

# Les macrophytes du Pfäffikersee

Autor(en): **Burgermeister, G. / Lachavanne, J.-B.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse**

Band (Jahr): **90 (1980)**

Heft 3-4

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-63721>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Les Macrophytes du Pfäffikersee

par *G. Burgermeister* et *J.-B. Lachavanne*

Département de Biologie végétale de l'Université de Genève

Manuscrit reçu le 19 août 1980

## 1. Introduction

L'étude des macrophytes du Pfäffikersee s'inscrit dans un vaste programme de recherche intitulé:

"Etude chorologique et écologique des macrophytes des lacs suisses en fonction de leur altitude et de leur niveau trophique" et financé par le Fond national suisse de la recherche scientifique avec la collaboration de l'Office fédéral de la protection de l'environnement.

Elle fait suite aux travaux réalisés sur les lacs de Morat, Biemme et sur le Burgäschisee (Lachavanne 1979 a, b, et c).

La végétation macrophytique du Pfäffikersee est relativement mal connue. Il existe quelques données citées par Schellenberg (1878) et dans les anciennes flores suisses et zurichoises. Une liste des plantes aquatiques a été donnée par Messikommer (1928) et plus récemment, quelques relevés ont été effectués par Egloff (1977).

Cette étude vient donc compléter les connaissances acquises sur la végétation aquatique de ce lac et préciser son état actuel. Elle met en évidence les caractéristiques de la végétation riveraine et immergée d'un des plus anciens lacs eutrophes de Suisse et décrit ainsi un état extrême vers lequel tendent tous les lacs soumis à une eutrophisation intense. Elle permet en particulier de mettre en évidence les espèces qui résistent le mieux à un haut niveau trophique des eaux.

## 2. Le Pfäffikersee: présentation sommaire

Le Pfäffikersee est situé aux confins du Plateau suisse et des Préalpes zurichoises. Ses principales caractéristiques géographiques et morphométriques sont données dans le tableau 1.

Le lac a été formé il y a environ 14'000 ans par des moraines de la dernière période glaciaire. Depuis lors, sa surface a diminué de moitié, tandis que des marais étendus faisaient leur apparition, en particulier au sud-est du lac.

Bien que les premières traces d'implantation humaine remontent à environ 8'000 av.J.C., et qu'une population relativement importante vive déjà sur ses bords en 1650 (Wildermuth 1977), le Pfäffikersee est encore oligotrophe au milieu du siècle dernier. En 1878 déjà, Schellenberg remarque la raréfaction des truites. Cette constatation marque les débuts du processus d'eutrophisation. En 1942, l'état du lac est considéré comme préoccupant par Thomas. Les floraisons d'eau et les hécatombes de poissons se multiplient, les salmonidés deviennent rares et l'eau toujours plus trouble. Les résultats d'analyse publiés en 1953 par le même auteur permettent à Vollenweider (1970) de classer dès cette époque le Pfäffikersee parmi les lacs très eutrophes. En 1967/68, son état s'est encore aggravé (Ambühl 1973). Depuis, les communes riveraines ont construit trois stations d'épuration des eaux, équipées pour la déphosphatation, tandis que des essais d'oxygénation artificielle de l'hypolimnion ont été menés parallèlement. Comme le souligne Wildermuth (op. cit.), il est sans doute encore trop tôt pour dire si ces mesures seront suffisantes pour enrayer le processus d'eutrophisation des eaux du lac.

**Tableau 1**

Caractéristiques géographiques et morphométriques du Pfäffikersee (d'après Wildermuth - 1977).

Situation	47° 21' lat. nord. 8° 47' long. est
Altitude	537 m.
+ gde longueur	2,63 km
+ gde largeur	1,53 km
surface	3,03 km <sup>2</sup>
profondeur max.	36 m
profondeur moy.	18,5 m
volume	56.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
bassin versant	40,2 km <sup>2</sup>

### 3. Méthodes et techniques

#### 3.1. *Données techniques et relevés sur le terrain*

L'étude de la végétation macrophytique du Pfäffikersee a été réalisée à l'aide de photographies aériennes en couleur prises par la Service topographique fédéral (Wabern) le 4 août 1977. Ces documents permettent d'étudier l'aspect quantitatif des populations de macrophytes identifiés lors de prospections in situ réalisées durant l'été 1977 à l'aide d'un bateau spécialement équipé.

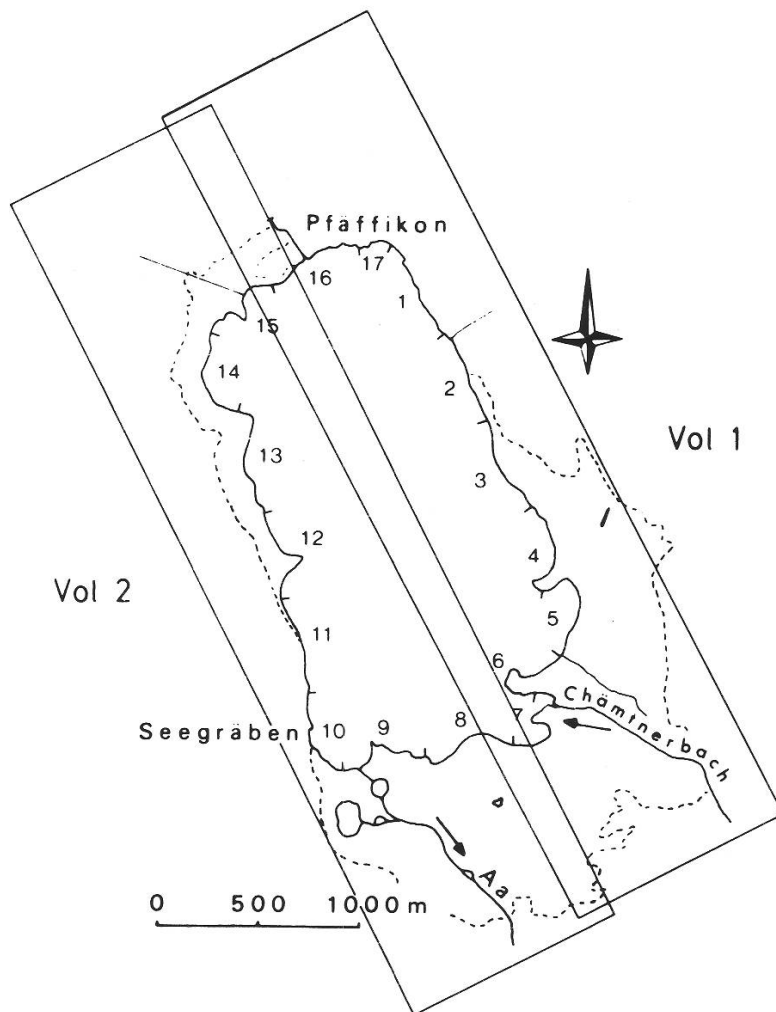
La couverture photographique des rives du lac s'est faite en 2 vols (cf. fig. 1) et comprend 18 Ektachromes Dias (recouvrement 60%) et 8 Cibachromes-Prints, format 23 x 23 cm.

L'altitude du vol a été choisie en fonction des propriétés de l'objectif utilisé, afin d'obtenir une échelle proche de 1 : 5000 sur les clichés. Les caractéristiques des clichés et leurs possibilités d'utilisation pour la cartographie de la végétation aquatique ont

déjà discutées par Lang (1969) par Lachavanne et Wattenhofer (1975) et, plus récemment, par Kohler (1978).

Côté terre, nous avons limité notre étude à la roselière lacustre, le plus souvent homogène. Cette limite a été déterminée sur les photographies aériennes, après vérification in situ.

Sur ces clichés, les surfaces des zones de végétation ont été mesurées par comptage de points, avec des trames de mailles de 1 ou 2 mm. Pour calculer les surface réelles, il a été tenu compte de l'échelle exacte de chaque photographie.



**Figure 1** Plan de vol et subdivision des rives en unités cartographiques numérotées de 1 à 17.

L'abondance générale de la végétation dans chaque zone est déterminée d'après les photographies aériennes et les observations in situ. Elle est représentée par un coefficient A dont la valeur va de 0,5 à 4.

0,5	pour les zones à végétation	clairsemée
1		peu dense
2		moyennement dense
3		dense
4		très dense

La prospection systématique des rives du Pfäffikersee a en outre permis de déterminer le pourcentage relatif des différentes espèces qui composent les zones. Dans la plupart des cas, étaient également notées la profondeur, la nature du sol (vase, sable, cailloux), la présence ou non de courants, ainsi que de nombreuses caractéristiques des plantes en rapport avec leur phénologie.

Des indications plus complètes concernant le matériel de prospection d'une part, l'estimation de l'abondance de la végétation et du pourcentage relatif des espèces, d'autre part, sont donnés par Lachavanne et Wattenhofer (1975).

### 3.2. Méthodes de cartographie

Le pourtour du lac a été divisé en unités cartographiques arbitraires, correspondant à autant de tranches de rives d'environ 500 m. de longueur, mesurées au curvimètre directement sur les photographies aériennes.

La figure 1 définit ainsi 16 unités cartographiques de 500 m environ et une unité (no. 17) de 150 m. de rive.

L'importance relative (X) des différentes espèces pour chaque unité cartographique calcule en points selon la formule:

$$X = S \cdot A \cdot \% \text{ rel.}$$

où : S = surface de la zone de végétation en hectare (ha)

A = abondance générale de la zone (0,5 à 4)

% rel. = pourcentage relatif de l'espèce considérée par rapport aux autres espèces présentes dans la même zone (5 à 100%)

Une zone d'un hectare couverte intégralement par une population très dense, composée à 100% d'une même espèce, correspond ainsi à  $1 \times 4 \times 100 = 400$  points.

Ce chiffre représente le maximum attribué à une surface d'un hectare et peut aussi être obtenu lorsqu'une telle surface est colonisée par une population hétérogène très dense, les différentes espèces se partageant alors les 400 points.

Sur les cartes de répartition des espèces, le mode de représentation suivant a été choisi pour l'indice X :

- espèce présente (0–40 points)
- espèce moyennement abondante (41–400 points)
- espèce abondante (401–800 points)
- espèce très abondante (801 points et plus)

Toutes les informations détaillées (position exacte des prélèvements, abondance relative des espèces, etc...) figurent sur la chemise transparente qui accompagne chaque photographie aérienne en couleur.

Ces documents sont déposés au laboratoire du groupe de biologie aquatique de l'Université de Genève.

## 4. Flore et végétation du Pfäffikersee

### 4.1. La flore

La prospection systématique des rives du Pfäffikersee en juillet 1977 a permis d'établir la liste des espèces macrophytique qui colonisent ce lac.

La comparaison de nos observations avec les données anciennes figurant dans la littérature (notamment Schellenberg 1978, Rikli 1912, Messikommer 1928, Pascher 1936 et plus récemment Wildermuth 1977), permet d'apprécier certaines modifications subies par la flore (cf. point 4.5).

Toutefois, le petit nombre d'espèces citées, et l'absence de recensement exhaustif antérieur à cette époque, laissent à penser que certaines espèces nouvellement recensées sont simplement passées inaperçues jusqu'à nos jours.

La liste des observations faites sur le Pfäffikersee est donnée en annexe.

Les résultats de ces recherches sont exposés dans le tableau 2. La distinction entre les espèces aquatiques et palustres a été établie à partir des données de Landolt (1977). Ont été considérées comme aquatiques les espèces à qui cet auteur a attribué les degrés d'humidité 5 u, v ou s, et comme palustres celles caractérisées par les degrés 5 i ou wi.

Le signe "moins" pour les observations nouvelles signifie que l'espèce n'a pas été retrouvée lors de notre étude. Dans la plupart des cas, il peut également signifier la disparition ou tout au moins la régression de l'espèce considérée.

Les Bryophytes n'ont pas fait l'objet d'une recherche particulière.

Toutes les espèces à détermination délicate ont été prélevées, pour autant que l'existence même de la station n'ait pas été mise en danger.

