, il serait utile de porter l'étude sur une zone beaucoup plus vaste. La télédétection serait par exemple une méthode efficace pour suivre, sur un important linéaire de fossés les peuplements de macrophytes. Cette méthode permettrait de quantifier la strate flottante libre et de suivre son déplacement au sein du réseau hydraulique.

En effet, les photographies aériennes permettraient d'étudier la répartition de cette strate, soumise aux courants et à l'action du vent, au sein du réseau de fossés et non plus simplement au niveau d'une station de prélèvement (correspondant à un faible linéaire de fossé). La mobilité sur les fossés de cette strate ne nous a notamment pas permis de mettre en évidence l'importance des conditions stationnelles sur sa répartition.

On peut envisager d'étudier la strate émergente de la même manière, ce qui n'est pas le cas pour la strate submergée (couverture d'Hydrophytes flottants et transparence de l'eau rendant l'interprétation difficile).

Le suivi des peuplements de macrophytes par télédétection nécessiterait tout de même une vérification par des études de terrain, permettant ainsi de confirmer les informations tirées de l'analyse des images. D'autre part, des études de terrain à grande échelle seront nécessaires pour vérifier les résultats et les renseignements obtenus grâce aux investigations menées sur la zone expérimentale. Un effort particulier sur les mesures des paramètres de la qualité de l'eau permettra de pallier au manque d'information, sur le rôle important qu'ils peuvent jouer sur la répartition des macrophytes aquatiques.

Une des suites qui pourrait être donnée à ce travail correspondrait au croisement de la typologie des peuplements de macrophytes avec celle des peuplements piscicoles, ceci dans l'optique de comprendre la répartition des populations piscicoles. Cette confrontation aidera ainsi à mieux envisager la gestion piscicole de ce marais dans un cadre plus global.

GLOSSAIRE

CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

Les sels dissous dans l'eau opposent une résistance au passage du courant électrique. Cette résistance peut être exprimée par la **résistivité électrique** : résistance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes parallèles de 1 cm² de surface chacune et séparées de 1 cm. Elle s'exprime en ohm.centimètre (Ω .cm). La **conductivité électrique** est l'inverse de la résistivité. Elle s'exprime en Siemens par centimètre (S/cm). Cette mesure permet d'apprécier les matières en solution. Dans les eaux naturelles, peu concentrées en sels minéraux, quasiment tous les éléments dissous sont ionisés et participent à la conductibilité de l'eau. L'eau pure entièrement déminéralisée présente une conductivité inférieure à 1 μ S/cm, l'eau de mer une conductivité de l'ordre de 30 000 μ S/cm.

D.C.O. DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE

Il s'agit de la quantité d'oxygène, exprimée en mg, qui est consommée par les matières oxydables dans les conditions de l'essai, contenues dans 1 litre d'eau. Les substances organiques naturelles proviennent du lessivage des sols et du métabolisme des organismes aquatiques. Le dosage s'exprime en quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation à partir d'un oxydant commun : le bichromate de potassium $Cr_2O_7K_2$ ou le permanganate de potassium MnO_4K . Un taux élevé de matières organiques affecte la vie aquatique en raison de la réduction d'oxygène dissous qu'il entraîne.

D.B.O DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques d'une eau, avec le concours des micro-organismes qui se développent, dans des conditions données, dans le milieu. Il a été convenu d'évaluer la demande biochimique en oxygène pendant cinq jours (DBO₅). Le dosage s'exprime en mg/l d'oxygène consommé pendant 5 jours.

DIOÏQUE

Se dit d'une espèce où les deux sexes ne sont pas portés sur le même individu (pied mâle et pied femelle).

EPI

Inflorescence constituée d'un axe partant des fleurs sessiles.

HELIOPHYLE

Se dit d'un végétal qui recherche l'ensoleillement.

LEMNETUM

Film constitué de différentes espèces de lentilles d'eau (pour la plupart de la famille des *Lemnacées*), qui flotte à la surface de l'eau.

M.E.S. MATIERES EN SUSPENSION

L'érosion des berges, les débris organiques et le plancton sont à l'origine des matières en suspension contenues dans l'eau. Le taux de M.E.S. est mesuré par filtration ou centrifugation. Elles sont déterminées après séchage à 105°C.

➤ Les M.E.S. peuvent être bénéfiques à la vie du cours d'eau, permettant aux jeunes poissons de se dissimuler. Les particules de vase fine entourées de bactéries peuvent servir de nourriture aux poissons et alevins.

➤ Une forte proportion de M.E.S. entraîne une baisse de la luminosité, et donc de la productivité du cours d'eau. Il s'en suit une raréfaction de l'oxygène dissous à cause de la diminution du taux de photosynthèse. Chez les poissons, elles peuvent provoquer des maladies ou des asphyxies par colmatage des branchies.

MONOIQUE

Plante chez laquelle aucune fleur n'est bisexuée, mais qui possède à la fois des fleurs mâles et des fleurs femelles.

OXYGENE DISSOUS

Sa présence dans les eaux de surface joue un rôle prépondérant dans l'autoépuration des charges polluantes et par là, dans le maintien de la vie aquatique. Exprimé en mg d'O₂/l. Les teneurs en oxygène dans les milieux aquatiques résultent de :

- la consommation biochimique d'oxygène pour dégrader les matières organiques polluantes,
- la réabsorption d'O₂ par la surface de l'eau,
- l'action photosynthétique.

PENNE, adj.

Qualifie une feuille ou une fronde composées dont les folioles (pour la feuille), ou les pennes (pour la fronde) sont disposées de chaque côté de l'axe principal de cette feuille ou de cette fronde comme les barbes d'une rémige.

RHIZOME

Tige souterraine à rôle de réserve produisant des racines et des tiges feuillées.

SESSILE

Pétiole inexistant

SPORE

Organe de dissémination (cellule à n chromosome) germant pour donner un végétal qui porte les organes sexués (gamétophytes).

SPADICE

Inflorescence indéfinie (= centripète) constituée de fleurs sessiles, incomplètes et unisexuées. Souvent l'axe de cette sorte d'épis est quelque peu charnu, et l'ensemble du spadice est régulièrement entouré d'une spathe. (BOULLARD, 1988).

STIPULES

Petits appendices, membraneux, foliacés, ou épineux, qui se rencontrent au point d'insertion de la feuille sur la tige, de part et d'autre de cette insertion. Les stipules sont parfois caduques, parfois persistantes. Il arrive que leur développement soit très important, et qu'elles jouent alors un rôle évident de feuilles. (BOULLARD, 1988).



Etude des Peuplements

BINESSE F., 1993 - **Typologie des cours d'eau de Lozère à l'aide des macrophytes** - Mémoire de DESS - ENSA Rennes - Université d'Angers - 28 p.

BREMOND R. et VUICHARD R., 1973 - **Les paramètres de la qualité de l'eau** - Ministère de l'Environnement - 174 p.

CEMAGREF, 1994 - **NORSPA Baie de Bourgneuf, Restauration du réseau hydraulique secondaire** - Rapport intermédiaire n° 1 - 120 p.

CEMAGREF, 1995 - **NORSPA Baie de Bourgneuf, Restauration du réseau hydraulique secondaire** - Rapport intermédiaire n° 2 - 147 p.

CEPEE (Centre d'étude pour l'eau et l'environnement), 1994 - **Macrophytes aquatiques et écoulements dans le fleuve Charente** (Rapport provisoire) - 22 p.

CODHANT H., HAURY J., DUTARTRE A., 1991 - **Les macrophytes aquatiques bioindicateurs de la qualité des eaux courantes**. Département de la Lozère. Rapport intermédiaire. CEMAGREF - INRA - 146 p.

DAGET Ph. et GODRON M., 1982 - **Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés** - Ed. MASSON - 144 p.

GASTON N., 1995 - **Ecologie et quantification des hydrophytes d'une zone expérimentale du marais de Bourgneuf-Machecoul (44)** - Mémoire de DESS - Cemagref Bordeaux - Université de Bordeaux 1 - 205 p.

GUINOCHET M., 1973 - **Phytosociologie** - Ed. Masson et Cie - 177 p.

GOUNOT M., 1969 - **Méthodes d'étude quantitative de la végétation**- Masson et Cie - 292 p..

HAURY J., 1996 - **Macrophytes des cours d'eau : Bioindication et habitat piscicole**. Publications et travaux - 3 volumes.

HAURY j., DUTARTRE A., 1990 - **Les macrophytes aquatiques : indicateurs de qualité des eaux superficielles. Recommandations méthodologiques**, Département de la Lozère - INSA, INRA et CEMAGREF de Bordeaux - compte-rendu n°68 - 16 p.

HERISSE C., 1996 - **Macrophytes de la Selune - Etude du milieu aquatique** - Mémoire de DESS - ENSA Rennes - 24 p.

LAMBERT-SERVIEN E., 1995 - **Contribution à l'étude phytoécologique des étangs de l'Anjou et de ses proches limites** - Université de Rennes 1 - 127 p.

MARI N., 1994 - **Répartition et quantification des macrophytes du fleuve Charente** - Mémoire de DESS - Cemagref Bordeaux - Université de Toulouse - 108 p.

MERLE V., 1994 - **Le marais nord Breton-Vendéen : Bilan des connaissances et méthodes d'analyse du réseau hydrographique** - Mémoire de DESS - Cemagref Bordeaux - Université de Bordeaux 1 - 115 p.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE et O.N.F., 1995 - **Les Hélophytes** - volumes 1 et 2 - 279 p.

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, 1997 - **Qualité de l'eau et des milieux aquatiques** - 86 p.

MOISSONNIER T., 1994 - **Habitats piscicoles du marais Breton dulçaquicole** - Cemagref Bordeaux - Université de tours - 59 p.

MOREAU A., 1996 - **Etude des plantes aquatiques du marais Breton-Vendéen, mise au point d'un protocole de quantification des hydrophytes flottantes** Mémoire de DES - Cemagref Bordeaux - Université de Bordeaux 1 - 171 p.

MONTEGUT J., 1987 **Le milieu aquatique** -Tome 1 : **milieu aquatique et flore**, 60 p. tome 2 : **clé de détermination**, 60 p. tome 3 : **planches et index**, 44 p., Ed (Association de coordination technique agricole), Paris.

MÜTTERLEIN C., 1996 - **Production primaire planctonique en zone du marais d'eau douce : suivi d'une zone expérimentale du marais Breton-Vendéen** - Cemagref Bordeaux - 33 p.

ORTH D., GIRARD M., 1996 - **Espèces dominantes et biodiversité : relation avec les conditions édaphiques et les pratiques agricoles pour des prairies des marais du Cotentin** - p. 171 à 188.

RIEMER D., 1984 - **Introduction to freshwater vegetation**. Van Nostrand Reinhold Company Ed., USA - 207 p.

SCULTHORPE C.D., 1967 - **The biology of aquatic plants** - Edward Arnorld Ed., 522 p.

Zones Humides

COLLECTIF, 1985 - **Actes du colloque sur les zones humides du littoral aquitain** - p 120.

BLAMEY et GREY-WILSON, 1991. **La Flore d'Europe occidentale**, Ed. Arthaud. - 544 p.

BILLAUD JP., 1986 - **Le marais poitevin espace et temps**, Muséum National d'Histoire naturelle - Laboratoire d'évolution des systèmes Naturels et modifiés - 59 p.

CESTA (Centre d'Etudes des Systèmes et des Technologies Avancées), 1986 - **Approches Techniques pour conserver et mettre en valeur les zones humides** - 150 p.

CONSEIL GENERAL 1995 - **Flore aquatique et qualité des cours d'eau lozériens**.

DOCUMENTATION FRANCAISE, 1994 - **Les zones humides** - Rapport d'évaluation - Comité interministériel - 170 p.

ERNST L., sept. 1993 - **Assainissement agricole et drainage en zones humides** - Mémoire de DESS Cemagref - Université Paris 7 - 120 p.

MESLEARD F et PERENNOU C., 1996 - **Conservation des zones humides méditerranéennes : La végétation aquatique émergente** - Ecologie et gestion - Publication Medwet - 86 p.

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, 1990 - **Gestion des zones humides et pastoralisme**.

MULHAUSER B et MONNIER G , 1995 - **Guide de la faune et de la flore des lacs et des étangs d'Europe** - Ed. Delachaux et Niestlé - 335 p..

PEARCE F et CRIVELLI A., 1994 - **Conservation des zones humides méditerranéennes : Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes** - Publication Medwet - 89 pages.

SKINNER J et ZALEWSKI S., 1995 - **Conservation des zones humides méditerranéennes : Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes** - Publication Medwet - 78 pages.

Législation

BAILLY S., 1993 - **Droit de l'eau et collectivités territoriales** - Dossier d'expert.

DU BOIS DE GAUDUSSON J. et SOUMASTRE S., 1991 - **Protection des milieux aquatiques** - 192 p.

ROMI R., 1992 - **Le droit entre protection et exploitation des territoires** - Ed. L'Harmattan - 122 p.

Statistiques

BOURROCHE J.-M., 1978 - **Analyse des données** - Que sais-je? n°1854 - Presse universitaire de France - 123 p.

LAMBERT P., 1997 - **Analyse des données de captures d'anguilles par pêche électrique et cartographie des structures en tailles à l'échelle de la France** - Cemagref Bordeaux - 49.

PHILPEAU G., 1986 - **STAT-ITCF- Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales ?** - Publication ITCF (Institut Technique des Céréales et des Fourragères) - 63 p.

STATLab, Guide de l'utilisateur, 1995 - **Logiciel d'exploitation des données** - 2 volumes.

VOLLE M., 1989 - **Analyse des données**, 3^{ème} édition - Ed. Economica - 323 p.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n° 1 : Calendrier des travaux entrepris sur la zone expérimentale

Tableau n°2 : Volumes moyens mesurés pour les campagnes de juin et août 1997

Tableau n°3 : Recouvrement moyen sur les 33 stations - Hydrophytes flottants - 1997

Tableau n°4 : Biomasse sèche globale moyenne (g/m²)

Tableau n°5 : Estimation des biomasses spécifiques relatives moyennes

Tableau n°6 : Indice de dispersion spécifique moyen - 1997

Tableau n°7 : Caractéristiques morphométriques des fossés de la zone NORSPA (campagnes 1994)

Tableau n°8 : Qualité de l'eau de la zone expérimentale pour la période de 1994 à 1996, ordre de grandeur des paramètres physico-chimiques

Tableau n°9 : Caractéristiques des stations de prélèvement

Tableau n°10 : Domaine de définition des différentes classes des paramètres morphologiques

Tableau n°11 : Représentation des caractéristiques des différents paramètres morphologiques

Tableau n°12 : Richesse spécifique globale - Hydrophytes submergés

Tableau n°13 : Evolution de la fréquence des espèces - Hydrophytes submergés - 1995 à 1997

Tableau n°14 : Pourcentages de *C. demersum* et de *E. canadensis* par rapport à l'abondance globale mensuelle

Tableau n°15 : Evolution du volume moyen par station (litres par m²) - Hydrophytes submergés

Tableau n°16 : Biomasse globale moyenne sur l'ensemble des stations

Tableau n° 17 : Richesse spécifique globale - Hélophytes

Tableau n°18 : Classes d'abondance globale et classes de recouvrement

Tableau n°19 : Contribution au test du χ^2 entre les types de peuplement des Hydrophytes submergés et les classes de fossés

Tableau n°20 : Distribution croisée des types de peuplement et des classes de fossés

Tableau n°21 : Contributions au test du χ^2 entre les types de peuplement et les classes de fossés Hélophytes

Tableau n°22 : Contribution relative au χ^2 entre les classes d'abondance d'Hydrophytes submergés et les classes de recouvrement des Hydrophytes flottants

Tableau n°23 : Contribution relative au χ^2 entre les classes d'abondance d'Hydrophytes submergés et les classes de recouvrement des Hélophytes

Tableau n°24 : Contribution relative au χ^2 entre les classes de recouvrement d'Hydrophytes flottants et les classes de recouvrement des Hélophytes ($\chi^2 = 26$)

Tableau n°25 : Contribution relative au χ^2 entre les classes d'abondance d'Hydrophytes submergés et les teneurs en oxygène dissous

Tableau n°26 : Contribution relative au χ^2 entre les classes de recouvrement d'Hydrophytes flottants et les teneurs en oxygène dissous

Tableau n°27 : Evolution des volumes d'Hydrophytes submergés sur les stations curées - 1995 à 1997

LISTE DES GRAPHES

Graphe n° 1 : Corrélation en terme d'abondance totale pour 10 et 5 transects
Hydrophytes submergés

Graphe n°2 : Richesse spécifique des 3 strates de macrophytes 1997

Graphe n°3 : Fréquence des Hydrophytes Submergés - 1997

Graphe n°4 : Estimation du Volume d'Hydrophytes submergés par station (l/m²) - 1997

Graphes n°5 et 6 : Corrélation volume-abondance

Graphe n°7 : Fréquence des Hydrophytes Flottants - 1997

Graphe n°8 : Estimation des recouvrements spécifiques moyens des Hydrophytes flottants -1997

Graphe n°9 : Biomasse sèche moyenne d'Hydrophytes flottants par unité de surface de
la station pour les mois de juin et août 1997

Graphe n°10 : Fréquence des Hélophytes

Graphe n°11 : Recouvrements spécifiques moyens des Hélophytes

Graphe n° 12 : Fréquence mensuelle moyenne de 1995 à 1997

Graphe n°13 : Evolution de l'abondance moyenne par station - Hydrophytes submergés

Graphe n°14 : Evolution du volume moyen par station d'Hydrophytes submergés (l/m²)

Graphe n°15 : Fréquences mensuelles moyenne de 1995 à 1997

Graphe n°16 : Recouvrement global moyen - Hydrophytes flottants

Graphe n°17 : Evolution des recouvrements spécifiques moyens - 1995

Graphe n°18 : Evolution des recouvrements spécifiques moyens - 1996

Graphe n°19 : Evolution des recouvrements spécifiques moyens - 1997

Graphe n°20 : Biomasse sèche moyenne d'Hydrophytes flottants par unité de surface de la
station

Graphe n°21 : Fréquence mensuelle moyenne de 1995 à 1997 - Hélophytes

Graphe n°22 : Recouvrement Global moyen - Hélophytes

Graphe n°23 : Evolution du recouvrement spécifique - Hélophytes 1995

Graphe n°24 : Evolution du recouvrement spécifique - berge 1- Hélophytes 1996

Graphe n°25 : Evolution du recouvrement spécifique - berge 2- Hélophytes 1996

Graphe n°26 : Evolution du recouvrement spécifique - Hélophytes 1997

Graphe n°27 : Dendogramme - Hydrophytes submergés

Graphe n°28 : Fréquence des types établis par la C.A.H. - Hydrophytes submergés

Graphe n°29 : Répartition mensuelle des types de peuplement d'Hydrophytes submergés

Graphe n°30 : Dendogramme - Hydrophytes flottants

Graphe n°31 : Fréquence des types établis par La C.A.H. Hydrophytes flottants

Graphe n°32 : Répartition mensuelle des types de peuplements d'Hydrophytes flottants

Graphe n°33 : Dendogramme - Hélophytes

Graphe n°34: Fréquence d'apparition des types établis par la C.A.H. - Hélophytes

Graphe n°35 : Répartition mensuelle des types de peuplements d'Hélophytes

LISTE DES FIGURES

Figure n°1 : Ecours, bordé d'iris

Figure n°2 : Fossé secondaire bordé de phragmites et couvert de lentilles d'eau

Figure n°3 : Coupe transversale d'un fossé - Position des macrophytes aquatiques

Figure n°4 et 5 : Fossés secondaires envasés

Figure n°6 : Peuplements d'Hydrophytes submergés envahissant le fossé, Elodées, Algues et Potamots

LISTE DES CARTES

Carte n°1 : Localisation de la Baie de Bourgneuf

Carte n°2 : Réseau Hydraulique de la zone expérimentale

Carte n°3 : Localisation des classes de stations sur la zone expérimentale

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

Annexe ❶ : Espèces rencontrées sur le marais

Annexe ❷ : Essais d'allégement du protocole de quantification des hydrophytes submergés

Annexe ❸ : Essais de corrélation indice d'abondance - volume

Annexe ❹ : Résultats des campagnes de terrain de 1997

Annexe ❺ : Typologie des peuplements

Annexe ❻ : Législation

Annexe ❼ : Grille de la qualité de l'eau des milieux aquatiques

ANNEXE 1 : ESPECES RENCONTREES SUR LE MARAIS

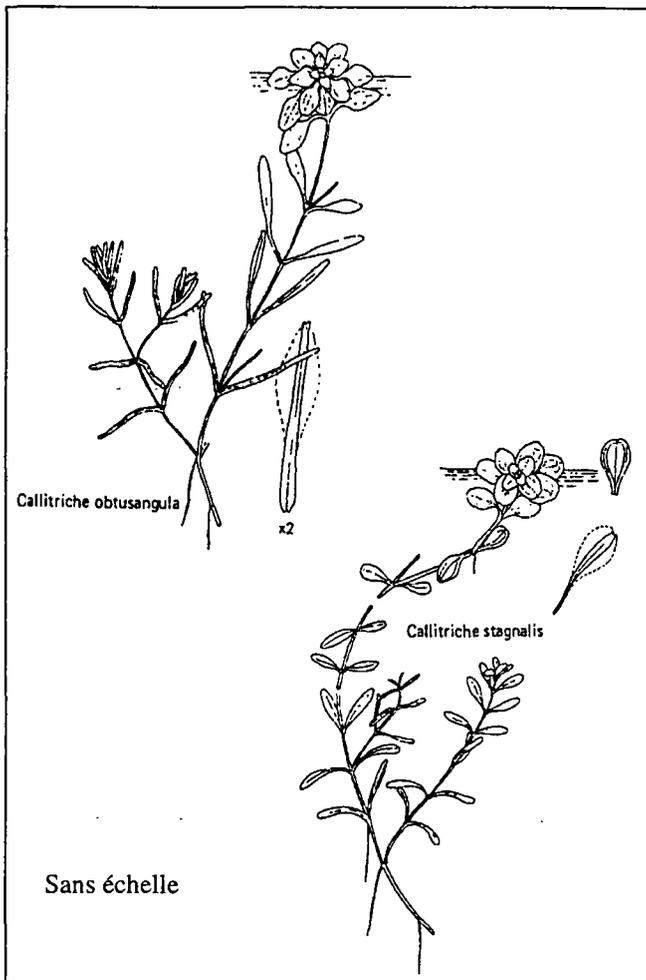
N.B. : Les illustrations sont issues de :

HEGELMAIER F, 1968 Die lemnaceen - Leizig

COOK C.D., 1990 Aquatic plant book - SPB Academic Ed. - The Hague, The Netherlands - 228 p.

FITTER R., 1991 Guide des graminées, carex, joncs, fougères - Ed. Delachaux et Niestlé - 256 p.

VETVICKA V., 1981 Plantes du bord de l'eau et des prairies - Pragues - 224 p.



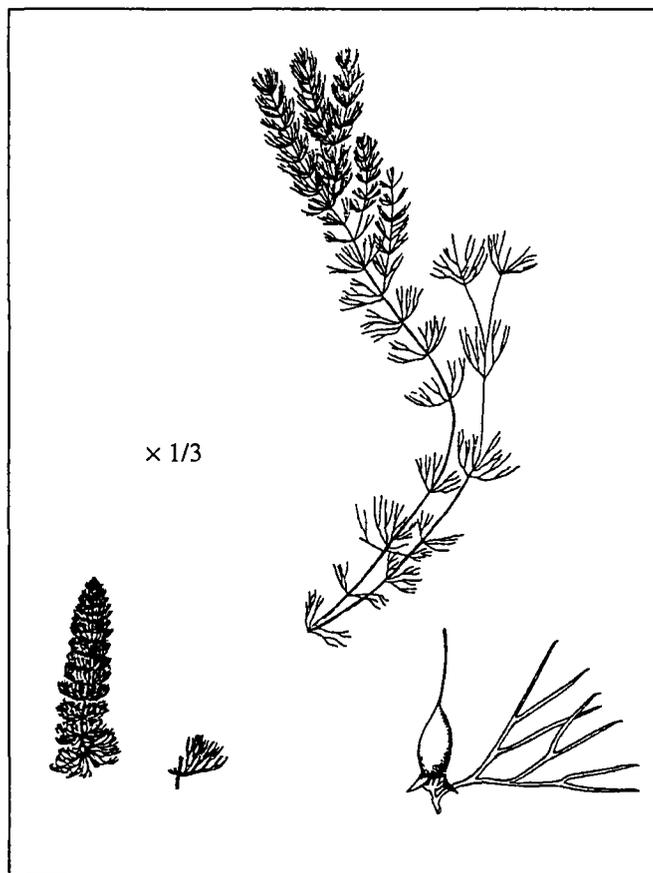
Callitriche sp.
(famille des Callitrichacées)

morphologie : Plantes aquatiques pouvant atteindre 10 à 50 cm de longueur. Tiges grêles, très ramifiées à feuilles opposées. Fleurs solitaires et peu nombreuses.

écologie : Cette espèce se développe dans les eaux stagnantes, à faible turbidité. On peut la retrouver jusqu'à un mètre de profondeur. Espèce d'eaux acides, se développant dans des eaux à trophie variable.

biologie : Des racines adventives se forment souvent sur les tiges et sont à l'origine d'une reproduction végétative. Emracinement superficiel et assez fragile.

Le genre *Callitriche* renferme 17 espèces, dont deux *C. obtusangula* et *C. stagnalis* se développent sur le marais.

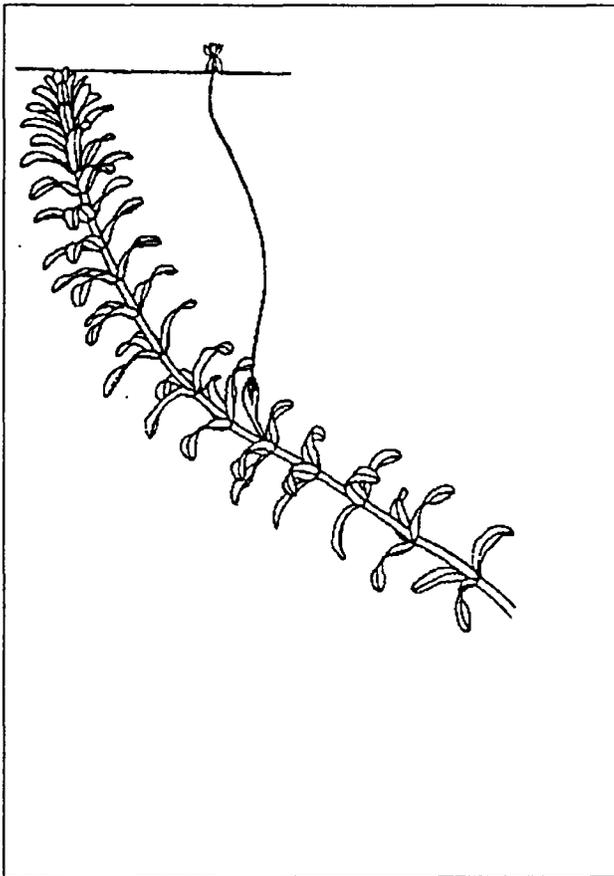


Ceratophyllum demersum
(famille des Cératophyllacées).

morphologie : Les cératophylles sont des plantes vivaces totalement submergées. Longues tiges raides, ramifiées, portant des feuilles verticillées et découpées. Présence de racines latérales, fixées dans la vase.

écologie : *C. demersum* affectionne les sols fins organiques ou minéraux, on retrouve cette espèce jusqu'à 1 mètre de profondeur ou plus, dans des eaux stagnantes ou à faible courant.

biologie : Espèce monoïque (fleurs des deux sexes portées par la même plante), les fleurs se situent à l'aisselle des feuilles. Multiplication végétative par fragmentation de la tige feuillée. Développement de juin à septembre.

