

Végétations aquatiques et bioindication

Philippe Julve, Bruno de Foucault

Citer ce document / Cite this document :

Julve Philippe, de Foucault Bruno. Végétations aquatiques et bioindication. In: Le Journal de botanique, n°1, 1997. pp. 19-23;

doi : <https://doi.org/10.3406/jobot.1997.1643>;

https://www.persee.fr/doc/jobot_1280-8202_1997_num_1_1_1643;

Fichier pdf généré le 15/03/2024

Végétations aquatiques et Bioindication

Ph. JULVE & B. de FOUCAULT

J. Bot. Soc. bot. Fr. 1 : 19-23 (1997)

Le monde végétal peut être perçu à travers différents niveaux d'intégration spatiale et fonctionnelle : ... espèces, groupements végétaux, complexes paysagers, unités biogéographiques ... De même que les processus évolutifs, les modifications des conditions écologiques agissent à un ou plusieurs de ces niveaux de perception. Les modifications qu'elles provoquent dans les structures végétales sont étudiables d'un point de vue taxonomique (remplacement d'espèces ou de groupements végétaux), morphologique (description physiologique), adaptatif (changements de stratégies adaptatives et en particulier des types biologiques). De manière inverse, et lorsque des correspondances significatives ont pu être établies, la considération de ces modifications de structure peut permettre d'éclairer l'évolution d'un facteur du milieu : c'est la base des techniques de bioindication.

Si l'on s'intéresse à des variations écologiques continues, par exemple le long de gradients, il devient donc possible de suivre l'évolution physico-chimique des milieux par la simple observation des modifications des structures végétales.

L'existence de zonation de végétation parallèles à des gradients écologiques, particulièrement des gradients trophiques, est très utile pour mettre en évidence l'intérêt de la bioindication. Il arrive en effet que ces zonation spatiales correspondent à des séries dynamiques : en un même lieu, l'évolution des conditions de milieu provoque des modifications dans la végétation. Les phanérogames aquatiques peuvent ainsi être considérées comme des avertisseurs dans la surveillance de la qualité des écosystèmes aquatiques.

I. L'EUTROPHISATION

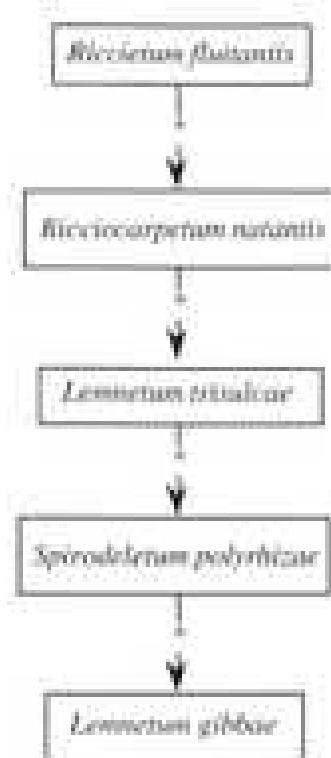
L'eutrophisation est certainement la transformation du milieu dont les effets ont été les plus étudiés dans les systèmes aquatiques. Elle est principalement la conséquence d'une augmentation des taux de phosphates et nitrates, augmentation provoquant un accroissement de la vitalité et du nombre des espèces polluo-résistantes, au détriment des espèces polluo-sensibles disparaissant progressivement.

D'une manière générale, en termes systémiques, cette transformation causale se traduit par l'existence d'une série de végétation constituée de plusieurs stades dynamiques (appelés "zones" lorsqu'ils sont observés de manière synchronique) caractérisés par des espèces indicatrices, ou descriptibles en termes d'association végétale :

A → B → ... → E → V (MÉRIAUX, 1982).

où V désigne une zone vide de végétation, donc le "zéro phytosociologique" ou syntaxon nul T_0 , A, B & E désignant des groupements végétaux différents. Cette série F-structurale admet les réalisations concrètes suivantes, extraites des travaux de MÉRIAUX & WATTEZ (1980), MÉRIAUX & GEHU (1980)... :

1) Végétation aquatique annuelle, librement flottante, des *Lemnetea minoris* (MÉRIAUX, 1978)



(—*→ : flèche systémique d'eutrophisation)
dont le tableau suivant donne une représentation floristique.