Les ouvrages de base suivants ont été utilisés pour la détermination des spécimens:

en général Binz et Thommen (1966)

Hess - Landolt et Hirzel (1967-1977)

pour les Potamogeton, Berger (1969)

Tableau 2

Liste des macrophytes du Pfäffikersee

	Observations antérieures	Observations Juillet 1977
A. Espèces aquatiques		
<i>Charophytes (1)</i>	+	-
<i>Bryophytes</i>		
Drepanocladus (C. Müller) Roth	+	-
Fontinalis antipyretica L. ex. Hedw.	-	+
Fontinalis sp. (Dill.) Hedw.	+	-
<i>Phanérogames</i>		
Myriophyllum spicatum L.	+	-
Myriophyllum verticillatum L.	+	-
Najas intermedia Wolfgang	+	-
Najas marina L.	-	+

Nuphar luteum (L.) Sibth	+	+
Nymphaea alba L.	+	-
Potamogeton crispus L.	+	+
Potamogeton nodosus Poir.	-	+
Potamogeton panormitanus Biv.	-	+
Potamogeton pectinatus L.	-	+
Potamogeton perfoliatus L.	+	-
Zannichellia palustris L.	-	+

## B. Espèces palustres

### *Bryophytes*

Calliergon stramineum (Bridel) Kindb.	-	+
---------------------------------------	---	---

### *Ptérédophytes*

Equisetum limosum L.	+	-
----------------------	---	---

### *Phanérogames*

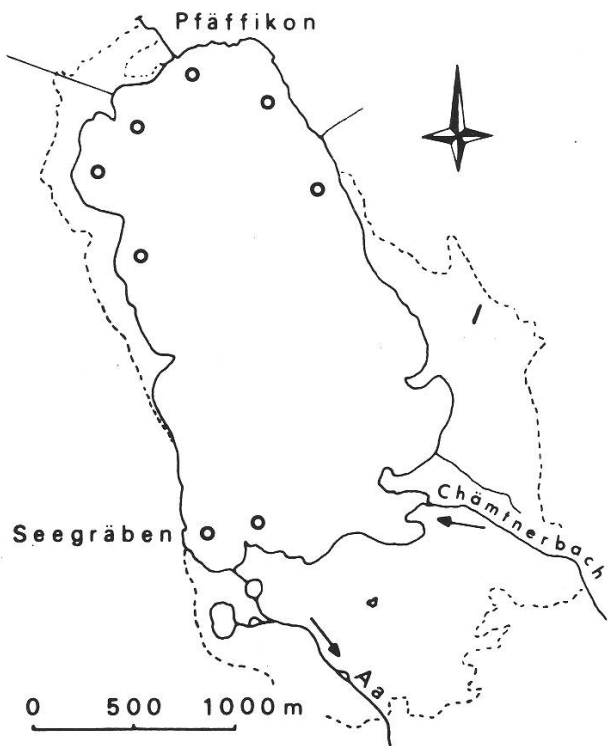
Acorus Calamus L.	+	+
Alisma Plantago-aquatica L.	-	+
Iris Pseudacorus L. (2)	+	+
Phragmites australis (Cav.) Trin.	+	+
Polygonum amphibium (L.) (2)	+	+
Schoenoplectus lacustris (L.) Palla	+	+
Typha latifolia (L.) (2)	+	-
Typha sp.	-	+
Typhoides arundinacea (L.) Moench (3)	-	+

- (1) espèces non précisées
- (2) La première mention de la présence de ces espèces dans le lac a été faite par Wildermuth dans son ouvrage publié en 1977.
- (3) La répartition de cette espèce n'a pas été étudiée.

## 4.2. Répartition des espèces

La répartition dans le Pfäffikersee des 16 espèces recensées (*Typhoides arundinacea* (L.) Moench non compris) est donnée, accompagnée de brefs commentaires concernant également l'écologie de ces espèces.

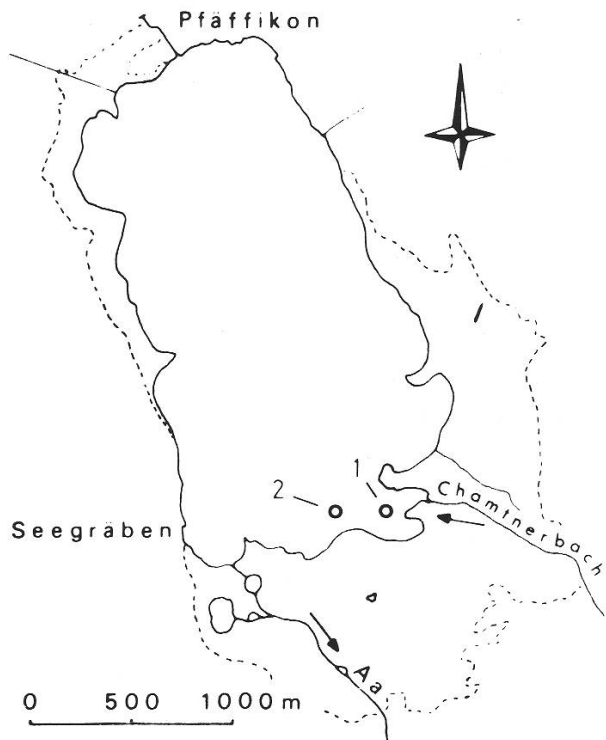
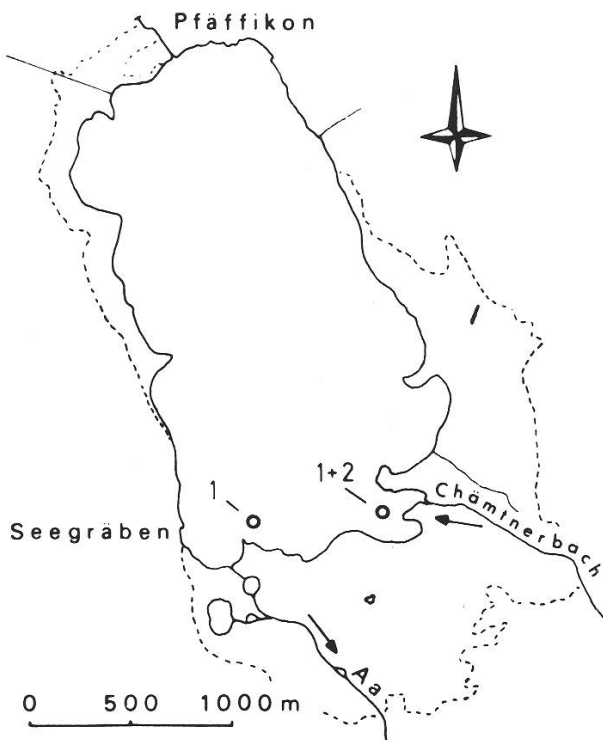
*Acorus Calamus* L.



- espèce présente (0–40 points)
- espèce moyennement abondante (41–400 points)
- espèce abondante (401–800 points)
- espèce très abondante (801 points et plus)

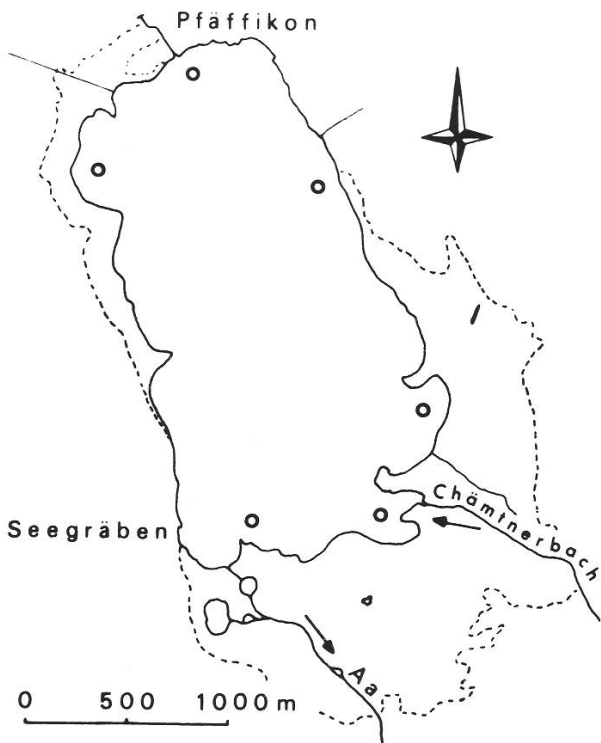
*Typha* sp. 1  
*Alisma Plantago-aquatica* L. 2

*Fontinalis antipyretica* L. ex Hedw. 1  
*Calliergon stramineum* (Bridel) Kindb. 2

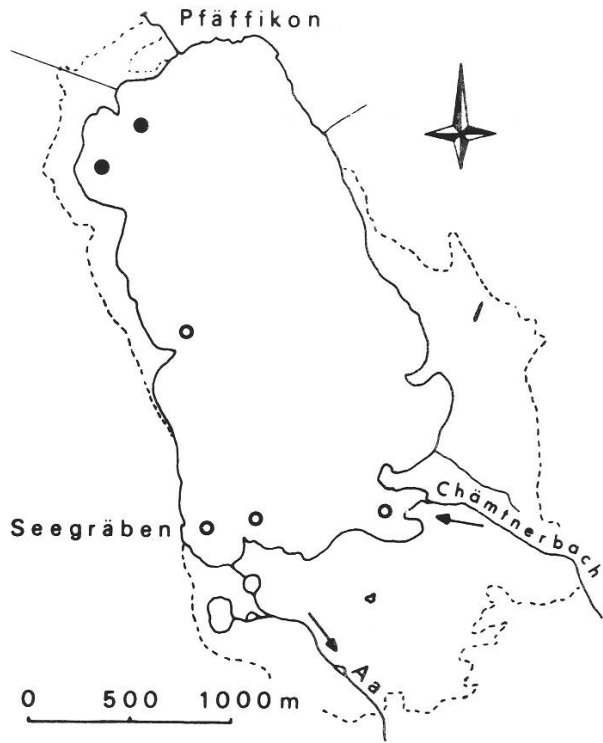




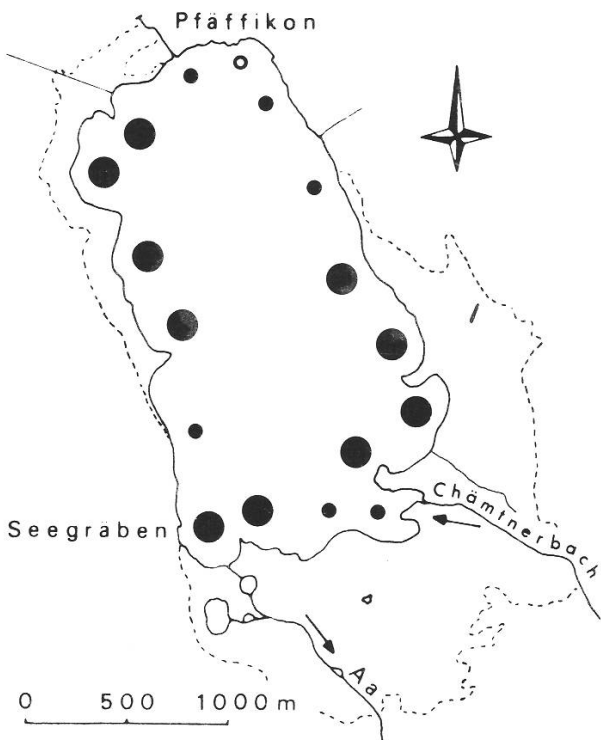
*Iris Pseudacorus* L.



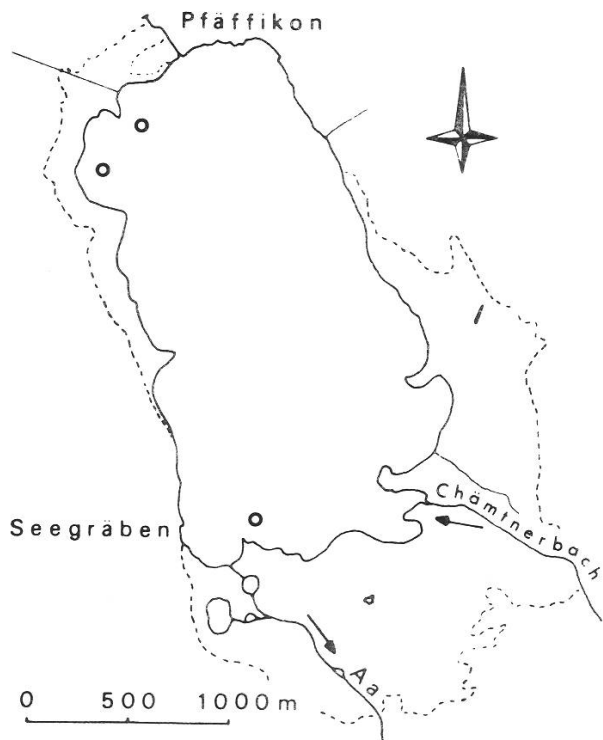
*Nuphar luteum* (L.) Sibth.