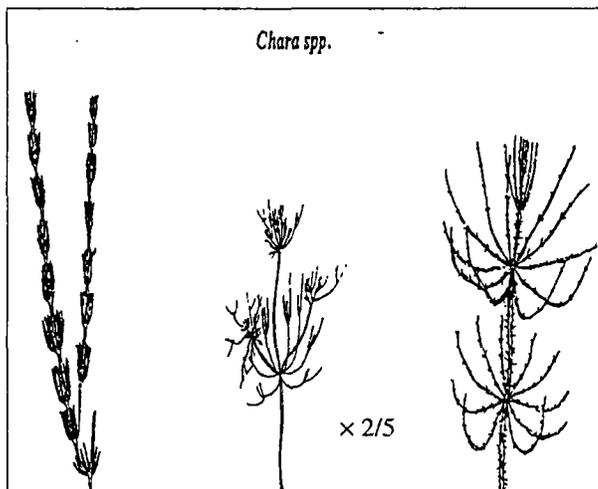


Elodea canadensis
(famille des Hydrocharitacées)

morphologie : Originaires d'Amérique du Nord et Centrale, les élodées sont des plantes submergées vivaces, pouvant former un véritable tapis dense. Atteignant parfois 1 mètre de long, elles présentent des feuilles sessiles, disposées habituellement par trois.

écologie : Espèce présente dans les ruisseaux et les rivières de type mésotrophe à eutrophe, et de faible profondeur. Peu tolérante à la turbidité. Espèce indicatrice d'azote nitrique et d'eutrophication.

biologie : Espèce dioïque, présente en Europe seulement sous la forme femelle. Enracinement superficiel. Reproduction végétative par des morceaux de tige, transportés par le courant ou les oiseaux aquatiques.



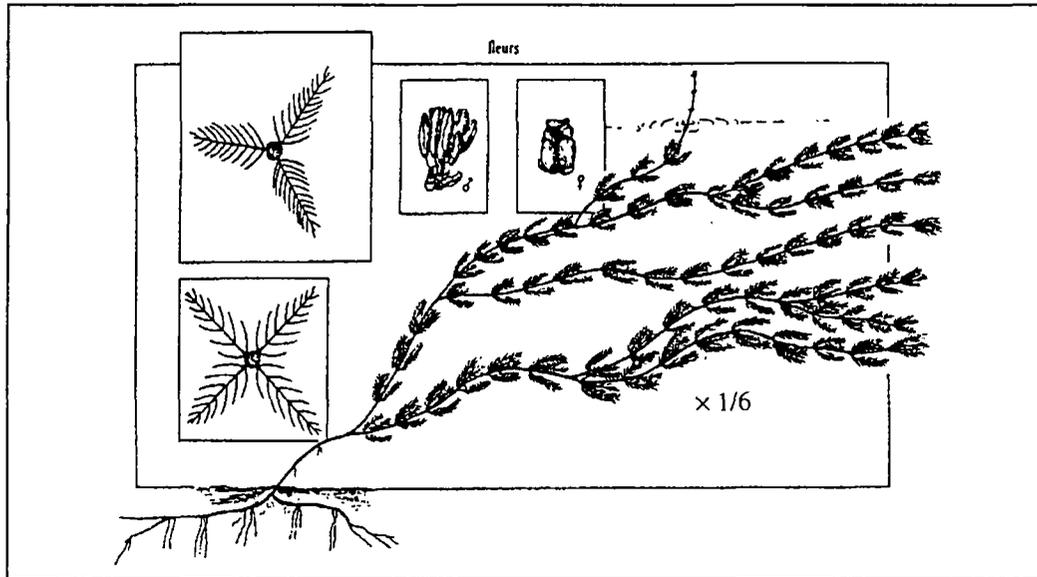
Chara sp.
(famille des Characées)

morphologie : L'appareil végétatif est constitué par un axe principal, d'où partent des ramifications. Au niveau des nœuds de ces axes se différencient des verticilles de rayon. Croissance par cellules terminales des axes.

écologie : Ce genre correspond à des plantes vivaces, toujours submergées. Fréquentes dans les marais océaniques, ces plantes se développent dans les eaux eutrophes alcalines jusqu'à 1 mètre de profondeur. Caractérisée par une odeur d'ail très prononcée.

biologie : La reproduction s'effectue grâce aux gamètes mâles et femelles, qui à maturité deviennent oranges et visibles à l'œil nu.

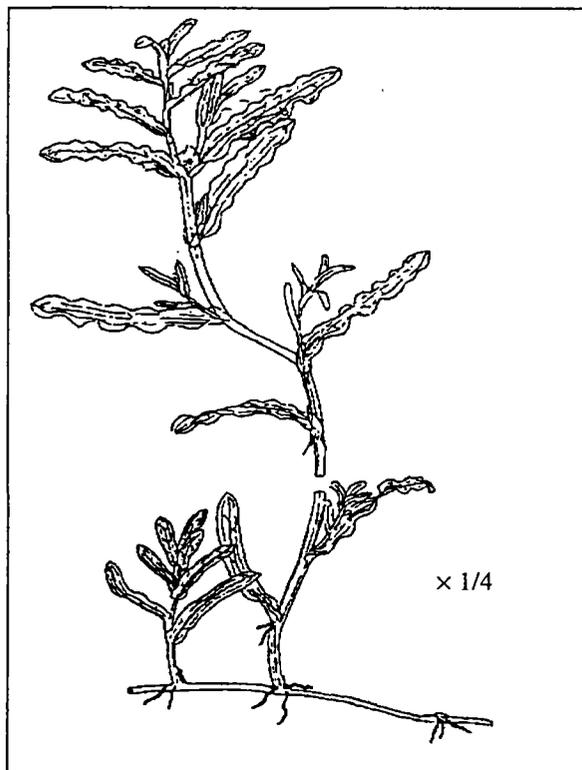
Myriophyllum spicatum
(famille des Haloragacées).



morphologie : Espèce pérenne submergée pouvant atteindre plus d'un mètre de long. Feuilles disposées par 3 ou 4 verticilles.

écologie : Les myriophylles, très répandues, colonisent les eaux mésotrophes à eutrophes, relativement claires et à courant modéré ou rapide. Développement de juin à août.

biologie : Plante se perpétuant par des graines. Existence d'une reproduction végétative à partir de morceaux de tiges détachées. Enracinement assez superficiel.

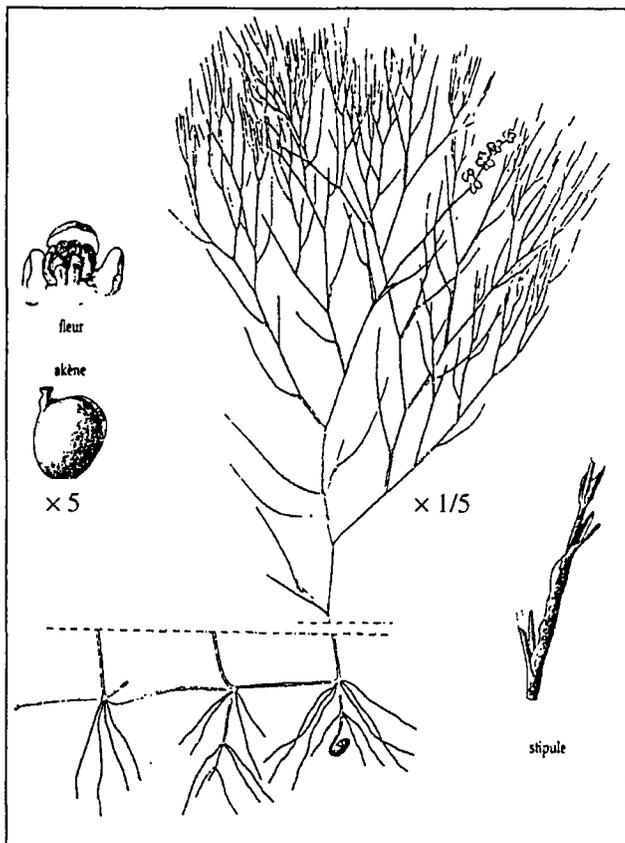


Potamogeton crispus
(famille des Potamogetonacées)

morphologie : Espèce pérenne submergée dont la taille peut dépasser un mètre. Elle possède des tiges comprimées, à 4 angles. Les feuilles sont alternes, sessiles, longues, luisantes à bord finement dentelé et ondulé.

écologie : Vit dans des eaux peu dormantes, plus ou moins agitées, mésotrophes à eutrophes. Pousse généralement à 70 cm de profondeur, souvent dans des eaux claires.

biologie : Cette plante est assez enracinée solidement, mais de manière superficielle. Persistance des rhizomes durant l'hiver. Inflorescence émergées composées de 5 à 7 fleurs blanc-verdâtre. Floraison de juin à juillet.

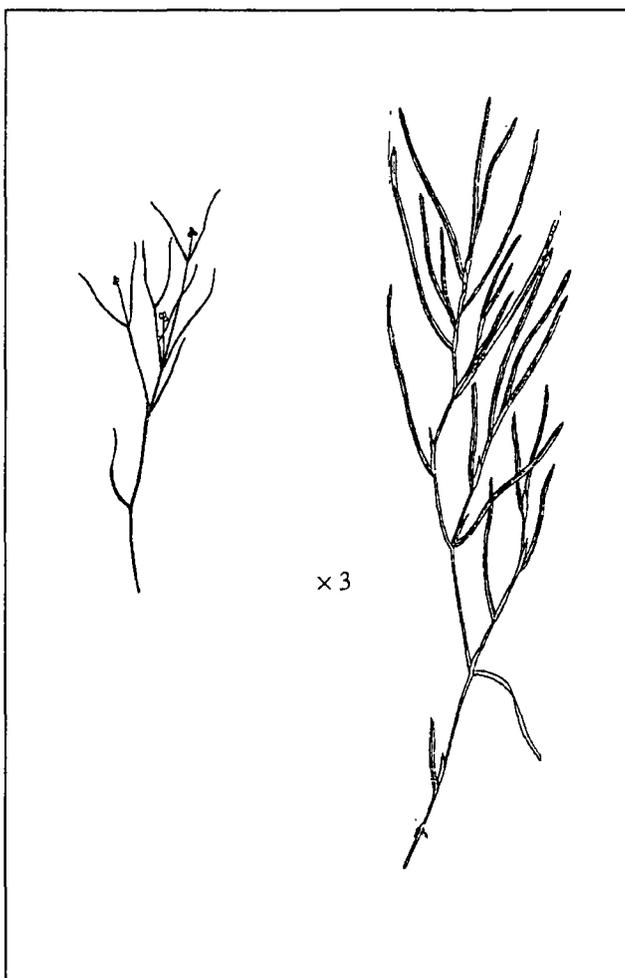


Potamogeton pectinatus
(famille des Potamogetonacées)

morphologie : Espèce pérenne submergée pouvant atteindre 2 mètres de long. Tige grêle cylindrique et feuilles filiformes, alternes, engainant étroitement la tige sur 1 ou 2 cm.

écologie : Espèce présente dans les ruisseaux bien minéralisés. Elle supporte bien certaine turbidité de l'eau et préfère les eaux assez profondes (0,5 à 1 m), peu rapides. Facilement éliminé par Myriophylle.

biologie : La plante se perpétue par les graines et les bourgeons dormants produits par les rhizomes. Enracinement profond. L'inflorescence est un épi de 3 cm, porté par un pédoncule filiforme. Les fruits obtenus sont des akènes, qui participent que très rarement à la multiplication de l'espèce. Multiplication plus souvent végétative.

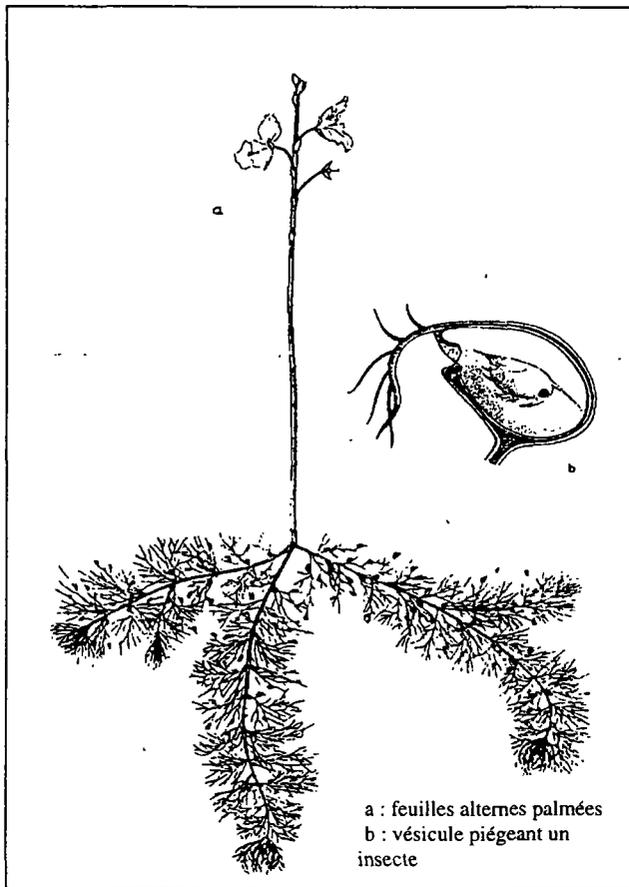


Potamogeton pusillus
(famille des Potamogetonacées)

morphologie : Tige cylindrique, feuilles souples de 1,5 à 3 cm de long.

écologie : Ce potamot aime les eaux calmes à stagnantes, mésotrophes à eutrophes. Le sol est en général fin et minéral. Il colonise les eaux peu profondes.

biologie : L'inflorescence est un épi de 2 à 3 cm, verticilles de fleurs opposées alternes. Le fruit est un akène. Floraison de mai à juin.



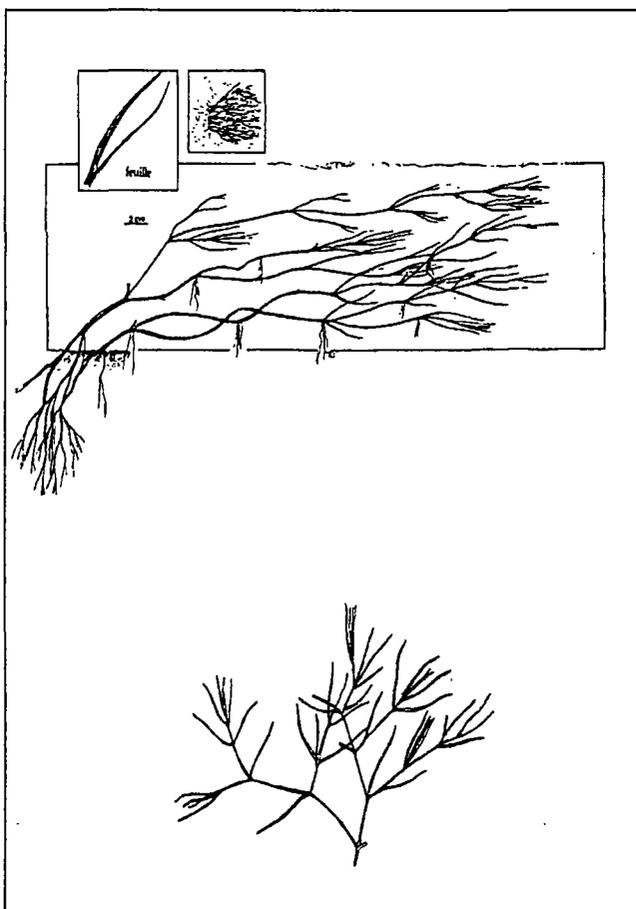
Utricularia sp.
(famille des Lentibulariacées)

Ce genre regroupe 211 espèces, dont une trentaine est aquatique. Ces plantes sans racines sont donc nageantes, mais peuvent se fixer au substrat par des appendices pseudo-racinaires.

morphologie : Les utriculaires peuvent mesurer jusqu'à 2 mètres de long. Les tiges sont horizontales et portent des feuilles courtes et finement divisées.

écologie : Plantes rares, qui vivent dans des eaux dormantes à fond vaseux. Plantes carnivores.

biologie : Reproduction principalement végétative, grâce à des bourgeons détachables, qui passent l'hiver sur le fond. Floraison rare.



Zannichellia palustris
(famille des Zannichelliacées)

morphologie : Plantes submergées à rhizomes rampants. Les tiges, mesurant 10 à 60 cm de long, portent des feuilles alternes, filiformes. Pointues, les feuilles jeunes possèdent une gaine basale membraneuse.

écologie : *Z. palustris*, présente sur le marais, aime les eaux stagnantes ou à courant modéré. On la rencontre jusqu'à 2 m de profondeur. Développement en général de mai à septembre.

biologie : Les fleurs, petites et vertes, sont unisexuées. Elles prennent naissance à l'aisselle d'une feuille submergée. Développement des fleurs de juin à septembre.

Les deux genres suivants appartiennent au groupe des algues filamenteuses, considérées comme partie intégrante de la végétation aquatique fixée. Ces algues se rencontrent dans des milieux très diversifiés, où elles peuvent dominer les peuplements. Ce sont des organismes photoautotrophes possédant différents types de chlorophylle (a; b, c, et d) selon les groupes.

Cladophora sp.
(famille des *Chladophoracées*)

morphologie : Se présente sous forme de longs filaments, de couleur verte. Les filaments peuvent être très ramifiés, notamment dans les eaux à courant rapide, alors que dans les eaux calmes ils le sont peu.

écologie : *Cladophora* sp. est favorisée par les fortes intensités lumineuses et se développe dans les eaux dures, au pH compris entre 7 et 10. Genre considéré comme indicateur d'eutrophisation. Les paramètres écologiques incriminés sont les orthophosphates et la lumière.

biologie : La multiplication se fait par des zoospores végétatives à 4 fouets. La reproduction sexuée est une isogamie à gamètes à 2 flagelles.

Hydrodictyon reticulatum
(famille des *Hydrodictyacées*)

morphologie : Se présente sous forme de masse flottante à maille hexagonale. De couleur verte, elle est rêche au toucher.

écologie : Seule espèce du genre présente en France. On la retrouve dans les lacs, étangs, cours d'eau peu profonds. Elle apparaît aux mois les plus chauds.

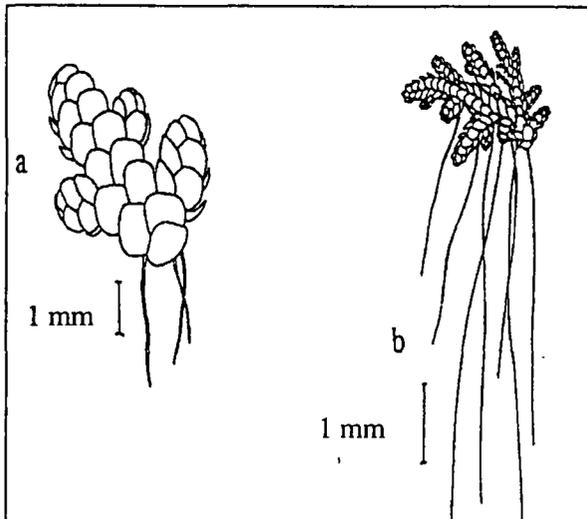
biologie : Multiplication asexuée réalisée par zoospores. La reproduction sexuée fait intervenir des isogamètes à 2 flagelles, qui fusionnent pour donner un zygote.

Enteromorpha intestinalis
(famille des *Ulvacées*)

morphologie : *E. intestinalis* a un aspect de long ruban réticulé, de couleur verte, elle peut mesurer de 30 à 50 cm de long. Douce au toucher.

écologie : Se rencontre surtout en milieu marin, mais on peut le retrouver aussi dans les eaux saumâtre et dans des eaux douces polluées.

biologie : La reproduction sexuée se fait par isogamie ou anisogamie de gamètes biflagellés.

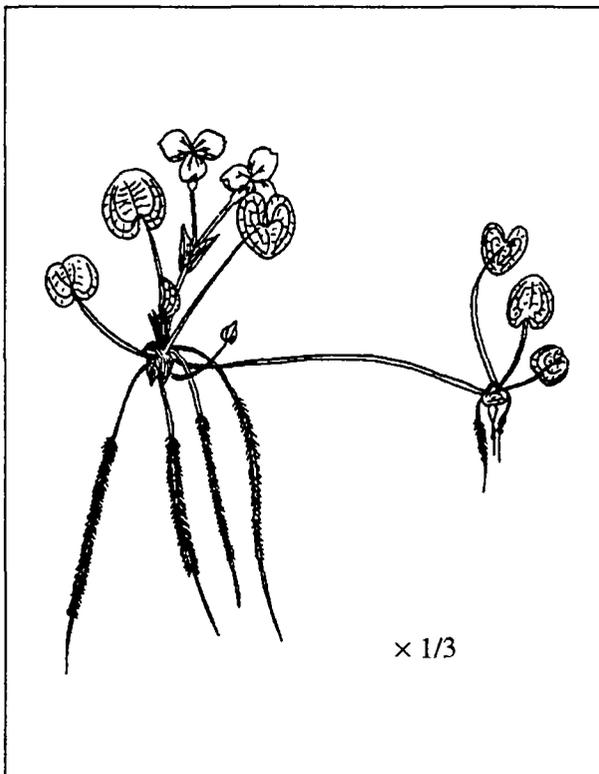


Azolla filiculoides
(famille des Azollacées)

morphologie : Les frondes d'*Azolla* sont pennées, les feuilles ont une apparence froissée. Les faces supérieures sont de couleur verte. On note la présence d'une seule racine par fronde, plongeant librement dans l'eau. *Azolla* revêt une couleur rouge quand vient l'automne.

écologie : Originnaire d'Amérique, *A. filiculoides* prolifère dans les étangs, les canaux et les eaux stagnantes, où les courants sont très faibles.

biologie : *Azolla* est une cryptogame vasculaire et présente donc un cycle de reproduction digénétique (un sporophyte alternant avec un gamétophyte). Les spores se propagent dans l'eau et germent à la surface.

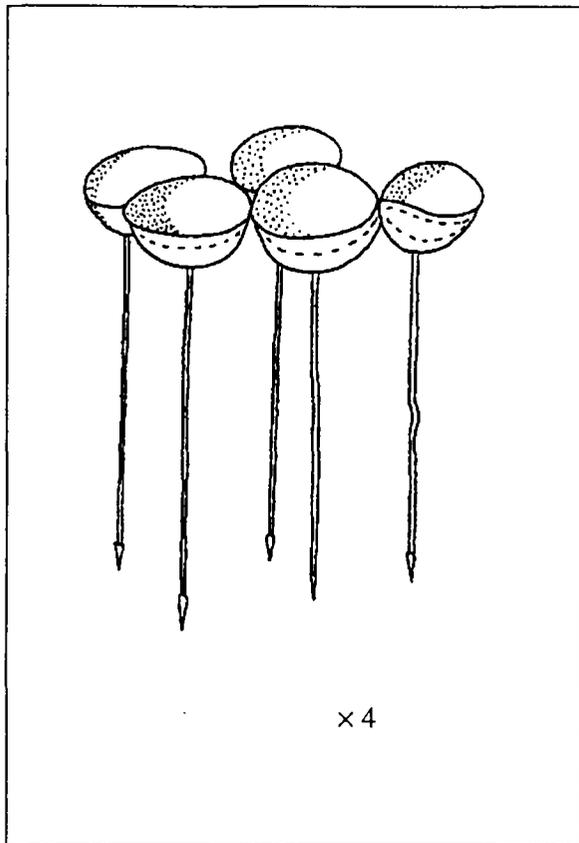


Hydrocharis morsus-ranae
(famille des Hydrocharitacées)

morphologie : Se présente sous forme de rosettes flottantes, de plusieurs cm de diamètre. Les feuilles sont pennées et longuement pétioles. Les racines sont longues, poilues et restent sous l'eau.

écologie : Se développe dans les eaux stagnantes ou à faible courant, mésotrophes à eutrophes et non polluées. Cette plante demande beaucoup de lumière.

biologie : *Hydrocharis* disparaît en hiver, après avoir formé des bourgeons, qui renaîtront au printemps. Les fleurs unisexuées sont portées sur des pieds différents. La floraison a lieu entre juin et août.

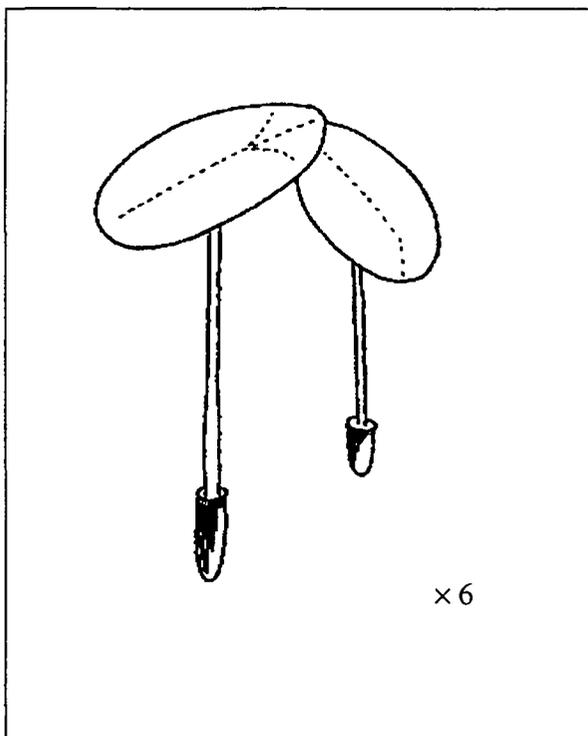


Lemna gibba
(famille des Lemnacées)

morphologie : Frondes , gris vert, prenant parfois une couleur brun-rougeâtre. De forme ovale à arrondie, renflées sur la face inférieure, les frondes sont reliées entre elles par une petite pétiole. Chaque fronde présente une racine unique.

écologie : *L. gibba* prolifère dans les étangs, les plans d'eau et les fossés. Cette espèce supporte les eaux saumâtres ou assez polluées.

biologie : *L. gibba* n'est pas constamment renflée, elle subit une modification saisonnière pour devenir plate en hiver. Floraison de mai à juillet.

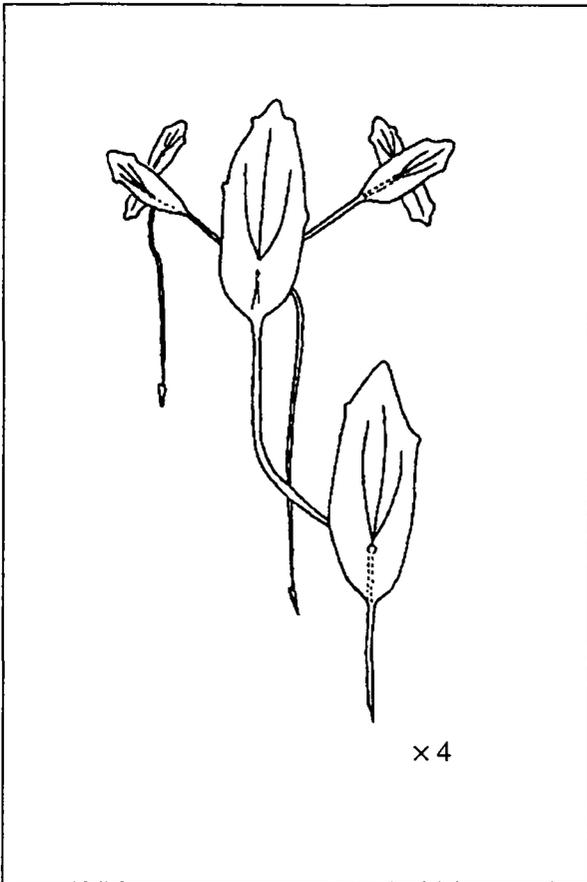


Lemna minor
(famille des Lemnacées)

morphologie : Frondes flottantes vert pâle, arrondi à ovale. Chaque fronde aplatie possède une racine unique.

écologie : Se développe dans les eaux calmes à courant nul ou faible, oligotrophes à eutrophes (fossés, lacs, bassins...).

biologie : Fleur rare, de petite taille qui éclose de mai à septembre.

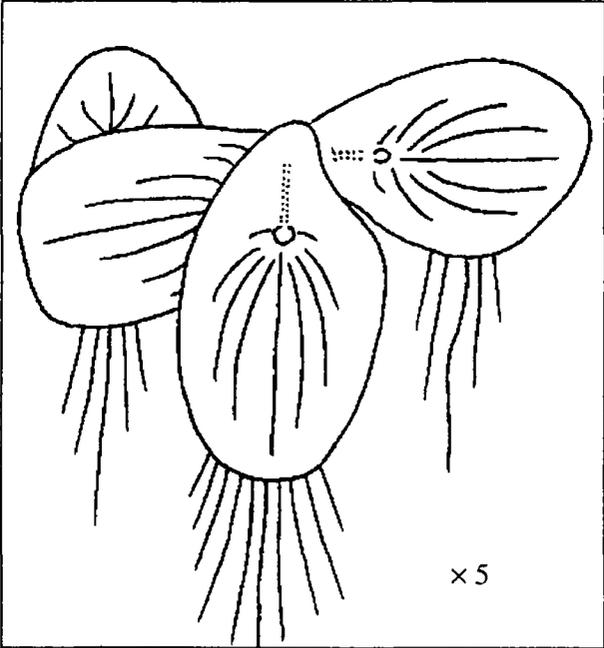


Lemna trisulca
(famille des Lemnacées)

morphologie : Très répandue, *L. trisulca* frappe par sa forme particulière et par le fait qu'elle flotte entre deux eaux. Cette espèce est une lentille grégaire, dont les bourgeonnements latéraux restent fixés à la lentille mère. Chaque fronde ovale étroite est insérée à angle droit par rapport à la précédente.