Colonne	1	2	3	4	5
Nombre de relevés	2	5	19	5	21
<i>Riccia fluitans</i>	2	I	II	I	
<i>Ricciocarpetum natans</i>		V	+		
<i>Lemna tridactyle</i>	2	I	V	II	I
<i>Wolffia arbuscula</i>			II		I
<i>Spirodela polytricha</i>		I	+	V	I
<i>Lemna gibba</i>			I	I	V
<i>Asolla filiculoides</i>			+		II
<i>Lemna minor</i>	2	V	V	IV	V

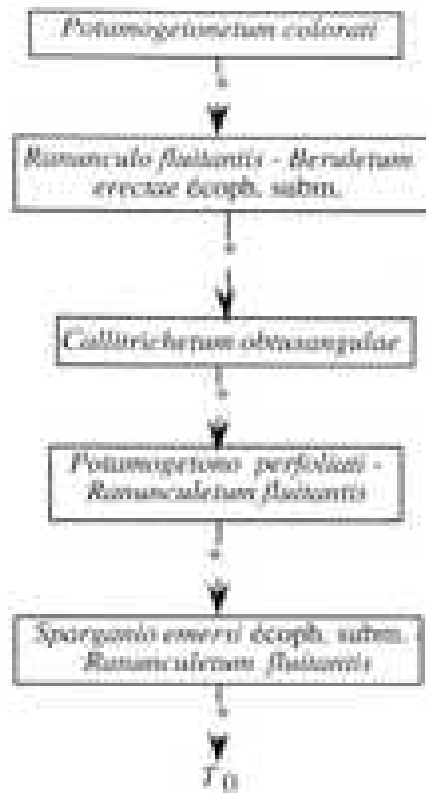
L'utilisation de la bioindication se fait, dans cet exemple, sur une base taxonomique floristique (on considère les espèces représentées), mais on pourrait également, en l'absence de connaissances floristiques par exemple, utiliser l'aspect morphologique des espèces représentées : en effet les *Riccia* sont de petites espèces à faible biomasse, ne formant pas d'abondantes végétations, ce qui est à mettre en rapport avec la faible teneur en nutriments des eaux qu'elles fréquentent ; à l'inverse, *Lemna gibba* forme des peuplements souvent très denses, qui occupent la totalité de l'espace disponible, signe d'une productivité élevée liée à l'absence de facteur trophique limitant.

D'une manière similaire, l'observation de caractères adaptatifs peut permettre le même type de déduction : les utriculaires fréquentent les eaux assez pauvres en nutriments

et compensent la faible disponibilité en azote du milieu par l'utilisation d'utricules qui sont des pièges à petits animaux.

2) Végétation aquatique vivace, enracinée et immergée, des *Potamogeton pectinatus*

2.1) cas des systèmes calcicoles neutrophiles (CARBIENER, 1977, 1983)