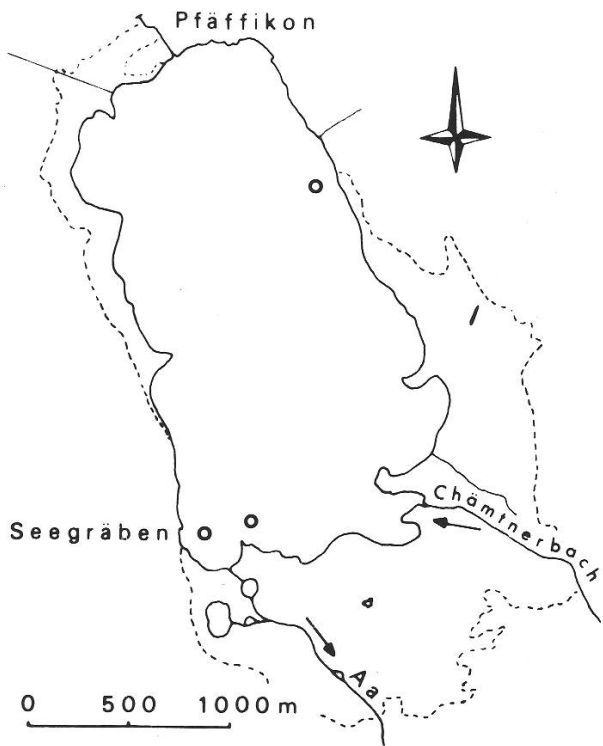
*Phragmites australis* (Cav.) Trin.



*Polygonum amphibium* L.

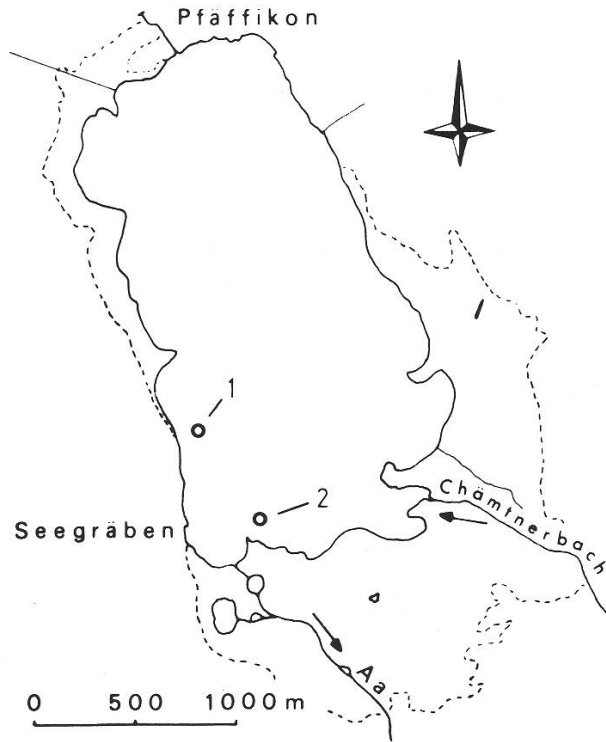


*Potamogeton crispus* L.

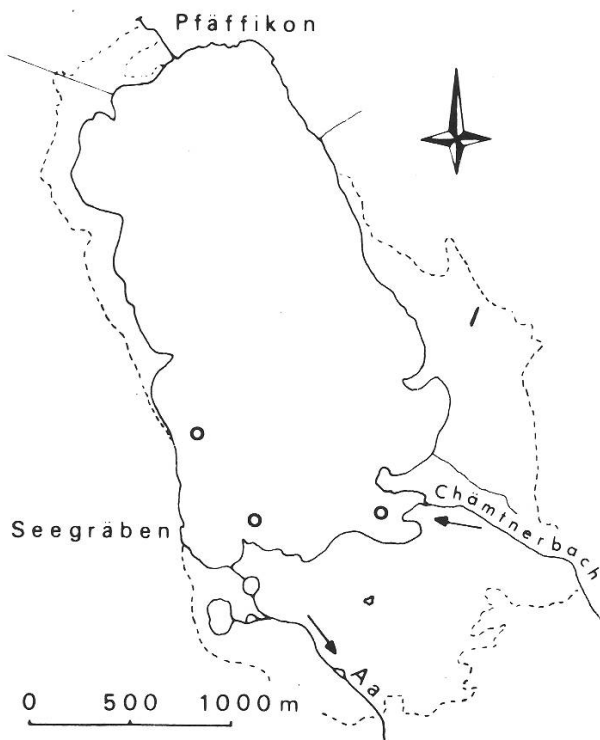


*Potamogeton pectinatus* L. 1

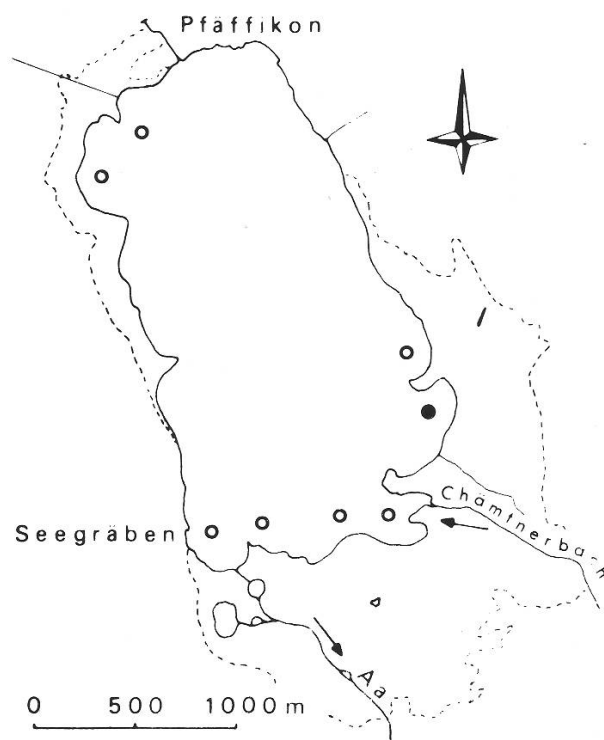
*Potamogeton nodosus* Poir. 2



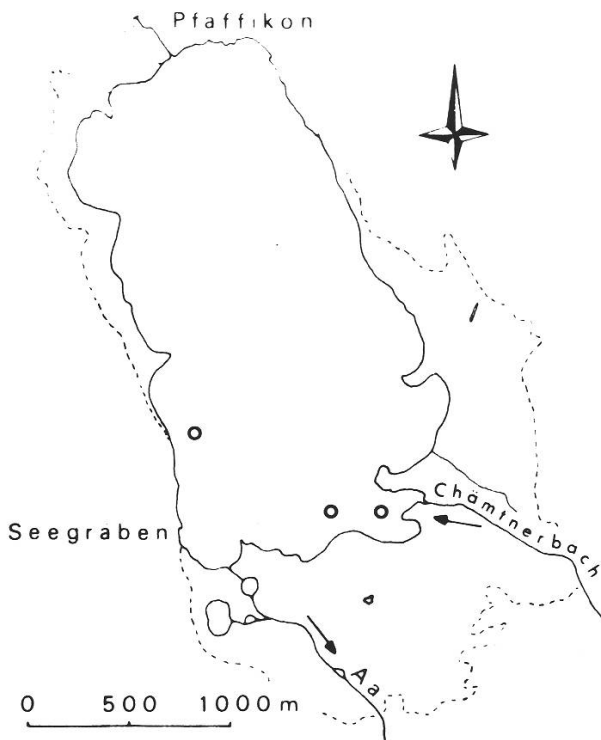
*Potamogeton panormitanus* Biv.



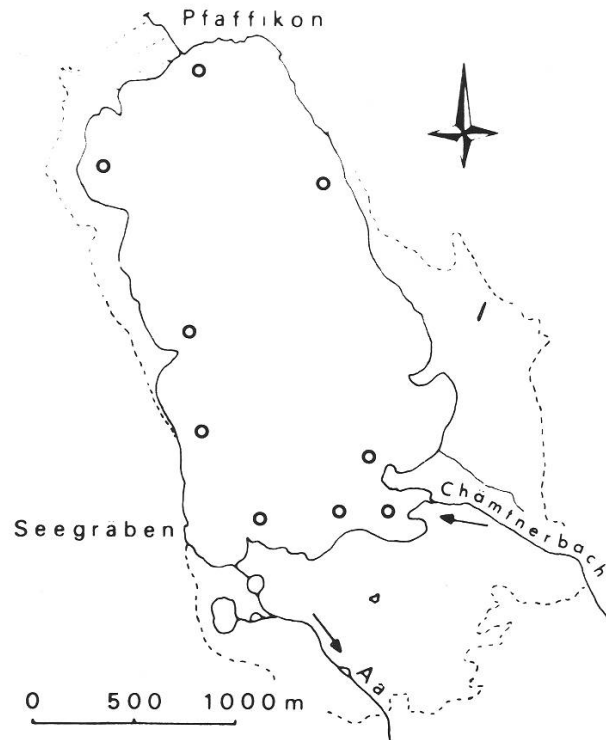
*Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla



*Najas marina* L.



*Zannichellia palustris* L.



*Acorus calamus* L.

Dans nos régions, de l'étage collinéen à montagnard. Dans les eaux stagnantes ou à faible courant. Sur sol vaseux. Souvent en compagnie de *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Assez fréquent sur les bords du Pfäffikersee, *Acorus calamus* ne forme que rarement des zones étendues. Généralement sous forme de touffes ou de bouquets, ses populations sont disséminées le long du front de la roselière.

*Alisma plantago-aquatica* L.

Dans nos régions, plante des étages collinéen et montagnard, jusqu'à 1000 m. Dans les eaux peu profondes, stagnantes ou à faible courant, riches en matières nutritives. Préfère les sols vaseux.

Cette espèce n'a été trouvée au bord du lac proprement dit que sur le delta du Chämnerbach.

*Calliergon stramineum* (Bridel) Kindb.

Des étages inférieurs à l'étage alpin. Dans les eaux calmes ou dans les prairies tourbeuses et marécageuses; plutôt calcifuge. Cette espèce n'a été récoltée qu'en un point entre 1 et 1,5 m. de profondeur, en compagnie de *Najas marina* L.

*Fontinalis antipyretica* L. ex Hedw.

Etages inférieurs au subalpin. Se développe attaché à un substrat solide, dans les eaux stagnantes ou courantes, oligotrophes ou eutrophes, voire même acidotrophes ou faiblement salées (Olsen - 1950). Cette mousse n'a été trouvée dans quelques centimètres d'eau que sur le delta du Chämtnerbach, où elle a probablement été apportée par la rivière.

*Iris pseudacorus* L.

Plante de l'étage collinéen, plus rarement montagnard. Sur sol vaseux, riche en matières nutritives, inondé périodiquement ou de façon durable. Au bord du lac, cette espèce, comme *Acorus calamus* L. pousse par touffes bordant la roselière. On la trouve cependant aussi bien devant que derrière celle-ci, à la limite de la cariçaie. Seule sa présence côté lac a été considérée pour établir la carte de répartition.

*Najas marina* L.

Etage collinéen. Eaux stagnantes ou à courant faible, riches en matières nutritives. Sur sol calcaire, vaseux, sableux ou graveleux. Souvent dans le Parvopotameto - Zannichellietum tenuis W. Koch (1925). Dans le Pfäffikersee, *Najas marina* pousse en petites touffes rares, entre 0,5 et 2 m. de profondeur, parfois en compagnie de *Zannichellia palustris* L.

*Nuphar luteum* (L.) Sibth.

Etages collinéen et montagnard. Eaux stagnantes ou à courant faible, riches en substances nutritives. Sur sol vaseux.

Moyennement abondant dans le Pfäffikersee, *N. luteum* forme souvent des populations situées juste sur le mont, parfois rejoignant le front actuel de la roselière, parfois séparées de celui-ci par une bande d'eau libre, de 2 à 20 mètres de large. C'est dans cet espace intermédiaire que se trouve souvent *Polygonum amphibium* L. et parfois *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla. Avec 2,3 m. *Nuphar luteum* semble détenir le record de profondeur dans le Pfäffikersee.

*Phragmites australis* (Cav.) Trin.

