

**Zeitschrift:** Saussurea : journal de la Société botanique de Genève  
**Herausgeber:** Société botanique de Genève  
**Band:** 12 (1981)

**Artikel:** Récolte sur pied (standing crop) et composition chimique de plantes aquatiques du lac Léman : évaluation des quantités de nutriments exportables par récolte des macrophytes. I  
**Autor:** Wattenhofer, Roger / Vuilloud, Charles-Etienne  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1099247>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 17.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Récolte sur pied (standing crop) et composition chimique de plantes aquatiques du lac Léman  
I. Evaluation des quantités de nutriments exportables par récolte des macrophytes

ROGER WATTENHOFER  
&  
CHARLES-ETIENNE VUILLOUD

RÉSUMÉ

WATTENHOFER, R. & C.-E. VUILLOUD (1981). Récolte sur pied (standing crop) et composition chimique de plantes aquatiques du lac Léman. I. Evaluation des quantités de nutriments exportables par récolte des macrophytes. *Saussurea* 12: 49-69. En français, résumé anglais.

Pour le lac Léman (Suisse et France), la récolte sur pied de la végétation aquatique est de l'ordre de  $100 \text{ g/m}^2$  avec les macrophytes submergés et de l'ordre de  $1050 \text{ g/m}^2$  pour les émergents, les poids sont exprimés en matière sèche. La végétation aquatique couvre environ  $30 \text{ km}^2$  et est surtout formée par les submergés. Leur faucardage complet permettrait de récolter environ  $3000 \cdot 10^3 \text{ kg}$  de macrophytes par an, ce qui représente  $62 \cdot 10^3 \text{ kg}$  d'azote et  $7,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$  de phosphore par an. Une éventuelle exportation de nutriments par faucardage des macrophytes serait pratiquement négligeable par rapport aux tonnages qui arrivent annuellement au Léman (9,7% pour l'azote et 5,5% pour le phosphore).

ABSTRACT

WATTENHOFER, R. & C.-E. VUILLOUD (1981). Standing crop and chemical composition of aquatic vegetation in the Lake of Geneva (Switzerland and France). I. Estimation for nutrients removing by macrophytes harvesting. *Saussurea* 12: 49-69. In French, English abstract.

For the Lake of Geneva the standing crop of aquatic vegetation is in the order of  $100 \text{ g/m}^2$  for submerged macrophytes and about  $1050 \text{ g/m}^2$  for emergents (with weights measured as dry matter). The aquatic vegetation covers about  $30 \text{ km}^2$  and is principally of the submerged type. Their harvesting would allow a crop of  $3000 \cdot 10^3 \text{ kg}$  of macrophytes per year which represents  $62 \cdot 10^3 \text{ kg}$  nitrogen per year and  $7,3 \cdot 10^3 \text{ kg}$  phosphorus per year. An event export of nutrients by harvesting of the macrophytes would be nearly negligible as compared to the nutrients quantities which arrive yearly in the lake (9,7% for nitrogen and 5,5% for phosphorus).

## Introduction

Une étude de la répartition des macrophytes du Léman a été effectuée par l'Université de Genève, mandatée par la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution. Cependant, dans ce travail (LACHAVANNE & WATTENHOFER, 1975), nous avons mentionné que nous ne donnions pas d'indications sur l'aspect quantitatif des macrophytes, quantitatif pris au sens production ou biomasse. C'est pourquoi il nous a semblé utile d'apporter quelques éléments complémentaires afin de pouvoir évaluer la quantité de matières nutritives qui seraient exportables par la récolte des macrophytes du Léman.

Cette seconde partie de l'étude s'est effectuée à la Station d'hydrobiologie lacustre de Thonon, Station qui est rattachée à l'Institut national de la recherche agronomique. Ces travaux ont été réalisés dans le cadre d'une thèse dirigée par le Professeur J. Miège de l'Université de Genève (WATTENHOFER, 1979). Les résultats présentés dans notre article sont extraits de cette thèse.

## Standing crop de macrophytes submergés

### *Matériel et méthode*

#### RÉCOLTE SUR PIED

Pour déterminer le standing crop, ou récolte sur pied, des plantes il faut effectuer la récolte, sur une surface délimitée, de toutes les parties dressées (feuilles, tiges, inflorescences) des plantes. Tandis que les organes souterrains des plantes sont laissés sur place. Par contre, pour une mesure de "biomasse" il faudrait récolter les plantes entières. Pour la nomenclature de ces termes de récolte sur pied, biomasse et production, nous suivons les définitions données par WETZEL (1975).

#### CHOIX DE LA MÉTHODE DE PRÉLÈVEMENT

En station peu profonde nous avons effectué des essais préliminaires avec un carré métallique d'une surface de 1 m<sup>2</sup>. Cependant ce matériel s'est rapidement avéré être trop lourd et surtout trop encombrant. Après différents autres essais, nous avons choisi un carré métallique de 0,5 m de côté. Ce cadre est équipé pour que les plantes ne puissent pas être entraînées au cours de la récolte, il s'adapte également pour la récolte de macrophytes émergents. Sous l'eau les plantes sont récoltées par un plongeur. RICKETT (1922) utilisait également un cadre de 0,25 m<sup>2</sup> mais devait, à l'époque, descendre avec une cloche de plongée.

Cette surface de prélèvement de 0,25 m<sup>2</sup> semble être la surface minimale qui est la mieux adaptée à la végétation submergée, en prenant comme critère la forme et la taille des plantes et le mode de distribution de cette végétation (souvent en touffes). Nous citerons quelques auteurs qui ont travaillé avec cette surface de prélèvement: BERNATOWICZ & PIECZINSKA (1965), GERLACZYNSKA (1973), MASON & BRYANT (1975). Cette surface forme un compromis satisfaisant entre les contraintes présentées par les plantes (taille, distribution) et les contraintes de la statistique (échantillons nombreux, surface suffisamment grande).

Certains auteurs ont développé des appareils dont la surface prélevée est beaucoup plus petite, ce qui oblige à avoir de nombreux prélèvements pour obtenir des résultats représentatifs. FORSBERG (1959) et GRACE & TILLY (1976) ont présenté des appareils permettant de prélever les plantes submergées sans devoir effectuer de plongée. Leurs appareils, analogues à des carottiers, prélèvent une surface inférieure à 0,01 m<sup>2</sup> et ne peuvent travailler que sur des fonds meubles, non caillouteux.

Pour la végétation émergente, WESTLAKE (1971) et SCHIERUP (1978) ont présenté des résumés sur les techniques de prélèvement. De ces travaux il ressort que pour les émergents, afin de diminuer le risque d'erreur, il est fréquent que le prélèvement couvre 1 m<sup>2</sup>.