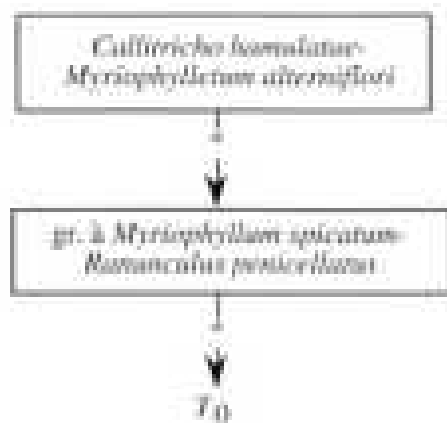
Colonie	A	B	C	D	E
<i>Potamogeton coloratus</i>	V				
<i>Ranunc. subumbellatus</i> ecoph. subm.	V				
<i>Chara hispida</i>	III				
<i>Alisma aquaticum</i> ecoph. subm.	IV	V	I		
<i>Agrostis cylindrica</i> ecoph. subm.	III	IV	II		
<i>Berula erecta</i> ecoph. subm.	V	V	V	V	IV
<i>Phalaris arundinacea</i> ecoph. subm.	I	V	II	I	I
<i>Myricaria ussuriensis</i> ecoph. subm.	I	II	II		I
<i>Utricularia vulgaris</i> aquatica ecoph. subm.	r	II	III	IV	II
<i>Callitriche obtusangula</i>		II	V	V	V
<i>Sparganium emersum</i> fa. fluitans		II	III	II	IV
<i>Najas lutea</i>		II	II	I	II
<i>Elodea canadensis</i>		II	II	II	III
<i>Festuca ovina</i>		I	I	III	III
<i>Potamogeton frondosus</i>			III	II	II
<i>Gracilaria lemaneiformis</i>			II	IV	III
<i>Elodea nuttallii</i>			II	I	IV
<i>Zostera marina</i>				V	II
<i>Potamogeton crispus</i>				IV	III
<i>Potamogeton perfoliatus</i>				I	I
<i>Potamogeton pectinatus</i>				II	V
<i>Ranunculus fluitans</i>					IV
<i>Utricularia vulgaris</i>					IV
<i>Myricophyllum spicatum</i>					III
<i>Ceratophyllum demersum</i>					II

analysable dans le tableau phytosociologique précédent (CARBIENER & al., 1990), où l'on observe, de chaque côté de la ligne représentant *Berula erecta*, la disparition progressive des espèces sensibles et l'apparition ou le développement progressif des espèces tolérantes. Les mêmes auteurs précisent que cette série dynamique de végétation peut servir d'échelle de bioindication du degré d'eutrophisation des cours d'eau en milieu bicarbonaté calcique peu ou pas pollué (= oligosaprobe).

Cet exemple montre en outre que, sur le terrain, le choix des bioindicateurs peut poser des problèmes particuliers. En effet les mares, les rivières, hébergent souvent des végétations complexes constituées d'hélophytes amphibies, d'hydrophytes libres ou enracinés... Ces différents éléments peuvent réagir ensemble ou différemment, ou avec des latences particulières, aux modifications des conditions de milieux. Ils peuvent donc évoluer différemment et il semble alors nécessaire d'établir les séries dynamiques en utilisant des indicateurs semblables du point de vue stratégie de vie. A cet égard la simple mention du nom de l'espèce peut ne pas suffire et l'écophène doit être pris en considération, en précisant la forme, flottante ou submergée par exemple... ; mais il existe quelques espèces présentant une hétérophylle sur le même individu (*Ranunculus peltatus*, *Sagittaria sagittifolia* par exemple), qui doivent donc être considérées de manière statistique, en utilisant la notion d'ensemble flou.

Dans un autre ordre d'idées, il convient de bien distinguer des situations apparemment semblables, mais en fait bien différentes écologiquement comme par exemple les bords et le centre de la rivière, les petites anses calmes, les situations de radiers... ; dans tous ces cas, les conditions d'agitation et de renouvellement des eaux sont bien différentes et l'on peut courir le risque de mélanger dans une interprétation globale des bioindications différentes. En effet, des eaux plus stagnantes supportent moins l'eutrophisation, à quantité égale de polluant, mais peuvent bénéficier d'une épuration biologique supérieure.

2.2) cas des systèmes silicicoles acidiphiles



On rencontre donc en système acide le même phénomène que dans le système calcicole, vicariant écologique, mais il manque ici des stades. Le processus est néanmoins homologue.

Il est intéressant de remarquer que l'eutrophisation détermine un cas d'isomorphisme spatio-temporel, c'est-à-dire qu'il existe une zonation spatiale, observable de manière synchronique (par exemple de la source à l'estuaire), où la série des végétations observées est identique à une série temporelle, observable de manière diachronique en un seul lieu soumis à

une eutrophisation progressive. On observe donc les mêmes zones de végétation :

- pouvant se succéder dans le temps, en un même lieu, suite à l'évolution des conditions écologiques locales ;
- et dans l'espace, parallèlement à un gradient écologique.

