

Colonisation par les macroinvertébrés de trois nouveaux étangs de la forêt de Versoix (canton de Genève, Suisse)

Autor(en): **Oertli, Beat**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société**

Band (Jahr): **41 (1988)**

Heft 2

PDF erstellt am: **17.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-740391>

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.

COLONISATION PAR LES MACROINVERTÉBRÉS DE TROIS NOUVEAUX ÉTANGS DE LA FORÊT DE VERSOIX (CANTON DE GENÈVE, SUISSE)

PAR

Beat OERTLI *

ABSTRACT

The three forest ponds of different ages (6, 8 and 12 years old) liable to macroinvertebrate colonization, show discrepancies in their communities. The taxonomic richness, in particular, shows no relation to the pond age and thus brings to light the importance taken by other factors in the colonization process, the main one inducing these changes is likely to be the pond area.

A positive relation between the area and the number of macroinvertebrate taxa is due to the effect of area on the diversity of habitats (illustrated primarily by the aquatic plant communities) and its *per se* effect. This relation being enhanced by the forestal surroundings.

Thus the macroinvertebrate colonization is greater (number of taxa) in the younger pond, the pond area being bigger, than in the two older ones, the area being smaller.

RÉSUMÉ

Les trois étangs forestiers d'âge différent (6, 8 et 12 ans) soumis à la colonisation par les macroinvertébrés montrent, pour le stade qu'ils ont atteint, une disparité de communautés. La richesse taxonomique en particulier n'est pas en relation avec l'âge du plan d'eau, et traduit ici l'importance qu'ont pris d'autres facteurs dans le processus de colonisation.

C'est la surface des plans d'eau (différente pour chacun des étangs étudiés) qui semble avoir joué le rôle principal ici, et entraîné les différences observées. L'effet de l'aire sur la diversité des habitats (illustré principalement par les végétaux aquatiques) ainsi que le rôle *per se* de l'aire, induisent une relation positive entre la surface et le nombre de taxons de macroinvertébrés. Cette relation est renforcée par la situation en forêt de ces étangs.

C'est ainsi que la colonisation par la macrofaune est la plus abondante (nombre de taxons) dans l'étang le plus jeune car de surface la plus étendue, alors qu'elle est plus faible dans les deux autres étangs plus âgés mais de surfaces plus petites.

* Université de Genève, Unité de Biologie aquatique, 18, chemin des Clochettes, CH-1206 Genève.

1. INTRODUCTION

La colonisation, autant par la flore que par la faune, de milieux nouvellement créés suit un processus déjà bien étudié et décrit en détail pour les îles océaniques (MacArthur & Wilson, 1967; Simberloff & Wilson, 1969). Ce phénomène est en revanche bien moins connu pour les étangs artificiels qui présentent une situation analogue de nature insulaire sur le continent. Les études portant sur la colonisation par les macroinvertébrés de tels milieux sont encore peu nombreuses (Burris, 1954; Barnes, 1983; Caspers, 1983). Pour les eaux continentales, elles ont été essentiellement consacrées à la zone nouvellement envahie par les eaux lors du remplissage d'un barrage, et l'on peut citer notamment les travaux de Nursall (1952), Morduchai-Boltovskoi (1961), Paterson & Fernando (1969a et b), Krzyzanek (1970); et Voshell & Simmons (1984). La réalisation de systèmes expérimentaux a également contribué à la connaissance du processus de colonisation par les organismes aquatiques (Fernando, 1958, 1959; Maguire, 1963; Fernando & Galbraith, 1973; MacCormick *et al.*, 1987).

La création, ces dernières années, de nouvelles étendues d'eau dans le canton de Genève nous a donné l'opportunité de faire un relevé — entre août 1984 et juillet 1985 — du degré de colonisation par les macroinvertébrés dans trois étangs forestiers d'âge différent (6, 8 et 12 ans), puis de comparer la structure de la communauté établie, et de discuter des facteurs étant intervenus dans le processus (Oertli, 1986).

2. PRÉSENTATION SOMMAIRE DES ÉTANGS

Les principales caractéristiques des trois étangs sont rassemblées dans le tableau I: âge, surface, pente des rives, éclaircissement, abondance et diversité de la végétation aquatique, apport d'eau.