OWENS & EDWARDS (1962) ont présenté une méthode optique, ne nécessitant pas de récolte des plantes submergées pour évaluer le standing crop. Cette méthode, basée sur l'effet d'ombrage créé par les macrophytes, ne peut s'appliquer qu'aux faibles profondeurs et nécessite un étalonnage avec des prélèvements conventionnels.

En général pour les plantes submergées nous avons récolté le matériel végétal présent dans la projection verticale du carré, et, pour les plantes émergentes, toutes les plantes (parties aériennes) enracinées dans le carré.

#### NOMBRE D'ÉCHANTILLONS

Nous avons 3 à 6 prélèvements par station, 3 prélèvements étant considérés comme un minimum. Les prélèvements d'une station n'étaient pas tous effectués obligatoirement le même jour, mais au cours de 2 à 3 jours consécutifs. D'autres auteurs qui ont prélevé également avec un cadre de 0,25 m<sup>2</sup> avaient des nombres de prélèvements dans le même ordre de grandeur, soit 2 à 4 prélèvements par station pour BERNATOWICZ & PIECZINSKA (1965) ou 3 prélèvements par station en été et 1 en hiver pour WESTLAKE (1966).

Certains auteurs comme FORSBERG (1959) et GRACE & TILLY (1976), HOWALD-WILLIAMS (1978) ont effectués des prélèvements plus nombreux par station (environ 5 à 10 prélèvements par station) mais ils y étaient contraints afin de pouvoir présenter des résultats significatifs, car leur surface prélevée était très petite (inférieure à 0,01 m<sup>2</sup>).

Région	Date de récolte en 1976	Standing crop (g/m <sup>2</sup> )	
		moyenne	variation min.-max.
St-Prex . . . . .	Fin juillet . . . . .	130	80-176
St-Sulpice . . . . .	Fin juillet . . . . .	108	30-125
St-Sulpice . . . . .	Début septembre . . . . .	42	12-57
Ouchy, nouveau port . . . . .	Début août . . . . .	32	16-120
Ouchy, vieux port . . . . .	Début août . . . . .	141	73-306
Rivaz . . . . .	Mi-août . . . . .	59	51-75
Genève, Pierre du Niton . . . . .	Mi-août . . . . .	95	9-406
Genève, Pierre du Niton . . . . .	Début septembre . . . . .	64	4-78
Genève, Pont du Mt-Blanc . . . . .	Mi-août . . . . .	74	5-105

Tableau 1. — Standing crop de *P. pectinatus*

### Résultats

#### REMARQUES

Parmi les macrophytes submergés, *Potamogeton pectinatus*, espèce la plus abondante au Léman, trouve dans ce travail un traitement de faveur. En effet, les résultats concernant cette espèce font l'objet d'une discussion indépendante alors que les résultats des autres submergés récoltés sont discutés d'une manière groupée et plus brièvement.

Les poids indiqués concernent la matière sèche (MS). C'est-à-dire poids mesuré après obtention, par séchage, d'un poids constant de l'échantillon.

#### *Standing crop de Potamogeton pectinatus (tableau 1)*

#### DISCUSSION

C'est avec une certaine prudence que cette discussion est présentée. En effet, des prélèvements plus nombreux seraient nécessaires pour mieux l'étayer.

a) *Nature du fond.* — En général c'est sur les fonds vaseux que les valeurs les plus élevées de standing crop de *P. pectinatus* ont été observées (St-Prex, Ouchy-Vieux-Port, Genève-Pierre du Niton). Plusieurs auteurs ont signalé que cette espèce se développait en abondance sur les fonds riches en matières nutritives (OLSEN, 1950; HAWKES, 1957; SCULTHORPE, 1967; WIEGLEB, 1978).

Sur les fonds moins envasés *P. pectinatus* est moins abondant, la valeur de standing crop est moins élevée. Par exemple à Genève, en amont du pont du Mont-Blanc, vu le fort courant, peu de vase peut se déposer. Notons que des plantes peuvent également être arrachées par le courant ou par les bateaux.

A Rivaz, où le fond est formé de rochers et de cailloux, la valeur de standing crop est peu élevée. Dans cette région la végétation est très clairsemée, elle ne peut s'enraciner que dans les dépôts vaseux qui existent entre les cailloux ou roches.

BERNATOWICZ & PIECZINSKA (1965) mentionnent que pour la plupart des espèces récoltées ils n'ont pas trouvé de relation entre la "biomasse" (en réalité standing crop) et la localisation de la station de récolte. Selon WIEGLEB (1978), *P. pectinatus* est absent des eaux riches en ammoniacque, mais fréquent dans les eaux chargées de phosphate et à pH élevé.

*b) Transparence de l'eau.* — Les eaux étaient particulièrement troubles à St-Sulpice et à Ouchy-Nouveau-Port. A St-Sulpice, les plantes se trouvaient à 2 m de profondeur et il n'était pas possible de les observer de la surface; même remarque pour Ouchy où les plantes se trouvaient à 3 m de profondeur. Pour ces deux stations il est probable que la faible transparence de l'eau ait pu limiter le développement des macrophytes.

On peut également supposer que les plantes ont été faucardées volontairement ou par le passage de bateaux. Dans le port d'Ouchy il n'est pas exclu qu'un traitement avec un produit phytocide ait été effectué.

*c) Standing crop au moment de la floraison.* — WETZEL (1975), WESTLAKE (1963), KORINKOVA (1971) ont mentionné que le standing crop atteignait sa valeur maximale à la période de floraison des plantes.

Si l'on ne tient compte que des résultats obtenus au cours de la floraison, il est possible de calculer un standing crop moyen pour *P. pectinatus*.

Région	Standing crop (g/m <sup>2</sup> )
St-Prex .....	130
St-Sulpice .....	108
Ouchy (nouveau port) .....	32
Ouchy (vieux port) .....	141
Rivaz .....	59
Genève .....	95
Moyenne de ces six stations .....	94

*d) Standing crop en fin de saison.* — Les courbes données par WESTLAKE (1963), FORSBERG (1959) et WETZEL (1975) montrent toutes que le standing crop diminue en fin de saison. Cette diminution est, bien entendu, causée par la dégradation de l'état des plantes.

Par exemple, à St-Sulpice à la fin juillet 1976, le standing crop de *P. pectinatus* était de 108 g m<sup>-2</sup> et il n'était plus que de 42 g m<sup>-2</sup> au début septembre 1976, époque où les plantes se décomposaient (perte de fragments, perte de graines, etc.). La même observation a été effectuée dans la Rade de Genève (station "Pierre du Niton"), en août 95 g m<sup>-2</sup> et en septembre 64 g m<sup>-2</sup>.