écologie : Cette espèce recherche les eaux alcalines, on la retrouve dans les milieux aquatiques mésotrophes.

biologie : *L. trisulca* est une espèce vivace annuelle, qui se reproduit de façon végétative. Dissémination des graines ou des frondes elles-mêmes, grâce à l'eau et les animaux.



Lemna polyrrhiza
ou
Spirodela polyrrhiza
(famille des Lemnacées)

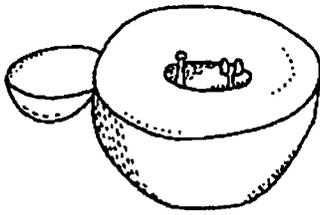
morphologie : Cette espèce se reconnaît par sa taille et par la présence d'au moins deux racines par frondes. Les frondes flottantes sont de forme ovale à arrondie et mesurent de 4 à 10 mm, elles sont groupées par 2 à 5. De couleur vert foncé sur la face supérieure, souvent rougeâtre sur la face inférieure.

écologie : *L. polyrrhiza* est très cosmopolite, mais est assez rare en France. Elle affectionne les milieux aquatiques où le courant est nul. Elle tolère mal les pollutions.

biologie : La multiplication végétative se fait par bourgeonnement à partir des frondes. Les fleurs sont rares, et apparaissent de juin à août. La dispersion des graines et des frondes se fait par l'eau et grâce aux animaux.

Wolffia arrhiza

(famille des Lemnacées)

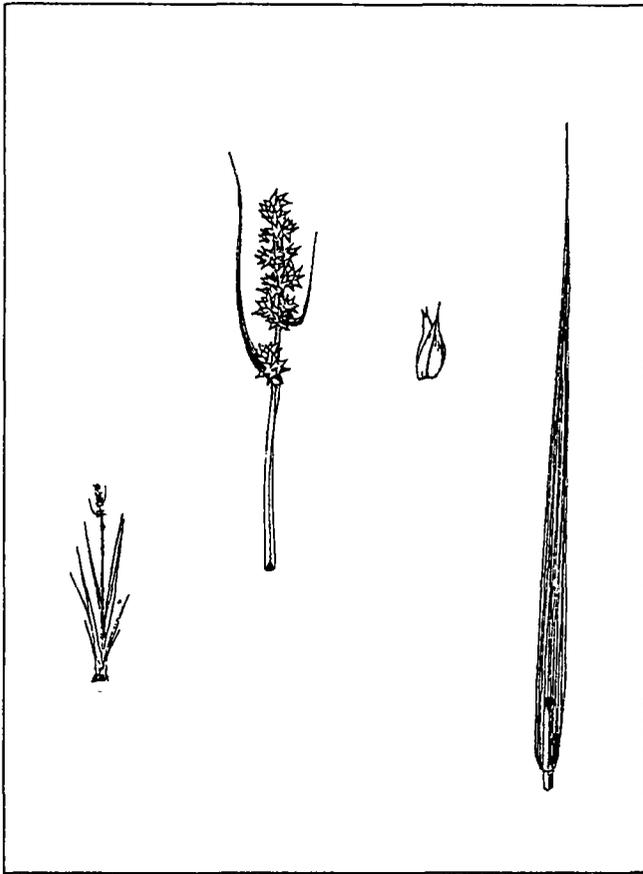


× 18

morphologie : Les frondes vert pâle, oviformes et libres, ne dépassent pas 1 mm. Elles ne possèdent pas de racines.

écologie : Espèce rare en France. Elle se retrouve dans les bassins, les lacs et les fossés, où les eaux sont calmes.

biologie : Cette espèce correspond à la plus petite plante à fleurs du monde, mais la floraison reste rare.

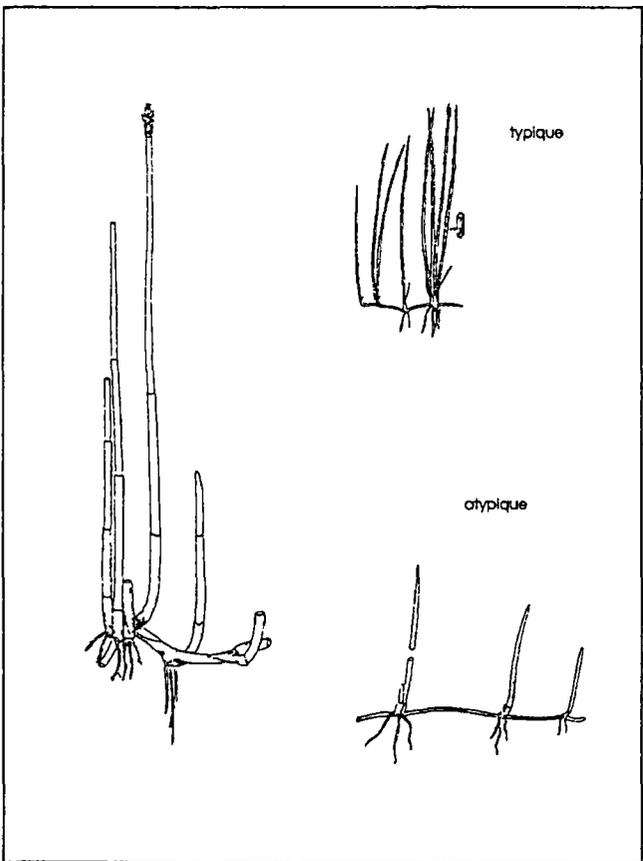


Carex sp.
(famille des *Cyperacées*)

morphologie : Les laïches (nom français) sont des plantes vivaces, qui ressemblent aux graminées. Elles s'en distinguent par leurs tiges toujours pleines, souvent trigones et dépourvues de noeuds à l'insertion des feuilles.

écologie : Les laïches sont cosmopolites, mais sont surtout répandues au niveau des zones tempérées. Plante commune des prairies humides et des bords de ruisseau.

On retrouve parmi les 1000 espèces du genre *Carex*, deux espèces sur le marais, *C. otrubae* ou *C. pseudocyperus*.



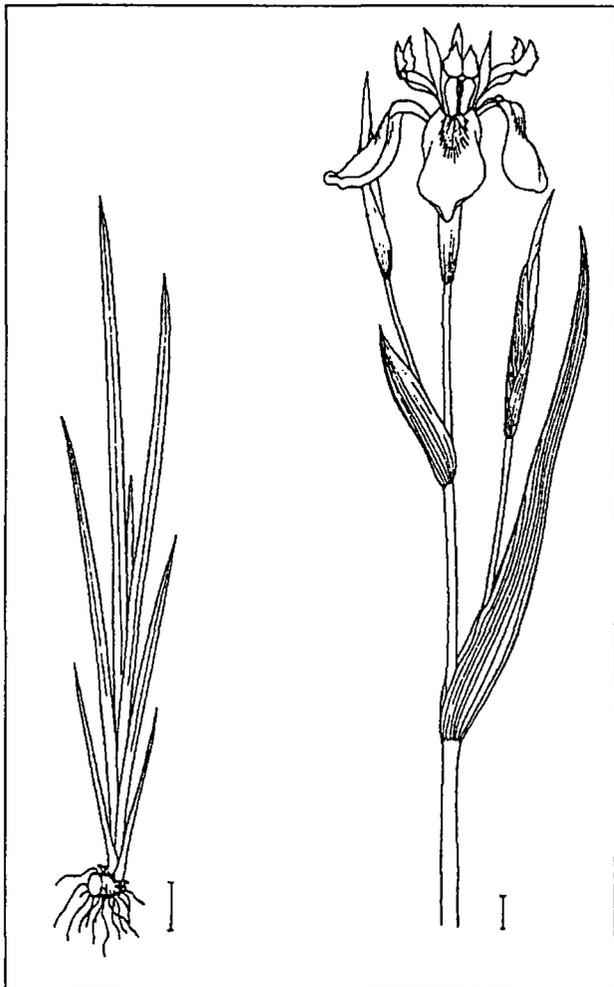
Eleocharis palustris
(famille des *Cypéracées*)

morphologie : Sous forme de petites touffes, *E. palustris* possède des tiges à section transversale circulaire, qui peuvent atteindre 60 cm. Cette plante semi-aquatique se développe à partir d'un rhizome rampant.

écologie : *E. palustris* affectionne les marais, les prairies humides, les eaux douces peu profondes à courant nul ou modéré.

biologie : Fleurs hermaphrodites. Floraison de mai à août.

Iris pseudacorus
(famille des Iridacées)

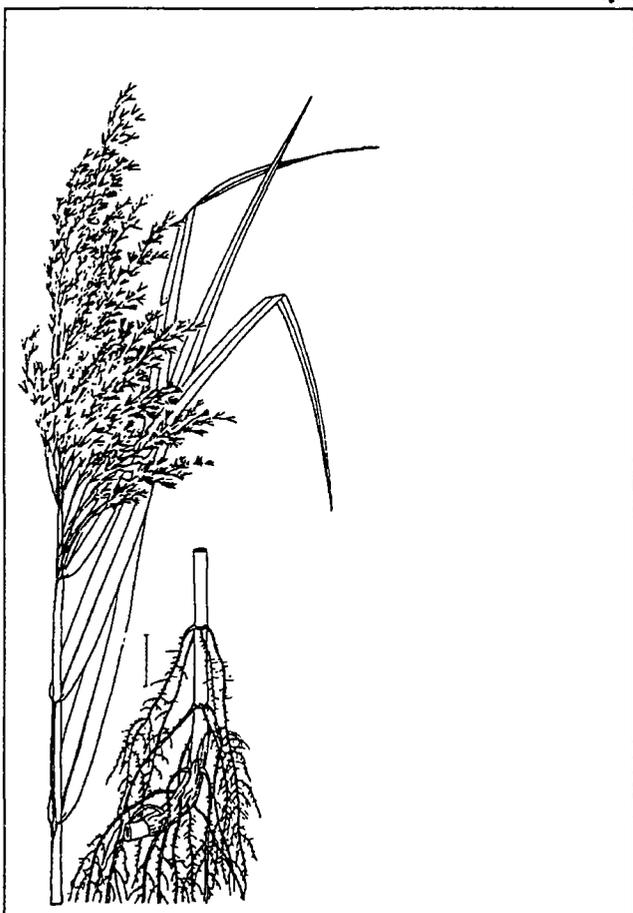


morphologie : *I. pseudacorus* possède des feuilles en forme de glaive, verte, emboîtées les unes dans les autres, atteignant près de 50 cm. Les iris forment ainsi de belles touffes faisant jusqu'à 1 mètre de diamètre. Cette espèce possède un rhizome hypentrophé et des racines fasciculées, épaisses, qui retiennent bien la vase.

écologie : Les iris se trouvent sur les bords peu profonds des plans d'eau et des cours d'eau, où les eaux sont stagnantes ou à courant faible. Elle préfère les sols minéraux voire vaseux.

biologie : Les fleurs jaunes apparaissent de mai à juillet au sommet de fortes hampes hautes de 0,60 à 1,80 m. L'espèce se multiplie surtout par le rhizome, plus rarement par les grains.

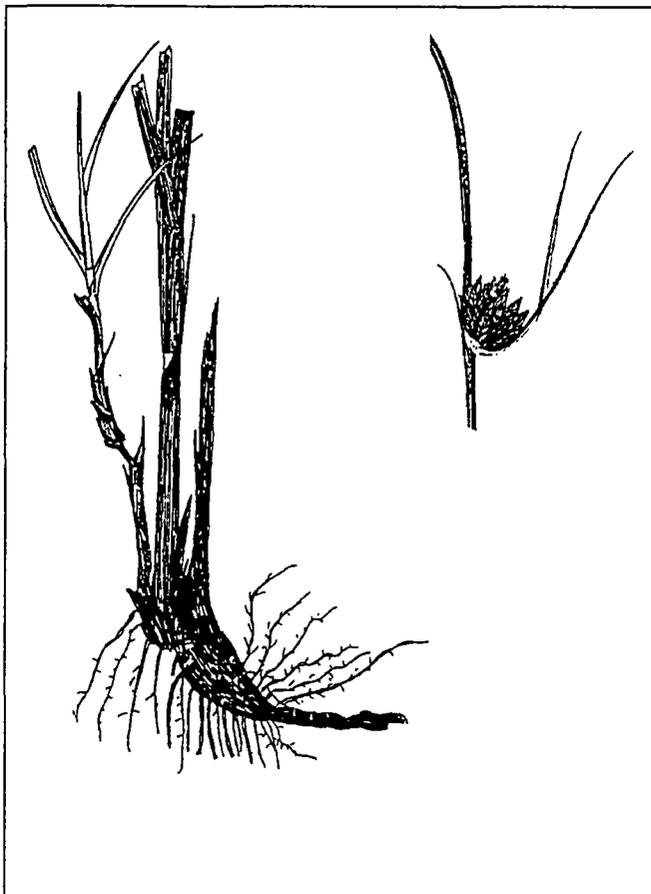
Phragmites australis
(famille des Poacées)



morphologie : Espèce semi-aquatique, haute de 1 à 3 m, possédant des feuilles vert glauque, plates, raides et larges de 1 à 3 cm. *P. australis* est une plante sociale, montrant de nombreuses pousses alignées et persistant longtemps à l'état desséché au cours de la mauvaise saison.

écologie : Espèce héliophile poussant au bord des eaux calmes ou dormantes. Résiste à des salinités de 1 à 2 %. Les peuplements forment des roselières denses, où nichent différentes espèces d'oiseaux. Sensible à la qualité de l'eau et des sédiments, l'eutrophisation affecte la roselière via la prolifération d'algues filamenteuses.

biologie : Plante se multipliant par des rejets et se propageant par les graines. Floraison de août à novembre.



Scirpus maritimus
(famille des Cypéracées)

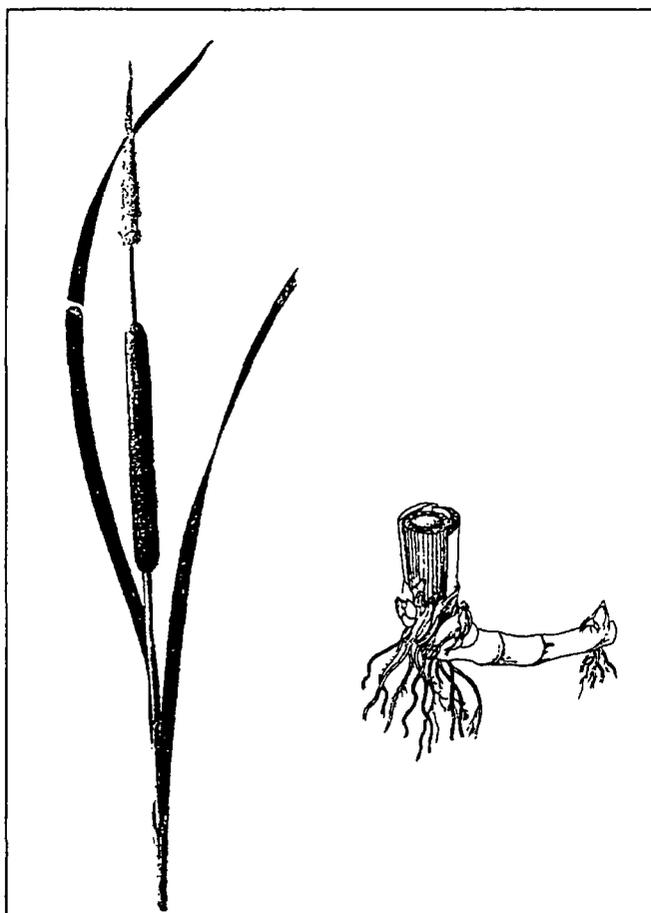
morphologie : *S. maritimus* atteint 1 m 20 et forme de grands massifs. Les tiges sont feuillées de section triangulaire. Les feuilles sont larges de 2 à 20 mm, carénées et sont réparties jusqu'au sommet.

écologie : Se rencontre sur le littoral, dans les marais, les fossés. Cette espèce affectionne les eaux stagnantes peu profondes. Cette espèce supporte une exondation longue, pourvu que le sol reste humide en deçà des premiers centimètres. Nécessité d'un assèchement estival ou printanier, sinon l'anaérobie peut le faire disparaître, mais plus l'assèchement est long plus le scirpe est en situation de stress.

biologie : Floraison de juin à août, les inflorescences se trouvant en position terminale.

remarque : Il existe d'autres espèces de scirpes sur le marais. Pour des raisons de simplification de reconnaissance on ne considérera que le genre.

* * * * *



Typha angustifolia
(famille des Typhacées)

morphologie : Les massettes (nom français) se présentent en grands peuplements homogènes sur les rives. Les feuilles sont larges jusqu'à 1 cm.

écologie : Les massettes sont des plantes de bords d'étang, formant la typhaie. Elles peuvent être immergées jusqu'à la moitié des tiges. *T. angustifolia* aime les eaux stagnantes ou à courant faible, mésotrophes à eutrophes. Espèces sensibles à la pollution. Ne tolèrent pas les assèchements longs (plus de 6 sem.) et répétés. Elles tolèrent mieux l'absence d'assèchement que les autres espèces émergentes.

biologie : L'inflorescence se compose de 2 spadices, (inférieur femelle et supérieur mâle), séparés de 3 à 5 cm. Floraison entre juillet et août.

Juncus sp
(famille des Juncacées)

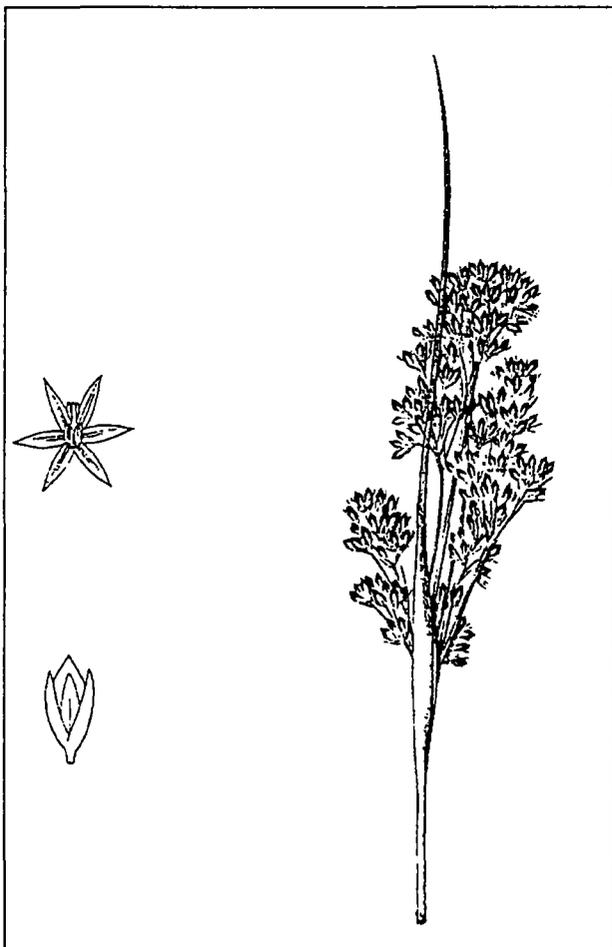
morphologie : Les juncs développent des systèmes de racines puissants et participent ainsi à l'envasement des eaux peu profondes.

écologie : On retrouve les juncs dans les milieux différents selon les espèces, berges des étangs et lacs, prairies humides, terrains mal drainés, prés-salés, dunes.

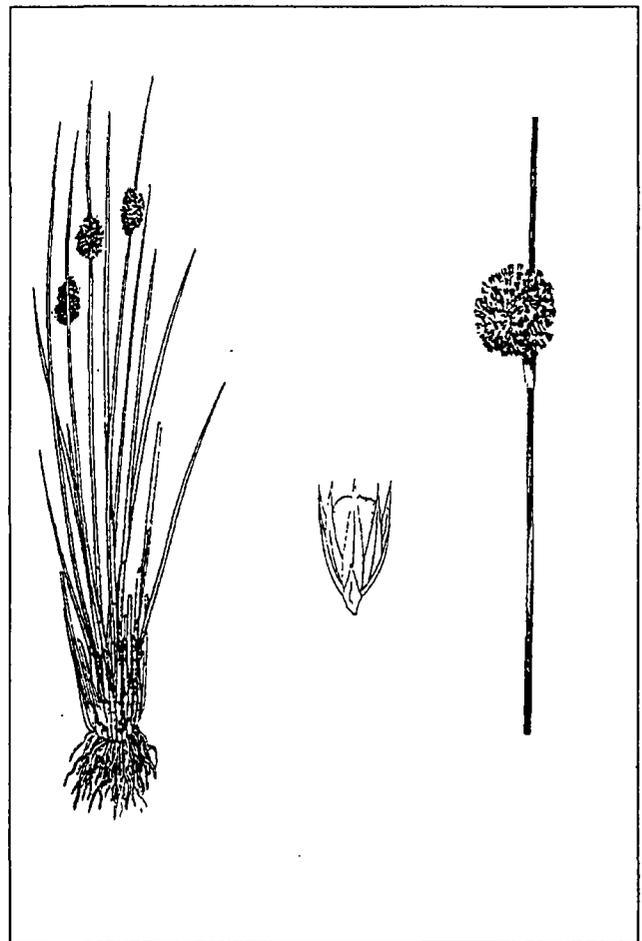
4 espèces appartenant à ce genre se rencontrent sur le marais Breton-Vendéen :

- *Juncus conglomeratus*.
- *J. effusus*.
- *J. gerardi*.
- *J. maritimus*

Juncus maritimus



Juncus conglomeratus



Liste des taxons présents sur la zone expérimentale

CODE	NOM LATIN	FAMILLES	QUALITÉ	NOM FRANÇAIS
LEMI	<i>Lemna minor</i>	Lemnacées	Hydrophytes flottants	Petite lentille d'eau
LEPO	<i>Lemna polyrhiza</i>	Lemnacées	Hydrophytes flottants	Lentille à plusieurs racines
LEGI	<i>Lemna gibba</i>	Lemnacées	Hydrophytes flottants	Lentille gibeuse
LETR	<i>Lemna trisulca</i>	Lemnacées	Hydrophytes flottants	Lentille à 3 lobes
WOAR	<i>Wolffia arrhiza</i>	Lemnacées	Hydrophytes flottants	Lentille sans racine
AZFL	<i>Azola filiculoïdes</i>	Azollacées	Hydrophytes flottants	Azolla fausse-fougère
HYMO	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	Hydrocharitacées	Hydrophytes flottants	Petit nénuphar ou Morène
UTSP	<i>Utricularia sp.</i>	Lentibulariacées	Hydrophytes flottants	Utriculaire
ELCA	<i>Elodea canadensis</i>	Hydrocharitacées	Hydrophytes submergés	Elodée du Canada
CASP	<i>Callitriche sp.</i>	Callitrichacées	Hydrophytes submergés	Callitriche
POPE	<i>Potamogeton pectinatus</i>	Potamogetonacées	Hydrophytes submergés	Potamot à feuilles pectinées
POCR	<i>Potamogeton crispus</i>	Potamogetonacées	Hydrophytes submergés	Potamot à feuilles crépues
POPU	<i>Potamogeton pusillus</i>	Potamogetonacées	Hydrophytes submergés	Potamot fluet
MYSP	<i>Myriophyllum spicatum</i>	Haloragacées	Hydrophytes submergés	Myriophylle
CEDE	<i>Ceratophyllum demersum</i>	Cératophylacées	Hydrophytes submergés	Cornifle
ZAPA	<i>Zannichellia palustris</i>	Zannichéliacées	Hydrophytes submergés	Zannichellie des marais
TYLA	<i>Typha latifolia</i>	Typhacées	Hélophytes	Masette à larges feuilles
TYAN	<i>Typha angustifolia</i>	Typhacées	Hélophytes	Masette à feuilles étroites
PHAU	<i>Phragmites australis</i>	Poacées	Hélophytes	Roseau
JUMA	<i>Juncus maritimus</i>	Joncacées	Hélophytes	Jonc maritime
JUCO	<i>Juncus conglomeratus</i>	Joncacées	Hélophytes	Jonc aggloméré
JUGE	<i>Juncus gerardii</i>	Joncacées	Hélophytes	Jonc de Gérard
JUEF	<i>Juncus effusus</i>	Joncacées	Hélophytes	Jonc épars
SCMA	<i>Scirpus maritimus</i>	Cypéracées	Hélophytes	Scirpe maritime
ELPA	<i>Eleocharis palustris</i>	Cypéracées	Hélophytes	Scirpe des marais
IRPS	<i>Iris Pseudacorus</i>	Iridacées	Hélophytes	Iris jaune
ACCA	<i>Acorus calamus</i>	Aracées	Hélophytes	Acore
ENIN	<i>Entéromorpha intestinalis</i>	Ulvacées	Algues	
CLsp	<i>Cladophora sp.</i>	Cladophoracées	Algues	
HYRE			Algues	
CHAR		Characées	Macroalgues	

ANNEXE 2 : ESSAIS D'ALLEGEMENT DU PROTOCOLE
DE QUANTIFICATION DES HYDROPHYTES SUBMERGES

Test de Wilcoxon

N.B. : Le Test de Wilcoxon a été réalisé en comparant pour chacune des espèces les distributions des variables suivantes :

* Abondance estimée en éliminant les transects 2, 4, 6, 8, 10. (notée avec un 5 à la fin du code de l'espèce)

* Abondance calculée en faisant la différence entre Abondance obtenue avec 10 transects et Abondance estimée avec 5 transects (notée DIFFERENCE)

Test réalisé sur les données recueillies durant les 6 campagnes de 1996.

Données: *Cladophora sp.*(CLSP)

VARIABLES : CLSP5 <-> DIFFERENCE

Hypothèses:

H0: Les variables CLSP5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions identiques.

H1: Les variables CLSP5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions différentes.

Résultats de calcul:

R+ = somme des différences appariées positives= 159.000000

R- = somme des différences appariées négatives= 247.000000

Nb de paires valides = 28

Conclusions

En rejetant l'hypothèse H0, on prend un risque de 16 %.

La différence entre les distributions des deux variables CLSP5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié n'est pas significative.

Données: *Ceratophyllum demersum* (CEDE)

VARIABLES : CEDE5 <-> DIFFERENCE

Hypothèses:

H0: Les variables CEDE5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions identiques.

H1: Les variables CEDE5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions différentes.

Résultats de calcul:

R+ = somme des différences appariées positives= 170.500000

R- = somme des différences appariées négatives= 390.500000

Nb de paires valides = 33

Conclusions

En rejetant l'hypothèse H0, on prend un risque de 2.5 %.

La différence entre les distributions des deux variables CEDE5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié est juste significative.

Données: *Potamogeton crispus* (POCR)

VARIABLES : POCR5 <-> DIFFERENCE

Hypothèses:

H0: Les variables POCR5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions identiques.

H1: Les variables POCR5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions différentes.

Résultats de calcul:

R+ = somme des différences appariées positives= 200.000000

R- = somme des différences appariées négatives= 125.000000

Nb de paires valides = 25

Conclusions

En rejetant l'hypothèse H0, on prend un risque de 16 %.

La différence entre les distributions des deux variables POCR5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié n'est pas significative.

Données: *Elodea canadensis* (ELCA)

VARIABLES : ELCA5 <-> DIFFERENCE

Hypothèses:

H0: Les variables ELCA5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions identiques.
H1: Les variables ELCA5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions différentes.

Résultats de calcul:

R+ = somme des différences appariées positives= 282.500000
R- = somme des différences appariées négatives= 497.500000
Nb de paires valides = 39

Conclusions

En rejetant l'hypothèse H0, on prend un risque de 6.7 %.
La différence entre les distributions des deux variables ELCA5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié n'est pas significative.

Données: *Potamogeton pusillus* (POPU)

VARIABLES : POPU5 <-> DIFFERENCE

Hypothèses:

H0: Les variables POPU5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions identiques.
H1: Les variables POPU5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions différentes.