Plante des étages collinéen et montagnard, plus rarement subalpin. Sur sol vaseux, tourbeux, pauvre à riche en substances nutritives. Au bord ou dans les eaux stagnantes ou à faible courant. Participe à l'atterrissement. Cette espèce présente un très large spectre écologique quant aux conditions de milieu. Elle peut s'accomoder de tous les stades de développement du substrat lacustre (Misra 1938). *P. australis* pousse dans tous les types d'eaux douces et dans les eaux saumâtres. Il est connu pour son grand pouvoir d'absorption des éléments fertilisants de l'eau.

Grâce à des mesures de protection prises dès 1948, la roselière entoure encore la plus grande partie du lac. Néanmoins, le front, souvent effrité, témoigne du recul de celle-ci. (cf. paragraphe 4.5.2.). En certains endroits, les roseaux du front de la roselière sont chétifs, tandis que quelques mètres à l'intérieur de celle-ci leur hampe peut mesurer plus de 4 m. de hauteur.

#### *Polygonum amphibium* L.

Etages collinéen et montagnard, rarement subalpin. Dans les mares, les fossés et même les flaques non permanentes. Sur sol argileux, riche en azote. L'aspect de la plante diffère passablement selon le milieu, si bien qu'on distingue au moins une forme aquatique et une forme terrestre. De petites zones de *P. amphibium*, dans sa forme aquatique, existent en quelques points du lac, le plus souvent directement contre la roselière, dans des entroits généralement peu exposés.

#### *Potamogeton crispus* L.

Etages collinéen et montagnard, rarement subalpin. Dans des eaux stagnantes eutrophes le plus souvent, mais aussi oligotrophes et saumâtres (Olsen 1950). C'est, d'après Ozimek (1978), l'une des espèces avec *Potamogeton pectinatus* L. qui, dans le lac Mikolajskie en Pologne, supportent les habitats les plus pollués par les eaux résiduaires municipales.

Son mode de propagation végétatif (turions) l'empêche généralement de former des zones de végétation étendues.

De préférence sur fonds caillouteux et rocailleux.

Cette espèce a été observée formant des bouquets isolés, entre 1 et 2 m. de profondeur, en quelques points du lac seulement.

#### *Potamogeton nodosus* Poir.

Etage collinéen. Dans les eaux courantes, le plus souvent riches en matières nutritives. *Potamogeton nodosus* ne forme qu'une petite zone dans le Pfäffikersee, exactement au départ de l'émissaire. Poussant entre 1 et 2 m. de profondeur, les plantes atteignent la surface mais les feuilles flottantes sont rares et petites.

#### *Potamogeton panormitanus* Biv.

Etages collinéen, montagnard et subalpin. Eaux stagnantes exclusivement, eutrophes ou saumâtres. Tantôt considéré comme une race ou variété de *P. pusillus* L., tantôt comme une espèce distincte.

De très petits exemplaires (max. 5 cm.) de cette espèce, mêlés à quelques spécimens de *Zannichellia palustris* L., ont été récoltés en 3 points du lac, à une profondeur de

l'ordre de 50 cm. Il est possible que, vu la grande turbidité des eaux et sa très petite taille, *P. panormitanus* ait parfois échappé à nos recherches et qu'il soit plus fréquent dans le Pfäffikersee que ne l'indique notre carte de répartition.

#### *Potamogeton pectinatus* L.

Etages collinéen et montagnard. Eaux courantes ou tranquilles. Se trouve dans les eaux oligotrophes ou eutrophes, douces ou saumâtres. Généralement sur fonds vaseux ou sablonneux. Olsen (1950), Sculthorpe (1967) et Kohler (1974) soulignent ses facultés d'adaptation à la pollution des eaux. En Suisse, en extension marquée dans le Lemman (Lachavanne et Wattenhofer, 1975) et le lac de Constance (Lang 1971).

Quelques petits exemplaires (5–10 cm.) de *P. pectinatus* ont été trouvés en un seul point du lac, en alternance avec *Zannichellia palustris* L. Concernant la répartition de cette espèce, la petite taille des plantes récoltées impose cependant la même réserve que dans le cas de *P. panormitanus* Biv.

#### *Schoenoplectus lacustris* L. Palla

Etages collinéen et montagnard, rarement subalpin. Eaux stagnantes ou à courant faible, eutrophes, mais aussi oligotrophes et saumâtres (Olsen 1950). Généralement sur fonds vaseux, riches en matières nutritives.

Avec *Phragmites australis* (Cav.) Trin., c'est une des espèces caractéristiques de la ceinture  $\alpha$  des pièces d'eau. Dans le Pfäffikersee, il se trouve soit mêlé au front de la roselière, soit, et c'est le cas le plus fréquent, forme des populations distinctes. On en trouve cependant parfois quelques plants disséminés dans la nupharaie. Les populations distinctes et homogènes de *Sch. lacustris* existent sous deux formes: la première correspond aux zones denses et prospères qui se trouvent souvent accolées à la roselière, la seconde est représentée par les petites touffes de plantes malingres le plus souvent séparées de la roselière par un bras d'eau.

#### *Typha* sp.

Seuls quelques exemplaires, stériles de ce genre ont été observés dans le lac. Il s'agit sans doute de *T. latifolia* L., espèce mentionnée par Wildermuth (1977).

#### *Zannichella palustris* L.

Etages collinéen, plus rarement montagnard. Dans les eaux stagnantes ou à courant faible, de préférence eutrophes. Sur sols vaseux. Egalement en eaux salées.

Cette espèce, assez fréquente dans le lac, ne se présente que sous forme de petites plantes (5-10 cm.) isolées ou en petits groupes lâches. On la trouve toujours à une faible profondeur, souvent parmi les restes de rhizomes de *Phragmites australis* (Cav.) Trin., devant le front de la roselière.

### 4.3. Flore des marais côtiers

De brèves incursions derrière la roselière ont en outre permis de recenser les espèces suivantes (1):

\* *Dans le marais sud* (Robenhausenriet)  
*Ptéridophytes*

*Equisetum limosum* L.  
*Lastrea Thelypteris* (L.) Bory

*Phanérogames*

*Betonica officinalis* L.  
*Calamagrostis lanceolata* Roth  
*Carex Buxbaumii* Wahlenb.  
*Carex rostrata* Stokes  
*Dianthus superbus* L.  
*Drosera anglica* Hudson  
*Drosera intermedia* Hayne  
*Drosera rotundifolia* L.  
*Eupatorium cannabinum* L.  
*Galium palustre* L.  
*Gentiana pneumonanthe* L.  
*Hydrocotyle vulgaris* L.  
*Juncus compressus* Jacq.  
*Juncus conglomeratus* L.  
*Juncus inflexus* L.  
*Molinia coerulea* L. Moench  
*Potamogeton natans* L.  
*Rhynchospora alba* L. Vahl  
*Scheuchzeria palustris* L.  
*Utricularia intermedia* Hayne  
*Utricularia minor* L.  
*Utricularia* sp. (*vulgaris* ou *neglecta*)

\* *Sur les rives et dans le canal de la station d'épuration*  
(à la hauteur de la tranche de rive No. 16)

*Alisma plantago-aquatica* L.  
*Carex pseudocyperus* L.  
*Cladium mariscus* (L.) Pohl  
*Galium palustre* L.  
*Iris pseudacorus* L.

(1) listes non exhaustives

*Juncus conglomeratus* L.  
*Lotus uliginosus* Schkuhr  
*Lysimacchia nummularia* L.  
*Phragmites australis* (Cav.) Trin.  
*Symphitum officinale* L.  
*Typha latifolia* L.

\*

*Autour du lac*

*Ptéridophytes*

*Equisetum limosum* L.

*Phanérogames*

*Carex vesicaria* L.

*Epilobium hirsutum* L.

*Juncus bufonius* L.

*Lemna minor* L.

*Polygonum persicaria* L.

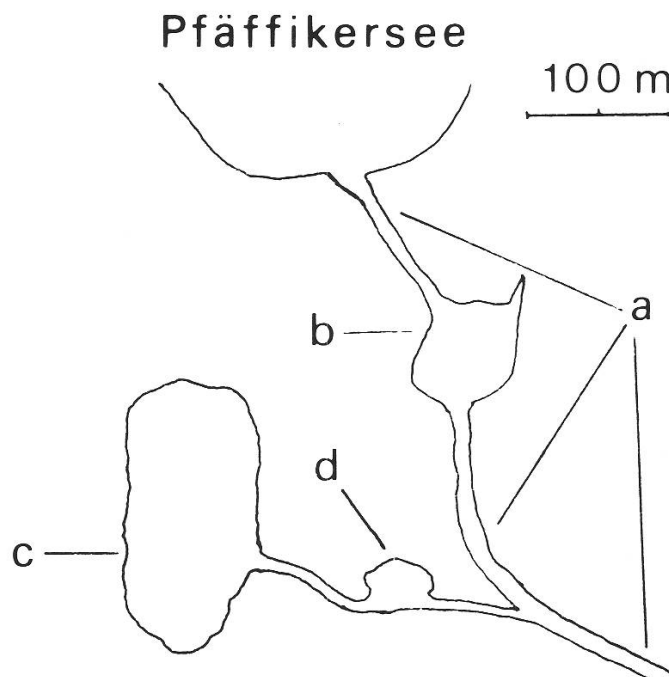
*Veronica beccabunga* L.

Réalisées notamment par Schwilch (1963), Klötzli (1973) et Wildi (1976), des études plus complètes existent sur la végétation palustre du Robenhausenriet.

Comme le souligne Lüdi (1961), la richesse floristique de ce site protégé constitue un de ses principaux attraits.

\* \* \* \* \*

Des prospections réalisées en juillet 1977, et complétées en août 1978 permettent d'autre part de donner un aperçu, de la flore macrophytique de la région de l'Untersee (Seegräbnerriet) schématisé ainsi:



Les espèces suivantes ont été recensées dans le canal de l'Aa (a).

ceinture  $\alpha$       { *Acorus calamus* L.  
                          { *Phragmites australis* (Cav.) Trin.  
                          { *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla

ceinture  $\beta$             *Nuphar luteum* (L.) Sibth.

Les mêmes espèces, accompagnées de *Carex* sp. (touradons) figurent dans le Hellsee (b)



Dans l'Untersee (c), ont été recensées en août 1978:

ceinture $\alpha$	{ Carex sp. (touradons) Cladium mariscus (L.) Pohl Menyanthes trifoliata L. Phragmites australis (Cav.) Trin Schoenoplectus lacustris (L.) Palla
ceinture $\beta$	Nuphar luteum (L.) Sibth. Nymphaea alba L.

Le Bützlisee (d) et le canal le reliant à l'Untersee d'une part, et à l'émissaire de l'autre, n'ont pas été prospectés à cause des difficultés d'accès et des dégâts qu'aurait pu provoquer le passage d'une embarcation au milieu des populations de nymphéacées.

La répartition détaillée des espèces recensées figure sur les chemises transparentes accompagnant deux photographies aériennes.

\* \* \* \* \*

Enfin, la liste des espèces macrophytiques recensées en août 1978 dans l'étang de l'Irgenhauserriet (à la hauteur de la tranche de rive No. 4) comprend:

#### *Ptéridophytes*

*Equisetum limosum* L.

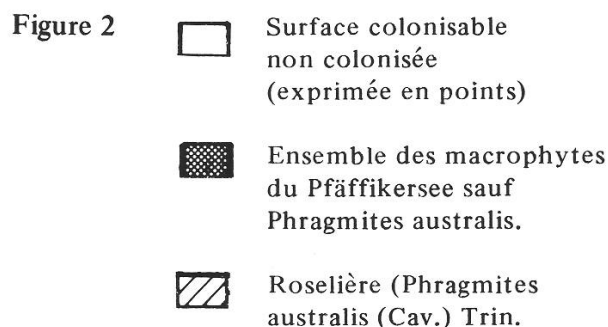
#### *Phanérogames*

*Acorus calamus* L.  
*Carex* sp.  
*Iris pseudocarus* L.  
*Lemna trisulca* L.  
*Nymphaea alba* L.  
*Phragmites australis* (Cav) Trin.  
*Potamogeton natans* L.  
*Sparganium neglectum* Beeby  
*Typha latifolia* L.  
*Utricularia* sp. (*vulgaris* ou *neglecta*)

## 4.4 La végétation

### 4.4.1. Abondance et répartition générale

Le total des points obtenu par l'ensemble des espèces pour chaque unité cartographique nous renseigne sur l'abondance de la végétation dans les différentes régions du lac. (fig. 2).