Ces étangs sont situés à une altitude de 460 m environ, dans les forêts caducifoliées de Versoix (canton de Genève) (fig. 1), où ils ont été creusés dans le substrat morainique argileux imperméable. L'étang de la réserve Voltaire est distant d'une vingtaine de mètres de l'étang de la Combes Chapuis. Le troisième plan d'eau, l'étang du Pré Béroud se situe à 1000 mètres à vol d'oiseau des deux autres étangs.

Ils sont en contact étroit avec la forêt et recouverts en partie par la frondaison des arbres. De ce fait, une quantité importante de matière organique allochtone provenant du feuillage échoue dans les étangs..

Le climat à deux tiers océanique et un tiers continental de la région, a permis une mise en eau par les pluies après leur création, et celles-ci constituent leur unique alimentation. L'étang de la Combes Chapuis ainsi que l'étang de la réserve Voltaire ont de plus bénéficié pour leur mise en eau initiale d'un certain apport anthropogène d'eau provenant de la rivière voisine «La Versoix».

TABLEAU I.

Principales caractéristiques des trois étangs.
V: réserve Voltaire CC: Combes Chapuis PB: Pré Bérourd
+: faible ++: moyenne +++: importante

	V	CC	PB
Age (en janvier 1985)	12 ans $\frac{1}{4}$	6 ans	8 ans
Surface	980 m ²	5070 m ²	2400 m ²
Eclairement du plan d'eau	+	+++	++
Pente moyenne des rives	57%	45%	66%
Colonisation par les macrophytes (abondance et diversité)	+	+++	++
Apport initial d'eau	oui	oui	non

La profondeur maximale de ces plans d'eau ne dépasse guère 1,5 mètres, et les variations de niveau entre les périodes sèches et humides atteignent une amplitude d'environ 0,5 mètres.

La luminosité régnant sur ces plans d'eau est ici proportionnelle à leur taille qui leur confère un caractère plus ou moins dégagé. De ce fait, la colonisation végétale aquatique en a été grandement affectée, et actuellement l'étang de la Combes Chapuis présente une végétation aquatique abondante et diversifiée. L'étang du Pré Bérourd montre lui une abondance et diversité végétale moindre, et quant à l'étang de la réserve Voltaire, les plantes aquatiques y sont rares.

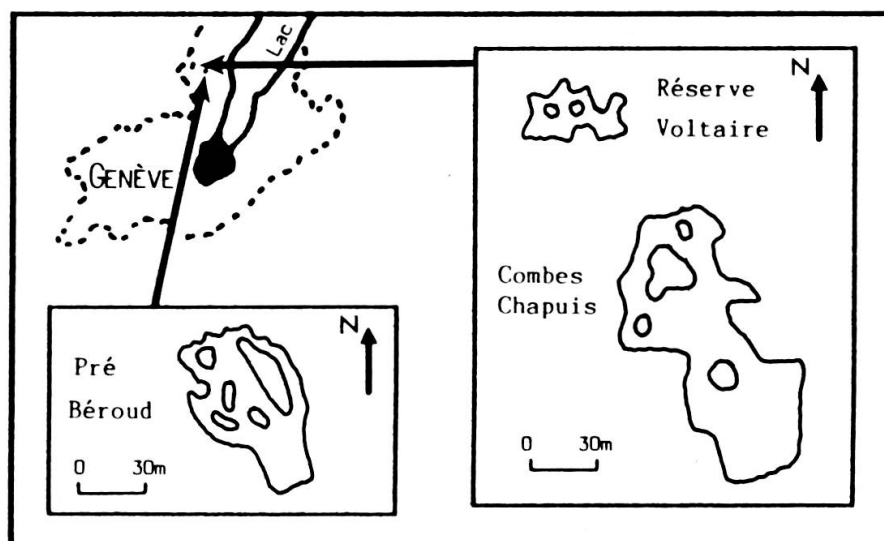


FIG. 1.

Situation géographique et plan des trois étangs étudiés.

3. MÉTHODES

L'étude s'étend d'août 1984 à juillet 1985. Durant cette période, un relevé mensuel de la physico-chimie a été effectué pour les paramètres suivants: pH, transparence (disque de Secchi), température, teneur en oxygène dissous en surface et en profondeur (sonde Orbisphère 2603). L'importance de l'apport de matière organique d'origine allochtone a également été estimé, ceci d'après les valeurs retenues par Saunders (1980) pour la chute de litière feuillée sur les rivages lacustres.