Résultats de calcul:

R+ = somme des différences appariées positives= 227.000000
R- = somme des différences appariées négatives= 73.000000
Nb de paires valides = 24

Conclusions

En rejetant l'hypothèse H0, on prend un risque de 1.4 %.
La différence entre les distributions des deux variables POPU5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié est juste significative.

Données: *Zannichellia palustris* (ZAPA)

VARIABLES : ZAPA5 <-> DIFFERENCE

Hypothèses:

H0: Les variables ZAPA5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions identiques.
H1: Les variables ZAPA5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions différentes.

Résultats de calcul:

R+ = somme des différences appariées positives= 46.500000
R- = somme des différences appariées négatives= 19.500000
Nb de paires valides = 11

Conclusions

En rejetant l'hypothèse H0, on prend un risque supérieur à 5.00 %.
La différence entre les distributions des deux variables ZAPA5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié n'est pas significative.

Données: *Callitriches sp.* (CASP)

VARIABLES : CASP5 <-> DIFFERENCE

Hypothèses:

H0: Les variables CASP5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions identiques.
H1: Les variables CASP5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions différentes.

Résultats de calcul:

R+ = somme des différences appariées positives= 1.500000
R- = somme des différences appariées négatives= 1.500000
Nb de paires valides = 2

Conclusions

En rejetant l'hypothèse H0, on prend un risque inférieur à 1.00 %.

La différence entre les distributions des deux variables CASP5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié est significative.

Données: *Enteromorpha intestinalis* (ENIN)

VARIABLES : ENIN5 <-> DIFFERENCE

Hypothèses:

H0: Les variables ENIN5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions identiques.

H1: Les variables ENIN5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions différentes.

Résultats de calcul:

R+ = somme des différences appariées positives= 1.000000

R- = somme des différences appariées négatives= 2.000000

Nb de paires valides = 2

Conclusions

En rejetant l'hypothèse H0, on prend un risque inférieur à 1.00 %.

La différence entre les distributions des deux variables ENIN5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié est significative.

Données: *Hydrodictyon reticulatum* (HYRE)

VARIABLES: HYRE5 <-> DIFFERENCE

Hypothèses:

H0: Les variables HYRE5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions identiques.

H1: Les variables HYRE5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions différentes.

Résultats de calcul:

R+ = somme des différences appariées positives 3.000000

R- = somme des différences appariées négatives 0.000000

Nb de paires valides = 2

Conclusions

En rejetant l'hypothèse H0, on prend un risque inférieur à 1.00 %.

La différence entre les distributions des deux variables HYRE5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié est significative.

Données: Abondance totale, représentant l'ensemble des données pour toutes les espèces durant les 6 campagnes de 1996

VARIABLES: AB5 <-> DIFFERENCE

Hypothèses:

H0: Les variables AB5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions identiques.

H1: Les variables AB5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié ont des distributions différentes.

Résultats de calcul:

R+ = somme des différences appariées positives= 7357.500000

R- = somme des différences appariées négatives= 8218.500000

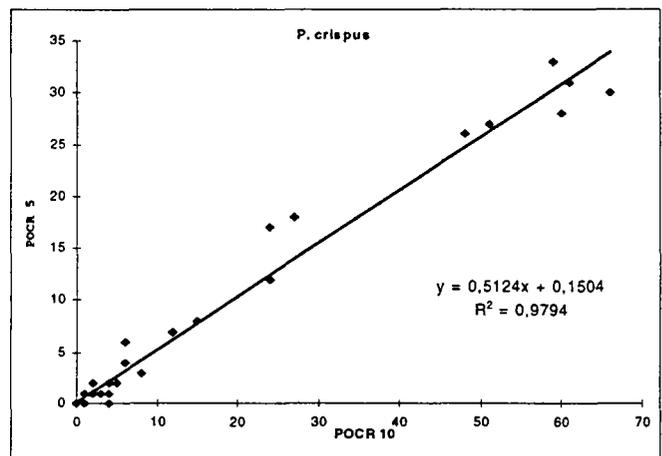
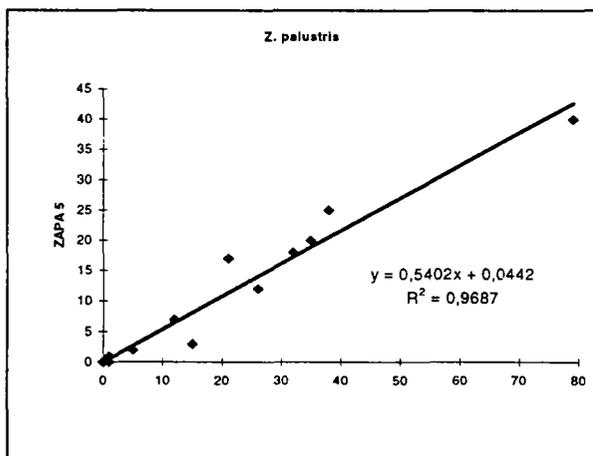
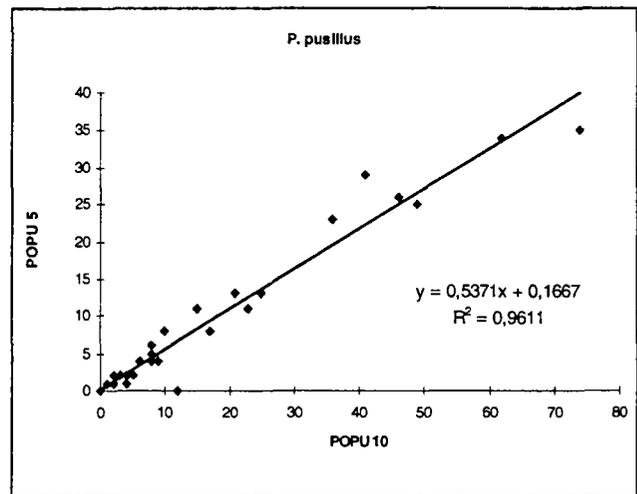
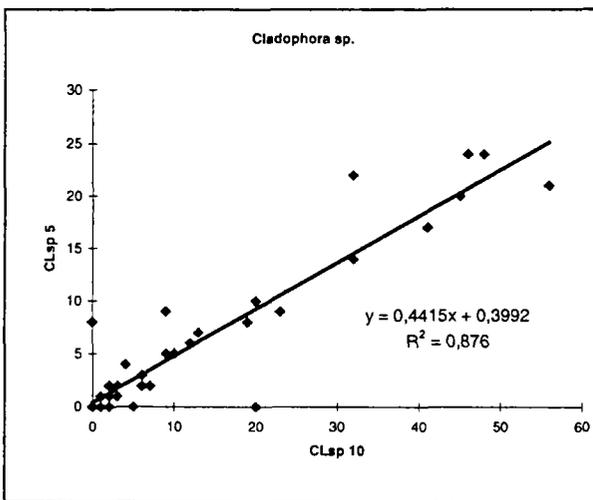
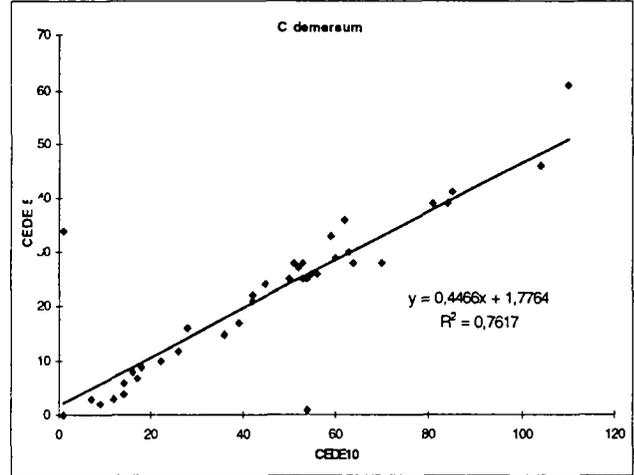
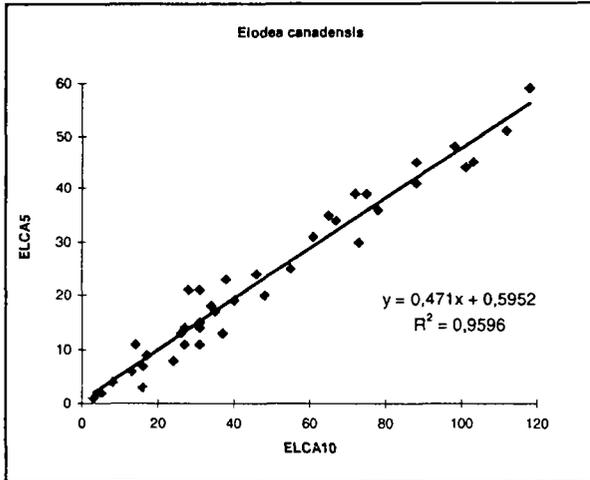
Nb de paires valides = 176

Conclusions

En rejetant l'hypothèse H0, on prend un risque de 26 %.

La différence entre les distributions des deux variables AB5 et DIFFERENCE sur l'échantillon apparié n'est pas significative.

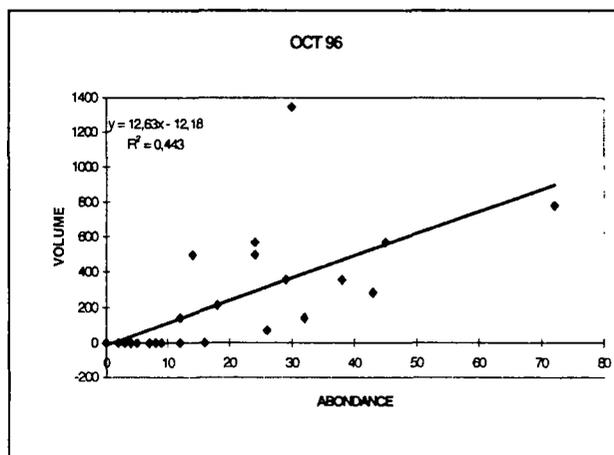
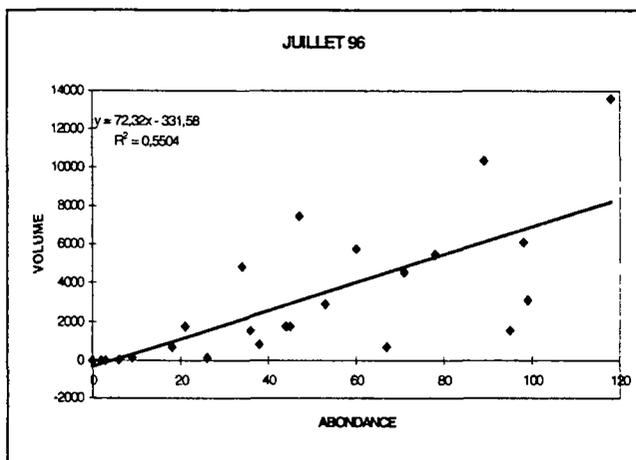
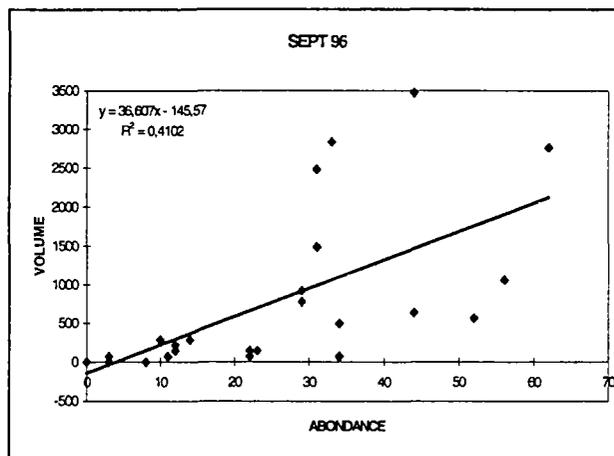
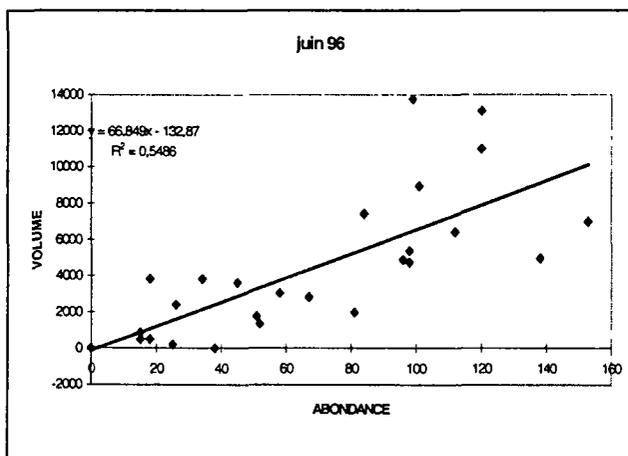
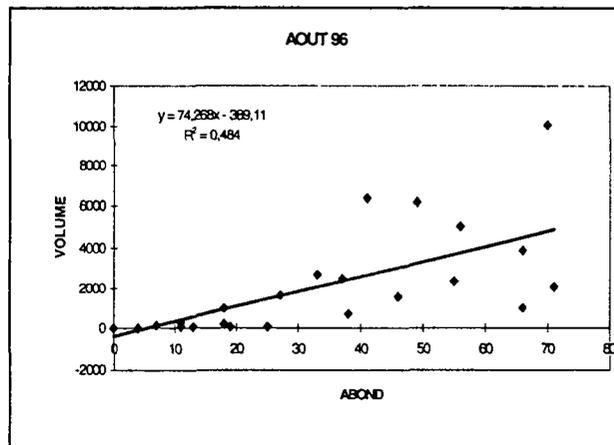
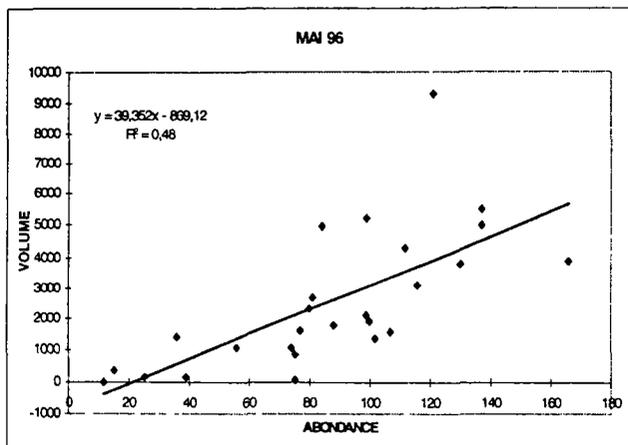
Corrélation des indices d'abondances récoltés avec 10 transects (30 points-contact) et des indices d'abondances récoltés avec 5 transects (15 points-contact)



ANNEXE 3 : ESSAIS DE CORRELATION
INDICE D'ABONDANCE - VOLUME

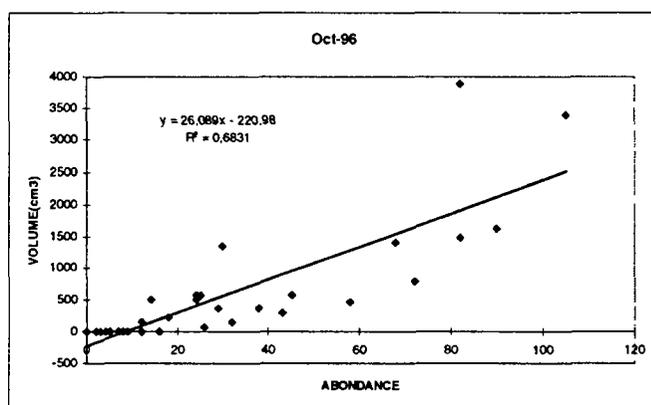
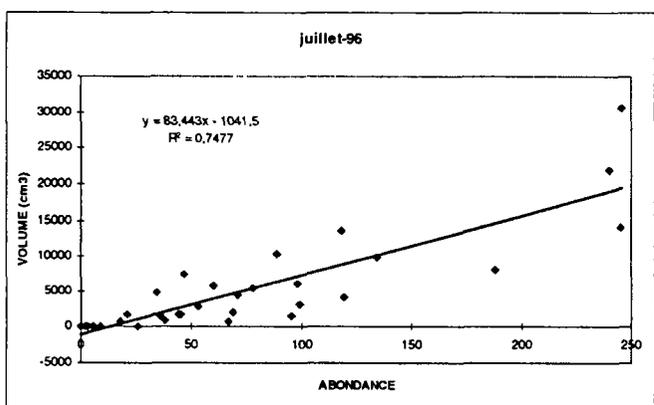
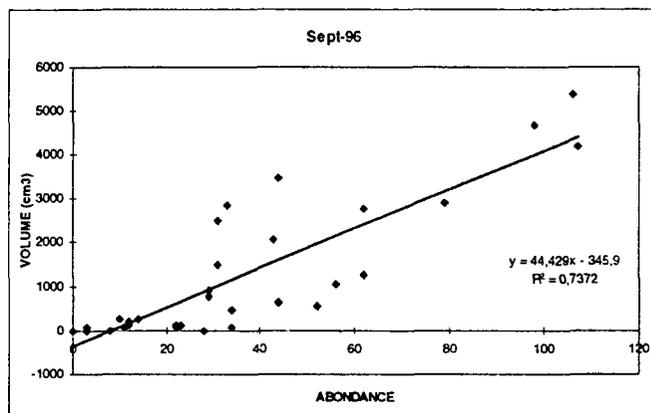
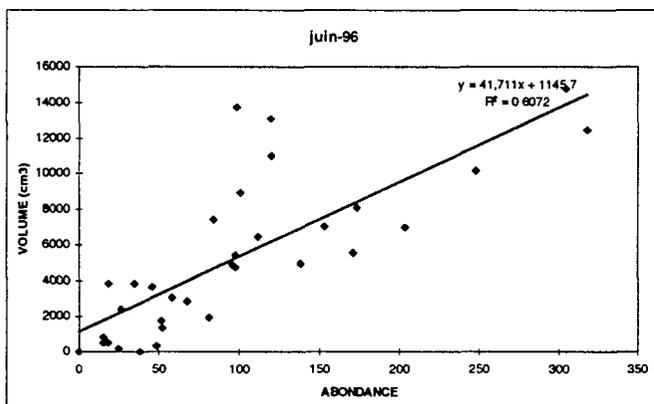
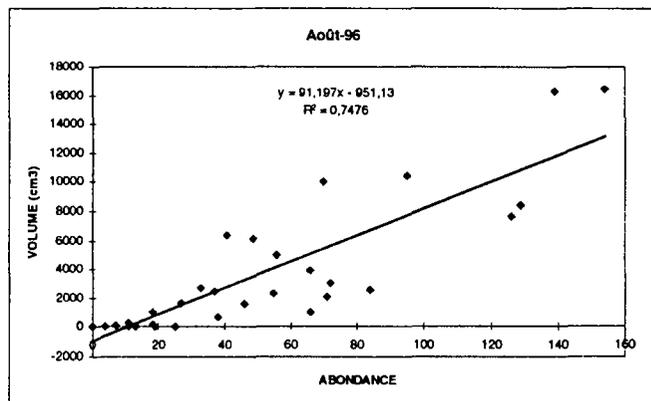
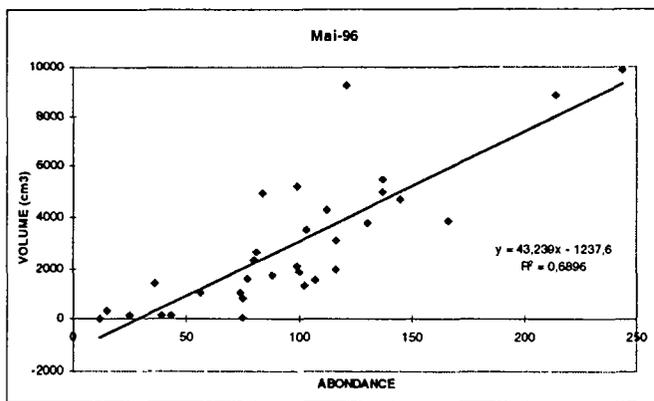
Corrélation indice d'abondance - volume Hydrophytes submergés - 1996

STATIONS ETUDIÉES A L'AIDE DE 5 TRANSECTS



Remarque : Volumes en cm^3

Corrélation indice d'abondance - volume Hydrophytes submergés - 1996
ENSEMBLE DES STATIONS
 (26 stations étudiées avec 5 transects, 7 stations étudiées avec 10 transects)



ANNEXE 4 : RESULTATS CAMPAGNES DE TERRAIN 97

ANNEXE 4

juin-97	% de recouvrement global			% de recouvrement / espèce, berge 1									% de recouvrement / espèce, berge 2						% recouvrement flottantes										
	N. Botantes	Néophytes 1	Néophytes 2	TYAN	PHAU	JUSP	SCMA	ELPA	IRPS	SCSP	Ronces	Carex	TYAN	PHAU	JUsp	SCMA	ELPA	IRPS	SC sp	Ronces	Carex	LEMI	LEPO	LEGI	LETR	WOAR	AZFL	HYMO	
447	5	100	20			97			2			1			20							1		1	1	1	1	1	
14	8	2	90			2									60				30			3	1		1.5	1.5		1	
16	15	45	40			34			6	5			1		33			4	2			4	2	6	1	1		1	
24	5	95	70			91			1	3					68				2			0.5		0.5	1			3	
26	20	30	37	1		5		20	1			3	1		10		20		3		3	1	1	8		8	2		
27	6	87	5			80		5	1			1			5							1		1	1	1		1	
84	6	1	7			1									3			1	3									1	
42	61	66	6	1		50			2	1	3	1			5						1	3	5	8		5			
28	99	100	98		98					2				97					1			50	5	33		6	5		
29	90	100	100			90				10				80	20							31	1	58					
30	5	100	40		50	49				1					40							2		1	1	0.5	0.5	0.1	
32	3	30	30			28				2					13		15		2			1		0.25	1.5	0.25		0.1	
33	1	8	5			1		2		5					1				4			0.4		0.5				0.1	
153	100	100	50		99							1		50								38	2	60					
180	2	100	100		100									100										2					
163	2	41	37		20	20						1		16	20						1	1	0.25	0.5		0.25			
170	100	80	100			80								100								6	1	80	10	3			
173	5	65	100			50						15		100								2		3					
184	33.1	60	50			40			5	15					30			10	10			15	0.1	10	3	4		1	
185	70	60	80	2		40			15			3	5	65							10	4	1	45	15	5			
160	10	15	20									15	10	5							5	5		5					
162	70	70	100			60						10		96			2			2	2	5	2	60		3			
186	80	80	50	5		5				70			10	30					10			27.9	0.1	35		2		15	
187	4	3	1			1				2				0.8					0.2			2	0.4	1	0.3	0.1		0.2	
188	60	80	65	5		63			2	10				65								19	1	35	1	1		3	
189	60	100	50	45		10		40				5		50								5		20	30	5			
217	7	25	12	5		15						5		10							2	2		4				1	
215	6	90	5			35			15			40		3						2	2	2	0.5	2				1	
444	2	12	30		2				7	3				29				1				0.3	0.1	0.3	1			0.3	
445	5	3	4			1		1		1				1		1			2			1	0.5	1	0.25	0.25		2	
198	11	90	50	2		10			3	75				13			2	35				0.25	0.25	3	2	5		0.5	
216	30	100	20	50				50						18							2	4	10	10		5		1	
396	100	100	100		100									100								30		50		20			

Recouvrements de la strate flottante et de la strate émergente
Campagne de terrain de juin 97

ANNEXE 4

août-97	% de recouvrement total			% de recouvrement / espèce, berge 1										% de recouvrement / espèce, berge 2							% recouvrement flottantes									
Stations	H. flottante	Micophytes 1	Micophytes 2	TYLA	PHAU	JU sp	SCMA	ELPA	IRPS	SC sp	Ronces	Carex	Salicair	TYLA	PHAU	JU sp	SCMA	ELPA	IRPS	SC sp	Ronces	Carex	LEMI	LEPO	LEGI	LETR	WOAR	AZFL	HYMO	
447	10	97	21			90			5			2				20						1	1	1		1	6		1	
14	2	5	80			5										75							0.3	0.2	0.3	0.1	1	0.1		
16	30	60	50	2		40		2	4	12				4		35				4	5		10	1	16	1	1		1	
24	12	86	45			73		2	1	10						40							0.5		0.1	0.4	9		2	
26	42	63	22	2		5		40	2			2	2	2		10		10								2	40			
27	7	86	21			60		15	1			10		1		20							1		1		5			
84	6	5	11			5									1	5						5	1	1	1	1	1		1	
42	5	75		2		40			1		20	2											1	1	1	1	1	1		
28	100	100	100		98	2									100								40	2	35		18	5		
29	100	98	98		2	96									90	6					2		39	1	50		5	4	1	
30	25	100	35		54	30	15			1					1	30		4					6		6	4	6	1	2	
32	8	72	70			20	1	50								15		55					0.5		0.5	6.5	0.5			
33	2	35	60			5		20		10				3			30	15			12		0.8		1		0.6	0.6		
153	116	90	60		85							5			60								30		40		40	5	1	
180	96	90	100		90										100								30	1	40		15	10		
163	87	51	56	1	35							15			35	20						1	15	1	20	1	50			
170	100	81	100			80									100								15		30		35	20		
173	100	67	100		2	50		15							100								30		50		15	5		
184	93	95	95			60		5	10			20				90				2		3	20	1	30	1	30	1	10	
185	55	33	45	4		25			2			2		5		40							2	1	5	5	40		2	
160	3	5	22									5		20		1						1	0.5		0.5	1	0.5	0.5		
162	98	71	100			70						1			90								10		35	1	50		1	
186	105	35	20	9		25	1							10		10							15		15	5	25	5	40	
187	70	3	2			3										2							25	2	23	12	5		3	
188	80	90	80	5		70		4	1	10					70		10						22	1	22	2	23	5	10	
189	150	90	70	60	5			20				5			70								10		20	80	40			
217	70	48	21	5		40			2				1		20												30		15	
215	100	80	10			40			30			2			10								10	5	40		25	5	15	
444	4	17	35	1	5	1	4		3	4					25		10						1.5	0.6	0.7	0.1	0.1	0.3	0.7	
445	20	10	7			5	2	1	1	1					5								6	1	7.5		0.5	1	4	
198	50	95	17	1		43			1	50					12					1	4		3		5	7	35			
216	100	90	20	50				20				20				20									1	15		80	1	3
396	22	100	100		98				2						100								5		10		5		2	

ANNEXE 4

Stations	date	Points		Indice d'abondance - Hydrophytes submergés												GLOBAL		
		Ordre	points	HYRE	ENIN	POPE	POCR	MYP	ELCA	UTSP	CEDE	CA sp	ZAPA	CL sp	POPU		CHARA	
447	09/06/97	1	1						4		2			1				
		1	2						4				2	2				
		1	3				1		4						2			
		2	1				2		3		1		2					
		2	2				1		3		1		3					
		2	3				1		4									
		3	1				2		3		2		1					
		3	2						4		2		1					
		3	3				2		4		2							
		4	1				1		3		2							
		4	2						4									
		4	3						4									
		5	1					2	3		2				1			
		5	2						3		1				1			
		5	3					1	3				2					
		somme				0	0	0	13	0	53	0	16	0	11	0	5	0
		14	09/06/97	1	1				1	2	1			3	5	4		
1	2						1		1		2		2	5				
1	3								3			1	5	2				
2	1												5	4				
2	2						1		2		2	1	2	5				
2	3							1	3			5	2	3				
3	1						1				2		4	5				
3	2										3		1	4				
3	3						2		4				2	3				
4	1								1		1	1	3	2				
4	2						2	4			3		5	3				
4	3							2	3			2	4	3				
5	1						1						4	2				
5	2								1		3		2	4	3			
5	3												3	2	3			
somme						0	0	0	9	9	19	0	16	0	18	50	51	0
16	09/06/97			1	1				3		4		1			1		
		1	2				1		1		1		1					
		1	3												1			
		2	1				2		4		2		1	1				
		2	2						4		1		2	1				
		2	3						5				2					
		3	1				2		3				2	1				
		3	2						2				3	2				
		3	3				1		5				3	2				
		4	1				2		3		2		5	1				
		4	2								3		5					
		4	3				1		3		2		4	3	3			
		5	1				1		1		1		5	4	1			
		5	2						1		3		2	2				
		5	3				2		1				2	1	5			
		somme				0	0	0	15	0	38	0	16	0	1	36	20	9
		24	09/06/97	1	1				2		3		1			4		
1	2						1		2		1			4				
1	3						3		2		1		1	3	2			
2	1						2		2		1		3	3				
2	2						3		2		2		2	3				
2	3						3		4		2		2	1	2			
3	1						3		3				2	2				
3	2						2		3		2		2	3				
3	3						2		2		2		2	3				
4	1						2		2		2		3	2				
4	2						2		2		2		2	4				
4	3						3		5		2		2	4				
5	1						1		2			3	3	2				
5	2						3		2			2	2	4				
5	3						2		2		2		2	4				
somme						0	0	0	34	0	38	0	20	0	22	4	47	2