Cet isomorphisme présente un intérêt heuristique, car il permet de remplacer des observations diachroniques par des observations synchroniques menées le long d'un gradient privilégié. Un tel isomorphisme a été reconnu dans les systèmes aquatiques de plusieurs régions, quoique présenté en d'autres termes : le Ried d'Alsace (le long du gradient tête de bassin, oligotrophe / cours moyen, intermédiaire / partie basse du cours, eutrophe, CARBIENER, 1977), le nord de la France (MÉRIAUX & GEHU, 1980 ; MÉRIAUX & WATTEZ, 1980 ; MÉRIAUX & VERDEVOYE, 1983).

L'existence d'un isomorphisme spatio-temporel des réactions de la végétation à l'eutrophisation permet donc de connaître l'évolution d'une zone progressivement perturbée, par des observations le long d'un gradient spatial convenable.

Le problème est que l'inversion du gradient, oligotrophisation à partir d'un stade eutrophe, se traduit par un phénomène d'hystérésis. En effet, les phanérogames sont des organismes qui se reconstituent lentement, plusieurs années après la cessation des perturbations. Dans ces conditions particulières, leur inertie est trop élevée pour qu'elles soient utiles en bioindication, dans cet exemple précis d'amélioration des conditions de milieu.

Il devient donc nécessaire de porter attention sur des organismes de bien moindre inertie, par exemple des bryophytes aquatiques, mais plus encore en utilisant des végétations d'espace vital très réduit : des diatomées, voire des bactéries. Ces derniers organismes ont une grande valeur bioindicatrice, en raison de leur capacité à réagir rapidement à la moindre perturbation du milieu (BLANDIN, 1986).

On doit à EMPAIN (1978) la mise en évidence du rôle bioindicateur des bryophytes aquatiques, dans l'étude de trois rivières à eaux riches en bicarbonates. Cette étude utilise des relevés effectués à des endroits écologiquement différents des rivières (approche synchronique). Les résultats peuvent être synthétisés sur les tableaux suivants :

SAMBRE (EMPAIN, 1978, tableau 2, modifié)

Colonie	A	B	C
Nombre de relevés	7	3	2
<i>Dialictia macromata</i>	III		
<i>Fissidens cristatus</i>	III		
<i>Hygroamblystegium flavivittile</i>	II		
<i>Cincladeta danubiana</i>	II		
<i>Oxidocrossus fontanum</i>	V	1	
<i>Cincladeta nigricans</i>	V	2	
<i>Cincladeta fontinaloides</i>	V	3	
<i>Dicranella polytricha</i>	V	3	
<i>Dicranella spidiensis</i>	IV	2	
<i>Lamularia cristata</i>	IV	2	
<i>Orthotrichum cupularium/amblystegium</i>	III	2	
<i>Climacium illinoense</i>	III	2	
<i>Platydictyon spiroideum</i>	V	1	2
<i>Artem. argenteum</i>	IV	1	1

SOMME (EMPAIN, 1978, tableau 3, modifié)

Colonne	A	B	C	D	E
Nombre de relevés	11	1	1	1	1
<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i>	V				
<i>Cyclotella choctawatcheeana</i>	V				
<i>Cyclotella choctawatcheeana</i>	IV				
<i>Fragilaria angustata</i>	IV	2			
<i>Fragilaria angustata</i>	V	2			
<i>Lamularia cruxiata</i>	II		1		
<i>Cratonotus filicinum</i>	III	2	1		
<i>Platyhypnidium riparioides</i>	V	1	1	1	
<i>Bryum argenteum</i>		2		1	

MEUSE (EMPAIN, 1978, tableau 4, modifié)