Les macroinvertébrés ont été capturés par un même opérateur dans les trois étangs à l'aide d'un filet troubleau d'ouverture rectangulaire de 660 cm² de surface et de vide de maille de 1,2 mm. Ce filet est traîné en chaque point de prélèvement sur une distance comprise entre 1 et 1,5 mètre, perpendiculairement à la rive. La méthode de prélèvement au filet ne donne pas une image parfaite de la communauté de macroinvertébrés présente dans un milieu, car elle implique une sélectivité et sous-estime l'abondance de certains taxons, notamment des Hirudinea (Macan 1974, 1977). Toutefois, le filet donne des résultats qualitatifs satisfaisants et semble convenir pour déterminer la composition spécifique d'un milieu et pour effectuer une étude comparative. Afin de tenir compte des différences saisonnières dues au cycle de vie propre à chaque invertébré, quatre campagnes de prélèvements ont été effectuées pour chaque étang, soit une par saison. Pour chaque campagne, il a été effectué 12 à 14 prélèvements par étang. Ceux-ci sont répartis tout autour du plan d'eau, en incluant une variété maximale de faciès.

Les échantillons prélevés ont été tamisés (mailles de 0,315 mm) au laboratoire, et le matériel récolté fixé au formol neutre à 4%. Les organismes sont ensuite recherchés, dénombrés et identifiés sous la loupe binoculaire à un niveau choisi préalablement, tenant compte des difficultés de détermination systématique. L'abondance des Oligochaeta et Diptera, très nombreux dans certains prélèvements, a été alors estimée.

Les résultats des quatre campagnes sont rassemblés pour donner un nombre total d'individus de chaque taxon; celui-ci est exprimé sous forme de classe d'abondance de progression géométrique de raison 3: $n = [3^{n-1}; 3^n [$ n: numéro de la classe d'abondance.

La diversité des peuplements est estimée à l'aide de l'indice de diversité de Shannon (H) (Shannon, 1948). A partir de celui-ci, est également calculée la régularité (R): qui est le rapport de H sur Hmax (avec $H_{max} = \log_2 s$) (Legendre & Legendre, 1979).

Dans la présentation des résultats, les macroinvertébrés sont répartis en trois grands groupes: Diptera, Oligochaeta, non-Diptera + non-Oligochaeta; cette séparation donne une meilleure clarté des résultats et se montre représentative du niveau de détermination de ces groupes.

4. RÉSULTATS

4.1. PHYSICO-CHIMIE

Les principales caractéristiques physico-chimiques des trois étangs, relevées pendant la période d'étude, sont présentées dans le tableau II.

Dans l'étang de la Combes Chapuis, l'apport en matière organique allochtone (litière forestière principalement) est le plus faible; la transparence de l'eau est moyenne et l'oxygène dissous présent en quantité acceptable même sur le fond.

Dans l'étang de la réserve Voltaire, l'apport de matière organique allochtone est important pour son faible volume. La transparence de l'eau est médiocre, l'oxygène dissous peu abondant, surtout en profondeur.

L'étang du Pré Bérout fait état d'une situation intermédiaire par rapport aux deux étangs précédents pour l'apport en matière organique allochtone et la teneur en oxygène dissous. Quant à la transparence de l'eau, elle est généralement très bonne.

TABLEAU II.

Principales caractéristiques physico-chimiques des trois étangs.

V: réserve Voltaire CC: Combes Chapuis PB: Pré Bérout

+: faible ++: moyen +++: important

	V	CC	PB
Apport allochtone de matière organique	+++	+	++
pH	6 à 7,5	6 à 7,5	6 à 7,5
Température			
minimale (janvier)	0° C	0° C	0° C
maximale (juillet)	22° C	27° C	24° C
Oxygène dissous (moyenne annuelle)			
(% saturation) en surface	51%	80%	75%
en profondeur	24%	61%	32%
Transparence de l'eau (moyenne annuelle)	0,72 m	0.86 m	> 1.11 m

4.2. MACROINVERTÉBRÉS

Les résultats des prélèvements sont présentés dans le tableau III.