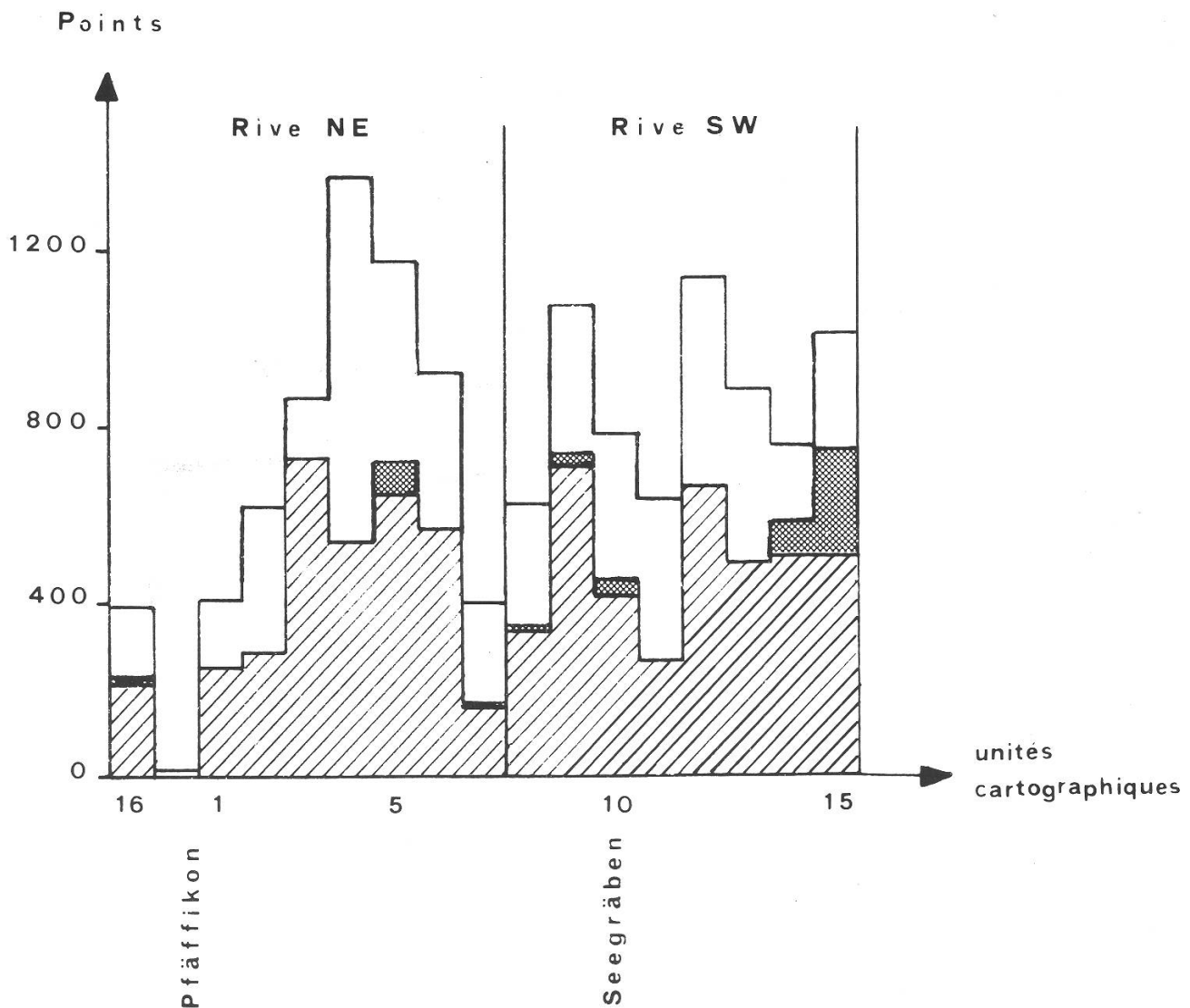


Fig. 2: Abondance de la végétation dans les différentes régions du lac.

Cette figure met en évidence la faible abondance (en valeur absolue) de la végétation macrophytisque du Pfäffikersee, puisque le total par tranche de rive de 500 m. ne dépasse 700 points que dans 4 cas sur 17, et reste toujours largement inférieur à 800 points. A titre de comparaison, de nombreuses régions du Léman, définies par les photographies aériennes (600 à 800 m. de rive) dépassent 8000 points (Lachavanne et Wattenhofer - 1975) tandis que 8 régions analogues sur les 21 que comptent les rives du Lac de Môtat, dépassent 2000 points (Lachavanne 1979 a).

Cette relative pauvreté de la végétation s'explique d'abord par l'étroitesse de la "surface colonisable". Celle-ci est définie d'une part par la limite côté terre de la roselière aquatique, et de l'autre par la profondeur maximale (environ 2 m) atteinte par la végétation macrophytisque. Cette profondeur correspond à la limite de visibilité des fonds sur les photographies aériennes en couleur, et marque l'endroit où la pente de la berge s'accroît brusquement.

La figure 2 souligne en outre l'importance relative des roseaux par rapport aux autres espèces de macrophytes. Parmi celles-ci, comme l'illustrent les cartes de réparti-

tion, seuls *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla et *Nuphar luteum* (L.) Sibth. sont moyennement abondants dans certaines régions du lac (tranche de rive 5, 14 et 15) ce qui fait apparaître l'extrême pauvreté de la végétation aquatique submergée.

Pour tenir compte de l'étroitesse de la beine (assimilée ici à la surface colonisable) on peut calculer l'indice de colonisation des rives, défini comme "l'abondance des macrophytes par unité de surface colonisable". Cet indice moyen égale 239 pts/ha dans le cas du Pfäffikersee, contre 132 pts/ha pour le lac de Môtat (Lachavanne op. cit) et 198 pts/ha pour celui de Bienne (Lachavanne 1979 b).

Ce résultat remarquable est à mettre en relation avec la prépondérance des populations de roseaux (presque toujours de forte densité). Les autres macrophytes ne représentent que 16 pts/ha de la surface colonisable.

La figure 3 donne la répartition de cet indice de colonisation des rives par les macrophytes.

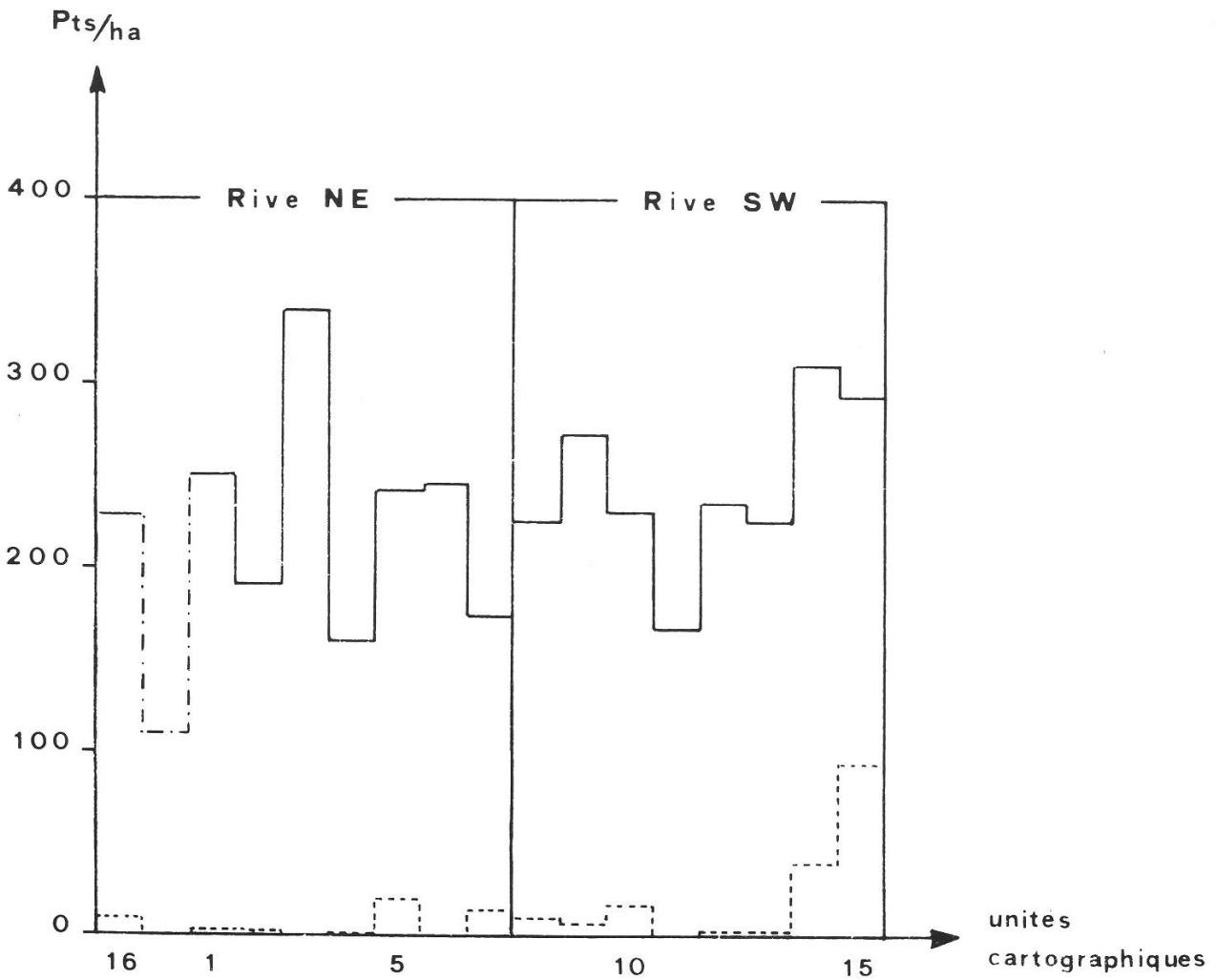


Fig. 3 Répartition autour du Pfäffikersee de l'indice de colonisation des rives par les macrophytes. (—) = indice global, exprimé en (---) lorsque la surface colonisable est inférieure à 0,05 ha; (---) = macrophytes autres que *Phragmites australis*. Dans chaque unité cartographique, l'indice de colonisation des rives par les roseaux

s'obtient en faisant la différence entre les 2 niveaux indiqués sur l'histogramme.  
Les autres données concernant la végétation macrophytique du Pfäffikersee figurent dans le tableau 3.

La surface totale colonisée par les macrophytes comprend 2 composantes: la surface totale des roselières et la somme des surfaces des zones de végétation définies sur les photographies aériennes par les peuplements des autres espèces.

La très faible densité de la végétation aquatique submergée du Pfäffikersee interdit souvent de définir des zones de végétation. Les régions correspondantes de la beine ne sont alors pas considérées comme appartenant à la surface colonisée. De cette interprétation des données biogéographiques s'ensuit une estimation restrictive de la surface colonisée par les macrophytes autres que le roseau.

La densité élevée des zones de végétation autres que les roselières décrit alors surtout les peuplements homogènes de *Nuphar luteum* (L.) Sibth. et *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla.

Tableau 3

Autres caractéristiques de la végétation macrophytique du Pfäffikersee.

Total surface colonisée	=	20,85 ha dont (19,58 ha roseaux) ( 1,27 ha autres espèces)
Total surface colonisable	=	32.56 ha
<u>Total surface colonisée</u> total surface colonisable	=	64% (taux de colonisation global)
<u>Total surface colonisée</u> surface du lac	=	6,9%
<u>Total surface colonisable</u> surface du lac	=	10,7%
<u>Total surface colonisée,</u> <u>roselières exclues</u>	=	10% (taux de colonisation global roselières exclues)
<u>Total des points</u> Total surface colonisée	densité moyenne des zones de végétation	= 372 pts/ha
<u>Total des points</u> <u>roselière exclues</u> Total surface colonisée roselières exclues	densité moyenne des zones de végétation autres que roselières	= 387 pts/ha
<u>Total des points</u> <u>attribués aux roseaux</u> Total surface roselières	densité moyenne des roselières	= 371 pts/ha

#### 4.4.2. Importance relative des espèces

Le total des points obtenus par chaque espèce dans les 17 unités cartographiques permet de calculer leur importance relative.

Les résultats qui apparaissent dans le tableau 4 confirment l'extrême pauvreté de la végétation aquatique submergée du Pfäffikersee (moins de 0,5% du total).