Colonne	A	B	C
Nombre de relevés	5	1	1
<i>Cyclotella choctawatcheeana</i>	II		
<i>Fragilaria angustata</i>	II		
<i>Cyclotella choctawatcheeana</i>	V	1	
<i>Cyclotella choctawatcheeana</i>	III	1	
<i>Platyhypnidium riparioides</i>		1	
<i>Deflandrea riparioides</i>		3	
<i>Cratonotus filicinum</i>		2	1
<i>Lamularia cruxiata</i>		2	1
<i>Bryum argenteum</i>		3	1
<i>Platyhypnidium riparioides</i>	III	1	1

Il semble que l'on soit là en présence de trois systèmes distincts (un pour chaque rivière), se relayant géographiquement, marqué chacun par une association de départ diversifiée et se fragmentant progressivement en fonction d'une pollution croissante : les tableaux en escalier sont de forme classique, mais ici la disparition des espèces sensibles n'est pas suivie de l'apparition d'espèces résistantes. On passe donc progressivement, sous l'influence du facteur polluant, de groupements végétaux écologiquement saturés à des groupements végétaux basaux au sens de KOPECKY & HEJNY (voir GILLET & al., 1991).

Les trois séries convergent ainsi vers un même syntaxon final : un groupement basal à *Bryum argenteum* - *Platyhypnidium riparioides*, cette dernière espèce ne recherchant pas particulièrement les eaux polluées mais bénéficiant de sa résistance à la dégradation du milieu lorsque les espèces plus sensibles disparaissent. Cette notion de banalisation taxonomique des milieux sous l'influence d'un polluant montre bien qu'il est risqué de ne s'intéresser qu'à quelques espèces et qu'il est plus précis de rechercher une bioindication à l'aide des groupements végétaux.

Un cas particulier, celui de la Somme, présente un stade E encore plus dégradé, totalement dépourvu de bryophytes, et relevant donc du syntaxon nul T₀. Il n'est qu'évoqué dans le texte concernant la Sambre, au niveau du bassin industriel de Charleroi.

Ce phénomène de convergence sérielle par eutrophisation est évoqué aussi pour des végétations phanérogamiques par MERIAUX & GEHU (1980 : 134) : "les ajustements engendrés par l'eutrophisation, les pollutions organiques et minérales peuvent être telles que des associations différentes

conduisent par des modifications successives au même groupement".

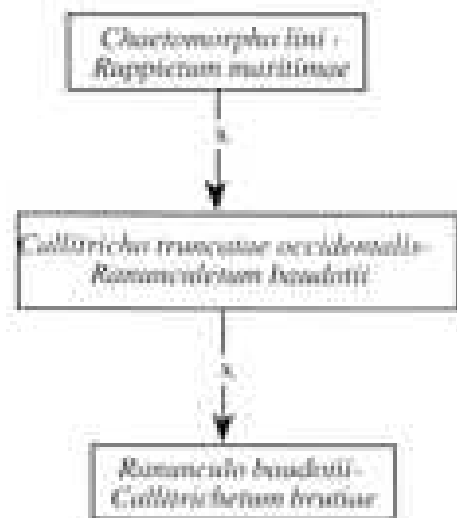
EMPAIN a déduit de ces exemples un indice de qualité des eaux, qu'il compare à un autre proposé pour les communautés de diatomées. Les divergences entre les valeurs de ces indices en un même site mettent en évidence la stabilité des populations bryophytiques lors de pollutions passagères auxquelles seront sensibles les diatomées. Cette différence de temps d'intégration entre les deux types d'êtres vivants rend utile l'utilisation simultanée des deux indices.