En analysant la structure générale de ce tableau, on peut dégager une image faunistique par étang, représentée par les taxons les plus abondants. Nous retiendrons

GROUPE TAXONOMIQUE Taxon	V	CC	PB
HYDROZOA			
<i>Hydra</i> sp.	4	4	2
TRICLADIDA			
<i>Dugesia</i> sp.	-	4	-
NEMATHELMINTHES			
NEMATODA	2	1	2
MOLLUSCA			
<i>Physa fontinalis</i> (L.)	4	1	1
<i>Lymnaea peregra</i> (Müller)	-	-	+
<i>Lymnaea</i> sp.	1	1	4
PLANORBIDAE	2 J		
<i>Anisus</i> sp.	-	-	3
<i>Gyraulus albus</i> (Müller)	5	5	1
<i>Ancylus fluviatilis</i> (Müller)	-	1	2
SPHAERIIDAE	5	5	6
<i>Sphaerium lacustre</i> (Müller)	+		
OLIGOCHAETA			
LUMBRICULIDAE	1	3	1
NAIDIDAE	6	6	5
TUBIFICIDAE	7	6	3
HIRUDINEA			
<i>Glossiphonia complanata</i> (L.)	2	-	-
<i>Helobdella stagnalis</i> (L.)	6	-	2
<i>Theromyzon tessulatum</i> (O.F.Müller)	1	-	1
<i>Hemiclepsis marginata</i> (O.F.Müller)	1	1	-
<i>Erpobdella octoculata</i> (L.)	3	1	-
ARACHNIDA			
HYDRACARINA	2	4	4
CRUSTACEA			
<i>Proasellus coxalis</i> (Dollf.)	7	4	-
EPHEMEROPTERA			
<i>Cloëon dipterum</i> (L.)	6	4	7
<i>Caenis horaria</i> (L.)	-	5	5
PLECOPTERA			
<i>Nemoura</i> sp.	1	-	-
ODONATA			
ZYGOPTERA	4 J	5 J	6 J
LESTIDAE		1	
<i>Sympetma fusca</i> (Linden)	-	1	2
<i>Lestes viridis</i> (Linden)	-	1	-
<i>Pyrrhosoma nymphula</i> (Sulzer)	1	-	4
<i>Coenagrion puella</i> ou <i>C.pulchellum</i>	2	4	4
<i>Ischnura elegans</i> (Linden)	-	1	-
ANISOPTERA		2 J	2 J
AESHNIDAE			2 J
<i>Aeshna cyanea</i> (Müller)	-	+	3
<i>Gomphus vulgatissimus</i> (L.)	-	1	-
LIBELLULIDAE		2 J	
<i>Libellula depressa</i> (L.)	-	1	-
<i>Orthetrum cancellatum</i> (L.)	-	2	-
CORDULIDAE			1 J
<i>Cordulia aenea</i> (L.)	-	-	1
HETEROPTERA			
CORIXIDAE		5 J	1 J
<i>Corixa punctata</i> (Illig.)	-	1	-
<i>Sigara falleni</i> (Fieb.)	2	2	-
<i>Sigara cf. falleni</i>	-	2	-
<i>Sigara</i> sp.	2	1	-
<i>Micronecta meridionalis</i> (Costa)	-	1	-
<i>Micronecta</i> sp.	-	2	-
<i>Ilyocoris cimicoides</i> (L.)	-	2	-
<i>Ranatra linearis</i> (L.)	-	1	+
NOTONECTIDAE	2 J		
<i>Notonecta glauca</i> (L.)	2	2	2
<i>Notonecta maculata</i> (F.)	1	-	1
<i>Notonecta</i> sp.	-	-	3
<i>Plea leachi</i> (McGreg. & Kirk.)	-	1	1
<i>Gerris argentatus</i> (Schumm.)	-	1	-
<i>Gerris cf. argentatus</i>	-	2	-
<i>Gerris lacustris</i> (L.)	3	-	-
<i>Gerris cf. lacustris</i>	-	1	-
<i>Hydrometra stagnorum</i> (L.)	1	1	-
<i>Microvelia reticulata</i> (Burm.)	-	1	1