ANNEXE 4

Stations	date	Points		Indice d'abondance - Hydrophytes submergés												GLOBAL		
		Ordre	points	HYRE	ENIN	POPE	POCR	MYSP	ELCA	UTSP	CEDE	CA sp	ZAPA	CL sp	POPU		CHARA	
26	09/06/97	1	1				2		3					1	1			
		1	2				2		2									
		1	3				2		2							3		
		2	1						3					2				
		2	2				3		2									
		2	3						3									
		3	1				3	3	4									
		3	2				3	2	4									
		3	3				2	1	2									
		4	1						4									
		4	2				3	2	2							1		
		4	3				3		3									
		5	1					2	3					2				
		5	2				1	2	3									
		5	3					1	4									
		somme				0	0	19	20	0	44	0	1	0	3	4	1	5
		27	09/06/97	1	1				2		4		3					
1	2						1		2		4							
1	3								1		2							
2	1						1		2		2							
2	2								4		1							
2	3								4		1							
3	1						1		4									
3	2						1		3		2		1					
3	3								4				2	1				
4	1								3		3			2				
4	2						1		3				1					
4	3						1		4		2							
5	1							2	2									
5	2							2	1									
5	3							1	4		3		2	1	0	0		
somme						0	0	0	13	0	45	0	23	0	6	4	0	0
84	09/06/97			1	1						2		4			3		
		1	2						3		4							
		1	3						3		2				1			
		2	1						1		2		3		1			
		2	2						1		2		4	5				
		2	3						1		2	1	3	1	1			
		3	1						2		1							
		3	2				2				2		3	1	1			
		3	3										2	1	3			
		4	1						1		3		3	2	1			
		4	2								4		1					
		4	3								1		2		1			
		5	1				1				2				1			
		5	2								2		2					
		5	3								2		2					
		somme				0	0	0	3	0	7	0	31	1	37	12	5	8
		42	10/06/97	1	1						2		4			3		
1	2								1		3			3				
1	3										2			3				
2	1										1			2				
2	2										2			2				
2	3										1			3	3			
3	1										1			4				
3	2										3			4				
3	3								2		2			3	3			
4	1								2		1			3	1			
4	2										2			3	1			
4	3								1		3			4	2			
5	1										1			2				
5	2								2		3			4	1			
5	3										2			4	2			
somme						0	0	0	15	0	6	0	31	0	47	13	0	0

Abondance de la strate submergée
Campagne de terrain de juin 97

ANNEXE 4

Stations	date	Indice d'abondance - Hydrophytes submergés												GLOBAL					
		Points	Ordre	points	HYRE	ENIN	POPE	POCR	MYSP	ELCA	UTSP	CEDE	CA sp		ZAPA	CL sp	POPU	CHARA	
28	10/06/97	1	1								2			2					
		1	2		1		2				1	2							
		1	3				2		3		2	2							
		2	1				1				2								
		2	2				1			1				1					
		2	3				1			3		2							
		3	1							1		3	2						
		3	2		1				2				2		1				
		3	3				2			4		2							
		4	1				2			2									
		4	2				2			3									
		4	3				2			3		1							
		5	1									2							
		5	2							3		3				1			
		5	3													1			
		somme				0	2	0	15	0	25	0	20	8	0	4	2	0	76
		29	10/06/97	1	1		2		4		2		2			1			
1	2				1	1	5		3		2			1	2				
1	3				5		2			1				2	1				
2	1				2		2		3		3			2					
2	2				2		4		2		2		1	1	1				
2	3				3		4		2		3			2	1				
3	1				3		1		3		3		2		3				
3	2					2	3		3		3				2				
3	3				1		3		3		2			1					
4	1					1		2		4	3	1	1						
4	2				1		2		4		4				2				
4	3					2		2		4					2				
5	1				2		2		2						1	1			
5	2						2		3		3				1	1			
5	3					2		2		2					1	3			
somme						0	24	3	37	0	36	0	36	3	4	13	18	0	174
30	10/06/97			1	1				2										
		1	2				4				3								
		1	3				2			1									
		2	1			1													
		2	2				5				2								
		2	3																
		3	1				1												
		3	2				2				2								
		3	3																
		4	1																
		4	2				2					1							
		4	3																
		5	1																
		5	2																
		5	3																
		somme				0	0	19	0	0	1	0	8	0	0	0	0	0	28
		32	10/06/97	1	1			2			3		2						
1	2						2			3	4								
1	3						3			3	3								
2	1						1				2								
2	2						5				2								
2	3					2	2		3		4								
3	1						2			2	2								
3	2						1			3	5								
3	3						1			3	2								
4	1									4	2								
4	2						2			3	4								
4	3						2			4	3								
5	1									3	2								
5	2						2	2		3	5								
5	3						2			3	2				1				
somme						0	0	4	21	2	46	0	47	0	0	0	1	0	121

ANNEXE 4

Stations	date	Points		Indice d'abondance - Hydrophytes submergés											GLOBAL				
		Ordre	points	HYRE	ENIN	POPE	POCR	MYSP	ELCA	UTSP	CEDE	CA sp	ZAPA	CL sp		POPU	CHARA		
33	10/06/97	1	1				3		1										
		1	2				4		5										
		1	3				3		4						1				
		2	1			1	3		3				2		1				
		2	2				5		2						2				
		2	3				3		4						2				
		3	1				2		4						1				
		3	2				3		5						2				
		3	3				5		3						2				
		4	1			3	1		4										
		4	2			1	2		3						1				
		4	3			2	4		2						3	1			
		5	1			3	4		4						2				
		5	2			2	2		2						4				
		5	3			2	5		1						2				
		somme				0	0	14	45	0	47	0	1	0	2	0	23	1	133
		153	10/06/97	1	1				2			3			3				
1	2					2	3			3			3		1				
1	3					1			2	2	3			2					
2	1							2		3				2					
2	2							2		3				2		4			
2	3					2				2				4					
3	1					2				2				3					
3	2							3		2				2					
3	3							2		3				4					
4	1									2				4					
4	2							2		2				4					
4	3							2		5				2					
5	1							2		4				3		1			
5	2							2		3				5					
5	3							2		2				4					
somme						0	7	5	21	0	36	0	46	0	0	24	0	0	139
180	10/06/97			1	1														
		1	2																
		1	3								1								
		2	1																
		2	2																
		2	3																
		3	1																
		3	2																
		3	3																
		4	1																
		4	2																
		4	3																
		5	1						1		1								
		5	2																
		5	3																
		somme				0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	3
		163	10/06/97	1	1								3						
1	2						2			2			2						
1	3						1			3			1						
2	1									1									
2	2						4			3			3						
2	3						4			3			3						
3	1						2			3			2						
3	2						4			2			3						
3	3						5			2			2						
4	1						4			2			3						
4	2						3			3			2						
4	3						3			3			2						
5	1						2			2			3						
5	2						3			2			3						
5	3						3			3			2						
somme						0	0	0	40	0	0	0	37	0	0	31	0	0	108

ANNEXE 4

Stations	date	Indice d'abondance - Hydrophytes submergés														GLOBAL			
		Points	Ordre	points	HYRE	ENIN	POPE	POCR	MYSP	ELCA	UTSP	CEDE	CA sp	ZAPA	CL sp		POPU	CHARA	
170	10/06/97	1	1				1												
		1	2									2							
		1	3							1		4							
		2	1									4							
		2	2									1							
		2	3				2					3							
		3	1				1					2							
		3	2				1					3			1				
		3	3				2					3			2				
		4	1				2					2							
		4	2				3					4							
		4	3				2					3							
		5	1									3							
		5	2				2					1		1					
		5	3				3					3		1					
		somme					0	0	0	19	0	1	0	38	0	2	3	0	0
		173	10/06/97	1	1														
1	2																		
1	3											1							
2	1											1							
2	2																		
2	3																		
3	1																		
3	2																		
3	3																		
4	1																		
4	2																		
4	3											1							
5	1																		
5	2																		
5	3																		
somme							0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
184	10/06/97			1	1													1	
		1	2													2			
		1	3													1			
		2	1																
		2	2																
		2	3											1		1			
		3	1																
		3	2														1		
		3	3														1		
		4	1														1		
		4	2																
		4	3																
		5	1														1		
		5	2																
		5	3														1		
		somme					0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	7	0	0
		185	10/06/97	1	1									4					
1	2						2				4								
1	3						3				4								
2	1						3				4								
2	2						3				3								
2	3						2		3		3								
3	1						3		3		4								
3	2						2		3		4								
3	3						2		3		3								
4	1						3				2								
4	2						3		3		4								
4	3						2				4								
5	1						3				3								
5	2						1				4								
5	3						2		3		2		2						
somme							0	0	0	34	0	18	0	52	0	2	0	0	0

ANNEXE 4

Stations	date	Points		Indice d'abondance - Hydrophytes submergés											GLOBAL				
		Ordre	points	HYRE	ENIN	POPE	POCR	MYSP	ELCA	UTSP	CEDE	CA sp	ZAPA	CL sp		POPU	CHARA		
160	10/06/97	1	1		2		2		2		1								
		1	2						2		2								
		1	3						3		2								
		2	1										3	3					
		2	2								2			2					
		2	3						2		2								
		3	1						1		3				1				
		3	2						2		2								
		3	3						1		3								
		4	1						2		3				3				
		4	2						2		3								
		4	3				3		2		1								
		5	1						1		2				3				
		5	2						2		2								
		5	3						2		3								
		somme				0	2	5	23	0	37	0	19	0	3	12	0	0	101
		162	10/06/97	1	1								3						
1	2										3								
1	3											3							
2	1										1		3						
2	2										1		3						
2	3										2		3						
3	1										2		2						
3	2										3		2						
3	3										2		3						
4	1										3		2						
4	2									1	2		2						
4	3										1								
5	1										2		3						
5	2										3		2						
5	3										2		1						
somme						0	0	0	22	0	1	0	33	0	27	0	0	0	83
186	10/06/97			1	1	2		2					2						2
		1	2	1			1				1						2		
		1	3	2								3							
		2	1	1							2	3							
		2	2	1							1	1	2				3		
		2	3	1							2		2				3		
		3	1								1		2	1			2		
		3	2								2		2				3		
		3	3	2	1								2				2		
		4	1								2		2				3		
		4	2								2						3		
		4	3	2									2				4		
		5	1	1							1						2		
		5	2	1							2		2				3		
		5	3										1				2		
		somme				14	1	2	1	0	0	0	20	7	17	1	34	0	97
		187	10/06/97	1	1								2						
1	2										2								
1	3										1								
2	1																		
2	2						1				2								
2	3													1					
3	1																		
3	2																		
3	3																		
4	1										1								
4	2										3	1							
4	3													1					
5	1																		
5	2								3					1					
5	3																		
somme				0	0	0	1	0	0	0	14	1	0	2	1	0	19		

ANNEXE 4

Stations	date	Points		Indice d'abondance - Hydrophytes submergés												GLOBAL		
		Ordre	points	HYRE	ENIN	POPE	POCR	MYSP	ELCA	UTSP	CEDE	CA sp	ZAPA	CL sp	POPU		CHARA	
188	10/06/97	1	1	2			1									1		
		1	2	1			1		1							1		
		1	3	1			1		1		1	1				1		
		2	1						1							1		
		2	2				1		2						1	1		
		2	3						1		1					2		
		3	1			1	1		2		1					2		
		3	2			1			2				1			1		
		3	3			2	1		1							1		
		4	1				1		1		1					1		
		4	2				1		1		2		1			2		
		4	3			1			2		1					2		
		5	1			3	1		1		1		2			1		
		5	2						1				2			2		
		5	3			1	1				1	2	3	6	0	20	1	
		somme				4	0	9	10	0	17	0	9	3	6	0	20	1
		189	10/06/97	1	1							2		2	3			
1	2									1			3			2		
1	3												4			3		
2	1												4			2		
2	2									1			3			2		
2	3									2			4			3		
3	1									1			4			3		
3	2									3			4			2		
3	3									3			4					
4	1												4					
4	2												4					
4	3									1			4					
5	1									2			4		2			
5	2												2		4			
5	3												3	3				
somme						0	0	0	0	0	0	16	0	5	54	6	17	
217	11/06/97			1	1													
		1	2															
		1	3								2							
		2	1								2							
		2	2															
		2	3		2						2							
		3	1			2					2							
		3	2				2				2							
		3	3						1		3							
		4	1								3							
		4	2								2							
		4	3								3							
		5	1								3		1	1				
		5	2								1							
		5	3								2							
		somme				0	2	0	2	0	1	0	25	0	1	1	0	0
		215	11/06/97	1	1							3			1			
1	2								1	3		1						
1	3			2			1		3	2			3	1				
2	1												1					
2	2			1							3			1				
2	3										1							
3	1			1					2	2		1						
3	2			1						2		2						
3	3			2			1		1	2		1						
4	1			3					2	2		3		1				
4	2						1	1	2	1		2						
4	3			3					2			2						
5	1			3					2		4	3	3					
5	2			2			1				3		2					
5	3			3					1		2		3					
somme						21	0	0	4	1	16	0	30	0	15	14	2	0

ANNEXE 4

Stations	date	Points		Indice d'abondance - Hydrophytes submergés													GLOBAL	
		Ordre	points	HYRE	ENIN	POPE	POCR	MYSF	ELCA	UTSP	CEDE	CA sp	ZAPA	CL sp	POPU	CHARA		
444	11/06/97	1	1								1			1				
		1	2								2							
		1	3								2			2				
		2	1											3				
		2	2											1				
		2	3								1			2				
		3	1								1			2				
		3	2											1				
		3	3								3			2	1			
		4	1											1	1			
		4	2															
		4	3								2			2				
		5	1											1				
		5	2								1			2				
		5	3					1			2			3				
		somme				0	0	0	1	0	0	0	15	0	0	21	2	0
		445	11/06/97	1	1								1					
1	2						1				3			1				
1	3										1		1					
2	1								1		2		1		1			
2	2														1			
2	3					1		1			2							
3	1					1		2			1							
3	2														1			
3	3							2						1				
4	1					1					2				1			
4	2										1							
4	3																	
5	1					1		2							1			
5	2							1							1			
5	3													1				
somme						0	4	5	4	0	1	0	13	0	2	4	5	0
198	11/06/97			1	1				2									
		1	2				2		2						3			
		1	3				1		2		1				2			
		2	1				2		1		1				1			
		2	2				1		4		1				2			
		2	3				2		2		2				2			
		3	1						4		2				2			
		3	2				1		5		1				3			
		3	3				1		2		2				2			
		4	1						3		1			2	2			
		4	2						1		3				2			
		4	3						1		5				2			
		5	1						1		2				3			
		5	2						1		2				1			
		5	3						2		2			3	4			
		somme				0	0	2	16	0	39	0	20	0	0	3	4	0
		216	11/06/97	1	1						3		3		1	3	1	
1	2								3		4			2				
1	3								2		3			3				
2	1								1		1		2	2	1			
2	2										2		3	3				
2	3								2		1		2	3				
3	1									2		4			3			
3	2								3		3			2				
3	3								2		3			3				
4	1								3		3		3	4	2			
4	2								2		3			4				
4	3								2		3			4				
5	1								2		3		2	4				
5	2								2		3		3	3				
5	3								3		4		3	4				
somme						0	0	0	27	0	30	0	50	0	17	44	7	0

ANNEXE 4

Stations	date	Indice d'abondance - Hydrophytes submergés														GLOBAL			
		Points	Ordre	points	HYRE	ENIN	POPE	POCR	MYSP	ELCA	UTSP	CEDE	CA sp	ZAPA	CL sp		POPU	CHARA	
396	11/06/97	1	1																
		1	2									1							
		1	3									2							
		2	1									3							
		2	2																
		2	3									2							
		3	1									2							
		3	2									2							
		3	3									1							
		4	1									1							
		4	2									2							
		4	3									1							
		5	1									1							
		5	2									2							
		5	3																
		somme					0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	20

ANNEXE 5 : TYPOLOGIE DES PEUPEMENTS

ANNEXE 5

Contributions au Chi² entre types de stations définis à l'aide des abondances globales et classes de fossés

Peuplement	Classe de fossés				
	D	A	B	E	C
Type 1	-8.4	4.4	6.3	0.3	-1.2
Type 2	10.8	3.0	-0.7	-1.1	-15.6
Type 3	-2.1	-8.1	-4.0	3.8	16.5
Type 4	-0.0	-0.2	-1.9	-0.0	3.3
Type 5	0.1	-0.0	1.7	-1.1	-0.0
Type 6	0.5	-3.0	0.0	-0.2	1.3

Contributions au Chi² entre abondances globales de la strate submergée et hauteur de vase

Abondance	Hauteur de vase		
	Faible	Moyenne	Forte
Faible	-2,4	-13,7	25,4
Moyenne	-0	23	-24,9
Forte	4,6	-0,8	-0,4
Très forte	0,8	1	-3

Contributions au Chi² entre recouvrements de la strate Hélophytes et hauteur de vase

Recouvrement	Hauteur de vase		
	Faible	Moyenne	Forte
Faible	8,3	-0,2	-2,8
Moyen	1,6	8,7	-16,1
Fort	2,2	0	-1,3
Très fort	-19,3	-6	33,5

Contributions au Chi² entre recouvrements de la strate Hélophytes et hauteur d'eau

Recouvrement	Hauteur d'eau		
	Faible	Moyenne	Forte
Faible	16,1	1,5	-15,6
Moyen	-3,7	-14	30,4
Fort	-3,5	0,2	0,4
Très fort	1,1	4,3	-9,2

Remarque : Les contributions au Chi² sont exprimées en %, une valeur négative signifie une contribution par sous-représentation, une valeur positive signifie une contribution par sur-représentation

Tableaux de Contribution au test du chi²

ANNEXE 6 : LEGISLATION

LOI N° 92-3
DU 3 JANVIER 1992

sur l'eau
NOR : ENV X 92 00061 L
(JO du 4 janvier 1992)

Article premier. - L'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable, dans le respect des équilibres naturels, sont d'intérêt général.

L'usage de l'eau appartient à tous dans le cadre des lois et règlements ainsi que des droits antérieurement établis.

Art. 2. - Les dispositions de la présente loi ont pour objet une gestion équilibrée de la ressource en eau.

Cette gestion équilibrée vise à assurer :

- la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides ; on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, saïée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ;

- la protection contre toute pollution et la restauration de la qualité des eaux superficielles et souterraines et des eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales ;

- le développement et la protection de la ressource en eau ;

- la valorisation de l'eau comme ressource économique et la répartition de cette ressource ;

de manière à satisfaire ou à concilier, lors des différents usages, activités ou travaux, les exigences :

- de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile et de l'alimentation en eau potable de la population ;

- de la conservation et du libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations ;

- de l'agriculture, des pêches et des cultures marines, de la pêche en eau douce, de l'industrie, de la production d'énergie, des transports, du tourisme, des loisirs et des sports nautiques ainsi que de toutes autres activités humaines légalement exercées.

TITRE PREMIER

DE LA POLICE ET DE LA GESTION
DES EAUX

Art. 3. - Un ou des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux fixent pour chaque bassin ou groupement de bassins les

orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau, telle que prévue à l'article 1^{er}.

Ils prennent en compte les principaux programmes arrêtés par les collectivités publiques et définissent de manière générale et harmonisée les objectifs de quantité et de qualité des eaux ainsi que les aménagements à réaliser pour les atteindre. Ils délimitent le périmètre des sous-bassins correspondant à une unité hydrographique.

Les programmes et les décisions administratives dans le domaine de l'eau doivent être compatibles ou rendus compatibles avec leurs dispositions. Les autres décisions administratives doivent prendre en compte les dispositions de ces schémas directeurs.

Le ou les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux sont élaborés, à l'initiative du préfet coordonnateur de bassin, par le comité de bassin compétent dans un délai de cinq ans à compter de la date de publication de la présente loi.

Le comité de bassin associe à cette élaboration des représentants de l'État et des conseils régionaux et généraux concernés, qui lui communiquent toutes informations utiles relevant de leur compétence.

Le comité de bassin recueille l'avis des conseils régionaux et des conseils généraux concernés sur le projet de schéma qu'il a arrêté. Ces avis sont réputés favorables s'ils n'interviennent pas dans un délai de quatre mois après la transmission du projet de schéma directeur.

Le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux est adopté par le comité de bassin et approuvé par l'autorité administrative. Il est tenu à la disposition du public et révisé selon les formes prévues aux alinéas précédents.

Art. 4. - Dans chaque bassin, le préfet de la région où le comité de bassin a son siège anime et coordonne la politique de l'État en matière de police et de gestion des ressources en eau afin de réaliser l'unité et la cohérence des actions déconcentrées de l'État en ce domaine dans les régions et départements concernés.

Les décrets prévus à l'article 8 précisent les conditions d'intervention du préfet coordonnateur de bassin, notamment en ce qui concerne la gestion des situations de crises, ainsi que les moyens de toute nature nécessaires à l'exercice des missions qui lui sont confiées par la présente loi.

Art. 5. - Dans un groupement de sous-bassins ou un sous-bassin correspondant à une unité hydrographique ou à un système aquifère, un schéma d'aménagement et de gestion des eaux fixe les objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur et de protection quantitative et qualitative des ressources en eau superficielle et souterraine et des écosystèmes aquatiques ainsi que de préservation des zones humides, de manière à satisfaire aux principes énumérés à l'article 1^{er}. Son périmètre est déterminé par le schéma directeur mentionné à l'article 3 ; à défaut, il est arrêté par le représentant de l'État, après consultation ou sur proposition des collectivités territoriales et après consultation du comité de bassin.

Pour l'élaboration, la révision et le suivi de l'application du schéma d'aménagement et de gestion des eaux, une commission locale de l'eau est créée par le représentant de l'État.

Elle comprend :

- pour moitié, des représentants des collectivités territoriales et des établissements

publics locaux, qui désignent en leur sein le président de la commission ;

- pour un quart, des représentants des usagers, des propriétaires riverains, des organisations professionnelles et des associations concernées. Ces associations doivent être régulièrement déclarées depuis au moins cinq ans à la date de la création de la commission et se proposer, par leurs statuts, la sauvegarde de tout ou partie des principes visés à l'article 1^{er} ;

- pour un quart, des représentants de l'État et de ses établissements publics.

Le schéma d'aménagement et de gestion des eaux dresse un constat de l'état de la ressource en eau et du milieu aquatique. Il recense les différents usages qui sont faits des ressources en eau existantes.

Il prend en compte les documents d'orientation et les programmes de l'État, des collectivités territoriales et de leurs groupements, des syndicats mixtes, des établissements publics, des autres personnes morales de droit public, ainsi que des sociétés d'économie mixte et des associations syndicales de la loi du 21 juin 1865 ayant des incidences sur la qualité, la répartition ou l'usage de la ressource en eau.

Il énonce, ensuite, les priorités à retenir pour atteindre les objectifs définis au premier alinéa, en tenant compte de la protection du milieu naturel aquatique, des nécessités de mise en valeur de la ressource en eau, de l'évolution prévisible de l'espace rural, de l'environnement urbain et économique et de l'équilibre à assurer entre les différents usages de l'eau. Il évalue les moyens économiques et financiers nécessaires à sa mise en œuvre. Il doit être compatible avec les orientations fixées par le schéma directeur mentionné à l'article 3 de la présente loi, s'il existe.

Le projet de schéma d'aménagement et de gestion des eaux, élaboré ou révisé par la commission locale de l'eau, est soumis à l'avis des conseils généraux, des conseils régionaux et du comité de bassin intéressés. Le comité de bassin assure l'harmonisation des schémas d'aménagement et de gestion des eaux entrant dans le champ de sa compétence.

Le projet est rendu public par l'autorité administrative avec, en annexe, les avis des personnes consultées. Ce dossier est mis à la disposition du public pendant deux mois.

À l'issue de ce délai, le schéma d'aménagement et de gestion des eaux, éventuellement modifié pour tenir compte des observations du public, des avis des communes, des conseils généraux, des conseils régionaux et du comité de bassin, est approuvé par l'autorité administrative. Il est tenu à la disposition du public.

Lorsque le schéma a été approuvé, les décisions prises dans le domaine de l'eau par les autorités administratives et applicables dans le périmètre qu'il définit doivent être compatibles ou rendues compatibles avec ce schéma. Les autres décisions administratives doivent prendre en compte les dispositions du schéma.

La commission locale de l'eau connaît des réalisations, documents ou programmes portant effet dans le périmètre du schéma d'aménagement et de gestion des eaux et des décisions visées à l'alinéa ci-dessus.

Un décret fixe, en tant que de besoin, les modalités d'application du présent article.

Art. 6. - En l'absence de schéma d'aménagement et de gestion des eaux approuvé, la circulation sur les cours d'eau des égouts

riques de loisir non motorisées s'effectuent dans le respect des lois et règlements de police et des droits des riverains.

7. — Pour faciliter la réalisation des actifs arrêtés dans un schéma d'aménagement et de gestion des eaux, les collectivités territoriales intéressées et leurs groupements ont tout ou partie des compétences énumérées à l'article 31 peuvent s'associer avec une communauté locale de l'eau. Cet établissement public est constitué et fonctionne selon les dispositions régissant l'un des établissements publics mentionnés au titre VI livre I^{er} du Code des communes ou au titre de la loi du 10 août 1871 relative aux conseils généraux.

Les associations et syndicats de personnes physiques ou morales ayant des activités dans le domaine de l'eau peuvent être associés à ses travaux, à titre consultatif.

Dans la limite de son périmètre d'intervention, la communauté locale de l'eau peut exercer tout ou partie des compétences énumérées à l'article 31.

Le décret établit et adopte un programme pluriannuel d'intervention après avis conforme de la commission locale de l'eau.

Le décret détermine les conditions d'application du présent article.

8. — Les règles générales de préservation de la qualité et de répartition des eaux superficielles, souterraines et des eaux de la mer à la limite des eaux territoriales sont édictées par décret en Conseil d'État.

Ces règles fixent :

1° Les normes de qualité et les mesures nécessaires à la restauration et à la préservation de cette qualité, en fonction des différents usages de l'eau et de leur cumul ;

2° Les règles de répartition des eaux, de manière à concilier les intérêts des diverses catégories d'utilisateurs ;

3° Les conditions dans lesquelles peuvent être interdites ou réglementées :

a) les déversements, rejets, dépôts directs ou indirects au ou de matière et plus généralement tout ce qui est susceptible d'altérer la qualité des eaux et du milieu aquatique ;

b) les mesures nécessaires pour préserver cette qualité et assurer la surveillance des puits et forages en exploitation ou affectés ;

c) les conditions dans lesquelles peuvent être interdites ou réglementées la mise en vente et la diffusion de produits ou de dispositifs qui, dans des conditions d'utilisation normalement prévisibles, sont susceptibles de porter atteinte à la qualité du milieu aquatique ;

d) les conditions dans lesquelles sont effectués, par le service chargé de la police des eaux ou des rejets ou de l'activité concernée, les contrôles techniques des installations, travaux ou opérations et les conditions dans lesquelles le coût de ces contrôles peut être mis à la charge de l'exploitant, du propriétaire ou du responsable de la conduite des opérations en cas d'inobservation de la réglementation. Si les contrôles des rejets de substances de toute nature, y compris radioactives, ne sont pas effectués par des laboratoires agréés, ils ne peuvent être que par des laboratoires agréés.

9. — En complément des règles générales énoncées à l'article 8, des prescriptions générales ou particulières à certaines parties de territoire sont fixées par décret en Conseil d'État afin d'assurer la protection des principes mentionnés à l'article 2.