La considération des diatomées a fait notamment l'objet de la thèse de FABRI & LECLERQ (1984). L'étude des communautés ardennaises permet de définir deux types phytosociologiques liés aux caractéristiques naturelles des eaux : l'*Eunotio exiguae* - *Pinnularietum subcapitatae* (des eaux acides, variantes 1 à 3, à intermédiaires, variantes 4 et 5) et le groupement à *Fragilaria capucina* - *Eunotia pectinalis* (des eaux neutres). Les données de ce travail montrent que les transformations du milieu aquatique par pollution (eutrophisation et alcalinisation) se traduisent par un glissement des communautés vers des types liés à des eaux plus riches, ne concordant donc plus avec la nature géologique du substrat. En outre des espèces euryèces saprophytes et saprobiontes apparaissent : *Navicula minima* puis *N. permitis*, *N. tywmanniana* dans l'*Eunotio-Pinnularietum*, *Nitzschia archibaldii*, *Navicula frugalis*, *N. accomoda* dans le groupement à *Fragilaria capucina*. En définitive, 150 taxons de diatomées sont répartis en 6 groupes écologiques bioindicateurs.

II. LA DÉCHLORURATION DES EAUX

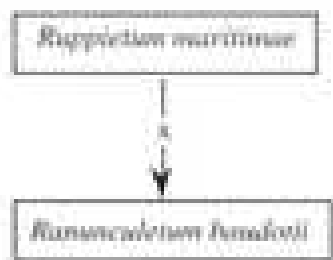
En conditions initiales salées, une dynamique peut affecter des végétations halophiles liées à des eaux saumâtres, en les transformant en des végétations progressivement moins halophiles, parallèlement à une déchloruration progressive des eaux suite à l'absence de renouvellement par apport marin. Ce phénomène a été clairement mis en évidence par BOUZILLE (1988), qui relie en une série un *Ruppium* et des associations à *Ranunculus* et *Callitriche*.

Dans un système méditerranéo-thermoatlantique, on a :



(— x —> : flèche de lixiviation du NaCl ou déchloruration)

série que l'auteur compare à celle d'un système isomorphe nord-atlantique (d'après HOCQUETTE, 1927 ; GEHU & MERIAUX, 1983) :



Pour terminer cette synthèse et en guise de conclusion, on peut présenter quelques exemples à valeur générale, illustrant les cas évoqués et différents aspects généraux de la bioindication :

BIOINDICATION

ET VICARIANCE ECOLOGIQUE D'ESPECES :

ex : *Glyceria fluitans* / *Glyceria notata* / *Glyceria declinata*

ex : *Berula erecta* / *Nasturtium officinale* / *Apium nodiflorum*
(de l'oligotrophile à l'eutrophile)

BIOINDICATION

ET VICARIANCE GEOGRAPHIQUE D'ESPECES :

ex : *Ranunculus haudotii* / *Ranunculus aquatilis* / *Ranunculus peltatus*
(du littoral au continental)

BIOINDICATION

ET VICARIANCE ECOLOGIQUE D'ASSOCIATION VEGETALE :

ex : *Callitriche hamulatae* - *Myriophylletum alterniflori* / *Ranunculo fluitantis* - *Beruletum erectae* écoph. submergé
(eaux oligotrophes - eaux eutrophes)

BIOINDICATION

ET VICARIANCE GEOGRAPHIQUE D'ASSOCIATION VEGETALE :

ex : *Ricciatum fluitantis* / *Azollo "caroliniana"* - *Ricciatum fluitantis*

ex : *Lemnetum gibbae* / *Salvinio natantis* - *Lemnetum gibbae*

ex : *Sparganio erecti ssp. neglecti* - *Glycerietum fluitantis* / *Glycerio fluitantis* - *Catabrosetum aquaticae*
(du psychrophile au thermophile)

BIOINDICATION

ET SERIES DYNAMIQUES D'EUTROPHISATION :

ex : *Ricciatum fluitantis* / *Lenno trisulcae* - *Spirodeletum polyrhizae* / *Lemnetum gibbae*

ex : *Filipendulo ulmariae* - *Cirsietum oleracei* / *Calystegio sepium* - *Epilobietum hirsuti* / *Urtico dioicae* -

Calystegietum sepium / *Galio aparines* - *Urticetum dioicae*

(de l'oligotrophile à l'eutrophile)