GROUPE TAXONOMIQUE Taxon	V	CC	PB
COLEOPTERA		1 J	1 J
<i>Gyrinus substriatus</i> (Steph.)	-	-	2
<i>Gyrinus</i> sp.	-	-	1
<i>Haliplus</i> sp.	1	1	2
<i>Noterus clavicornis</i> (Deg.)	1	-	-
<i>Laccophilus</i> sp.	-	2	1
<i>Hyphydrus ovatus</i> (L.)	3	-	4
<i>Bidessus pusillus</i> (Fabr.)(?)	1	-	-
<i>Hygrobia inaequalis</i> (F.)	1	1	-
<i>Copelatus</i> sp.	1	-	-
<i>Agabus</i> sp.	2	-	-
<i>Acilius sulcatus</i> (L.)	1	-	-
<i>Acilius</i> sp.	3	-	1
<i>Dytiscus marginalis</i> (L.)	-	+	-
<i>Dytiscus</i> sp.	1	2	1
<i>Hydrochus</i> sp.	1	-	-
<i>Berosus</i> sp.	-	1	-
MEGALOPTERA			
<i>Sialis</i> sp.	3	4	4
TRICHOPTERA	2 J	2 J	3 J
POLYCENTROPODIDAE		2 J	
<i>Holocentropus</i> sp.	-	2	-
<i>Holocentropus dubius</i> (Rbr.)	1	3	+
<i>Cymus insolutus</i> (McL.)	-	2	-
PHRYGANIIDAE	1	-	2
LIMNETHIDAE	2 J		4 J
Chaetopterygini	1	1	-
Limnethilini	4	3	3
<i>Athripsodes</i> sp.	1	2	6
<i>Mysticodes</i> sp.	-	2	-
<i>Oecetis</i> sp.	-	1	-
SEPICOSTOMATIDAE	-	1 J	-
DIPTERA			
LIMONIIDAE	-	-	1
<i>Chaoborus crystallinus</i> (de G.)	-	+	+
<i>Chaoborus flavicans</i> (Meig.)	+	+	-
DRUIDAE	1	-	-
CULICIDAE	1	1	2
Tanypodinae	6	6	5
Orthocladinae	4	2	3
Chironomini	7	7	7
<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i>	+	-	-
<i>Zavrelletia marmorata</i> (v.d.W.)	5	-	5
Tanytarsini	3	7	5
CERATOPOGONIDAE	4	5	4
BRACHYCERA			2 J
TABANIDAE	1	-	1
BRYOZOA			
<i>Plumatella fungosa</i> (Pallas)	1(c)	-	-
NOMBRE TOTAL DE TAXONS	58	66	55

ainsi les taxons dominants (plus de 5%), subdominants (entre 2 et 5%) et résidents (entre 1 et 2%) (Bournaud, 1980).

L'étang de la réserve Voltaire est ainsi caractérisé par 10 taxons d'invertébrés représentatifs des peuplements de ce plan d'eau; ceux-ci constituent les 91% des individus: 5 taxons dominants (les Tubificidae, 22,4%; les Chironomini, 20,9%; le Crustacea *Proasellus coxalis*, 20,4%; les Naididae, 6,8%; l'Ephemeroptera *Cloeon dipterum*, 5,5%), 3 taxons subdominants (l'Hirudinea *Helobdella stagnalis*, 4,7%; les Tanypodinae, 4,4%; les Sphaeriidae, 3,4%) et 2 taxons résidents (le Diptera *Zavreliella marmorata*, 1,6%; le Mollusca *Gyraulus albus*, 1,2%).

L'étang de la Combes Chapuis fait état de 16 taxons représentatifs, constituant les 89% des peuplements de macroinvertébrés: 5 taxons dominants (les Tanytarsini, 20,6%; les Chironomini, 18,8%; les Tanypodinae, 11,7%; les Naididae, 10,3%; les Tubificidae, 5,1%), 4 taxons subdominants (les jeunes Zygoptera, 3,8%; les Ceratopogonidae, 3,5%; les Sphaeriidae, 3%; le Mollusca *Gyraulus albus*, 2,1%), et 7 taxons résidents (l'Ephemeroptera *Caenis horaria*, 1,9%; les jeunes Corixidae, 1,9%; le Megaloptera *Sialis sp.*, 1,2%; les Hydridae, 1,2%; l'Ephemeroptera *Cloeon dipterum*, 1,2%; le Tricladida *Dugesia sp.*, 1,1%; le Crustacea *Proasellus coxalis*, 1,1%).