Espèce (date de récolte) – Région	Standing crop (g MS/m <sup>2</sup> )			Profondeur station (m)
	moyen	min.	max.	
<i>Potamogeton perfoliatus</i> (29.6.1976) – St-Prex . . . . .	121	68	160	4
<i>P. perfoliatus</i> (8.9.1976) – Corzent . . . . .	92	–	–	4,5
<i>P. perfoliatus</i> (14.9.1976) – Promenthouse . . . . .	63	46	84	3,5-4
<i>Potamogeton x decipiens</i> (27.8.1976) – Genève, milieu de la rade . . . . .	188	160	210	3 env.
<i>P. x decipiens</i> (8.9.1976) – Corzent . . . . .	90	8	191	3
<i>P. x decipiens</i> (10.9.1976) – Rivaz . . . . .	68	28	90	3
<i>P. x decipiens</i> (20.9.1976) – Thonon . . . . .	34	15	78	3-4
<i>Potamogeton lucens</i> (18.8.1976) – Ouchy, nouveau port . . . . .	34	–	–	3
<i>P. lucens</i> (18.8.1976) – Ouchy, vieux port . . . . .	56	45	78	3
<i>P. lucens</i> (25.8.1976) – Rolle . . . . .	129	97	190	2,5-3
<i>Elodea canadensis</i> (9.9.1974) – Corzent . . . . .	20	–	–	1,5
<i>E. canadensis</i> (2.9.1976) – Thonon . . . . .	67	–	–	4
<i>Chara fragilis</i> (2.9.1976) – Thonon . . . . .	150	15	252	4

Tableau 2. – Standing crop de macrophytes submergés

### Standing crop de différentes espèces de macrophytes submergés

Pour les espèces citées dans le tableau 2, les prélèvements dans les différents sites n'ayant pas été effectués simultanément (c'est-à-dire pendant une courte période) il est difficile de comparer les valeurs obtenues dans les différentes stations. Par exemple pour *Potamogeton perfoliatus*, la récolte à St-Prex (121 g/m<sup>2</sup>) a été effectuée dans une population dont les individus devaient être en croissance. Alors que dans les deux autres sites, Corzent et la Promenthouse, 92 et 63 g/m<sup>2</sup>, les prélèvements ont été effectués dans des populations aux individus âgés et certains en voie de dégradation.

Pour *P. lucens* il est intéressant de remarquer la différence qui existe entre les deux stations d'Ouchy. Dans le "nouveau port" fermé par une digue l'eau est souvent trouble et le standing crop est sensiblement inférieur à la valeur obtenue dans le voisinage du "vieux port". Ce dernier n'est pas fermé par une digue, les eaux y sont plus limpides.

KORINKOVA (1971) a mesuré dans des étangs à carpes du sud de la Bohême des standings crop de *P. lucens* de 120 g m<sup>-2</sup> dans les stations particulièrement denses. BERNATOWICZ & PIECZINSKA (1965) donnent une valeur moyenne de standing crop de *P. lucens* de 81,7 g/m<sup>2</sup> (avec une variation de 9,95 à 192,1 g/m<sup>2</sup>).

A Rolle, les valeurs relativement élevées ont été obtenues à proximité de l'exutoire de la station d'épuration des eaux usées. Mais il ne faudra pas conclure hâtivement en pensant que la valeur du standing crop est proportionnelle au niveau trophique du milieu. En effet SOLANDER (1978) mentionne que lors d'essai de fertilisation expérimentale de plans d'eau (en Suède), les macrophytes ne répondent pas à une addition de matières nutritives aussi bien que le fait le phytoplancton; la même constatation avait été

effectuée par WETZEL & HOUGH (1973). Dans les cas de hautes concentrations de matières nutritives disponibles dans le milieu, les plantes font des consommations de luxe sans que leur production augmente (GERLOFF, 1969). Les valeurs relativement élevées fournies en fin de saison par *Elodea canadensis* (90 g/m<sup>2</sup>) et par *Chara fragilis* (150 g/m<sup>2</sup>) ne sont pas étonnantes car ces plantes persistent toute l'année. Ce fait est déjà mentionné par FORSBERG (1959) et WETZEL (1975).

Pour *E. canadensis*, KORINKOVA (1971) donne un standing crop moyen de 197 g/m<sup>2</sup>. Elle indique de fortes variations du standing crop selon les sites. GERLACZYNSKA (1973) donne des valeurs beaucoup plus faibles, 18,7 g/m<sup>2</sup>, en mentionnant que la transparence de l'eau est très faible, 0,3 à 1 m.

FORSBERG (1960) indique des valeurs élevées pour *Chara fragilis*, de 700 à 1130 g/m<sup>2</sup> en mentionnant que les plantes sont alourdies par des incrustations de carbonate de calcium.

Signalons encore que le périphyton peut être, par son poids, une cause d'erreur dans les mesures de standing crop. Selon KOWALCZEWSKI (1975), *Elodea canadensis* et *Myriophyllum spicatum* sont des plantes qui, vu leurs feuilles nombreuses, offrent de grandes surfaces colonisables pour le périphyton; cet auteur indique une surface colonisable (par le périphyton) de l'ordre de 10 m<sup>2</sup> par m<sup>2</sup> de terrain (occupé par les macrophytes).

De plus, en fin de saison (début de l'automne), les plantes sont chargées par d'abondants amas d'algues filamenteuses. D'une part ces algues se développent sur les macrophytes, d'autre part les plantes jouent le rôle de filet et retiennent les paquets d'algues entraînés par les courants.

Par exemple, des individus de *Potamogeton* × *decipiens* récoltés fin septembre 1976 étaient fortement chargés d'algues filamenteuses (du genre *Cladophora*). Le standing crop des plantes seules était de 39 g (MS)/m<sup>2</sup>, et le poids des algues filamenteuses récoltées sur les plantes était de 50 g (MS)/m<sup>2</sup>. Le poids des algues étant supérieur au poids des macrophytes!

### **Standing crop de macrophytes émergents — *Phragmites australis***

#### *Méthode*

Des prélèvements ont été effectués dans différentes roselières du Léman (ou plus exactement dans les reliquats de roselières du Léman). La récolte s'est faite généralement sur une surface de 0,25 m<sup>2</sup>, certains prélèvements (aux Grangettes) sur 1 m<sup>2</sup>.

Nous avons effectué les prélèvements en fin de saison de végétation, c'est, d'après Klötzli (comm. pers.), à cette période (automne) que les dégâts causés par la récolte sont les moins lourds pour les roselières.