BIOINDICATION

ET VICARIANCE MORPHOLOGIQUE :

ex : *Sagittario sagittifoliae* - *Sparganietum emersi* / *Sagittario sagittifoliae* écoph. *vallisnerifoliae* - *Sparganietum emersi* écoph. *fluitantis*
(hélophytique - aquaphytique)

BIBLIOGRAPHIE

- BLANDIN P., 1986 - Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bull. Ecol.* **17** (4) : 215-307.
- BOUZILIE J.B., 1988 - La végétation aquatique dans les zones saumâtres des marais littoraux vendéens. *Doc. Phytosoc.* NS **XI** : 67-78.
- CARBIENER R., 1977 - Etude d'une séquence phytosociologique de végétaux supérieurs bioindicateurs d'eutrophisation progressive dans les cours d'eaux phréatiques du "Ried" d'Alsace. *Congrès de Limnologie*, Metz, 1977.
- CARBIENER R., 1983 - Le Grand Ried central d'Alsace : écologie et évolution d'une zone humide d'origine fluviale rhénane. *Bull. Ecol.* **14** (4) : 249-277.
- CARBIENER R., TREMOLIERES M., MERCIER J.L. & ORTSCHIEIT A., 1990 - Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligosaprobe stream waters. *Vegetatio* **86** : 71-88.
- EMPAIN A., 1978 - Relations quantitatives entre les populations de Bryophytes aquatiques et la pollution des eaux courantes. Définition d'un indice de qualité des eaux. *Hydrobiologia* **60** (1) : 49-74.
- FABRI R. & LECLEERQ L., 1984 - Etude écologique des rivières du nord du massif ardennais (Belgique) : flore et végétation de diatomées et physico-chimie des eaux. Thèse, Liège, 3 vol. (résumé in *Bull. Ecol.* **17** (2) : 130-133).
- GEHU J.M. & MERIAUX J.L., 1983 - Distribution et synécologie des Renoules du sous-genre *Batrachium* dans le nord de la France. *Coll. Phytosoc.* **X**, les végétations aquatiques, Lille 1981 : 15-43.
- GILLET F., FOUCAULT B. de, JULVE Ph., 1991 - La phytosociologie synusiale intégrée : objets et concepts. *Candollea* **46** : 315-340.
- HOCQUETTE M., 1927 - Etudes sur la végétation et la flore du littoral de la mer du Nord, de Nieupoort à Sangatte. *Arch. Bot.* **1** (4) : 1-179.
- MERIAUX J.L., 1978 - Etude analytique et comparative de la végétation aquatique d'étangs et marais du nord de la France (vallée de la Sensée et bassin houiller du Nord-Pas-de-Calais). Aspects physiologiques, floristiques, systématiques, chorologiques et écologiques. *Doc. Phytosoc.* NS **III** : 1-244.
- MERIAUX J.L., 1982 - L'utilisation des macrophytes et des phytocénoses aquatiques comme indicateurs de la qualité des eaux. *Les Naturalistes belges* **63** : 12-28.
- MERIAUX J.L. & GEHU J.M., 1980 - Réactions des groupements aquatiques et subaquatiques aux changements de l'environnement. *Ber. Int. Symp.*, Epharmonie, Rinteln 1979 : 121-141.
- MERIAUX J.L. & VERDEVOYE P., 1983 - Données sur le *Callitricheum obtusangulae* Seibert 1962 (synfloristique, syntaxonomie, synécologie et faune associée). *Coll. Phytosoc.* **X**, les végétations aquatiques, Lille 1981 : 45-66.
- MERIAUX J.L. & WATTEZ J.R., 1980 - Les végétations aquatiques et subaquatiques : relations avec la qualité des eaux. In P. PESSON (éd.), *La pollution des eaux continentales* : 225-242.

Ph. JULVE 59, rue Jean Degroote
F-59270 BAILLEUL

B. de FOUCAULT Université de Lille II
Groupe de Recherche sur la Biodiversité et la Bioindication (ER 148)
Réseau de Synécologie Végétale
Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques
BP 83
F-59006 Lille Cedex