Ces décrets déterminent en particulier les conditions dans lesquelles l'autorité administrative peut :

1° Prendre des mesures de limitation ou de suspension provisoire des usages de l'eau, pour faire face à une menace ou aux conséquences d'accidents, de sécheresse, d'inondations ou à un risque de pénurie ;

2° Édicter, dans le respect de l'équilibre général des droits et obligations résultant de concessions de service public accordées par l'État, des prescriptions spéciales applicables aux installations, travaux et activités qui sont usage de l'eau ou qui en modifient le niveau ou le mode d'écoulement et les conditions dans lesquelles peuvent être interdits ou réglementés tous forages, prises d'eau, barrages, travaux ou ouvrages de rejet, notamment dans les zones de sauvegarde de la ressource, déclarées d'utilité publique pour l'approvisionnement actuel ou futur en eau potable ;

3° Fixer les dispositions particulières applicables aux sources et gisements d'eaux minérales naturelles et à leur protection.

Art. 10. — I. — Sont soumis aux dispositions du présent article les installations, ouvrages, travaux et activités réalisés à des fins non domestiques par toute personne physique ou morale, publique ou privée et entraînant des prélèvements sur les eaux superficielles ou souterraines, restitués ou non, une modification du niveau ou du mode d'écoulement des eaux ou des déversements, écoulements, rejets ou dépôts directs ou indirects, chroniques ou épisodiques, même non polluants.

II. — Les installations, ouvrages, travaux et activités visés au I sont définis dans une nomenclature, établie par décret en Conseil d'État après avis du Comité national de l'eau, et soumis à autorisation ou à déclaration suivant les dangers qu'ils présentent et la gravité de leurs effets sur la ressource en eau et les écosystèmes aquatiques.

Ce décret définit en outre les critères de l'usage domestique, et notamment le volume d'eau en deçà duquel le prélèvement est assimilé à un tel usage, ainsi que les autres formes d'usage dont l'impact sur le milieu aquatique est trop faible pour justifier qu'elles soient soumises à autorisation ou à déclaration.

III. — Sont soumis à autorisation de l'autorité administrative les installations, ouvrages, travaux et activités susceptibles de présenter des dangers pour la santé et la sécurité publique, de nuire au libre écoulement des eaux, de réduire la ressource en eau, d'accroître notablement le risque d'inondation, de porter atteinte gravement à la qualité ou à la diversité du milieu aquatique.

Sont soumis à déclaration les installations, ouvrages, travaux et activités qui, n'étant pas susceptibles de présenter de tels dangers, doivent néanmoins respecter les prescriptions édictées en application des articles 8 et 9.

Si les principes mentionnés à l'article 2 de la présente loi ne sont pas garantis par l'exécution de ces prescriptions, l'autorité administrative peut imposer, par arrêté, toutes prescriptions spécifiques nécessaires.

Les prescriptions nécessaires à la protection des principes mentionnés à l'article 2 de la présente loi, les moyens de surveillance, les modalités des contrôles techniques et les moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident sont fixés par l'arrêté d'autorisation et, éventuellement, par des actes complémentaires pris postérieurement à cette autorisation.

Un décret détermine les conditions dans lesquelles les prescriptions visées aux deux

articles précédents sont établies, modifiées et portées à la connaissance des tiers.

IV. — L'autorisation est accordée après enquête publique et, le cas échéant, pour une durée déterminée. Un décret détermine les conditions dans lesquelles le renouvellement des autorisations et l'autorisation de travaux, installations ou activités présentant un caractère temporaire et sans effet important et durable sur le milieu naturel peuvent être accordés sans enquête publique préalable.

L'autorisation peut être retirée ou modifiée, sans indemnité de la part de l'État exerçant ses pouvoirs de police, dans les cas suivants :

1° Dans l'intérêt de la salubrité publique, et notamment lorsque ce retrait ou cette modification est nécessaire à l'alimentation en eau potable des populations ;

2° Pour prévenir ou faire cesser les inondations ou en cas de menace pour la sécurité publique ;

3° En cas de menace majeure pour le milieu aquatique, et notamment lorsque les milieux aquatiques sont soumis à des conditions hydrauliques critiques non compatibles avec leur préservation ;

4° Lorsque les ouvrages ou installations sont abandonnés ou ne font plus l'objet d'un entretien régulier.

Tout refus, retrait ou modification d'autorisation doit être motivé auprès du demandeur.

V. — Les règlements d'eau des entreprises hydroélectriques sont pris conjointement au titre de l'article 10 de la loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique et du présent article.

Ces règlements peuvent faire l'objet de modifications, sans toutefois remettre en cause l'équilibre général de la concession.

VI. — Dans tous les cas les droits des tiers sont et demeurent réservés.

VII. — Les installations et ouvrages existants doivent être mis en conformité avec les dispositions prises en application du II ci-dessus dans un délai de trois ans à compter de la date de publication de la présente loi.

Art. 11. — Les installations soumises à autorisation ou à déclaration au titre de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement doivent aussi respecter les dispositions prévues par la présente loi. Des règlements d'application communs peuvent être pris au titre de ces deux lois sans que cela n'affecte les compétences et les procédures mises en œuvre pour l'application de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 précitée.

Art. 12. — Les installations soumises à autorisation ou à déclaration au titre de l'article 10 de la présente loi permettant d'effectuer à des fins non domestiques des prélèvements en eau superficielle ou des déversements, ainsi que toute installation de pompage des eaux souterraines, doivent être pourvues des moyens de mesure ou d'évaluation appropriés. Leurs exploitants ou, s'il n'existe pas d'exploitants, leurs propriétaires sont tenus d'en assurer la pose et le fonctionnement, de conserver trois ans les données correspondantes et de tenir celles-ci à la disposition de l'autorité administrative ainsi que des personnes morales de droit public dont la liste est fixée par décret.

Les installations existantes doivent être mises en conformité avec les dispositions du présent article dans un délai de cinq ans à compter de la date de publication de la présente loi.

Art. 13. - 1. - Voir article L. 20 du Code de la santé publique.

II. - Dans le délai de deux ans à compter de la publication de la présente loi, toute facture d'eau comprendra un montant calculé en fonction du volume réellement consommé par l'abonné à un service de distribution d'eau et pourra, en outre, comprendre un montant calculé indépendamment de ce volume, compte tenu des charges fixes du service et des caractéristiques du branchement.

Toutefois, à titre exceptionnel, le préfet pourra, dans des conditions prévues par décret en Conseil d'État, à la demande du maire, si la ressource en eau est naturellement abondante et si le nombre d'usagers raccordés au réseau est suffisamment faible, ou si la commune connaît habituellement de fortes variations de sa population, autoriser la mise en œuvre d'une tarification ne comportant pas de terme directement proportionnel au volume total consommé.

III. - Les données sur la qualité de l'eau destinée à l'alimentation humaine et, notamment, les résultats des analyses réalisées dans le cadre du contrôle sanitaire et les analyses réalisées chez les particuliers sont publiques et communicables aux usagers.

Les préfets sont tenus de communiquer régulièrement aux maires les données relatives à la qualité de l'eau distribuée, en des termes simples et compréhensibles par tous les usagers.

Les données relatives à la qualité de l'eau distribuée sont l'objet d'un affichage en mairie et de toutes autres mesures de publicité appropriée dans des conditions fixées par décret.

Art. 14. - Voir articles L. 736 à L. 744 du Code de la santé publique.

Art. 15. - Lorsque des travaux d'aménagement hydraulique, autres que ceux concédés ou autorisés en application de la loi du 16 octobre 1919 précitée, ont pour objet ou pour conséquence la régulation du débit d'un cours d'eau non domanial ou l'augmentation de son débit en période d'étiage, tout ou partie du débit artificiel peut être affecté, par déclaration d'utilité publique, sur une section de ce cours d'eau et pour une durée déterminée, à certains usages, sans préjudice de l'application de l'article 45 de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs.

L'acte déclaratif d'utilité publique vaut autorisation au titre de la présente loi et fixe, dans les conditions prévues par décret, outre les prescriptions pour son installation et son exploitation :

- un débit affecté, déterminé compte tenu des ressources disponibles aux différentes époques de l'année et attribué en priorité au bénéficiaire de l'acte déclaratif d'utilité publique ;

- les prescriptions jugées nécessaires pour assurer le passage de tout ou partie du débit affecté dans la section considérée, dans les conditions les plus rationnelles et les moins dommageables pour les autres usagers dudit cours d'eau et dans le respect des écosystèmes aquatiques.

Sans préjudice de la responsabilité encourue vis-à-vis du bénéficiaire du débit affecté, quiconque ne respecte pas les prescriptions définies par l'acte déclaratif d'utilité publique sera passible d'une amende d'un montant de 1 000 F à 80 000 F.

Les dispositions du présent article sont applicables aux travaux d'aménagement hydraulique autorisés antérieurement à la publication de la présente loi.

Art. 16. - Dans les parties submersibles des vallées non couvertes par un plan d'exposition aux risques naturels prévisibles, l'autorité administrative peut élaborer des plans de surfaces submersibles qui définissent les prescriptions techniques à respecter afin d'assurer le libre écoulement des eaux, la conservation des champs d'inondation et le fonctionnement des écosystèmes qu'ils constituent.

Dans les zones couvertes par un plan de surfaces submersibles, les dispositions du deuxième alinéa et des alinéas suivants de l'article 5-1 de la loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles sont applicables.

Un décret en Conseil d'État détermine les conditions dans lesquelles sont établis les plans de surfaces submersibles ainsi que la nature des prescriptions techniques qui y sont applicables.

Art. 17. - Voir article 83 du Code minier en rubrique « PROTECTION DE LA NATURE ».

Art. 18. - Le préfet et le maire intéressés doivent être informés, dans les meilleurs délais par toute personne qui en a connaissance, de tout incident ou accident présentant un danger pour la sécurité civile, la qualité, la circulation ou la conservation des eaux.

La personne à l'origine de l'incident ou de l'accident et l'exploitant ou, s'il n'existe pas d'exploitant, le propriétaire sont tenus, dès qu'ils en ont connaissance, de prendre ou faire prendre toutes les mesures possibles pour mettre fin à la cause de danger ou d'atteinte au milieu aquatique, évaluer les conséquences de l'incident ou de l'accident et y remédier.

Le préfet peut prescrire aux personnes mentionnées ci-dessus les mesures à prendre pour mettre fin au dommage constaté ou en circonscrire la gravité et, notamment, les analyses à effectuer.

En cas de carence, et s'il y a un risque de pollution ou de destruction du milieu naturel, ou encore pour la santé publique et l'alimentation en eau potable, le préfet peut prendre ou faire exécuter les mesures nécessaires aux frais et risques des personnes responsables.

Le préfet et le maire intéressés informent les populations par tous les moyens appropriés des circonstances de l'incident ou de l'accident, de ses effets prévisibles et des mesures prises pour y remédier.

Les agents des services publics d'incendie et de secours ont accès aux propriétés privées pour mettre fin aux causes de danger ou d'atteinte au milieu aquatique et prévenir ou limiter les conséquences de l'incident ou de l'accident.

Sans préjudice de l'indemnisation des autres dommages subis, les personnes morales de droit public intervenues matériellement ou financièrement ont droit au remboursement, par la ou les personnes à qui incombe la responsabilité de l'incident ou de l'accident, des frais exposés par elles. A ce titre, elles peuvent se constituer partie civile devant les juridictions pénales saisies de poursuites consécutives à l'incident ou à l'accident.

Art. 19. - Sont chargés de procéder à la recherche et à la constatation des infractions aux dispositions de la présente loi, ainsi que des textes et des décisions pris pour son application :

1° Les agents assermentés et commissionnés, appartenant aux services de l'État chargés de l'environnement, de l'agriculture, de l'industrie, de l'équipement, des transports, de la mer, de la santé et de la défense ;

2° Les agents mentionnés à l'article 13 de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 précitée ;

3° Les agents mentionnés à l'article 4 de la loi n° 61-842 du 2 août 1961 relative à la lutte contre les pollutions atmosphériques et portant modification de la loi du 19 décembre 1917 ;

4° Les agents des douanes ;

5° Les agents habilités en matière de répression des fraudes ;

6° Les agents assermentés et commissionnés à cet effet de l'Office national de la chasse et du Conseil supérieur de la pêche ;

7° Les chercheurs, ingénieurs et techniciens assermentés de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer ;

8° Les officiers de port et officiers de port adjoints ;

9° Les ingénieurs en service à l'Office national des forêts et les agents assermentés de cet établissement, visés à l'article L. 122-7 du Code forestier ;

10° Les agents assermentés et commissionnés des parcs nationaux.

Les gardes champêtres commissionnés à cet effet peuvent être habilités à constater les infractions mentionnées au présent article dans des conditions déterminées par décret.

Art. 20. - En vue de rechercher et constater les infractions, les agents mentionnés à l'article 19 ont accès aux locaux, aux installations et lieux où sont réalisées les opérations à l'origine des infractions, à l'exclusion des domiciles et de la partie des locaux qui sert de domicile aux intéressés. Les propriétaires et exploitants sont tenus de leur livrer passage. Les agents ne peuvent accéder à ces locaux qu'entre 8 heures et 20 heures, ou en dehors de ces heures si l'établissement est ouvert au public, ou lorsqu'une activité est en cours.

Le procureur de la République est préalablement informé des opérations envisagées en vue de la recherche des infractions. Il peut s'opposer à ces opérations.

Art. 21. - Les infractions aux dispositions de la présente loi et des textes pris pour son application sont constatées par des procès-verbaux qui font foi jusqu'à preuve du contraire.

Les procès-verbaux doivent, sous peine de nullité, être adressés dans les cinq jours qui suivent leur clôture au procureur de la République. Une copie en est également remise, dans le même délai, à l'intéressé.

Art. 22. - Quiconque a jeté, déversé ou laissé s'écouler dans les eaux superficielles, souterraines ou les eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales, directement ou indirectement, une ou des substances quelconques dont l'action ou les réactions ont, même provisoirement, entraîné des effets nuisibles sur la santé ou des dommages à la flore ou à la faune, à l'exception des dommages visés à l'article L. 232-2 du Code rural et à l'article 6 du décret du 9 janvier 1952 sur l'exercice de la pêche maritime, ou des modifications significatives du régime normal d'alimentation en eau ou des limitations d'usage des zones de baignade, sera puni d'une amende de 2 000 F à 500 000 F et d'un emprisonnement de 2 mois à deux ans ou de l'une de ces deux peines seulement. Lorsque l'opération de rejet a été autorisée par arrêté,

les dispositions de cet alinéa ne s'appliquent que si les prescriptions de cet arrêté n'ont pas été respectées.

Le tribunal pourra également imposer au condamné de procéder à la restauration du milieu aquatique dans le cadre de la procédure prévue par l'article 24.

Ces mêmes peines et mesures sont applicables à quiconque a jeté ou abandonné des déchets en quantité importante dans les eaux superficielles ou souterraines ou dans les eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales, sur les plages ou sur les rivages de la mer. Ces dispositions ne s'appliquent pas aux rejets en mer effectués à partir des navires.

Art. 23. — Sera puni d'une amende de 2 000 F à 120 000 F et d'un emprisonnement de 2 mois à 2 ans ou de l'une de ces deux peines seulement quiconque aura, sans l'autorisation requise pour un acte, une opération, une installation ou un ouvrage, soit commis cet acte, conduit ou effectué cette opération, exploité cette installation ou cet ouvrage, soit mis en place ou participé à la mise en place d'une telle installation ou d'un tel ouvrage.

En cas de récidive, l'amende est portée de 10 000 F à 1 000 000 F.

En cas de condamnation, le tribunal peut ordonner qu'il soit mis fin aux opérations, à l'utilisation de l'ouvrage ou de l'installation. L'exécution provisoire de cette décision peut être ordonnée.

Le tribunal peut également exiger les mesures prévues à l'alinéa précédent ainsi que la remise en état des lieux, dans le cadre de la procédure prévue par l'article 24.

Le tribunal, saisi de poursuites pour infraction à une obligation de déclaration, peut ordonner l'arrêt de l'opération ou l'interdiction d'utiliser l'installation ou l'ouvrage, dans le cadre de la procédure prévue par l'article 24.

Art. 24. — En cas de poursuite pour infraction aux dispositions des articles 22 et 23 ou pour infraction à une obligation de déclaration ou à toute autre obligation résultant de la présente loi ou des règlements ou décisions individuelles pris pour son application, le tribunal peut, après avoir déclaré le prévenu coupable, décider l'ajournement du prononcé de la peine en lui enjoignant de respecter les prescriptions auxquelles il a été contrevenu.

Le tribunal impartit un délai pour l'exécution de ces prescriptions. Il peut assortir l'injonction d'une astreinte dont il fixe le taux et la durée maximum. Son montant est de 100 F à 20 000 F par jour de retard dans l'exécution des mesures imposées.

L'ajournement ne peut intervenir qu'une fois. Il peut être ordonné même si le prévenu ne comparait pas en personne. Dans tous les cas, la décision peut être assortie de l'exécution provisoire.

À l'audience de renvoi, lorsque les prescriptions visées par l'injonction ont été exécutées dans le délai fixé, le tribunal peut soit dispenser le coupable de peine, soit prononcer les peines prévues.

Lorsque les prescriptions ont été exécutées avec retard, le tribunal liquide, s'il y a lieu, l'astreinte et prononce les peines prévues.

Lorsqu'il y a eu inexécution des prescriptions, le tribunal liquide, s'il y a lieu, l'astreinte, prononce les peines et peut ensuite ordonner que l'exécution de ces prescriptions soit poursuivie d'office aux frais du condamné.

La décision sur la peine intervient au plus tard un an après la décision d'ajournement.

Le taux d'astreinte tel qu'il a été fixé par la décision d'ajournement ne peut être modifié.

Pour la liquidation de l'astreinte, la juridiction apprécie l'inexécution ou le retard dans l'exécution des prescriptions, en tenant compte, s'il y a lieu, de la survenance d'événements qui ne sont pas imputables au prévenu.

Art. 25. — Quiconque exploite une installation ou un ouvrage ou réalise des travaux en violation d'une mesure de mise hors service, de retrait ou de suspension d'une autorisation ou de suppression d'une installation ou d'une mesure d'interdiction prononcée en application de la présente loi sera puni d'une peine d'emprisonnement de 2 mois à 2 ans et d'une amende de 20 000 F à 1 000 000 F ou de l'une de ces deux peines seulement.

Sera puni des mêmes peines quiconque poursuit une opération ou l'exploitation d'une installation ou d'un ouvrage sans se conformer à l'arrêté de mise en demeure, pris par le préfet, d'avoir à respecter, au terme d'un délai fixé, les prescriptions techniques prévues par l'autorisation ou les règlements pris en application de la présente loi.

Quiconque met obstacle à l'exercice des fonctions confiées par la présente loi aux agents mentionnés aux articles 8 et 19 sera puni d'une peine d'emprisonnement de 2 à 6 mois et d'une amende de 5 000 F à 50 000 F ou de l'une de ces deux peines seulement.

Art. 26. — En cas de condamnation pour infraction aux dispositions de la présente loi ou des règlements et arrêtés pris pour son application, le tribunal peut ordonner, aux frais du condamné, la publication intégrale ou par extraits de sa décision et éventuellement la diffusion d'un message, dont il fixe explicitement les termes, informant le public des motifs et du contenu de sa décision, dans un ou plusieurs journaux qu'il désigne ainsi que son affichage dans les conditions et sous les peines prévues suivant les cas aux articles 51 et 471 du Code pénal sans toutefois que les frais de cette publicité puissent excéder le montant de l'amende encourue.

Art. 27. — Indépendamment des poursuites pénales, en cas d'inobservation des dispositions prévues par la présente loi ou les règlements et décisions individuelles pris pour son application, le préfet met en demeure d'y satisfaire dans un délai déterminé. Si, à l'expiration du délai fixé, il n'a pas été obtempéré à cette injonction par l'exploitant ou par le propriétaire de l'installation s'il n'y a pas d'exploitant, le préfet peut :

- l'obliger à consigner entre les mains d'un comptable public une somme correspondant à l'estimation du montant des travaux à réaliser, laquelle sera restituée au fur et à mesure de leur exécution ; il est, le cas échéant, procédé au recouvrement de cette somme comme en matière de créances de l'État étrangères à l'impôt et au domaine ;

- faire procéder d'office, sans préjudice de l'article 18 de la présente loi aux frais de l'intéressé, à l'exécution des mesures prescrites. Les sommes consignées en application des dispositions ci-dessus peuvent être utilisées pour régler les dépenses entraînées par l'exécution d'office ;

- suspendre, s'il y a lieu, l'autorisation jusqu'à exécution des conditions imposées.

Art. 28. — Le montant des amendes prévues aux articles 24, 27 à 29, 57 à 59 et 214 du Code du domaine public fluvial et de la navigation intérieure est de 1 000 F à 80 000 F. À l'article 214 du même code, les

mots « et en cas de récidive, d'une amende de 480 F à 7 200 F » sont supprimés.

Art. 28-1 (L. n° 92-1336 du 16 déc. 1992, art. 320). — Les personnes morales peuvent être déclarées responsables pénalement dans les conditions prévues par l'article 121-2 du Code pénal des infractions aux dispositions de la présente loi.

Les peines encourues par les personnes morales sont :

1° L'amende, suivant les modalités prévues par l'article 131-38 du Code pénal ;
2° Les peines mentionnées aux 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 8° et 9° de l'article 131-39 du même code. L'interdiction mentionnée au 2° de l'article 131-39 du même code, porte sur l'activité dans l'exercice ou à l'occasion de l'exercice de laquelle l'infraction a été commise (1).

Art. 29. — Les décisions prises en application des articles 10, 12, 18 et 27 de la présente loi peuvent être déferées à la juridiction administrative dans les conditions prévues à l'article 14 de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 précitée.

Art. 30. — En cas de non-respect des prescriptions imposées au titre des articles 8, 9 et 10, toute mesure utile, y compris l'interdiction d'exploiter l'ouvrage ou l'installation en cause, peut être ordonnée pour faire cesser le trouble, soit sur réquisition du ministère public agissant à la requête de l'autorité administrative ou d'une association remplissant les conditions fixées par l'article 42, soit même d'office par le juge d'instruction saisi des poursuites ou par le tribunal correctionnel. L'autorité judiciaire statue après avoir entendu l'exploitant ou l'avoir dûment convoqué à comparaître dans les quarante-huit heures. La décision judiciaire est exécutoire sur minute et nonobstant toute voie de recours. La mainlevée de la mesure ordonnée peut intervenir à la cessation du trouble.

TITRE II DE L'INTERVENTION DES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES

CHAPITRE PREMIER

De l'intervention des collectivités territoriales dans la gestion des eaux

Art. 31. — Sous réserve du respect des dispositions des articles 5 et 25 du Code du domaine public fluvial et de la navigation intérieure, les collectivités territoriales et leurs groupements ainsi que les syndicats mixtes créés en application de l'article L. 166-1 du Code des communes et la communauté locale de l'eau sont habilités à utiliser la procédure prévue par les deux derniers alinéas de l'article 175 et les articles 176 à 179 du Code rural pour entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux, ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence, dans le cadre du schéma d'aménagement et de gestion des eaux s'il existe et visant :

- l'aménagement d'un bassin ou d'une fraction de bassin hydrographique ;
- l'entretien et l'aménagement d'un cours d'eau non domanial, y compris les accès à ce cours d'eau ;

(1) NDLR : Montant de l'amende porté au quintuple de celui prévu pour les personnes physiques. Entrée en vigueur au 1^{er} mars 1994 (L. n° 93-913 du 19 juill. 1993).

- l'approvisionnement en eau ;
- la maîtrise des eaux pluviales et de ruissellement ;
- la défense contre les inondations et contre la mer ;
- la lutte contre la pollution ;
- la protection et la conservation des eaux superficielles et souterraines ;
- la protection et la restauration des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines ;
- les aménagements hydrauliques concourant à la sécurité civile.

L'étude, l'exécution et l'exploitation desdits travaux peuvent être concédées notamment à des sociétés d'économie mixte. Les concessionnaires sont fondés à percevoir le prix des participations prévues à l'article 175 du Code rural.

Il est procédé à une seule enquête publique au titre de l'article 176 du Code rural, de l'article 10 de la présente loi et, s'il y a lieu, de la déclaration d'utilité publique.

Un décret en Conseil d'État fixe les conditions d'application du présent article.

Art. 32. - Voir article L. 142-2 du Code de l'urbanisme, en rubrique « PROTECTION DE LA NATURE ».

Art. 33. - La loi n° 83-663 du 22 juillet 1983 complétant la loi n° 83-8 du 7 janvier 1983 relative à la répartition de compétences entre les communes, les départements, les régions et l'État est ainsi modifiée :

I. - Le premier alinéa de l'article 5 est ainsi rédigé :

« La région est compétente pour créer des canaux et des ports fluviaux sur ces canaux et pour aménager et exploiter les voies navigables et les ports fluviaux situés sur les voies navigables qui lui sont transférées par décret en Conseil d'État sur proposition du conseil régional intéressé. »

II. - Le même article 5 est complété par quatre alinéas ainsi rédigés :

« Les régions, les départements, les communes, leurs groupements, les syndicats mixtes créés en application de l'article L. 166-1 du Code des communes et la communauté locale de l'eau sont compétents pour aménager, entretenir et exploiter les cours d'eau, canaux, lacs et plans d'eau domaniaux, rayés de la nomenclature des voies navigables ou n'y ayant jamais figuré qui leur sont transférés par décret en Conseil d'État, sur proposition de l'assemblée délibérante concernée ou du conseil d'administration de la communauté locale de l'eau.

« Ces transferts s'effectuent sous réserve de l'existence dans le bassin, le groupement de sous-bassins ou les sous-bassins correspondant à une unité hydrographique, d'un schéma d'aménagement et de gestion des eaux.

« Les bénéficiaires d'un transfert de compétences, en application du présent article, sont substitués à l'État pour l'application de l'article L. 29 du Code du domaine de l'État.

« Les bénéficiaires d'un transfert de compétences en application du présent article peuvent concéder, dans la limite de leurs compétences respectives, l'aménagement, l'entretien et l'exploitation des cours d'eau, canaux, lacs et plans d'eau à des personnes de droit public ou à des sociétés d'économie mixte ou à des associations. »

III. - Au premier alinéa de l'article 7 de la loi susmentionnée, les mots : « pour toutes les voies navigables » sont remplacés par les mots : « pour tous les cours d'eau, canaux, lacs et plans d'eau domaniaux ».

Art. 34. - Les collectivités territoriales ou leurs établissements publics ou leurs groupements, concessionnaires de cours d'eau, canaux, lacs et plans d'eau faisant partie du domaine public de l'État, sont substitués à l'État pour l'application de l'article L. 29 du Code du domaine de l'État.

CHAPITRE II

De l'assainissement et de la distribution de l'eau

Art. 35. - I. - Voir Code des communes, art. L. 372-1-1.

II. - L'ensemble des prestations prévues à l'article L. 372-1-1 du Code des communes doit en tout état de cause être assuré sur la totalité du territoire au plus tard le 31 décembre 2005.

III. - Voir article L. 372-3 du Code des communes.

IV. - Voir article L. 372-6 du Code des communes.

V. - Voir article L. 372-7 du Code des communes.

Art. 36. - I. - Voir article L. 33 du Code de la santé publique.

II. - Voir article L. 34 du Code de la santé publique.

III. - Voir article L. 35-1 du Code de la santé publique.

IV. - Voir article L. 35-5 du Code de la santé publique.

V. - Voir article L. 35-10 du Code de la santé publique.

Art. 37. - Les immeubles et installations existants destinés à un usage autre que l'habitat et qui ne sont pas soumis à autorisation ou à déclaration au titre de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 précitée ou de la présente loi doivent, dans un délai de cinq ans à compter de la date de publication de la présente loi, être dotés d'un dispositif de traitement des effluents autres que domestiques, adapté à l'importance et à la nature de l'activité et assurant une protection satisfaisante du milieu naturel.

Les conditions dans lesquelles l'épandage des effluents agricoles pourra être autorisé sont fixées par décret.

Art. 38. - Voir article L. 122-1 du Code de l'urbanisme en rubrique « PROTECTION DE LA NATURE ».

Art. 39. - I. - Voir article L. 323-9 du Code des communes.

II. - Voir article L. 323-13 du Code des communes.

Art. 40. - Le département peut mettre à la disposition des communes ou de leurs groupements une expertise du fonctionnement des dispositifs d'épuration et d'assainissement publics. Ce service d'assistance technique aux stations d'épuration publiques est dirigé par un comité auquel sont associés l'État et ses établissements publics s'ils participent à son financement. Les dispositions des conventions en vigueur à la date de publication de la présente loi peuvent continuer à s'appliquer pendant un délai maximum de cinq ans.