Région . . . . .	Pointe à la Bise (GE)	Pointe à la Bise (GE)	Pointe à la Bise (GE)	Grangettes, emb. Gd-Canal	Grangettes, emb. Gd-Canal	Grangettes, emb. Gd-Canal	Tougues (Hte-Savoie)
Date . . . . .	Oct. 1976	Oct. 1976	Oct. 1976	Oct. 1977	Oct. 1977	Oct. 1977	Oct. 1976
Station . . . . .	Terrestre	Lacustre (prof. = 0,3 m)	Terrestre	Terrestre	Lacustre	Terrestre	Lacustre (prof. = 0,3 m)
Fond . . . . .	Gravier	Vaseux et gravier	Vaseux	Recouvert de litière (vase-gravier)	Recouvert de litière (vaseux)	Recouvert de litière (vaseux)	Gravier
Longueur (cm) . . . . .	170-220	200-300	250-350	—	—	—	270-360
Diamètre des plantes (mm)							
minimum . . . . .	7	8	—	—	—	—	3
moyenne . . . . .	5	10	—	—	—	—	7
maximum . . . . .	7	12	—	—	—	—	11
Densité de tiges/m <sup>2</sup> . . . . .	130 ± 20	60 ± 10	110 ± 40	—	—	—	70 ± 10
Standing crop (g MS/ m <sup>2</sup> )							
moyenne . . . . .	595	649	988	898	937	937	1797
minimum . . . . .	348	418	504	808	720	720	1500
maximum . . . . .	732	881	3356	990	1328	1328	2476

Tableau 3. — Standing crop de Phragmites australis

*Résultats (tableau 3)*

Le standing crop moyen (sans la litière) de toutes les stations est de 1052 g/m<sup>2</sup> ou 10,5 t/ha. D'autres auteurs donnent des résultats analogues, en voici quelques exemples:

*Standing crop de P. australis (g/m<sup>2</sup>) (MS)*

GERLACZYNSKA (1973) . . . . .	814
BERNATOWICZ & RADZIEJ (1964) . . . . .	710
BERNATOWICZ & PIECZINSKA (1965) . . . . .	915
KLÖTZLI (1973) . . . . .	600
SCHIERUP (1978) . . . . .	1160
MASON & BRYANT (1975) . . . . .	942
KVET & al. (1969) . . . . .	1810
WATTENHOFER & al. (1977) . . . . .	1100
RODEWALD-RUDESCU (1974) . . . . .	1100
GOPAL (1973), matière fraîche . . . . .	4400
LEVÊQUE & al. (1972), matière fraîche . . . . .	7000

*Quelques facteurs pouvant influencer la production du roseau  
(Phragmites australis)*

## LE GENRE DE FOND (ASPECT PHYSIQUE)

A Tougues le fond dans la roselière est formé surtout de gravier et de galets. Ce genre de sol est plus difficilement colonisé par *P. australis* (LE ROUX, 1907). De plus ce genre de fond ne facilite pas l'extension des rhizomes (BAUMANN, 1911). Or, plus les organes souterrains sont développés, plus la partie aérienne sera importante (HASLAM, 1970; SZCZEPANSKI, 1969; RODEWALD-RUDESCU, 1974).

*La disponibilité des matières nutritives*

## SOL

Pour le début de sa croissance, le roseau utilise ses réserves accumulées dans le rhizome (NIKOLAJEVSKIJ, 1971), puis pour son développement la plante demande un sol riche en matières nutritives. Nos résultats montrent que sur les fonds vaseux (plus de matières nutritives disponibles) le roseau offre les valeurs de standing crop les plus fortes.

## LITIÈRE

La litière laissée sur place est une source de matière nutritive. KLÖTZLI (1973) a montré que les stations avec litière montraient les plus fortes activités de nitrification. Il mentionne que la productivité est élevée mais que le nombre de tiges au m<sup>2</sup> est assez bas, car une litière épaisse est défavorable pour le développement des jeunes pousses de *P. australis* (HASLAM, 1968). Aux Grangettes, pour une valeur de standing crop d'environ 1 kg/m<sup>2</sup>, nous avons récolté une litière, dans la même station, dont le poids représentait environ 2 kg/m<sup>2</sup>. Cette valeur indique que la litière est longue à se décomposer, d'autant plus que ce phénomène est plus long si la station n'est pas inondée en permanence (DYKYJOVA & HRADECKA, 1973).

*La hauteur d'inondation*

Pour des raisons de conservation des roselières, les prélèvements en profondeur (dans le lac) ont été évités. C'est pourquoi les résultats ne concernent que des stations terrestres ou faiblement inondées.

Malgré tout, il est possible d'observer que les stations inondées ont une densité de tiges au m<sup>2</sup> qui est généralement inférieure à celle des stations terrestres. Selon NIKOLAJEVSKIJ (1971), plus la profondeur augmente, plus le nombre de tiges par m<sup>2</sup> sera bas.

**Composition chimique de macrophytes***Méthodes et matériel*

## ÉCHANTILLONNAGE

Pour chaque série d'analyses effectuées pour une espèce provenant d'une station donnée, nous avons récolté les plantes en plusieurs points de prélèvements.

L'échantillon analysé est un mélange de ces prélèvements multiples. L'analyse concerne la partie dressée des plantes (tiges, feuilles, inflorescences). Les plantes étant, à l'état frais, lavées à l'eau pour les débarrasser de la majeure partie des algues filamenteuses, et d'une partie du périphyton. La méthode est décrite par WESTLAKE (1963, 1973).

## MÉTHODES D'ANALYSES

Les analyses ont été effectuées par le laboratoire d'analyses végétales de Bordeaux, dont le Directeur, G. Theiller, nous a transmis un descriptif succinct des méthodes appliquées.

- Premièrement, prise d'un essai sur laquelle sont effectuées l'humidité résiduelle, la perte au feu.
- Ensuite mise en solution de l'échantillon. Sur l'extrait, analyse de P au Technicon. Ca, Na par émission de flamme. Mg, Cu, Fe, K, Zn par absorption atomique. S par four à induction. B et Mo par colorimétrie.

### *Discussion des résultats*

#### PLANTES SUBMERGÉES (tableau 4)

a) *Matière organique*. — Pour tous les échantillons, la teneur en matière organique oscille entre 35,6% et 74,3% la majorité se trouvant vers 65% environ.

Pour *Potamogeton pectinatus* les échantillons provenant de la région d'Ouchy ont une faible teneur en matière organique (35,61%), ces plantes étaient recouvertes d'abondants dépôts de carbonate de calcium, ce qui s'est traduit, bien entendu, par une teneur élevée du calcium (21,25%).

L'hybride *P. × decipiens*, récolté dans la région de Thonon, montre une certaine stabilité en fin de saison, peu de différences existent entre les prélèvements d'août et de fin septembre. Soit les plantes n'ont pas encore été attaquées par les micro-organismes, soit elles se développent encore tard dans la saison.

Pour *P. perfoliatus*, les jeunes plantes ont une forte teneur en matière organique (74,28%), elles sont peu recouvertes de dépôt de carbonate de calcium (Ca = 5,44%). Les teneurs en azote, phosphore et potassium sont élevées en début de saison.