Tableau 4

	Points	%
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin.	7268	93,36
<i>Nuphar luteum</i> (L.) Sibth.	308	3,96
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	114	1,46
<i>Acorus calamus</i> L.	46	0,59
<i>Polygonum amphibium</i> L.	16	0,21
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	8	0,10
autres macrophytes (1)	25	0,32
Total:	7785	100

(1) Nombre de points attribués aux espèces formant des peuplements si peu denses qu'elles n'ont pas pu être comptabilisées séparément. Ce chiffre a été obtenu en prenant le 5% du total des points attribués aux plantes, roselières non comprises.

#### 4.5. Evolution

##### 4.5.1. Evolution de la flore (cf. tableau 2)

La rareté des observations anciennes concernant la flore palustre du lac proprement dit prévient toute tentative d'établir un bilan de son évolution. L'absence de *Typhoides arundinarcea* (L.) Moench parmi les données de la littérature s'explique sans doute par la relative discrétion dont fait preuve cette graminée sur les rives du lac où elle ne forme pas de populations homogènes. A la présence de *Typha* sp. correspond probablement l'observation de *Typha latifolia* (L.) faite par Wildermuth (1977). *Equisetum limosum* L. prélevé à proximité du lac n'a pas été retrouvé sur les bords même de celui-ci.

Parmi les plantes aquatiques, les Charophytes, signalés par Messikommer en 1928 et connus pour leur sensibilité à la pollution trophique des eaux, n'ont pas été retrouvés. Selon Forsberg (1954), Jaag (1968), Lang (1975) et Lachavanne (1976), le plupart des espèces de ce groupe régressent ou disparaissent dans les lacs soumis à une forte eutrophisation.

Parmi les Bryophytes aquatiques, aucune espèce du genre *Drepanocladus* (C. Müller) Roth, cité par Messikommer (op. cit.) n'a été retrouvée. *Fontinalis antipyretica* L. ex. Hedw., prélevée lors de nos prospections in situ, correspond vraisemblablement à *Fontinalis* sp. (Dill.) Hedw. observé par le même auteur. *Calliergon stramineum* (Bridel) Kindb. semble par contre n'avoir jamais été observé dans le lac auparavant.

Sur 7 espèces de phanérogames aquatiques recensées dans le passé, 5 n'ont pas été retrouvées. Il est à noter cependant qu'une identité entre les anciens prélèvements de *Najas intermedia* Wolfgang et les exemplaires de *Najas marina* L. que nous avons récoltés, n'est pas totalement exclue.

D'autre part, 5 espèces jusqu'alors inconnues dans le Pfäffikersee (*Najas marina* incluse) ont été récoltées. L'absence dans le passé d'étude exhaustive sur la flore du

Pfäffikersee ne permet pas d'exclure la présence déjà ancienne de certaines de ces espèces dans le lac. Il est frappant cependant que ces espèces "nouvelles" montrent une nette préférence pour les eaux eutrophes.

La disparition de *Nymphaea alba* L. qui préfère les eaux pauvres en matières nutritives contraste avec la relative abondance de *Nuphar luteum* (L.) Sibth.

La disparition de *Myriophyllum spicatum* L., de *M. verticillatum* L. et de *Potamogeton perfoliatus* L. qui préfèrent des conditions eutrophes, est plus difficile à expliquer.

La cause pourrait en être un appauvrissement général de la végétation aquatique qui toucherait même les espèces bien adaptées à des conditions eutrophes. A ce propos, l'étude comparative des anciennes photographies aériennes (cf. le paragraphe suivant) montre qu'en 1954, la ceinture de nénuphars (*Nuphar luteum* (L.) Sibth, seulement ?) était beaucoup plus étendue qu'en 1977.

#### 4.5.2 Evolution des roelières lacustres

L'évolution de la ceinture de roseaux du Pfäffikersee a été étudiée par analyse comparative des différentes couvertures photographiques aériennes réalisées par le Service topographique fédéral (Wabern). Leurs caractéristiques figurent dans le tableau 5.

L'échelle des photographies a été calculée soit d'après les indications figurant sur les clichés (altitude, distance focale), soit d'après les mesures faites directement sur ceux-ci et sur la carte topographique au 1 : 25.000. Le niveau des eaux, important pour l'interprétation des anciennes photographies aériennes, a été communiqué par l'Office fédéral de l'économie hydraulique (Berne).

Seule l'évolution de la roselière lacustre a été étudiée.

Tableau 5

Couvertures photographiques aériennes anciennes et récentes des rives du Pfäffikersee.

Date	niveau des eaux (en m.s.m.)	niveau moyen annuel (en m.s.m.)	film	échelle de l'ordre de:
été(?) 1932	(537,37) (1)	537,08	noir	1 : 16000
21.10. 1943	536,46	536,75	blanc	1 : 14600
05.08. 1954	537,06	536,95	blanc	1 : 23000
11.06. 1966	537,08	537,22	blanc	1 : 27000
25.06. 1972	536,97	536,97	blanc	1 : 25400
04.08. 1977	537,54	537,14	couleur	1 : 5000

(1) Ce chiffre représente le niveau moyen pour mai-juin-juillet-août 1932.

Des comparaisons entre ces différentes couvertures photographiques ressortent les observations suivantes:

En 1932: La surface colonisable délimitée sur les photographies aériennes en couleur de 1977, est par endroits intégralement couverte de roseaux. Localement, ceux-ci font place à de grandes zones blanches (sablonneuses) (?) dont la configuration et les limites floues lais-

sent penser qu'elles sont d'origine naturelle. Ces zones ne sont pas toujours en communication directe avec le lac et forment alors des "trous blancs" à l'intérieur de la roselière. Au nord-ouest du lac seulement, celle-ci présente un front peu homogène ("rongé"), témoin d'un léger recul.

Tout autour du lac, sauf au sud, dans la région de l'émissaire, la roselière est quadrillée par des coupes de quelques mètres de large, dont le rôle était probablement de guider les poissons vers les nasses des pêcheurs.

- 1943 La roselière a regagné du terrain au nord-ouest, et les "trous blancs" ont parfois diminué de surface. Là où le quadrillage a été localement abandonné, les roseaux ont colmaté les brèches.
- 1954 La roselière accuse par endroits un très léger recul. En d'autres points, elle s'est très légèrement étendue au détriment des zones "blanches". Elle couvre alors approximativement la surface colonisable de 1977. Le quadrillage a presque disparu.
- 1966 Le front de la roselière a fortement reculé tout autour du lac, même derrière la ceinture de nénuphars. Il apparaît effiloché, image caractéristique d'une roselière en régression.
- 1972 Le recul de la roselière ne s'est pas poursuivi. On note même par endroits, une légère reconquête des surfaces perdues. Sur la beine autrefois couverte de roseaux, la rhizosphère est parfois encore visible et porte toujours les marques du quadrillage.
- 1977 Un très léger recul du front de la roselière est visible. Il n'y a pas d'autres changements appréciables, mis à part la forte régression de la rhizosphère mentionnée plus haut.

Le recul côté lac de la roselière du Pfäffikersee s'est donc effectué presque exclusivement pendant la période qui sépare les vols de 1954 et 1966, soit dans un laps de temps d'une douzaine d'années. Ce recul spectaculaire est bien illustré par les photographies A1-A2 et B1-B2.

Vu la qualité inégale des anciennes couvertures photographiques aériennes, seuls les clichés de 1943 et 1977 sont présentés. La série chronologique complète (1932 mis à part) figure dans la tranche de rive No. 6. La série B correspond à la tranche No. 12.

Agrandissements tirés de photographies aériennes du Pfäffikersee prises le 21 oct. 1943.  
(Autorisation de reproduction accordée le 10-7-1980 par le Service topographique fédéral, Wabern).

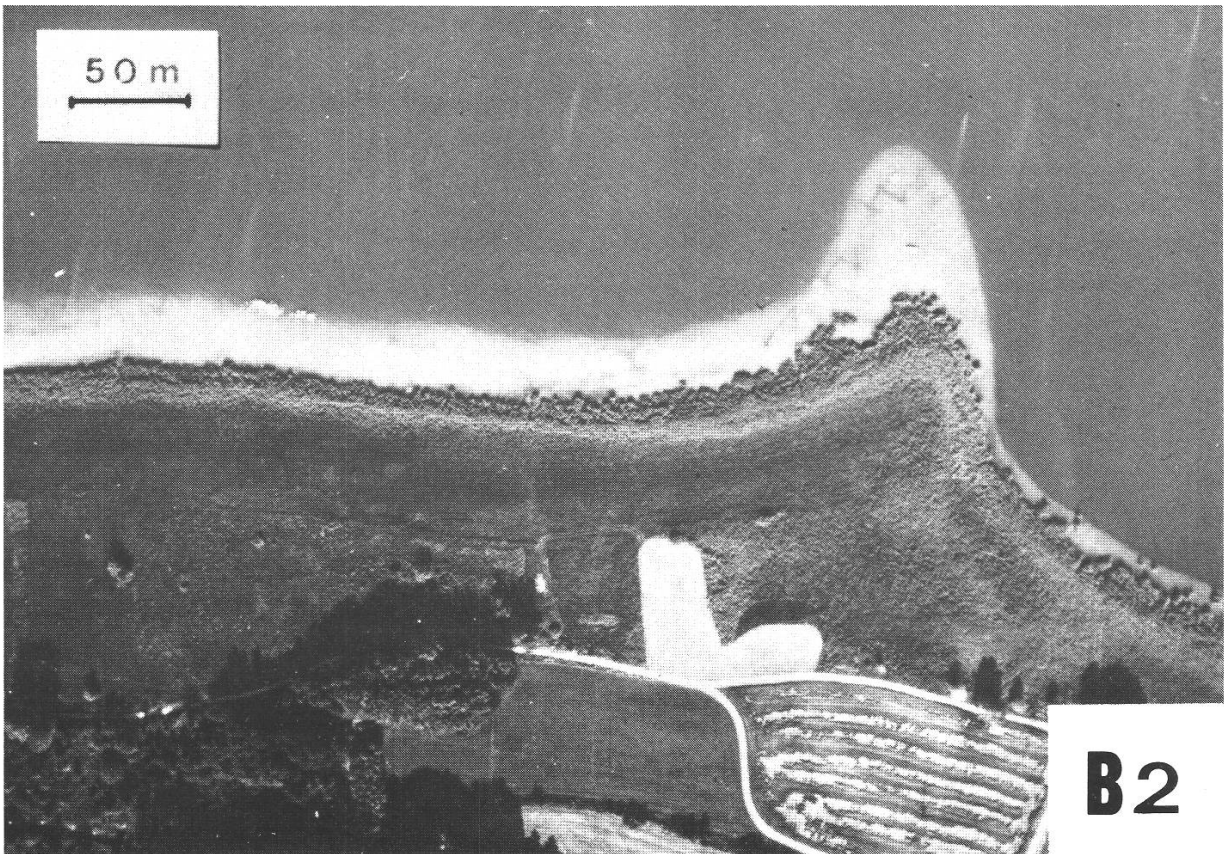
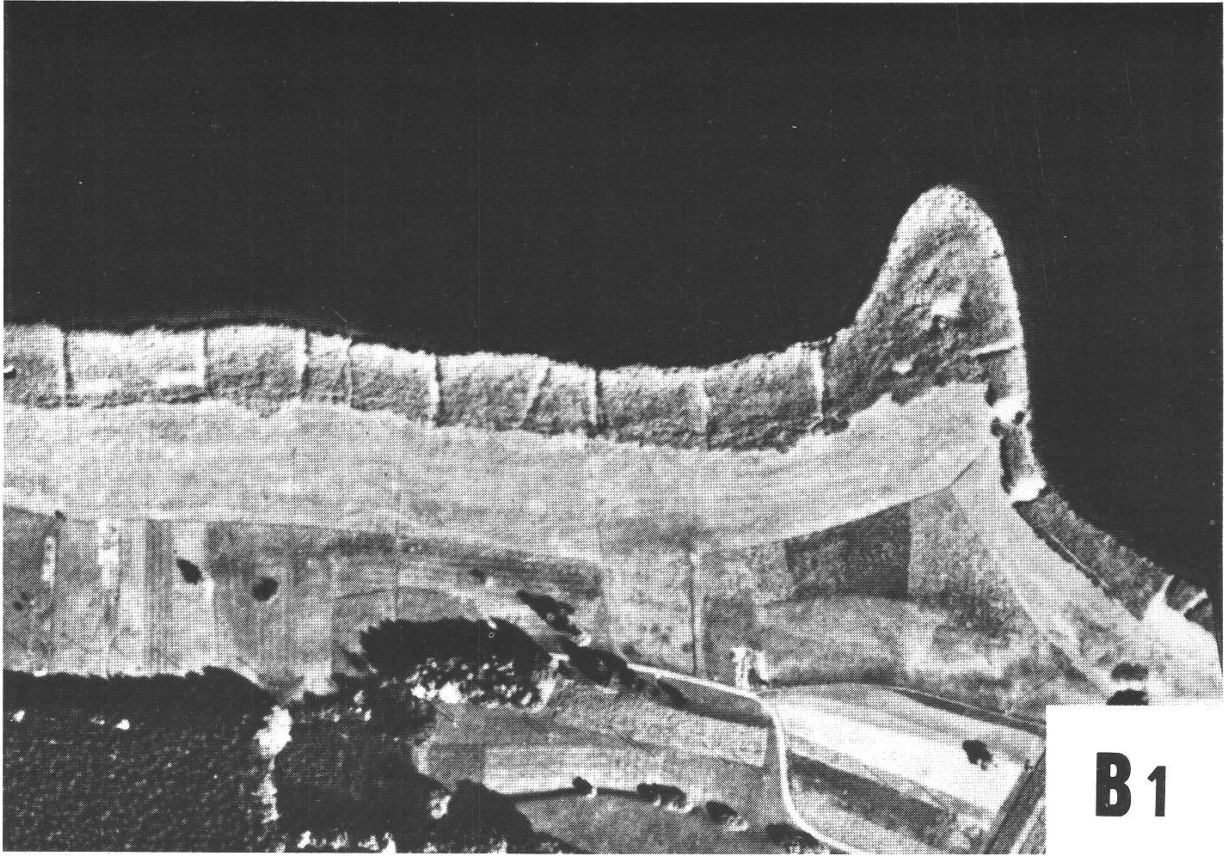