TITRE III

DISPOSITIONS DIVERSES

Art. 41. - I. - Le premier alinéa de l'article L. 231-6 du code rural est complété par les dispositions suivantes : « ou de valorisation touristique. Dans ce dernier cas et lorsqu'elles concernent des plans d'eau, les autorisations et concessions stipulent que la capture du poisson à l'aide de lignes dans ces plans d'eau est permise. Toute personne qui capture le poisson à l'aide de lignes dans ces plans d'eau doit avoir acquitté la taxe visée à l'article L. 230-1, à moins d'en être exonérée dans les conditions fixées à l'article L. 236-2, d'être la personne physique propriétaire du plan d'eau ou de pratiquer ces captures dans des plans d'eau d'une surface inférieure à 10 000 mètres carrés. »

II. - Après le quatrième alinéa de l'article L. 231-6 du Code rural, il est inséré un alinéa ainsi rédigé :

« Les enclos piscicoles créés sans autorisation avant le 1^{er} janvier 1986 feront l'objet, à la demande de leur propriétaire, d'une procédure de régularisation par l'Administration, dans des conditions fixées par décret. Les propriétaires devront déposer leur demande avant le 1^{er} janvier 1994. »

Art. 42. - Les associations régulièrement déclarées depuis au moins cinq ans à la date des faits, se proposant par leurs statuts la sauvegarde de tout ou partie des intérêts visés à l'article 2, peuvent exercer des droits reconnus à la partie civile en ce qui concerne les faits constituant une infraction aux dispositions de cette loi ou des textes pris pour leur application et portant un préjudice direct ou indirect aux intérêts collectifs que ces associations ont pour objet de défendre.

Art. 43. - Un décret en Conseil d'État détermine les conditions d'application des articles 10, 12, 19 et 20 aux opérations, travaux ou activités concernant des installations ou enceintes relevant du ministre de la Défense ou soumises à des règles de protection du secret de la défense nationale.

Art. 44. - Il est créé, dans chaque département d'outre-mer, un com: è de bassin qui, outre les compétences qui lui sont conférées par l'article 13 de la loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution, est associé à la mise en place des structures administratives qui se révéleraient nécessaires et, s'il y a lieu, à l'élaboration, dans un délai de deux ans à compter de la promulgation de la présente loi, des adaptations facilitant l'application, dans le département, de la loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 précitée et de la présente loi.

Art. 45. - Les articles 1 à 27, 31, 35, 36, 42 et 43 sont applicables à la collectivité territoriale de Mayotte.

Les articles 13, paragraphe II, 28, 32, 33, 34 et 38 ne sont pas applicables à la collectivité territoriale de Saint-Pierre-et-Miquelon.

Art. 46. - I. - Sont abrogés :

- les deux premiers alinéas de l'article 2, les articles 3 à 6, 9, 11, 12, 20 à 23, 33 à 40, 46 à 57 et 61 de la loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 précitée ;

- les articles L. 315-4 à L. 315-8, L. 315-11 et L. 315-12 ainsi que le vingtième alinéa (17^e) de l'article L. 221-2 et le cinquième alinéa (4^e) de l'article L. 231-8 du Code des communes ;

- les articles 97-1, 106, 107, 112 et 128-1 à 128-5 du Code rural, ainsi que les deux dernières phrases de son article 113 ;
- l'article 17, les articles 42 et 48 à 54 du Code du domaine public fluvial et de la navigation intérieure ;
- le décret-loi du 8 août 1935 relatif à la protection des eaux souterraines ;

- la loi n° 73-624 du 10 juillet 1973 relative à la défense contre les eaux ;
- les articles 30 à 33 de la loi du 8 avril 1898 portant régime des eaux.

II. - Dans les articles 175 du Code rural et L. 315-9 du Code des communes, sont abrogés ;

- les mots : « ou du point de vue de l'aménagement des eaux » ;

- le 2° et le 7°.

III. - Voir article 84 du Code minier en rubrique « PROTECTION DE LA NATURE ».

Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau

Ramsar, 2.2.1971

telle qu'amendée par le protocole de Paris du 3.12.1982
et les amendements de Regina du 28.5.1987

Les Parties contractantes,

Reconnaissant l'interdépendance de l'Homme et de son environnement;

Considérant les fonctions écologiques fondamentales des zones humides en tant que régulateurs du régime des eaux et en tant qu'habitats d'une flore et d'une faune caractéristiques et, particulièrement, des oiseaux d'eau;

Convaincues que les zones humides constituent une ressource de grande valeur économique, culturelle, scientifique et récréative, dont la disparition serait irréparable;

Désireuses d'enrayer, à présent et dans l'avenir, les empiétements progressifs sur ces zones humides et la disparition de ces zones;

Reconnaissant que les oiseaux d'eau, dans leurs migrations saisonnières, peuvent traverser les frontières et doivent, par conséquent, être considérés comme une ressource internationale;

Persuadées que la conservation des zones humides, de leur flore et de leur faune peut être assurée en conjuguant des politiques nationales à long terme à une action internationale coordonnée:

Sont convenues de ce qui suit:

Article Premier

1. Au sens de la présente Convention, les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres.
2. Au sens de la présente Convention, les oiseaux d'eau sont les oiseaux dont l'existence dépend, écologiquement, des zones humides.

Article 2

1. Chaque Partie contractante devra désigner les zones humides appropriées de son territoire à inclure dans la Liste des zones humides d'importance internationale, appelée ci-après, "la Liste", et qui est tenue par le Bureau institué en vertu de l'article 8.

2 Les limites de chaque zone humide devront être décrites de façon précise et reportées sur une carte, et elles pourront inclure des zones de rives ou de côtes adjacentes à la zone humide et des îles ou des étendues d'eau marine d'une profondeur supérieure à six mètres à marée basse, entourées par la zone humide, particulièrement lorsque ces zones, îles ou étendues d'eau ont de l'importance en tant qu'habitat des oiseaux d'eau.

.Le choix des zones humides à inscrire sur la Liste devrait être fondé sur leur importance internationale au point de vue écologique, botanique, zoologique, limnologique ou hydrologique. Devraient être inscrites, en premier lieu, les zones humides ayant une importance internationale pour les oiseaux d'eau en toutes saisons.

3 .L'inscription d'une zone humide sur la Liste est faite sans préjudice des droits exclusifs de souveraineté de la Partie contractante sur le territoire de laquelle elle se trouve située.

4 .Chaque Partie contractante désigne au moins une zone humide à inscrire sur la Liste au moment de signer la Convention ou de déposer son instrument de ratification ou d'adhésion conformément aux dispositions de l'article 9.

5 .Toute Partie contractante a le droit d'ajouter à la Liste d'autres zones humides situées sur son territoire, d'étendre celles qui sont déjà inscrites, ou, pour des raisons pressantes d'intérêt national, de retirer de la Liste ou de réduire l'étendue des zones humides déjà inscrites et, le plus rapidement possible, elle informe de ces modifications l'organisation ou le gouvernement responsable des fonctions du Bureau permanent spécifiées par l'article 8.

6 .Chaque Partie contractante tient compte de ses engagements, sur le plan international, pour la conservation, la gestion, et l'utilisation rationnelle des populations migratrices d'oiseaux d'eau, tant lorsqu'elle désigne les zones humides de son territoire à inscrire sur la Liste que lorsqu'elle exerce son droit de modifier ses inscriptions.

Article 3

- 1 .Les Parties contractantes élaborent et appliquent leurs plans d'aménagement de façon à favoriser la conservation des zones humides inscrites sur la Liste et, autant que possible, l'utilisation rationnelle des zones humides de leur territoire.
- 2 .Chaque Partie contractante prend les dispositions nécessaires pour être informée dès que possible des modifications des caractéristiques écologiques des zones humides situées sur son territoire et inscrites sur la Liste, qui se sont produites, ou sont en train ou susceptibles de se produire, par suite d'évolutions technologiques, de pollution ou d'une autre intervention humaine. Les informations sur de telles modifications seront transmises sans délai à l'organisation ou au gouvernement responsable des fonctions du Bureau permanent spécifiées à l'article 8.

Article 4

- 1 .Chaque Partie contractante favorise la conservation des zones humides et des oiseaux d'eau en créant des réserves naturelles dans les zones humides, que celles-ci soient ou non inscrites sur la Liste, et pourvoit de façon adéquate à leur surveillance.
- 2 .Lorsqu'une Partie contractante, pour des raisons pressantes d'intérêt national, retire une zone humide inscrite sur la Liste ou en réduit l'étendue, elle devrait compenser autant que possible toute perte de ressources en zones humides et, en particulier, elle devrait créer de nouvelles réserves naturelles pour les oiseaux d'eau et pour la protection, dans la même région ou ailleurs, d'une partie convenable de leur habitat antérieur.
- 3 .Les Parties contractantes encouragent la recherche et l'échange de données et de publications relatives aux zones humides, à leur flore et à leur faune.
- 4 .Les Parties contractantes s'efforcent, par leur gestion, d'accroître les populations d'oiseaux d'eau sur les zones humides appropriées.
- 5 .Les Parties contractantes favorisent la formation de personnel compétent pour l'étude, la gestion et la surveillance des zones humides.

Article 5

- 1 .Les Parties contractantes se consultent sur l'exécution des obligations découlant de la Convention, particulièrement dans le cas d'une zone humide s'étendant sur les territoires de plus d'une Partie contractante ou lorsqu'un bassin hydrographique est partagé entre plusieurs Parties contractantes. Elles s'efforcent en même temps de coordonner et de soutenir leurs politiques et réglementations présentes et futures relatives à la conservation des zones humides, de leur flore et de leur faune.

Article 6

- 1 .Il est institué une Conférence des Parties contractantes pour examiner et promouvoir la mise en application de la présente Convention. Le Bureau dont il est fait mention au paragraphe 1 de l'article 8 convoque des sessions ordinaires de la Conférence à des intervalles de trois ans au plus, à moins que la Conférence n'en décide autrement, et des sessions extraordinaires lorsque la demande écrite en est faite par au moins un tiers des Parties contractantes. La Conférence des Parties contractantes détermine, à chacune de ses sessions ordinaires, la date et le lieu de sa prochaine session ordinaire.

- 2 .La Conférence des Parties contractantes aura compétence:
 - a.pour discuter de l'application de la Convention;
 - b.pour discuter d'additions et de modifications à la Liste;
 - c.pour examiner les informations sur les modifications des caractéristiques écologiques des zones humides inscrites sur la Liste fournies en exécution du paragraphe 2 de l'article 3;
 - d.pour faire des recommandations, d'ordre général ou particulier, aux Parties contractantes, au sujet de la conservation, de la gestion et de l'utilisation rationnelle des zones humides, de leur flore et de leur faune;
 - e.pour demander aux organismes internationaux compétents d'établir des rapports et des statistiques sur les sujets à caractère essentiellement international concernant les zones humides;
 - f.pour adopter d'autres recommandations ou résolutions en vue de promouvoir le fonctionnement de la présente Convention.

- 3.Les Parties contractantes assurent la notification aux responsables, à tous les niveaux, de la gestion des zones humides, des recommandations de telles Conférences relatives à la conservation, à la gestion et à l'utilisation rationnelle des zones humides et de leur flore et de leur faune, et elles prennent en considération ces recommandations.

4 .La Conférence des Parties contractantes adopte un règlement intérieur à chacune de ses sessions.

5 .La Conférence des Parties contractantes établit et examine régulièrement le règlement financier de la présente Convention. A chacune de ses sessions ordinaires, elle adopte le budget pour l'exercice suivant à une majorité des deux tiers des Parties contractantes présentes et votantes.

6 .Chaque Partie contractante contribue à ce budget selon un barème des contributions adopté à l'unanimité des Parties contractantes présentes et votantes à une session ordinaire de la Conférence des Parties contractantes.

Article 7

1 .Les Parties contractantes devraient inclure dans leur représentation à ces conférences des personnes ayant la qualité d'experts pour les zones humides ou les oiseaux d'eau du fait des connaissances et de l'expérience acquises par des fonctions scientifiques, administratives ou par d'autres fonctions appropriées.

2 .Chacune des Parties contractantes représentées à une Conférence dispose d'une voix, les recommandations, résolutions et décisions étant adoptées à la majorité simple des Parties contractantes présentes et votantes; à moins que la présente Convention ne prévoioit d'autres dispositions.

Article 8

1.L'Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources assure les fonctions du Bureau permanent en vertu de la présente Convention, jusqu'au moment où une autre organisation ou un gouvernement sera désigné par une majorité des deux tiers de toutes les Parties contractantes.

2.Les fonctions du Bureau permanent sont, notamment:

- a.D'aider à convoquer et à organiser les conférences visées à l'article 6;
- b.de tenir la Liste des zones humides d'importance internationale, et recevoir des Parties contractantes les informations prévues par le paragraphe 5 de l'article 2, sur toutes additions, extensions, suppressions ou diminutions relatives aux zones humides inscrites sur la Liste;
- c.de recevoir des Parties contractantes les informations prévues conformément au paragraphe 2 de l'article 3 sur toutes modifications des conditions écologiques des zones humides inscrites sur la Liste;
- d.de notifier à toutes les Parties contractantes toute modification de la Liste, ou tout changement dans les caractéristiques des zones humides inscrites, et prendre les dispositions pour que ces questions soient discutées à la prochaine conférence;
- e.d'informer la Partie contractante intéressée des recommandations des conférences en ce qui concerne les modifications à la Liste ou des changements dans les caractéristiques des zones humides inscrites.

Article 9

1.La Convention est ouverte à la signature pour une durée indéterminée.

2.Tout membre de l'Organisation des Nations Unies, de l'une de ses institutions spécialisées, ou de l'Agence internationale

de l'énergie atomique, ou toute Partie au statut de la Cour internationale de Justice peut devenir Partie contractante à cette Convention par:

- a.signature sans réserve de ratification;
- b.signature sous réserve de ratification, suivie de la ratification;
- c.adhésion.

3.La ratification ou l'adhésion seront effectuées par le dépôt d'un instrument de ratification ou d'adhésion auprès du Directeur général de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (ci-après appelé le "Dépositaire").

Article 10

1. La Convention entrera en vigueur quatre mois après que sept Etats seront devenus Parties contractantes à la Convention conformément aux dispositions du paragraphe 2 de l'article 9.
2. Par la suite, la Convention entrera en vigueur, pour chacune des Parties contractantes, quatre mois après la date de sa signature sans réserve de ratification, ou du dépôt de son instrument de ratification ou d'adhésion.

Article 10 bis

1. La présente Convention peut être amenée à une réunion des Parties contractantes convoquée à cet effet en conformité avec le présent article.
2. Des propositions d'amendement peuvent être présentés par toute Partie contractante.
3. Le texte de toute proposition d'amendement et les motifs de cette proposition sont communiqués à l'organisation ou au gouvernement faisant office de bureau permanent au sens de la Convention (appelé(e), ci-après "le Bureau"), et sont communiqués par le Bureau sans délai à toutes les Parties contractantes. Tout commentaire sur le texte émanant d'une Partie contractante est communiqué au Bureau dans les trois mois suivant la date à laquelle les amendements ont été communiqués aux Parties contractantes par le Bureau. Le Bureau, immédiatement après la date limite de présentations des commentaires, communique aux Parties contractantes tous les commentaires reçus à cette date.
4. Une réunion des Parties contractantes en vue d'examiner un amendement communiqué en conformité avec le paragraphe 3 est convoquée par le Bureau à la demande écrite d'un tiers du nombre des Parties contractantes. Le Bureau consulte les Parties en ce qui concerne la date et le lieu de la réunion.
5. Les amendements sont adoptés à la majorité des deux tiers des Parties contractantes présentes et votantes.
6. Lorsqu'il a été adopté, un amendement entre en vigueur, pour les Parties contractantes qui l'ont accepté, le premier jour du quatrième mois suivant la date à laquelle deux tiers des Parties contractantes ont déposé un instrument d'acceptation auprès du Dépositaire. Pour toute Partie contractante qui dépose un instrument d'acceptation après la date à laquelle deux tiers des Parties contractantes ont déposé un instrument d'acceptation, l'amendement entre en vigueur le premier jour du quatrième mois suivant la date du dépôt de l'instrument d'acceptation de cette Partie.

Article 11

1. La Convention restera en vigueur pour une durée indéterminée.
2. Toute Partie contractante pourra dénoncer la Convention après une période de cinq ans après la date à laquelle elle sera entrée en vigueur pour cette Partie, en faisant par écrit la notification au Dépositaire. La dénonciation prendra effet quatre mois après le jour où la notification en aura été reçue par le Dépositaire.

Article 12

1. Le Dépositaire informera aussitôt que possible tous les Etats ayant signé la Convention ou y ayant adhéré:
 - a. des signatures de la Convention;
 - b. des dépôts d'instruments de ratification de la Convention;
 - c. des dépôts d'instruments d'adhésion à la Convention;
 - d. de la date d'entrée en vigueur de la Convention;
 - e. des notifications de dénonciation de la Convention.
2. Lorsque la Convention sera entrée en vigueur, le Dépositaire la fera enregistrer au Secrétariat des Nations Unies conformément à l'article 102 de la charte.

EN FOI DE QUOI les soussignés, dûment mandatés à cet effet, ont signé la présente Convention.

FAIT à Ramsar le 2 février 1971 en un seul exemplaire original dans les langues anglaise, française, allemande et russe, tous

les textes étant également authentiques*, lequel exemplaire sera confié au Dépositaire qui en délivrera des copies certifiées conformes à toutes les Parties contractantes.

DIRECTIVE DU CONSEIL
N° 92/43/CEE
DU 21 MAI 1992

concernant la conservation
 des habitats naturels
 ainsi que de la faune et de la flore
 sauvages

(JOCE n° L 206 du 22 juillet 1992)

LE CONSEIL DES COMMUNAUTÉS EURO-
 PÉENNES,

Vu le Traité instituant la Communauté éco-
 nomique européenne, et notamment son arti-
 cle 130 S,

Vu la proposition de la Commission (1),

Vu l'avis du Parlement européen (2),

Vu l'avis du Comité économique et social (3),

Considérant que la préservation, la protec-
 tion et l'amélioration de la qualité de l'en-
 vironnement, y compris la conservation des
 habitats naturels ainsi que de la faune et de la
 flore sauvages, constituent un objectif essen-
 tiel, d'intérêt général poursuivi par la
 Communauté comme prévu à l'article 130 R
 du traité;

Considérant que le programme d'action
 communautaire en matière d'environnement
 (1987-1992) (4) prévoit des dispositions
 concernant la conservation de la nature et des
 ressources naturelle;

Considérant que le but principal de la pré-
 sente directive étant de favoriser le maintien
 de la biodiversité, tout en tenant compte des
 exigences économiques, sociales, culturelles
 et régionales, elle contribue à l'objectif
 général, d'un développement durable; que le
 maintien de cette biodiversité peut, dans
 certains cas, requérir le maintien, voire l'en-
 couragement, d'activités humaines;

Considérant que, sur le territoire européen
 des États membres, les habitats naturels ne
 cessent de se dégrader et qu'un nombre croi-
 sant d'espèces sauvages sont gravement
 menacés; que, étant donné que les habitats
 et espèces menacés font partie du patrimoine
 naturel de la Communauté et que les menaces
 pesant sur ceux-ci sont souvent de nature
 transfrontalière, il est nécessaire de prendre
 des mesures au niveau communautaire en vue
 de les conserver;

Considérant que, eu égard aux menaces
 pesant sur certains types d'habitats naturels

et certaines espèces, il est nécessaire de les
 définir comme prioritaires afin de privilégier
 la mise en œuvre rapide de mesures visant à
 leur conservation;

Considérant que, en vue d'assurer le rétablis-
 sement ou le maintien des habitats naturels et
 des espèces d'intérêt communautaire dans un
 état de conservation favorable, il y a lieu de
 désigner des zones spéciales de conservation
 afin de réaliser un réseau écologique euro-
 péen cohérent suivant un calendrier défini;

Considérant que toutes les zones désignées, y
 compris celles qui sont classées ou qui seront
 classées dans le futur en tant que zones spé-
 ciales de protection en vertu de la directive
 79/409/CEE du Conseil, du 2 avril 1979,
 concernant la conservation des oiseaux
 sauvages (5), devront s'intégrer dans le
 réseau écologique européen cohérent;

Considérant qu'il convient, dans chaque
 zone désignée, de mettre en œuvre les mesures
 nécessaires eu égard aux objectifs de conser-
 vation visés;

Considérant que les sites susceptibles d'être
 désignés comme zones spéciales de conserva-
 tion sont proposés par les États membres
 mais qu'une procédure doit néanmoins être
 prévue pour permettre la désignation dans
 des cas exceptionnels d'un site non proposé
 par un État membre mais que la Commu-
 nauté considère essentiel respectivement
 pour le maintien ou pour la survie d'un type
 d'habitat naturel prioritaire ou d'une espèce
 prioritaire;

Considérant que tout plan ou programme
 susceptible d'affecter de manière significative
 les objectifs de conservation d'un site qui a
 été désigné ou qui le sera dans le futur doit
 être l'objet d'une évaluation appropriée;

Considérant qu'il est reconnu que l'adoption
 des mesures destinées à favoriser la conser-
 vation des habitats naturels prioritaires et des
 espèces prioritaires d'intérêt communautaire
 incombe, à titre de responsabilité commune,
 à tous les États membres; que cela peut
 cependant imposer une charge financière
 excessive à certains États membres compte
 tenu, d'une part de la répartition inégale de
 ces habitats et espèces dans la Communauté
 et, d'autre part, du fait que le principe du
 pollueur-payeur ne peut avoir qu'une appli-
 cation limitée dans le cas particulier de la
 conservation de la nature;

Considérant qu'il est dès lors convenu que,
 dans ce cas exceptionnel, les concours d'un
 cofinancement communautaire devrait être
 prévu dans les limites des moyens financie-
 rs libérés en vertu des décisions de la Commu-
 nauté;

Considérant qu'il convient d'encourager,
 dans les politiques d'aménagement du terri-
 toire et de développement, la gestion des
 éléments du paysage qui revêtent une impor-
 tance majeure pour la faune et la flore sau-
 vages;

Considérant qu'il importe d'assurer la mise
 en place d'un système de surveillance de l'état
 de conservation des habitats naturels et des
 espèces visées par la présente directive;

Considérant que, en complément de la direc-
 tive 79/409/CEE, il convient de prévoir un
 système général de protection pour certaines
 espèces de faune et de flore; que des mesures
 de gestion doivent être prévues pour certaines

espèces, si leur état de conservation le justifie,
 y compris l'interdiction de certaines modali-
 tés de capture ou de mise à mort, tout en
 prévoyant la possibilité de dérogations sous
 certaines conditions;

Considérant que, dans le but d'assurer le
 suivi de la mise en œuvre de la présente
 directive, la Commission préparera périodi-
 quement un rapport de synthèse fondé
 notamment sur les informations que les États
 membres lui adresseront sur l'application des
 dispositions nationales prise en vertu de la
 présente directive;

Considérant que l'amélioration des connais-
 sances scientifiques et techniques est indis-
 pensable pour la mise en œuvre de la présete
 directive, et qu'il convient par conséquent
 d'encourager la recherche et les travaux
 scientifiques requis à cet effet;

Considérant que le progrès technique et
 scientifique nécessite la possibilité d'adapter
 les annexes; qu'il convient de prévoir une
 procédure de modification de ces annexes par
 le Conseil;

Considérant qu'un comité de réglementation
 doit être instauré pour assister la Commis-
 sion dans la mise en œuvre de la présente
 directive notamment lors de la prise de déci-
 sion sur le cofinancement communautaire;

Considérant qu'il convient de prévoir des
 mesures complémentaires qui réglementent
 la réintroduction de certaines espèces de
 faune et de flore indigènes ainsi que l'in-
 troduction éventuelle d'espèces non indigènes;

Considérant que l'éducation et l'information
 générale relatives aux objectifs de la présente
 directive sont indispensables pour assurer sa
 mise en œuvre efficace,

A ARRÊTÉ LA PRÉSENTE DIRECTIVE :

Définitions

Article premier. — Aux fins de la présente
 directive, on entend par :

a) *conservation* : un ensemble de mesures
 requises pour maintenir ou rétablir les habi-
 tats naturels et les populations d'espèces de
 faune et de flore sauvages dans un état favo-
 rable au sens des points e) et i);

b) *habitats naturels* : des zones terrestres ou
 aquatiques se distinguant par leurs caracté-
 ristiques géographiques, abiotiques et bioti-
 ques, qu'elles soient entièrement naturelles
 ou semi-naturelles;

c) *types d'habitats naturels d'intérêt commu-
 nautaire* : ceux qui, sur le territoire visé à
 l'article 2 :

i) sont en danger de disparition dans leur
 aire de répartition naturelle

ou

ii) ont une aire de répartition naturelle
 réduite par suite de leur régression ou en
 raison de leur aire intrinsèquement restreinte
 ou

iii) constituent des exemples remarquables
 de caractéristiques propres à l'une ou à
 plusieurs des cinq régions biogéographiques
 suivantes : alpine, atlantique, continentale,
 macaronésienne et méditerranéenne.

Ces types d'habitats figurent ou sont suscep-
 tibles de figurer à l'annexe I;

d) *types d'habitats naturels prioritaires* : les
 types d'habitats naturels en danger de dispa-
 rition présents sur le territoire visé à l'arti-
 cle 2 et pour la conservation desquels la

(1) JOCE n° C 247 du 21.9.1988, p. 3. JOCE
 n° C 195 du 3.8.1990, p. 1.

(2) JOCE n° C 75 du 20.3.1991, p. 12.

(3) JOCE n° C 31 du 6.2.1991, p. 25.

(4) JOCE n° C 328 d. 7.12.1987, p. 1.

(5) JOCE n° L 103 du 25.4.1979, p. 1. Directive
 modifiée en dernier lieu par la directive
 91/244/CEE (JOCE n° L 115 du 8.5.1991,
 p. 41).

Communauté porte une responsabilité particulière, compte tenu de l'importance de la part de leur aire de répartition naturelle comprise dans le territoire visé à l'article 2. Ces types d'habitats naturels prioritaires sont indiqués par un astérisque (*) à l'annexe I ;

c) état de conservation d'un habitat naturel : l'effet de l'ensemble des influences agissant sur un habitat naturel ainsi que sur les espèces typiques qu'il abrite, qui peuvent affecter à long terme sa répartition naturelle, sa structure et ses fonctions ainsi que la survie à long terme de ses espèces typiques sur le territoire visé à l'article 2.

« L'état de conservation » d'un habitat naturel sera considéré comme « favorable » lorsque :

– son aire de répartition naturelle ainsi que les superficies qu'il couvre au sein de cette aire sont stables ou en extension

et

– la structure et les fonctions spécifiques nécessaires à son maintien à long terme existent et sont susceptibles de perdurer dans un avenir prévisible

et

– l'état de conservation des espèces qui lui sont typiques est favorable au sens du point i) ;

f) habitat d'une espèce : le milieu défini par des facteurs abiotiques et biotiques spécifiques où vit l'espèce à l'un des stades de son cycle biologique ;

g) espèces d'intérêt communautaire : celles qui, sur le territoire visé à l'article 2, sont :

i) en danger, excepté celles dont l'aire de répartition naturelle s'étend de manière marginale sur ce territoire et qui ne sont ni en danger ni vulnérables dans l'aire du paléarctique occidental

ou

ii) vulnérables, c'est-à-dire dont le passage dans la catégorie des espèces en danger est jugé probable dans un avenir proche en cas de persistance des facteurs qui sont cause de la menace

ou

iii) rares, c'est-à-dire dont les populations sont de petite taille et qui, bien qu'elles ne soient pas actuellement en danger ou vulnérables, risquent de le devenir. Ces espèces sont localisées dans des aires géographiques restreintes ou éparpillées sur une plus vaste superficie

ou

iv) endémiques et requièrent une attention particulière en raison de la spécificité de leur habitat et/ou des incidences potentielles de leur exploitation sur leur état de conservation.