Dans l'étude de BERNATOWICZ & PIECZINSKA (1965), c'est pour *P. perfoliatus* que les différences de teneurs en matière organique sont les plus marquées suivant les stations de récolte. Les autres macrophytes submergés montrant une certaine indépendance entre le site de prélèvement et la teneur en matière organique.

b) *Macronutriments (variations saisonnières des teneurs)*. — Les analyses présentées dans ce travail concernent des plantes qui ont été prélevées à des dates différentes (de juin à fin septembre, pour les macrophytes submergés), c'est pourquoi, en regardant les résultats il faut tenir compte des variations saisonnières des teneurs des différents éléments chimiques dans les tissus des plantes.

Avec des plantes aquatiques submergées récoltées dans plusieurs lacs du Wisconsin, GERLOFF (1969) a montré que chez la majorité des plantes étudiées, les teneurs en azote total et phosphore total étaient minimales au milieu de l'été lors de la période de croissance la plus intense des plantes.

Pour les macrophytes du Léman, bien que l'on observe dans le tableau 4 que les plantes récoltées en juin ont les teneurs généralement les plus fortes en N et P, il n'est pas possible, avec nos quelques résultats de tracer un

Espèce (date de récolte) – Site	Matière organique					Cellulose brute	
		N	P	K	C	S	
<i>Potamogeton pectinatus</i> (29.6.1976) – St-Prex	61,87	2,05	0,31	2,28	30,53	17,93	0,61
<i>P. pectinatus</i> (18.8.1976) – Ouchy, vieux port	35,61	1,39	0,16	1,11	18,57	12,39	0,51
<i>P. pectinatus</i> (27.8.1976) – Genève (RPN)	46,54	1,77	0,17	0,15	26,52	20,64	0,40
<i>P. pectinatus</i> (2.9.1976) – St-Sulpice	64,29	2,23	0,26	1,18	33,40	21,19	0,46
<i>P. x decipiens</i> (8.9.1976) – Corzent	67,12	2,82	0,27	2,71	33,79	16,30	0,68
<i>P. x decipiens</i> (20.9.1976) – Thonon	62,46	2,54	0,22	2,50	30,20	14,76	0,51
<i>P. perfoliatus</i> (29.6.1976) – St-Prex	74,28	2,99	0,47	3,19	35,42	16,31	0,87
<i>P. perfoliatus</i> (14.9.1976) – Promenthouse	52,29	2,09	0,23	2,30	26,18	15,69	0,57
<i>P. lucens</i> (18.8.1976) – Ouchy, vieux port	76,38	2,75	0,43	2,73	37,34	18,98	0,46
<i>P. lucens</i> (14.9.1976) – Rolle (STEP)	67,62	2,48	0,33	2,45	32,95	19,95	0,29

Tableau 4. – Composition chimique de macrophytes submergés (unités: % MS pour matière organique, N, P, K, C, cellulose brute, S, Ca, Mg, Na; ppm MS pour B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo).

graphique montrant la variation des teneurs de N et P dans une espèce. Car les échantillons ne proviennent pas du même site, donc n'ont pas eu les mêmes conditions de nutrition.

Afin de comparer des plantes provenant de sites différents nous avons calculé les rapports C/N (teneur de carbone sur teneur d'azote). Pour *Potamogeton pectinatus* la majorité des échantillons ont un rapport C/N proche de 14,9; pour *P. x decipiens* et *P. perfoliatus* le rapport C/N est de 12 environ, ces plantes étant plus riches en azote.

Selon DOUGLAS-HUNTER (1976), les phénomènes de décomposition peuvent être une cause de variation du rapport C/N. Cependant, dans notre cas, les variations de ce rapport sont assez faibles, pour la même espèce.

*Potassium.* – D'après nos résultats, il semble que pour les macrophytes submergés étudiés, il y ait une similitude, en ordre de grandeur, entre la teneur d'azote et celle de potassium. Dans les analyses de plantes submergées

Ca	Mg	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
8,61	0,53	0,92	183,57	12,66	1734,45	260,79	60,79	0,52
21,25	0,36	0,18	174,03	37,95	3432,00	434,12	151,79	3,05
16,72	0,37	0,03	205,30	17,74	3568,16	101,45	187,49	0,44
9,22	0,41	0,45	207,47	23,04	3175,75	336,85	302,13	0,39
9,73	0,40	0,69	30,30	12,80	926,45	89,36	179,27	0,49
11,45	0,27	0,60	22,83	10,41	739,67	87,82	208,18	0,47
5,44	1,13	0,40	26,68	13,08	1385,69	97,26	313,91	0,67
13,26	0,69	0,46	20,08	15,30	2141,69	83,15	63,25	0,65
5,36	0,37	0,76	36,18	59,29	1099,09	138,61	407,30	0,56
8,86	0,28	0,56	33,75	46,90	1952,48	521,63	161,54	0,42

présentées par d'autres auteurs on remarque également une similitude entre les teneurs de K et de N, par exemple GERLACZYNSKA (1973) pour *Ceratophyllum demersum*, RIEMER & TOTH (1968) pour *Potamogeton pectinatus* et *P. pusillus*.

#### MACROPHYTES ÉMERGENTS (tableau 5)

a) *Matière organique*. — Chez les plantes émergentes la teneur en matière organique est élevée, toujours supérieure à 90%, ces plantes n'ayant pas comme les submergées un dépôt de carbonate de calcium. Nos valeurs sont proches de celles de BERNATOWICZ & PIECZINSKA (1965) avec 92,1% ou de GERLACZYNSKA (1973) avec 93,7%, alors qu'ALLEN & PEARSALL (1963) ont trouvé jusqu'à 97% de matière organique dans le roseau.

Espèce (date de récolte) – Site	Matière organique					Cellulose brute	S
		N	P	K	C		
<b>Parties aériennes</b>							
<i>Phragmites australis</i> (12.11.1976) – Pointe-à-la-Bise (lac)	94,26	1,00	0,07	0,46	45,83	39,34	0,28
<i>P. australis</i> (12.11.1976) – Pointe-à-la-Bise (terre)	96,75	0,41	0,02	0,10	45,18	52,19	0,17
<i>P. australis</i> (18.11.1976) – Tougues (lac)	93,84	0,67	0,04	0,30	45,05	44,95	0,25
<i>P. australis</i> (oct. 1975) – Corzent	92,62	3,50	0,15	0,76	n.m.	34,34	0,20
<i>P. australis</i> (nov. 1975) – Culture SHL	92,78	1,97	0,16	0,81	44,84	35,38	0,53
<b>Rhizomes</b>							
<i>P. australis</i> (oct. 1975) – Corzent	95,06	3,90	0,23	1,83	n.m.	24,92	0,23
<i>P. australis</i> (nov. 1975) – Culture SHL	90,45	2,67	0,34	1,19	42,93	26,30	0,30

Tableau 5. — Composition chimique de macrophytes émergents (*Phragmites australis*); n.m. = non mesuré (unités: % MS pour matière organique, N, P, K, C, cellulose, S, Ca, Mg, Na; ppm MS pour B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo).

b) *Macronutriments*. — Pour les teneurs en macronutriments il faut remarquer la différence qui existe entre les macrophytes émergents provenant du lac et les macrophytes submergés.