**A1**



**A2**





Les couvertures photographiques de 1954 et 1977 ont été utilisées pour estimer la perte de surface de la roselière aquatique. Les mesures de surface réalisées sur les photographies en couleur au 1 : 5000 ont ainsi servi de base à l'analyse. Les corrections nécessaires ont été effectuées en mesurant par comptage de points les surfaces à ajouter ou à soustraire. Une description détaillée de la méthode utilisée est donnée par Burgermeister (op. cit.).

Ces mesures ont montré que de 1954 à 1977, la ceinture de roseaux du lac a vu sa surface passer de 28,5 à 19,6 ha. ce qui correspond à une perte de 8,9 ha. Si ce recul était réparti également sur tout le pourtour du lac, c'est une bande de roseaux de près de 10 m. de large qui aurait disparu tout autour du Pfäffikersee. Exprimée en points, la perte est encore plus forte (4133 pts) car la diminution de densité de la roselière dans certaines zones est alors prise en considération.

Proportionnellement à sa surface en 1954, la roselière aquatique du Pfäffikersee a ainsi régressé (surtout entre 1954 et 1966) de 31% en surface et de 36% en points. La répartition tout autour du lac de ce recul est donné par la figure 4.

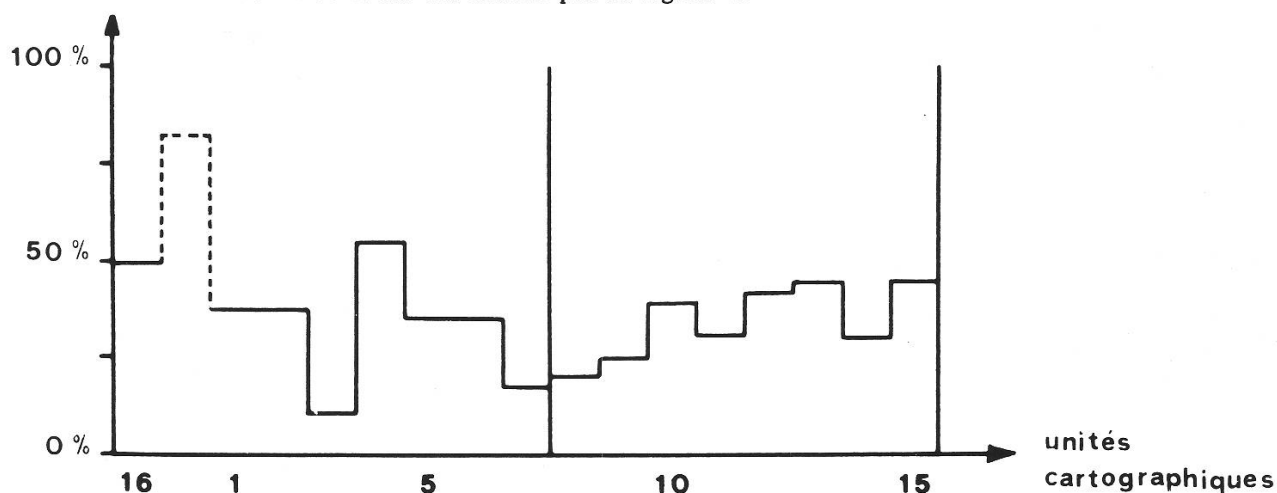


Figure 4: Répartition du recul de la roselière aquatique du Pfäffikersee de 1954 à 1977, en % de sa surface en 1954 (dessiné en ---lorsque la surface perdue est inférieure à 0,05 ha).

Les causes de la régression de la roselière ainsi que l'explication de la séquence temporelle des événements décrits plus haut restent à préciser.

Les facteurs responsables du recul des roselières (interventions directes de l'homme mises à part) sont nombreux et susceptibles d'interaction. Parmi ceux-ci, l'augmentation du niveau trophique des eaux joue directement ou indirectement un rôle important (Klötzli 1973).

Dans le Pfäffikersee, le niveau exceptionnellement haut des eaux au cours du printemps 1963 a pu contribuer à la dégradation et au recul de la roselière (Schwilch 1963). Il est possible d'autre part, de mettre en relation la stabilisation de la roselière entre 1966 et 1972 avec la mise en service des trois stations d'épuration équipées pour la déphosphation. Ces mesures de protection ont en effet permis de faire passer la charge annuelle en phosphates de 22 tonnes en 1968 à 3 tonnes en 1975 (Wildermuth 1977).

Mais il n'est pas exclu que le recul ait cessé simplement parce que la faible profondeur d'eau dans laquelle les roseaux parviennent à se maintenir limite l'action destructrice des vagues.

Nous renvoyons le lecteur intéressé par le problème de la régression des roselières aux travaux de Klötzli et Grünig (1976).

## 5 Discussion

Grâce à des mesures de protection prises dès 1948, le Pfäffikersee a conservé des rives dans un état proche de nature, ce qui explique, en partie du moins, la prépondérance du roseau au sein de la végétation macrophytique. Les caractéristiques de la roselière (surface colonisée, taux de la colonisation, densité des zones de végétation,

etc...) et celles du reste de la végétation lacustre doivent donc être exprimées séparément. Cette distinction nous semble également nécessaire dans toute analyse comparative de la végétation de différents lacs. L'absence d'étude exhaustive antérieure à 1977 ne permet pas de conclure à une baisse de la diversité spécifique de la végétation aquatique du Pfäffikersee, phénomène habituellement lié à l'eutrophisation croissante des eaux (Vollenweider 1970). Cette diversité est cependant faible puisque ce lac ne compte que 8 espèces aquatiques qui toutes — il faut le souligner — sont connues pour leur tolérance, voire la préférence qu'elles accordent à des conditions eutrophes.

L'abondance de la plupart des espèces aquatiques recensées est très faible: seules, quelques plantes ou quelques touffes de plantes ont le plus souvent été trouvées, ceci en 2 ou 3 points du lac seulement. Cette pauvreté quantitative et qualitative de la végétation aquatique a également été observée dans le Greifensee voisin très eutrophe lui aussi. (Burgermeister et Lachavanne — en prép. —).

Il faut cependant noter que la grande turbidité des eaux pendant la période estivale augmente les chances qu'une ou deux espèces de macrophytes submergés — surtout si leur abondance est faible — échappent à l'inventaire. Les quelques données obtenues concernant l'évolution de la végétation aquatique suggèrent qu'un appauvrissement général de celle-ci a pu avoir lieu.

Parmi les causes possibles de ce phénomène, la très forte turbidité des eaux joue certainement un rôle important. Conséquence d'un développement planctonique exubérant, celle-ci limite la pénétration de la lumière et par conséquent, la profondeur maximale atteinte par les macrophytes (2,3 m. dans le Pfäffikersee). La surface colonisable par ceux-ci s'en trouve considérablement réduite. La variation de ce paramètre au cours du temps a d'ailleurs déjà été observée dans le Léman (Lachavanne et Wattenhofer 1975).

En outre, les mauvaises conditions lumineuses régnant à moins de 2 m. de profondeur dans le Pfäffikersee, permettent le développement de certaines espèces de macrophytes, mais ne favorisent certainement pas l'établissement de zones de végétation étendues et denses.

Concernant les plantes palustres, la régression spectaculaire de la roselière lacustre, survenue en l'absence de tout "aménagement" des rives, confirme l'ubiquité d'un phénomène constaté dans tous les lacs du plateau suisse (Klötzli et Züst. 1973 — Lachavanne, 1979 a et b.) soumis à une eutrophisation des eaux.

## Resumé

L'étude de la végétation macrophytique du Pfäffikersee fait partie d'un vaste programme de recherches visant à mettre en évidence l'influence de l'altitude et du niveau trophique des eaux sur la répartition de ces organismes dans les lacs suisses.

A l'aide de photographies aériennes en couleur et de prospections in situ, l'inventaire qualitatif et quantitatif de la végétation macrophytique a été réalisé en 1977. Des cartes de répartition sont données pour les espèces recensées avec indication de leur abondance dans les différentes régions du lac.

La flore du Pfäffikersee comprend 17 espèces (15 Phanérogames et 2 Bryophytes) dont 8 sont typiquement aquatiques et 9 palustres. *Phragmites australis* représenté a

lui seul plus de 90% de la végétation; viennent ensuite *Nuphar luteum*, avec ca. 4% et *Schoenoplectus lacustris* (1,5%).

Toutes les autres espèces ne représentent qu'un pourcentage inférieur à l'unité.

Quelques prospections ont par ailleurs été réalisées dans les marais côtiers (Robenhausenriet, Untersee, Irgenhauserriet).

L'étude des données anciennes disséminées dans la littérature donne un aperçu sur l'évolution de la flore aquatique du Pfäffikersee et confirme l'influence de l'eutrophication sur celle-ci.

La comparaison des anciennes couvertures photographiques aériennes réalisées par le Service topographiques fédéral (Wabern) a en outre permis de suivre l'évolution depuis 1932 de la roselière lacustre: celle-ci a perdu, surtout entre 1954 et 1966, 8,9 ha soit le 31% de sa surface.

L'influence de conditions très eutrophes sur la végétation aquatique submergée est enfin brièvement discutée.

## Summary

The study of the Pfäffikersee's macrophytic vegetation is part of a wider research program that aims at specifying the effect of water trophic level and altitude upon the distribution of swiss lakes macrophytes.

A comprehensive qualitative and quantitative survey has been realised in 1977 by means of colour aerial pictures and prospections in situ. Distribution maps are given for the recorded species with indication of their abundance around the lake.

The Pfäffikersee's macrophytic flora includes 17 vascular plants (among which 2 mosses) 8 of them strictly aquatic and 9 paludous. *Phragmites australis* represents more than 90% of the lake's vegetation, followed by *Nuphar luteum* (ca. 4%) and *Schoenoplectus lacustris* (1,5%); all the other species being below 1%.

Besides, some observations have been done in the shore marshes. The study of old data scattered in publications allows a short survey of the evolution of the Pfäffikersee's aquatic flora and confirms eutrophication's influence.

By comparing the aerial pictures realised in the past, it has been possible to follow the evolution since 1932 of the lake's reed-beds. These have lost 8,9 ha or 31% of their surface.

Finally a short discussion is made about the influence of extreme eutrophication upon aquatic submerged vegetation.

## Zusammenfassung

Das Studium der makrophytischen Vegetation des Pfäffikersees gehört einem umfassenden Forschungsprogramm an, welches zum Ziel hat, den Einfluss der Höhe und des trophischen Niveaus auf die Verteilung dieser Organismen in den Schweizerseen hervorzuheben.