Ces espèces figurent ou sont susceptibles de figurer à l'annexe II et/ou IV ou V ;

h) espèces prioritaires : les espèces visées au point g) i) et pour la conservation desquelles la Communauté porte une responsabilité particulière compte tenu de l'importance de la part de leur aire de répartition naturelle comprise dans le territoire visé à l'article 2. Ces espèces prioritaires sont indiquées par un astérisque (*) à l'annexe II ;

i) état de conservation d'une espèce : l'effet de l'ensemble des influences qui, agissant sur l'espèce, peuvent affecter à long terme la répartition et l'importance de ses populations sur le territoire visé à l'article 2 ;

« L'état de conservation » sera considéré comme « favorable » lorsque :

– les données relatives à la dynamique de la population de l'espèce en question indiquent que cette espèce continue et est susceptible de continuer à long terme à constituer un élément viable des habitats naturels auxquels elle appartient

et

– l'aire de répartition naturelle de l'espèce ne diminue ni ne risque de diminuer dans un avenir prévisible

et

– il existe et il continuera probablement d'exister un habitat suffisamment étendu pour que ses populations se maintiennent à long terme ;

j) site : une aire géographiquement définie, dont la surface est clairement délimitée ;

k) site d'importance communautaire : un site qui, dans la ou les régions biogéographiques auxquelles il appartient, contribue de manière significative à maintenir ou à rétablir un type d'habitat naturel de l'annexe I ou une espèce de l'annexe II dans un état de conservation favorable et peut aussi contribuer de manière significative à la cohérence de « Natura 2000 » visé à l'article 3, et/ou contribue de manière significative au maintien de la diversité biologique dans la ou les régions biogéographiques concernées.

Pour les espèces animales qui occupent de vastes territoires, les sites d'importance communautaire correspondent aux lieux, au sein de l'aire de répartition naturelle de ces espèces, qui présentent les éléments physiques ou biologiques essentiels à leur vie et reproduction ;

l) zone spéciale de conservation : un site d'importance communautaire désigné par les États membres par un acte réglementaire, administratif et/ou contractuel où sont appliquées les mesures de conservation nécessaires au maintien ou au rétablissement, dans un état de conservation favorable, des habitats naturels et/ou des populations des espèces pour lesquels le site est désigné ;

m) spécimen : tout animal ou plante, vivant ou mort, des espèces figurant à l'annexe V, toute partie ou tout produit obtenu à partir de ceux-ci ainsi que toute autre marchandise dans le cas où il ressort du document justificatif, de l'emballage ou d'une étiquette ou de toutes autres circonstances qu'il s'agit de parties ou de produits d'animaux ou de plantes de ces espèces ;

n) comité : le comité établi en vertu de l'article 20.

Art. 2 -- 1. La présente directive a pour objet de contribuer à assurer la biodiversité par la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages sur le territoire européen des États membres où le traité s'applique.

2. Les mesures prises en vertu de la présente directive visent à assurer le maintien ou le rétablissement, dans un état de conservation

favorable, des habitats naturels et des espèces de faune et de flore sauvages d'intérêt communautaire.

3. Les mesures prises en vertu de la présente directive tiennent compte des exigences économiques, sociales et culturelles, ainsi que des particularités régionales et locales.

Conservation des habitats naturels et des habitats d'espèces

Art. 3. -- 1. Un réseau écologique européen cohérent de zones spéciales de conservation, dénommé « Natura 2000 », est constitué. Ce réseau, formé par des sites abritant des types d'habitats naturels figurant à l'annexe I et des habitats des espèces figurant à l'annexe II, doit assurer le maintien ou, le cas échéant, le rétablissement, dans un état de conservation favorable, des types d'habitats naturels et des habitats d'espèces concernés dans leur aire de répartition naturelle.

Le réseau Natura 2000 comprend également les zones de protection spéciale classées par les États membres en vertu des dispositions de la directive 79/409/CEE.

2. Chaque État membre contribue à la constitution de Natura 2000 en fonction de la représentation, sur son territoire, des types d'habitats naturels et des habitats d'espèces visés au paragraphe 1. Il désigne à cet effet, conformément à l'article 4, des sites en tant que zones spéciales de conservation, et tenant compte des objectifs visés au paragraphe 1.

fonctionnement du marché commun, qu'il convient donc de procéder, dans ce domaine, au rapprochement des législations prévu à l'article 100 du traité;

Considérant qu'il apparaît nécessaire d'assortir ce rapprochement des législations d'une action de la Communauté visant à réaliser, par une réglementation plus ample, l'un des objectifs de la Communauté dans le domaine de la protection du milieu et de l'amélioration de la qualité de la vie; qu'il convient de prévoir à ce titre certaines dispositions spécifiques; que, les pouvoirs d'action spécifiques requis à cet effet n'ayant pas été prévus par le traité, il convient de recourir à l'article 235;

Considérant que, afin d'atteindre les objectifs de la directive, les États membres devront désigner les eaux auxquelles elle s'applique et fixer les valeurs limites correspondant à certains paramètres; que les eaux désignées devront être rendues conformes à ces valeurs dans un délai de cinq ans après la désignation;

Considérant qu'il y a lieu de prévoir que les eaux douces aptes à la vie des poissons seront, à certaines conditions, censées être conformes aux valeurs des paramètres qui s'y rapportent, même si un certain pourcentage d'échantillons prélevés ne respecte pas les limites spécifiées en annexe;

Considérant que, pour assurer le contrôle de la qualité des eaux douces aptes à la vie des poissons, il y a lieu de procéder à des prélèvements minimaux d'échantillons et d'effectuer les mesures des paramètres spécifiés à l'annexe; que ces prélèvements pourront être réduits ou supprimés en fonction de la qualité des eaux;

Considérant que certaines circonstances naturelles échappent au contrôle des États membres et que, de ce fait, il faut prévoir la possibilité de déroger dans certains cas à la présente directive;

Considérant que le progrès technique et scientifique peut rendre nécessaire une adaptation rapide de certaines des dispositions figurant en annexe à la présente directive; qu'il convient, pour faciliter la mise en œuvre des mesures nécessaires à cet effet, de prévoir une procédure instaurant une coopération étroite entre les États membres et la Commission au sein d'un comité pour l'adaptation au progrès technique et scientifique,

A arrêté la présente directive:

Article premier

1. La présente directive concerne la qualité des eaux douces et s'applique aux eaux désignées par les États membres comme ayant besoin d'être protégées ou améliorées pour être aptes à la vie des poissons.

2. La présente directive ne s'applique pas aux eaux se trouvant dans des bassins naturels ou artificiels utilisés pour l'élevage intensif des poissons.

3. La présente directive a pour but de protéger ou d'améliorer la qualité des eaux douces courantes ou stagnantes dans lesquelles vivent ou pourraient vivre, si la pollution était réduite ou éliminée, les poissons appartenant:

- à des espèces indigènes présentant une diversité naturelle,

- à des espèces dont la présence est jugée souhaitable, aux fins de gestion des eaux, par les autorités compétentes des États membres.

4. Au sens de la présente directive, on entend par:

- eaux salmonicoles, les eaux dans lesquelles vivent ou pourraient vivre les poissons appartenant à des espèces telles que les saumons (*Salmo salar*), les truites (*Salmo trutta*), les ombres (*Thymallus thymallus*) et les corégones (*Coregonus*),

- eaux cyprinicoles, les eaux dans lesquelles vivent ou pourraient vivre les poissons appartenant aux cyprinidés (*Cyprinidae*), ou d'autres espèces telles que les brochets (*Esox lucius*), les perches (*Perca fluviatilis*) et les anguilles (*Anguilla anguilla*).

Art. 2

1. Les paramètres physico-chimiques applicables aux eaux désignées par les États membres figurent à l'annexe I.

2. Pour l'application de ces paramètres, les eaux sont divisées en eaux salmonicoles et en eaux cyprinicoles.

Art. 3

1. Les États membres fixent, pour les eaux désignées, des valeurs pour les paramètres indiqués à l'annexe I, dans la mesure où des valeurs apparaissent dans la colonne G ou dans la colonne I. Ils se conforment aux remarques figurant dans ces deux colonnes.

2. Les États membres ne fixent pas de valeurs moins sévères que celles figurant dans la colonne I de l'annexe I et s'efforcent de respecter les valeurs figurant dans la colonne G, compte tenu du principe énoncé à l'article 8.

Art. 4

1. Les États membres procèdent à une première désignation d'eaux salmonicoles et d'eaux cyprinicoles dans un délai de deux ans à compter de la notification de la présente directive.

2. Les États membres peuvent par la suite effectuer des désignations supplémentaires.

3. Les États membres peuvent procéder à la révision de la désignation de certaines eaux en raison de l'existence de facteurs non prévus à la date de la désignation, en tenant compte du principe énoncé à l'article 8.

Art. 5

Les États membres établissent des programmes en vue de réduire la pollution et d'assurer que les eaux désignées soient conformes, dans un délai de cinq ans à compter de la désignation effectuée conformément à l'article 4, aux valeurs fixées par les États membres conformément à l'article 3 ainsi qu'aux remarques figurant dans les colonnes G et I de l'annexe I.

Art. 6

1. Pour l'application de l'article 5, les eaux désignées sont censées être conformes à la présente directive si des échantillons de ces eaux prélevés selon la fréquence minimale prévue à l'annexe I, en un même lieu de

DIRECTIVE DU CONSEIL N° 78-659 DU 18 JUILLET 1978

concernant la qualité des eaux douces
ayant besoin d'être protégées
ou améliorées
pour être aptes à la vie des poissons
(J.O.C.E. n° L. 221/1 du 14 août 1978)

Le Conseil des Communautés européennes,
Vu le traité instituant la Communauté économique européenne, et notamment ses articles 100 et 235,

Vu la proposition de la Commission,

Vu l'avis de l'Assemblée,

Vu l'avis du Comité économique et social,

Considérant que la protection et l'amélioration de l'environnement rendent nécessaires des mesures concrètes destinées à protéger les eaux contre la pollution, y compris les eaux douces aptes à la vie des poissons;

Considérant qu'il est nécessaire, du point de vue écologique et économique, de sauvegarder les peuplements de poissons de différentes conséquences néfastes résultant du rejet dans les eaux de substances polluantes, telles qu'en particulier la diminution du nombre des individus appartenant à certaines espèces, et parfois même la disparition de certaines d'entre elles;

Considérant que les programmes d'action des Communautés européennes en matière d'environnement de 1973 et de 1977 prévoient l'établissement en commun d'objectifs de qualité fixant les différentes exigences auxquelles un milieu doit satisfaire, et notamment la définition des paramètres valables pour l'eau, y compris les eaux douces aptes à la vie des poissons;

Considérant qu'une disparité entre les dispositions déjà applicables ou en cours de préparation dans les différents États membres en ce qui concerne la qualité des eaux douces aptes à la vie des poissons peut créer des conditions de concurrence inégales et avoir, de ce fait, une incidence directe sur le

Art. 9

Les États membres peuvent, à tout moment, fixer pour les eaux désignées des valeurs plus sévères que celles prévues par la présente directive. Ils peuvent également arrêter ces dispositions relatives à des paramètres autres que ceux prévus dans la présente directive.

Art. 10

Dans le cas d'eaux douces traversant ou constituant la frontière entre des États membres et qu'un de ces États envisage de désigner, ces États se consultent pour définir la partie de ces eaux à laquelle la directive pourrait s'appliquer ainsi que les conséquences à tirer des objectifs de qualité communs qui seront déterminés après concertation par chaque État concerné. La Commission peut participer à ces délibérations.

Art. 11

Les États membres peuvent déroger à la présente directive :

- a) pour certains paramètres marqués (0) dans l'annexe I, en raison de circonstances météorologiques exceptionnelles ou de circonstances géographiques spéciales ;
- b) lorsque les eaux désignées subissent un enrichissement naturel en certaines substances qui provoque le non-respect des valeurs prescrites à l'annexe I.

On entend par enrichissement naturel le processus par lequel une masse d'eau déterminée reçoit du sol certaines substances contenues dans celui-ci, sans intervention de la part de l'homme.

Art. 12

Les modifications nécessaires pour adapter au progrès technique et scientifique :

- les valeurs G des paramètres et
- les méthodes d'analyse

figurant à l'annexe I sont arrêtées conformément à la procédure prévue à l'article 14.

Art. 13

1. Il est institué aux fins de l'article 12 un comité pour l'adaptation au progrès technique et scientifique, ci-après dénommé « comité », qui est composé de représentants des États membres et présidé par un représentant de la Commission.
2. Le comité établit son règlement intérieur.

Art. 14

1. Dans le cas où il est fait référence à la procédure définie au présent article, le comité est saisi par son président, soit à l'initiative de celui-ci, soit à la demande du représentant d'un État membre.

2. Le représentant de la Commission soumet au comité un projet de mesures à prendre. Le comité émet son avis sur le projet dans un délai que le président fixe en fonction de l'urgence de la question. Il se prononce à la majorité de quarante et une voix, les voix des États membres étant affectées de la proportion prévue à l'article 148 paragraphe 2 du traité. Le président ne prend pas part au vote.

3. a) La Commission arrête les mesures envisagées lorsqu'elles sont conformes à l'avis du comité.

b) Lorsque les mesures envisagées ne sont pas conformes à l'avis du comité, ou en l'absence d'avis, la Commission soumet sans tarder au Conseil une proposition relative aux mesures à adopter. Le Conseil statue à la majorité qualifiée.

c) Si, à l'expiration d'un délai de trois mois à compter de la saisine du Conseil, celui-ci n'a pas statué, les mesures proposées sont arrêtées par la Commission.

Art. 15

Aux fins de l'application de la présente directive, les États membres fournissent à la Commission les informations concernant :

- les eaux désignées conformément à l'article 4 paragraphes 1 et 2, sous forme synthétique,
- la révision de la désignation de certaines eaux conformément à l'article 4, paragraphe 3,
- les dispositions prises en vue de fixer de nouveaux paramètres conformément à l'article 9,
- l'application des dérogations aux valeurs figurant dans la colonne I de l'annexe I.

Plus généralement, les États membres fournissent à la Commission, sur demande motivée de sa part, les informations nécessaires à l'application de la présente directive.

Art. 16

(Dir. n° 91/692 du 23 déc. 1991, art. 2 et Ann. I) Tous les trois ans, les États membres communiquent à la Commission des informations sur la mise en œuvre de la présente directive dans le cadre d'un rapport sectoriel couvrant également les autres directives communautaires pertinentes. Ce rapport est établi sur la base d'un questionnaire ou d'un schéma élaboré par la Commission selon la procédure prévue à l'article 6 de la directive 91/692/CEE. Le questionnaire ou le schéma est adressé aux États membres six mois avant le début de la période couverte par le rapport. Le rapport est transmis à la Commission dans les neuf mois suivant la fin de la période de trois ans qu'il couvre.

Le premier rapport couvre la période de 1993 à 1995 inclus.

La Commission publie un rapport communautaire sur la mise en œuvre de la directive dans les neuf mois suivant la réception des rapports des États membres.

Art. 17

1. Les États membres mettent en vigueur les dispositions législatives, réglementaires et administratives nécessaires pour se conformer à la présente directive dans un délai de deux ans à compter de sa notification. Ils en informent immédiatement la Commission.

2. Les États membres communiquent à la Commission le texte des dispositions essentielles de droit interne qu'ils adoptent dans le domaine régi par la présente directive.

Art. 18

Les États membres sont destinataires de la présente directive.

èvement et pendant une période de six mois, montrent qu'elles respectent les valeurs fixées par les États membres conformément à l'article 3 ainsi que les remarques figurant dans les colonnes G et I de l'annexe I, en ce qui concerne :

a) 5 % des échantillons pour les paramètres suivants : pH, DBO₅, ammoniac non lié, ammonium total, nitrites, chlore résiduel total, zinc total et cuivre soluble. Si la fréquence de prélèvement est inférieure à un échantillon par mois, les valeurs et remarques susmentionnées doivent être respectées sur tous les échantillons,

b) les pourcentages spécifiés à l'annexe I pour les paramètres suivants : température, oxygène dissous,

c) la concentration moyenne fixée pour le paramètre « matières en suspension ».

Le non-respect des valeurs fixées par les États membres conformément à l'article 3 des remarques figurant dans les colonnes G et I de l'annexe I n'est pas pris en considération dans le calcul des pourcentages prévus au paragraphe 1 lorsqu'il est la conséquence d'inondations ou autres catastrophes naturelles.

Art. 7

Les autorités compétentes des États membres effectuent les échantillonnages et la fréquence minimale est fixée à l'annexe I.

Lorsque l'autorité compétente constate que la qualité des eaux désignées est sensiblement supérieure à celle qui résulterait de l'application des valeurs fixées conformément à l'article 3 et des remarques figurant dans les colonnes G et I de l'annexe I, la fréquence des prélèvements peut être réduite. S'il n'y a aucune pollution et aucun risque de détérioration de la qualité des eaux, l'autorité compétente concernée peut décider qu'aucun prélèvement n'est nécessaire.

Si il se révèle, à la suite d'un prélèvement, que la valeur fixée par un État membre conformément à l'article 3 ou une remarque figurant dans les colonnes G ou I de l'annexe I n'est pas respectée, l'État membre concerné, même si cette situation est le fait du seul État, la conséquence d'un phénomène naturel ou est due à une pollution, et adopte des mesures appropriées.

Le lieu exact de prélèvement des échantillons, la distance de celui-ci au point de source de polluants le plus proche, ainsi que la profondeur à laquelle les échantillons doivent être prélevés sont définis par l'autorité compétente de chaque État membre en tenant compte, notamment, des conditions locales du milieu.

Un certain nombre de méthodes d'analyse de référence à utiliser pour le calcul des valeurs des paramètres concernés sont indiquées à l'annexe I. Les laboratoires qui utilisent d'autres méthodes doivent assurer que les résultats obtenus sont équivalents ou supérieurs à ceux indiqués dans l'annexe I.

Art. 8

L'application des mesures prises en vertu de la présente directive ne peut en aucun cas avoir pour effet d'accroître, directement ou indirectement, la pollution des eaux douces.

Contenu de la directive de la Directive "Habitat". (Université d'Orléans)

Mai 1992 : Adoption de la directive « Habitats » par le Conseil de l'union européenne.

·Les objectifs

↳ Contribuer à assurer la biodiversité par la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et la flore sauvage sur le territoire européen.

↳ Assurer leur maintien et leur rétablissement en tenant compte des exigences économiques, sociales et culturelle, ainsi que de particularités régionales et locales.

·La préservation des habitats

↳ Les habitats naturels et les espèces dont les habitats sont menacés sont énumérés dans la directive.

↳ Chaque état membre doit dresser une liste des sites qui les abritent, selon des critères bien définis. L'ensemble de ces sites, désignés comme « zones spéciales de conservation » (ZSC), constituera un réseau européen cohérent dit « Natura 2000 ».

↳ Les états membres définissent de façon appropriée leurs plans de gestion et leurs mesures de protection. Ils sont incités à encourager la gestion d'éléments du paysage qui revêtent une importance majeure pour la faune et la flore sauvage et sont essentiels à la migration, à la distribution géographique et à l'échange génétique d'espèces sauvages.

·La protection des espèces

↳ Les espèces de faune et de flore menacées d'extinction font l'objet d'une protection stricte.

↳ Les espèces moins menacées pourront être prélevées et exploitées dans la nature, sous réserve de mesures de gestion adaptées et sachant que l'utilisation de moyens de capture non sélectifs est interdite.

·Autres dispositions

↳ La directive précise les procédures de désignation des sites « Natura 2000 » ainsi que les dispositions financières d'accompagnement.

↳ Tous les six ans, un compte rendu concernant l'application de la directive doit être établi par chaque état.

↳ La directive fixe des travaux scientifiques et de recherche nécessaires ainsi que les procédures de réintroduction d'espèces indigènes et d'introduction intentionnelle d'espèces non indigènes.

Calendrier d'application

Les états ont deux ans (1992-1994) pour: transposer la directive à leur droit interne.

·1992-1994 : Période d'inventaire et d'information.

Il s'agit de recenser selon des critères purement scientifiques (sans tenir compte des considérations socio-économiques) les sites d'intérêt communautaires. De plus la publication nationale d'une lettre périodique d'information qui rendra compte de l'évolution du travail réalisé.

·1994-1995 : Temps de consultation.

Les conférences « Natura 2000 » permettront l'élaboration d'une liste nationale à partir de la liste proposée en première période, après concertation avec les acteurs socioprofessionnels concernés, site par site éventuellement, avec estimation des besoins financiers pour les gérer dans l'esprit de la directive voire indemniser les propriétaires.

·1995-1998 : Mise en cohérence des listes nationales.

Après vérification d'une bonne représentativité des habitats et des espèces prioritaires au niveau européen, ces listes pourront être modifiées pour établir une meilleure cohérence à l'échelle européenne.

·1998-2004 : Désignation des sites « Natura 2000 » .

Les états ont six ans pour préciser les périmètres des sites sélectionnés et les désigner, comme Natura 2000.

Les points forts de la directive

Elle présente un calendrier précis devant être respecté par les états membres (pour ne pas être traduits devant la Cour de Justice Européenne).

Elle peut obliger un pays à protéger un site : la Commission peut faire appel au Conseil de l'Europe.

Elle demande une obligation de résultats tout en laissant le choix des mesures de protection au libre arbitre de chaque état.

Tout espace appartenant au réseau « Natura 2000 » devra être respecté sous peine de traduction devant la Cour de Justice Européenne. Tout projet d'aménagement devra faire l'objet d'évaluations appropriées et d'études de solutions alternatives.

ARRETES DE BIOTOPE

En application de la loi n° 76.629 sur la Protection de la Nature en date du 10 juillet 1976, le préfet peut fixer par arrêté les mesures tendant à favoriser sur tout ou partie du territoire d'un département la conservation des biotopes nécessaires à l'alimentation, à la reproduction, au repos ou à la survie des espèces dont les listes ont été fixées en application de divers arrêtés interministériels : à titre indicatif, on peut citer les poissons migrateurs, le brochet, l'écrevisse à pieds blancs et la loutre.

En application de l'article R 211.14 du Code Rural, le préfet peut prendre des mesures limitatives ou d'interdiction des actions pouvant porter atteinte d'une manière indistincte à l'équilibre biologique des milieux.

La circulaire n° 90.95 du 27 juillet 1990 relative à "la protection des biotopes nécessaires aux espèces vivant dans les milieux aquatiques" précise les modalités d'application.

Elle cite à titre d'exemple les **zones de gravières servant de frayères aux salmonidés** et les **prairies inondables constituant des zones de reproduction du brochet**.

Elle mentionne l'intérêt que les arrêtés de biotope soient établis sur des fondements scientifiques, tels que ceux des ZNIEFF et du SDVP.

Le manquement aux dispositions d'un arrêté de biotope constitue une infraction prévue à l'article R.38 du Code Pénal.

Réserves Naturelles

En application des articles L242.1 à 27 du Code Rural résultant de la loi n° 76.629 sur la Protection de la Nature, des parties de territoire d'une ou plusieurs communes peuvent être classées en réserve naturelle lorsque la conservation de la flore, de la faune, des eaux, et en général du milieu naturel présente une importance particulière (cas d'application détaillés à l'article L242.1 du C.R.).

Le classement peut soumettre à un régime particulier, voire interdire à l'intérieur de la réserve toute action susceptible de nuire au développement naturel de la faune et de la flore (chasse, pêche, activité agricole,...).

La décision de classement est prononcée par décret, après consultation de toutes les collectivités locales concernées ; par décret en Conseil d'Etat, lorsque le propriétaire n'est pas d'accord avec ce classement.

ANNEXE 7 : GRILLE DE LA QUALITE DE L'EAU
DES
MILIEUX AQUATIQUES

GRILLE D'APPRECIATION GENERALE DE LA QUALITE DES EAUX ET DES COURS D'EAU

(AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE)

classes de minéralisation		S0	S1	S2	S3	S4	
I	1	conductivité S/cm à 20°C	< 400	400-750	750-1 500	1 500-3 000	> 3 000
	2	*dureté totale française	< 15	15-30	30-50	50-100	> 100
	3	Cl mg/l	< 100	100-200	200-400	400-1 000	> 1 000

classes de qualité		1 A	1 B	2	3	H.C.	
II	4a	température en °C	≤ 20	20-22	22-25	25-30	> 30
III	5	pH	6,5-8,5		6,5-8,5 6,0-8,5 si TH 5 °F		5,5-9,5
	6a	O ₂ dissous mg/l	> 7	5-7	3-5	3-1	≤ 1
	7a	O ₂ en % de saturation	> 90 %	70-90	50-70	< 50	
	8a	DBO ₅ eau brute mg/l O ₂	≤ 3	3-5	5-10	10-25	> 25
	9a	*oxydabilité KMnO ₄ mg/l O ₂	≤ 3	3-5	5-8		
	10a	DCO eau brute mg/l O ₂	≤ 20	20-25	25-40	40-80	> 80
	11c	MES totales mg/l	25		25-70	70-150	> 150
IV	12b	*SO ₄ ²⁻ mg/l	≤ 250			> 250	
	13b	NO ₃ ⁻ mg/l	< 250			50-100	
	13d	NO ₂ ⁻ mg/l	< 3	3-10	10-20	20-50	> 50
	14a	NH ₄ ⁺ mg/l	< 0,1	0,1-0,5	0,5-0,2	2-8	> 8
	15c	NH ₃ mg/l	< 0,025		0,025-0,08		> 0,08
	16b	N Kjeldahl mg/l	< 1	1-2	2-3		> 3
	17b	PO ₄ ³⁻ mg/l	< 0,54	0,54-0,94			> 0,94
	17d	PO ₄ ³⁻ mg/l	< 0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-5	> 5
	18	détergents anioniques mg/l	< 0,2		0,2-0,5		> 0,5
V	19a	*saprobies	oligosaprobies	β mésosaprobies	α mésosaprobies	polisaprobies	
	20f	indice lentique	≥ 9	8-7	6-5	4-3	≤ 2
	21f	indice lotique	≥ 9	8-7	6-5	4-3	≤ 2
VI	22a	fer tot précipité et en sol* mg/l	≤ 0,5	0,5-1	1-1,5	> 1,5	
	23a	Mn total	≤ 0,5	0,1-0,25	0,25-0,5	> 0,5	
VII	24a	*couleur visuelle	sans coloration particulière		légèrement coloré	très coloré	
	24b	*couleur mg Pt/l	≤ 10	10-50	50-100	100-200	> 200
	25a	*odeur perçue	sans odeur particulière		légère	forte	
	25b	*odeur (facteur de dilution)	≤ 3	3-10	10-20	20-100	> 100

VIII	26a	subst extract au chloroforme mg/l	≤ 0,2	0,2-0,5	0,5-1	> 1
	27a	phénols (fonctions) mg/l	≤ 0,001		0,001-0,05	0,05-0,5 > 0,5
	28a	huiles et graisses	absence		traces	présence nette
	29b	CN mg/l		≤ 0,05		> 0,05
	30b	Cr mg/l		≤ 0,05		> 0,05
	31b	F mg/l	< 0,7	0,7-1,7		> 1,7
	32b	Pb mg/l		≤ 0,05		> 0,05
	33b	Se mg/l		< 0,01		> 0,01
	34b	Cu mg/l	< 0,05		0,05-1	> 1
	35b	As mg/l	< 0,05		0,05-1	> 0,1
	36b	Cd mg/l		< 0,05		> 0,05
	37b	Hg mg/l		< 0,001		> 0,001
	38b.c	Zn (TH 10°F) mg/l	< 0,2		0,2-1	> 1
	IX	39b	coliformes totaux N/100 ml	≤ 50	50-5 000	5 000-50 000
40b		coliformes fécaux N/100 ml	≤ 20	20-2 000	2 000-20 000	> 20 000
41b		streptocoques fécaux N/100 ml	≤ 20	20-1 000	1 000-10 000	> 10 000

* paramètres secondaires

Sources : a : grille de description générale de la qualité (circulaire novembre 1971)

b : grille C.E.E. des eaux potabilisables

c : ne s'applique pas en période de hautes eaux

d : si l'on craint l'eutrophisation du cours d'eau

e : projet grille piscicole C.E.E.

f : indice normal supposé égal à 10.

QUALITE GENERALE DE L'EAU				
SALINITE	1A	1B	2	3
0	1A.S0	1B.S0	2.S0	3.S0
1	1A.S1	1B.S1 eau potable (traitement normal), industries alimentaires	2.S1 irrigation	3.S1
2	1A.S2	1B.S2 abreuvement des animaux	2.S2 eau industrielle eau potable (traitement poussé)	3.S2 irrigation
3	1A.S3	1B.S3 baignade, loisirs, poisson	2.S3 abreuvement des animaux	3.S3 autoépuration, navigation, refroidissement.
4	1A.S4	1B.S4	2.S4 loisirs (contacts exceptionnels avec l'eau), poisson (vit normalement mais reproduction aléatoire).	3.S4 autoépuration, poisson (survie aléatoire dans certaines circonstances)

(Réalisée par Aline MOREAU - 1996)

**Mémoire rédigé et présenté avec l'accord du maître de stage
en vue d'une soutenance publique**

A. DUTARTRE