*Phosphore*. — Pour le phosphore la différence est la plus grande; de 0,02 à 0,07% chez *Phragmites australis* tandis que chez les macrophytes submergés le phosphore oscille entre 0,16 et 0,47% soit des teneurs 2 à 23 fois plus élevées.

Les teneurs de phosphore sont plus élevées dans le rhizome que dans les parties aériennes (ULEHLOVA & al., 1973).

Si l'on compare les analyses des individus de *P. australis* s'étant développés en 1976 sur les bords du Léman avec les analyses de *P. australis* récoltés en 1975 dans un milieu riche (port envasé) ou cultivés dans des eaux d'égout, on voit que les différences sont les plus élevées pour N, P et K.

Nous mentionnerons qu'en 1976, le niveau du lac avait été maintenu particulièrement bas pendant une longue période (du début du printemps

<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>	<i>B</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Mo</i>
0,25	0,05	0,01	4,18	2,53	124,28	86,83	8,10	0,45
0,15	0,03	0,00	2,01	0,00	107,73	69,38	8,59	0,81
0,30	0,05	0,00	3,86	0,00	114,09	216,47	10,60	0,54
0,31	0,08	0,03	3,62	4,74	221,13	36,05	11,24	0,37
0,60	0,31	0,19	9,30	0,00	77,18	118,20	24,74	0,97
0,10	0,17	0,04	2,38	2,37	155,68	7,83	25,15	0,02
1,49	0,17	0,29	3,78	7,73	1364,69	110,52	47,92	0,47

jusqu'au début de l'été). Cette baisse de niveau de la nappe a pu défavoriser, par assèchement, la nutrition des plantes au niveau de la rhizosphère.

*Azote.* — Pour l'azote, BARKO & SMART (1979) ont mentionné que les plantes émergentes ont des teneurs inférieures à celles des submergées. Ils expliquent cette différence par le fait que l'azote est plutôt associé avec les fractions cytoplasmiques et se trouve moins dans les éléments de structure. Les éléments de structure (tissus de soutien) étant rares chez les submergés et présents chez les émergents.

Dans la littérature, les teneurs de N et P mentionnées sont généralement plus élevées que celles obtenues avec les échantillons de *Phragmites australis* ayant poussé sur les rives du lac (voir quelques exemples ci-après).

*Variations saisonnières.* — Chez *Phragmites australis*, l'évolution générale des macronutriments (N, P, K) est la suivante: en début de saison de végétation, les teneurs sont élevées dans les parties aériennes puis elles diminuent vers la fin de l'été car les plantes stockent les macro-éléments dans leur

Auteurs	Teneurs dans les parties aériennes de <i>P. australis</i> exprimées en (% MS)		
	N	P	K
SEIDEL (1969)	—	0,14	0,425
GERLACZYNSKA (1973)	0,94	0,16	0,36
GERLOFF (1969)	2,11	0,13	0,52
BERNATOWICZ (1969)	1,23	0,01	0,42
RIEMER & TOTH (1968)	1,88	0,16	0,89

rhizomes. Le stockage étant terminé en automne. Cette évolution des concentrations dans les différentes parties des plantes est décrite par KVET (1973), ULEHLOVA & al. (1973), ROMAN & al. (1969), MASON & BRYANT (1975).

ROMAN & al. (1968) signalent que la concentration d'azote, dans les parties aériennes, passe par un minimum au milieu de l'été puis remonte légèrement au moment de la fructification.

*c) Conditions de nutrition.* — Il semble assez difficile d'expliquer pour quelle(s) raison(s) les macrophytes émergents des bords du Léman ont présenté des teneurs si basses pour N et P en 1976.

Avec des cultures de *Cyperus esculentus*, dans des milieux de culture avec différentes teneurs de matières nutritives, BARKO & SMART (1979) ont défini l'état nutritionnel des plantes en effectuant le rapport N/P, c'est-à-dire les teneurs de N dans les tissus sur les teneurs de P. dans les tissus. Dans notre cas ce rapport se trouve dans les limites indiquées dans le tableau ci-après.

Dans notre cas ces comparaisons de rapport N/P dans les tissus des plantes amènent les informations suivantes:

- dans les stations avec litière les roseaux sont plus riches en azote, ce qui confirme les observations de KLÖTZLI (1973);
- les informations de la littérature montrent que ce rapport N/P oscille dans une large limite; les roseaux récoltés par GERLACZYNSKA (1973) ont pu souffrir d'une carence d'azote;

Station ou référence	N / P	Sol – Fond
Pointe à la Bise, station lacustre, 1976	14,29	Gravier, sable sans litière
Pointe à la Bise, station terrestre, 1976	15,0	Gravier, sable sans litière
Grangettes, station terrestre, 1976	20,50	Litière recouvre le fond vaseux
Tougues, station lacustre, 1976	16,75	Gravier, sans litière
Corzen, station ± lacustre, 1975	23,33	Vase avec litière
Thonon, SHL, bassins de culture, 1975	12,31	Sable, irrigué avec eau d'égoût
GERLOFF (1969)	16,23	—
RIEMER & TOTH (1968)	11,75	—
GERLACZYNSKA (1973)	5,88	—

- les roseaux, cultivés en bassin, (Thonon, SHL), que nous avons alimentés avec des eaux d'égout, avaient peu d'azote à leur disposition; nous avons remarqué que cet élément, ainsi que le potassium, étaient très rapidement assimilés ou fixés (WATTENHOFER, 1980).

*d) Autres éléments.* — Le calcium est moins abondant dans les analyses de *Phragmites australis* que pour les macrophytes submergés. Cette différence est due au dépôt de carbonate de calcium chez les submergés.

Les émergents avec leurs tissus de soutien ont une teneur en cellulose largement supérieure à celle des submergés qui sont dépourvus de ces tissus.

Le magnésium est moins abondant dans les parties aériennes de *P. australis* que dans les parties dressées (parties vertes) des macrophytes submergés. Le magnésium se trouve dans les tissus assimilateurs (KVET, 1973). Chez le roseau en fin de croissance, ULEHLOVA & al. (1973) ont trouvé les quantités suivantes de Mg:

- dans les tiges: 0,04 (% MS);
- dans les feuilles: 0,27.

Ces auteurs mentionnent que les quantités les plus élevées de Mg se trouvent dans les rhizomes (0,40% MS).

Le sodium est moins abondant chez les émergents que chez les submergés, COWGILL (1974) a fait les mêmes observations.

Chez *Phragmites australis*, le sodium montre une augmentation de la teneur, dans les parties aériennes, en fin de saison, avant la sénescence des plantes (MASON & BRYANT, 1975).