Mit Hilfe von farbigen Luftaufnahmen und der Prospektion in situ wurde das qualitative und quantitative Inventar der makrophytischen Vegetation im Jahre 1977 durchgeführt. Die Verbreitung und die Dichte der erfassten Arten in den verschiedenen Zonen des Sees sind in den erstellten Karten angegeben.

Die Flora des Pfäffikersees besteht aus 17 verschiedenen Arten (15 Phanerogamen und 2 Bryophyten) wovon 8 typisch aquatisch und 9 palustrisch sind. *Phragmites australis* stellt allein mehr als 90% der gesamten Vegetation dar. Es folgen *Nuphar luteum* mit ungefähr 4% und *Schoenoplectus lacustris* mit 1,5%.

Alle anderen Arten machen weniger als 1% aus.

Einige Prospektionen wurden auch in Sumpfgebieten entlang der Seeufer durchgeführt (Robenhausenriet, Untersee, Irgenhauserriet).

Die Untersuchung der früher verbreiteten Angaben in der Literatur gibt eine Übersicht über die Evolution der aquatischen Flora des Pfäffikersees und bestätigt den Einfluss, den die Eutrophierung auf diese Vegetation ausübt. Andererseits hat der Vergleich mit den früheren farbigen Flugaufnahmen der Eidgenössischen Landestopographie (Wabern) erlaubt, die Evolution des aquatischen Röhrichts seit 1932 zu verfolgen und festzustellen, dass dieses zwischen 1954 und 1966, 8,9 ha (31% der Gesamtfläche) verloren hat.

Schliesslich wird der Einfluss von sehr eutrophischen Bedingungen auf die submerse Vegetation kurz behandelt.

### Remerciements

Nous tenons à remercier les Dr. A. Charpin et P. Geissler du Conservatoire botanique de Genève pour leur précieuse collaboration à la détermination des mousses et des espèces palutres.

Que Monsieur Jean Perfetta soit remercié pour son aide dans les relevés de végétation ainsi que Monsieur Olivier Monthoux pour sa participation à la réalisation des illustrations photographiques.

**Annexe:** Liste des observations anciennes et récentes sur le Pfäffikersee. Illustrant ces dernières, il existe quelques échantillons dans les collections Lachavanne (Lach.) déposées à Genève.

### Charophytes

Seul Messikommer (1928) mentionne la présence de Characées dans le lac, sans toutefois citer d'espèce.

### Bryophytes

*Calliergon stramineum* (Bridel) Kindb.  
20.07.1977, Lach. (Pfäff. 10).

*Drepanocladus* sp. (C. Müller) Roth  
1928, Messikommer.

*Fontinalis antipyretica* L. ex. Hedw.  
22.07.1977, Lach. (Pfäff. 44).

*Fontinalis* sp. (Dill.) Hedw.  
1928, Messikommer.

### Ptéridophytes

*Equisetum limosum* L.  
1912, Rikli.

### Angiosperme

## Monocotylédones

### *Acorus calamus* L.

1840, Hegetschweiler; 1878, Schellenberg; 1977, Wildermuth; 20.07.1977, Lach. (Pfäff. 1).

### *Alisma plantago aquatica* L.

22.07.1977, Lach. (Pfäff. 43).

### *Iris, pseudacorus* L.

1977, Wildermuth; observé en 1977, B. & Lach.

### *Najas intermedia* Wolfgang

1928, Messikommer; 1936, Pascher.

### *Najas marina* L.

20.07.1977, Lach. (Pfäff. 11, 12, 14, 16).

### *Phragmites australis* (Cav.) Trin.

1878, Schellenberg; 1928, Messikommer; 1977, Wildermuth; Observé en 1977, B. & Lach.

### *Potamogeton crispus* L.

1928, Messikommer; 20 et 21.07.1977, Lach. (Pfäff. 17, 40, 41, 42).

### *Potamogeton nodosus* Poir.

20 et 21.07.1977, Lach. (Pfäff. 4 à 7, 9, 18, 35, 36).

### *Potamogeton panormitanus* Biv.

20 et 21.07.1977, Lach. (Pfäff. 8, 15, 39).

### *Potamogeton pectinatus* L.

21.07.1977, Lach. (Pfäff. 38).

### *Potamogeton perfoliatus* L.

1928, Messikommer.

### *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla

1928, Messikommer; 1977, Wildermuth; observé en 1977, B. & Lach.

### *Typha latifolia* L.

1977, Wildermuth.

### *Typha* sp. L.

Observé en 1977, B. & Lach.

### *Typhoides arundinacea* (L.) Moench

20 et 21.07.1977, Lach. (Pfäff. 2, 33).

### *Zannichellia palustris* L.

20 et 21.07.1977, Lach. (Pfäff. 8, 15, 39).

## Dicotylédones

### *Myriophyllum spicatum* L.

1928, Messikommer.

### *Myriophyllum verticillatum* L.

1928, Messikommer.

### *Nuphar luteum* (L.) Sibth.

1978, Schellenberg; 1928, Messikommer; 1929, Fuchs; 1977, Wildermuth; observé en 1977, B. & Lach.

### *Nymphaea alba* L.

1878, Schellenberg.

### *Polygonum amphibium* L.

1977, Wildermuth, 20.07.1977, Lach. (Pfäff. 3).

## Bibliographie

Ambühl H. 1973. Heutiger Zustand und zukünftige Entwicklung der Alpenrandseen. Jahrbuch für Umweltschutz 1973. Keller & Co AG, Luzern.

Berger E. 1969. Comment déterminer les espèces suisses du genre *Potamogeton*. Beiträge der Schweizer Flora. 1 : 1-10.

- Binz A. & E. Thommen 1966. Flore de la Suisse. Ed. 3 (P. Villaret ed.) Griffon, Neuchâtel. 393 p.
- Burgermeister G. 1978. Les macrophytes du Pfäffikersee et du Greifensee. Travail de diplôme. Université de Genève. 124 p.
- Burgermeister G. & J. B. Lachavanne. Les macrophytes du Greifensee. En préparation.
- Egloff F. G. 1977. Wasserpflanzen des Kantons Zürich. Vierteljahrschr. Naturf. Ges. Zürich 122 : 1–140.
- Forsberg C. 1964. Phosphorus a maximum factor in the growth of Characeae. Nature 201 (4818) : 517–518.
- Fuchs C. 1929. Wetzikon und der Pfäffikersee. Jean Frey AG, Zürich.
- Hegetschweiler J. & O. Heer 1840. Flora der Schweiz. Schulthess ed. Zürich. 1135 s.
- Hess H. E., E. Landolt & R. Hirzel. 1967–1977. Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. 3 vol. Birkhäuser, Basel & Stuttgart. 858, 956, 876s.
- Jaag O. 1968. Bodenseeregulierung; Abklärung hydrobiologischer Fragen. Ergänzungsbericht zum Gutachten 1946 für das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft. 49 s.
- Klötzli F. 1973. Über Belastbarkeit und Produktion in Schilfröhrichten. Verhandlung der Gesellschaft für Oekologie, Saarbrücken: 237–247.
- Klötzli F. & S. Züst 1973. Conservation of reed-beds in Switzerland. Pol. Arch. Hydrobiol. 20 (1) : 229–235.
- Klötzli F., M. Meyer & S. Züst 1973. Robenhauserriet. In: Exkursionsführer. Veröff. Geobot. Inst. ETH. 51 : 40–95.
- Klötzli F. & A. Grunig 1976. Seeufervegetation als Bioindikator. Zur Reaktion belasteter Seeufervegetation. Daten und Dokumente zum Umweltschutz 19 : 109–131.
- Koch W. 1925. Die Vegetationseinheiten der Linthebene, unter Berücksichtigung der Verhältnisse in der Nordostschweiz. Systematisch-kritische Studie. Jahrbuch des St. Gallischen Naturwiss. Ges. Bd. 61, II Teil.
- Kohler A. 1973. Wasserpflanzen und Gewässerverschmutzung. Biologieunterricht 9 (2): 4–14.
- Kohler A. 1978. Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotenen. Landschaft + Stadt. 10 (2) : 73–85.
- Lachavanne J. B. 1976. Contribution à l'étude des macrophytes du Léman. Thèse Université de Genève. 409 p.
- Lachavanne J. B. 1979a. Les macrophytes du lac de Morat. Bull. Soc. bot. suisse 89 (1/2) : 114–132.
- Lachavanne J. B. 1979b. Les macrophytes du lac de Biemme. Rev. suisse Hydrol. 41 (2) : 356–373.
- Lachavanne J. B. 1979c. La végétation macrophytologique du Burgaeschisee. Bull. Soc. bot. suisse 89 (1/2) : 92–104.
- Lachavanne J. B. & R. Wattenhofer 1975. Les macrophytes du Léman. Cons. bot. de Genève et Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution. 147 p.
- Landolt E. 1977. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff. Geobot. Inst. Zürich, 64.
- Lang G. 1969. Farbluftbilder als Hilfsmittel der Vegetationskunde und des Gewässerschutzes. Umschau 69 : 384–385.
- Lang G. 1973. Die Makrophytenvegetation in der Uferzone des Bodensees unter besonderer Berücksichtigung ihres Zeigerwertes für den Gütezustand. Int. Gewässerschutzkomm. Bodensee, Bericht 12.67 s.
- Lang G. 1975. Die Makrophytenvegetation des Bodensees als Zeiger für den Gütezustand – neuere Entwicklung. Vortrag an der Tagung über Umweltforschung der Universität Hohenheim.
- Lüdi W. 1961. Der Pfäffikersee und das Robenhauserriet als Naturreservate. In Liste der zürcherischen Naturschutzobjekte von nationaler, wissenschaftlicher Bedeutung. Vjschr. Naturf. Ges. Zürich 106 : 482–488.
- Messikommer E. 1928. Verlandungserscheinungen und Pflanzensukzession im Gebiete de Pfäffikersees. Vjschr. Naturf. Ges. Zürich 73 : 286–306.
- Misra R. D. 1938. Edaphic factors in the distribution of aquatic plants in the English Lakes. J. Ecol. 26 : 411–451.
- Olsen S. 1950. Aquatic plants and Hydrospheric factors I. Aquatic plants in SW. Zutland, Denmark, Svensk bot. Tidskr. 44 (1): 1–34. II. The hydrospheric types. Svensk bot. Tidskr. 44 (2) : 332–373.

- Ozimek T. 1978. Effect of municipal sewage on the submerged macrophytes of a lake littoral. *Ekol. pol.* 26 (1) : 3–39.
- Pascher A. 1936. Die Süßwasserflora Mitteleuropas. 15 : Pteridophyten und Phanerogamen. i. Gustav Fischer Verlag, Jena 436 s.
- Rikli M. 1912. Die Pteridophyten des Kantons Zürich. In : Nägeli O. Flora des Kantons Zürich. II. Teil. 61 s.
- Schellenberg J. 1878. Der Pfäffikersee und seine Umgebung Pfäffikon.
- Schwilch E. 1963. Landschaftpflegeplan Pfäffikersee. Diplomarbeit Techn. Hochschule Hannover. 132 s.
- Sculthorpe C. D. 1967. The Biology of Aquatic Vascular Plants. Edward Arnold, London. XVIII and 610 p.
- Thomas E. A. 1942. Untersuchungen am Greifensee und am Pfäffikersee. *Schw. Fischerei Zeitung* 50 (2) : 25–31.
- Thomas E. A. 1953. Zur Bekämpfung der See-Eutrophierung empirische und experimentelle Untersuchungen zur Kenntnis der Minimumstoffe in 46 Seen der Schweiz und angrenzender Gebiete. *Monatsbull. Schw. Ver. Gas. und Wasserfachm.* 33 (2) : 25–32, (3) : 71–79.
- Vollenweider R. A. 1970. Les bases scientifiques de l'eutrophisation des lacs et des eaux courantes sous l'aspect particulier du phosphore et de l'azote comme facteurs d'eutrophisation. Rapport Organisation de Coopération et de Développement Economique (O.C.D.E.) E. 40.105. Paris 182 p.
- Wildermuth H., 1977. Der Pfäffikersee. Ein natur- und heimatkundlicher Führer. Druckerei Wetzikon 144 s.
- Wildi O. 1976. Vegetationskarte der Moore am Pfäffikersee (Robenhausen, Ausliker und Irgenhauserriet). *Geobot. Inst. E.T.H. Zürich*. Non publié.

G. Burgermeister et J.-B. Lachavanne  
 Unité de Biologie Aquatique  
 Université de Genève  
 18 Ch. des Clochettes  
 CH - 1206 Genève