#### *Accumulation de métaux lourds par les macrophytes submergés et émergents*

*Bore.* — Les échantillons de *Potamogeton pectinatus* ont des teneurs de bore sensiblement plus élevées que les autres macrophytes submergés. Il est intéressant de remarquer les différences montrées par des espèces différentes qui ont été prélevées le même jour au même site. Par exemple les plantes récoltées à St-Prex; *P. pectinatus* a une teneur de 184,57 ppm B alors que *P. perfoliatus* a 26,68 ppm B. Ou bien les plantes d'Ouchy; 174,03 ppm B pour *P. pectinatus* et 36,18 ppm B pour *P. lucens*.

*Cuivre.* — Les macrophytes submergés récoltés à Ouchy et Rolle montrent des teneurs élevées de cuivre (de 38 à 59 ppm). Ces fortes teneurs peuvent être dues d'une part à un traitement des ports avec un phytocide à base de cuivre et d'autre part à des résidus de traitements viticoles. En effet, DAVAUD & al. (1978) mentionnent que la contamination des sédiments de la côte vaudoise peut être due à la viticulture.

RIEMER & TOTH (1969) n'ont pas trouvé de relation entre la teneur de cuivre dans les *Potamogeton* et la teneur en cuivre dans l'eau. Tandis que

MCNABB & TIERNEY (1972) suggèrent que les plantes accumulent le cuivre en fonction des teneurs de cuivre disponible dans l'eau.

En comparant les analyses des plantes avec celles des sédiments superficiels donnés par DAVAUD & al. (1978), il ressort que les plantes ayant les plus fortes teneurs en cuivre proviennent de régions où les sédiments ont également des teneurs en cuivre élevées.

### **Quantités de matières nutritives exportables par récolte des macrophytes Bilan provisoire pour le Léman**

Dans le Léman, en 1972 la surface couverte par les macrophytes était d'environ 30 km<sup>2</sup>. La végétation aquatique est largement formée par le genre *Potamogeton* qui contribue pour 80% environ (LACHAVANNE & WATTENHOFER, 1975). Pour les *Potamogeton* du Léman récoltés en 1976, le standing crop était de l'ordre de 100 g MS par m<sup>2</sup>. Si avec cette dernière donnée on se permet, non sans risque, d'extrapoler à la valeur de standing crop par km<sup>2</sup>, on arrive à 100 tonnes par km<sup>2</sup>.

Ce qui donne pour l'ensemble des rives du Léman:

$$100 \text{ t/km}^2 \cdot 30 \text{ km}^2 = 3000 \text{ tonnes de macrophytes.}$$

Les teneurs moyennes en matières nutritives dans les *Potamogeton* sont, pour l'azote d'environ 2,2% et, pour le phosphore d'environ 0,25%. Les quantités de matières nutritives exportables du Léman en effectuant une récolte annuelle des macrophytes sont, en ordre de grandeur:

- pour l'azote: 62 t N;
- pour le phosphore: 7,5 t P.

Par rapport aux charges annuelles de matières nutritives qui arrivent au Léman par ses affluents, 6400 t d'azote et 1360 t de phosphore (BURKARD, 1976), une éventuelle récolte des macrophytes ne représenterait que les 9,7‰ de la charge d'azote et les 5,5‰ de la charge de phosphore.

### **Perspectives**

Actuellement, sous la direction du Professeur F. Klötzli de l'Institut géobotanique de l'Ecole polytechnique fédérale de Zürich et avec un financement du Fonds national suisse de la recherche scientifique, nous continuons nos travaux dans ce domaine en essayant de mieux connaître la production et la composition chimique des plantes aquatiques selon les conditions hydrogéochimiques du milieu.

## REMERCIEMENTS

Le financement de l'étude de répartition des macrophytes a été assuré par la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution. Alors que la partie concernant la production et la composition chimique des plantes a été financée par la Société académique de Genève, puis par une bourse de l'Institut national de la recherche agronomique.

Cette seconde partie de l'étude n'aurait pu être entreprise sans l'aide et les conseils de quelques collègues que nous avons le plaisir de citer. Il s'agit de Messieurs Barroin, Pegnon et Michoux (Thonon), de Monsieur Hornung (Lausanne), de Monsieur Lang (Conservation de la faune du canton de Vaud), de la Police du lac de Genève et du Club de plongée d'Ouchy.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN, S. E. & W. H. PEARSALL (1963). Leaf analysis and shoot production in Phragmites. *Oikos* 14(2): 176-189.
- BARKO, J. W. & R. M. SMART (1979). The nutritional ecology of *Cyperus esculentus*, an emergent aquatic plant, grown on different sediments. *Aquatic Bot.* 6: 13-28.
- BAUMANN, E. (1911). *Die Vegetation des Untersee (Bodensee)*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Nägele u. Dr. Sproesser, 469 pp.
- BERNATOWICZ S. (1969). Macrophytes in the Lake Warniak and their chemical composition. *Ekol. Polskie, Sér. A* 17(27): 447-467.
- & E. PIECZINSKA (1965). Organic matter production of macrophytes in the lake Taltowisko Mazurian Lake Land). *Ekologia Polska* 13(9): 113-124.
- & J. RADZIEJ (1964). Yearly production of macrophytes in Marmy Lake complex. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 12(3): 307-348.
- BURKARD, P. (1976). Etude des affluents du lac Léman et du Rhône entre Genève et Chancy, Campagne 1975 — Evolution de 1974 à 1975. *Rapport Comm. Int. Protec. Eaux Léman*: 199-282.
- COWGILL, U. M. (1974). The hydrochemistry of Linsley Pond, North Bramford, Connecticut. *Arch. f. Hydrobiol., Suppl.* 45(1): 1-119.
- DAVAUD, E., F. RAPIN & J.-P. VERNET (1978). Contamination des sédiments côtiers par les métaux lourds. *Rapp. Comm. Léman. Campagne 1977*: 189-211.
- DOUGLAS-HUNTER, R. (1976). Changes in carbon and nitrogen content during decomposition of three macrophytes in freshwater and marine environments. *Hydrobiologia* 51(2): 119-128.
- DYKYJOVA, D. & D. HRADECKA (1973). Production of reed-bed stands in relation to the ecotype, microclimate and trophic conditions of the habitat. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20(1): 111-119.
- FORSBERG, C. (1959). Quantitative sampling of subaquatic vegetation. *Oikos* 10(2): 234-240.
- (1960). Subaquatic macrovegetation in oesbysjoen, Djursholm. *Oikos* 11(2): 183-199.
- GERLACZYNSKA, B. (1973). Distribution and biomass of macrophytes in Lake Dgal Maly. *Ekol. Polska* 21(48): 743-752.
- GERLOFF, G. C. (1969). Evaluating nutrient supplies for the growth of aquatic plants in natural waters. In: *Eutrophication*: 537-555. NAS, Washington, 660 pp.
- GOPAL, B. (1973) A survey of the Indian studies on ecology and production of wetland and shallow water communities. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20(1): 21-29.
- GRACE, J. B. & L. J. TILLY (1976). Distribution and abundance of submerged macrophytes, including *Myriophyllum spicatum* L. *Arch. Hydrobiol.* 77(4): 475-487.

- HASLAM S. M. (1968). The biology of reed (*Phragmites communis*) in relation to its control. *Proc. 9th Brit. Weed Control Conf.*: 382-397.
- (1970). The development of the annual population *Phragmites communis* Trin. *Ann. Bot.* 34: 571-591.
- HAWKES, H. A. (1957). Biological aspect of pollution. In: E. KLEIN (éd.), *Aspects of river pollution*: 191-251. Butterworth, London.
- HOWALD-WILLIAMS, C. (1978). Growth and production of aquatic macrophytes in a South temperate saline lake. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 20: 1153-1158.
- KLÖTZLI, F. (1973). Über Belastbarkeit und Produktion in Schilfröhricht. *Verh. Gesell. Ökol., Saarbr.*: 237-247.
- KORINKOVA, J. (1971). Quantitative relations between submerged macrophytes and populations of invertebrates in a carp pond. *Hidrobiologia* 12: 377-382.
- KOWALCZEWSKI, A. (1975). Algal primary production in the zone of submerged vegetation of eutrophic lake. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 19: 1305-1308.
- KVET, J. (1973). Mineral nutrients in shoots of reed (*Phragmites communis* Trin.). *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20(1): 137-147.
- J. SVOBODA & K. FIALA (1969). Canopy development in stand of *Typha latifolia* L. and *Phragmites communis* L. in South Moravia. *Hidrobiologia* 10: 63-75.
- LACHAVANNE, J.-B. & R. WATTENHOFER (1975). *Les macrophytes du Léman*. Conservatoire botanique de Genève et Commission internationale pour la protection des eaux du Léman, Genève, 147 pp.
- LE ROUX, M. (1907). Recherches biologiques sur le lac d'Annecy. *Ann. Biol. Lacustre* 2: 220-387.
- LEVÊQUE, J.-P. & al. (1972). Recherche sur les biomasses et la productivité du lac Tchad. In: *Productivity problems of freshwater*: 165-182. PBI 1972 — PWN, Polish scientific publishers.
- MASON, C. F. & R. J. BRYANT (1975). Production, nutrient content and decomposition of *Phragmites communis* Trin. and *Typha latifolia* L. *J. Ecol.* 63(1): 71-96.
- MCNABB, C. D. & D. P. TIERNEY (1972). *Growth and mineral accumulation of submerged vascular hydrophyte in pleioeutrophic environs*. Tech. Rep. Inst. Water Michigan State Univ., 26 pp.
- NIKOLAJEVSKIJ, V. G. (1971). Research into the biology of the common reed (*Phragmites communis* Trin.) in the URSS. *Folia Geobot. Phytotax. Praha* 6: 221-230.
- OLSEN, S. (1950). Aquatic plants and hydrospheric factors. *Svensk. Bot. Tidskr.* 44: 1-34.
- OWENS, M. & R. W. EDWARDS (1962) III. Crop studies and estimates of net productivity of macrophytes in four streams in Southern England. *J. Ecol.* 50: 157-162.
- RICKETT, H. W. (1922). A quantitative study of the larger aquatic plants of Lake Mendota. *Trans. Wisconsin Acad. Sci.* 20: 501-527.
- RIEMER, D. N. & S. J. TOTH (1968). A survey of the chemical composition of aquatic plants in New Jersey. *N. J. Agr. Exp. Stat. Coll. Agric., Environm. Sci., Rutgers Univ., Bull.* 820: 14 pp.
- & S. J. TOTH (1969). A survey of the chemical composition of *Potamogeton* and *Myriophyllum* in New Jersey. *Weed Sci.* 17: 219-223.
- RODEWALD-RUDESCU, L. (1974). Das Schilfrohr. *Die Binnengewässer* 27, 302 pp.
- ROMAN, T., L. ROMAN & I. MILEA (1968). Cercetari cu privire la nutritia minerala a stufului (I). *Celluloza si Hirtie* 17(8): 314-324.
- ROMAN, L., T. ROMAN, & I. MILEA (1969). Cercetari cu privire la nutritia minerala a stufului (II). *Celluloza si Hirtie* 18(1): 1-9.

- SEIDEL, K. (1969). Höhere Wasserpflanzen in ihrer Umwelt eine neue Orientierung. *Rev. Roum. Biol. Zool.* 14(2): 149-156.
- SCHIERUP, H.-H. (1978). Biomass and primary production in a *Phragmites communis* Trin. swamp in North Jutland, Denmark. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 20: 94-99.
- SCULTHORPE, C. D. (1967). *The biology of aquatic vascular plants*. Edward Arnold Ltd., London, 610 pp.
- SOLANDER, D. (1978). Experimental lake fertilisation in the Kuokkel area, Northern Sweden: distribution, biomass and production of the submerged macrophytes. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 20: 869-874.
- SZCZEPANSKI, A. (1969). Biomass of underground parts of the reed *Phragmites communis* Trin. *Bull. Acad. Polonaise Sci.* 17(4): 245-247.
- ULEHLOVA, B., S. HUSAK & J. DVORAK (1973). Mineral cycles in reed stands of Nesyt fishpond in Southern Moravia. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20(1): 121-129.
- WATTENHOFER, R. (1979). *Éléments d'écologie des macrophytes du Lac Léman*. Univ. Genève, thèse n° 1947, 234 pp.
- (1980). L'assimilation-fixation de nutriments avec une culture expérimentale de macrophytes (*Phragmites australis*) dans le but d'épurer des eaux usées. *Gaz — Eaux — Eaux usées* 60(5): 190-195.
- J. GAGNAIRE & P. LAURENT (1977). Les roselières du lac d'Annecy. *Saussurea* 8: 151-158.
- WESTLAKE, D. F. (1963). Comparisons of plant productivity. *Biol. Rev.* 38: 385-425.
- (1966). The biomass and productivity of *Glyceria maxima*. I. Seasonal changes in biomass. *J. Ecol.* 54: 47-63.
- (1971). Primary production rates from change in biomass macrophytes. In: R. A. VOLLENWEIDER, R. A. (éd.), *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments*: 103-107. IBP Handbook 12, sec. éd.
- (1973). Aquatic macrophytes in rivers. A review. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20: 31-40.
- WETZEL, R. G. (1975). *Limnology*. W. B. Saunders Comp., Philadelphia, 743 pp.
- & R. A. HOUGH (1973). Productivity and role of aquatic macrophytes in lakes. An assesment. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20(1): 9-19.
- WIEGLEB, G. (1978). Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen hydrochemischen Umweltfaktoren und Makrophytenvegetation in stehende Gewässer. *Arch. Hydrobiol.* 83(4): 443-484.