L'étang du Pré Bérourd est caractérisé par 12 taxons représentant 90% de la population totale de macroinvertébrés: 6 taxons dominants (les Chironomini, 25,8%; l'Ephemeroptera *Cloeon dipterum*, 22,6%; les Sphaeriidae, 7,3%; le Trichoptera *Athripsodes sp.*, 5,5%; les jeunes Zygoptera, 5,4%; les Tanytarsini, 5,4%), 4 taxons subdominants (le Diptera *Zavreliella marmorata*, 4,7%; les Tanypodinae, 4,3%; l'Ephemeroptera *Caenis horaria*, 4,1%; les Naididae, 2,8%) et 2 taxons résidents (les Ceratopogonidae, 1,2%; le Coleoptera *Hyphydrus ovatus*, 1%).

TABLEAU III.

Liste faunistique et effectifs (classes d'abondance) des macroinvertébrés récoltés dans les trois étangs des bois de Versoix. Systématique et classification selon Illies (1978).

LÉGENDE

j:	jeunes spécimens	classes d'abondance:	
c:	colonie		4: [27-81[
+	taxon présent	1:]0-3[5: [81-243[
-	taxon non représenté	2: [3-9[6: [243-729[
?:	détermination incertaine	3: [9-27[7: [729-2187[

V: étang de la réserve Voltaire CC: étang de la Combes Chapuis PB: étang du Pré Bérourd

L'étude de la structure des peuplements établis et des indices synthétiques (diversité, régularité) montre trois tendances différentes, notamment par les caractéristiques suivantes:

— *Nombre total de taxons présents*: l'étang de la Combes Chapuis fait état de la présence du plus grand nombre de colons (66 taxons différents), alors que l'on recense 58 taxons dans l'étang de la réserve Voltaire et 55 dans l'étang du Pré Bérourd. En écartant les taxons représentés par un seul individu (pouvant être accidentels), on enregistre la même orientation des résultats.

— *Répartition des taxons recensés dans les trois étangs*: les listes faunistiques font état de seulement 26 taxons communs aux trois étangs. De plus, chaque plan d'eau est caractérisé par des taxons qui leur sont propres et qui ne se retrouvent pas dans les autres plans d'eau (cf. tabl. III), en particulier l'étang de la Combes Chapuis.

— *Abondance des groupes faunistiques non-Diptera + non-Oligochaeta*: la figure 2 nous révèle ici une structure différente de chaque communauté invertébrée non-Diptera + non-Oligochaeta, les abondances relatives montrent d'importantes variations d'un étang à l'autre.

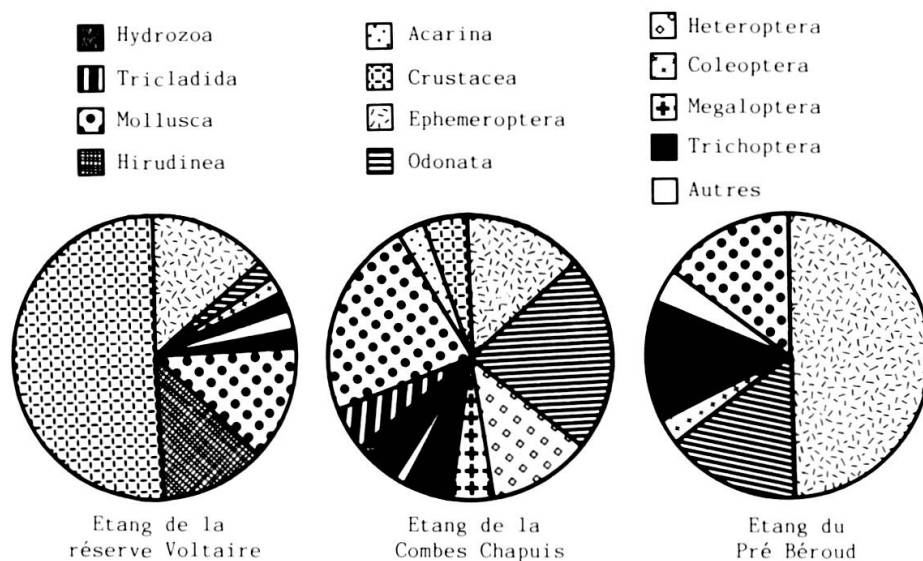


FIG. 2.

Abondance relative des groupes taxonomiques non-Diptera + non-Oligochaeta dans les trois étangs.

— *Diversité et régularité pour le groupe des non-Diptera + non-Oligochaeta*: les résultats (fig. 3) montrent une diversité importante, et une distribution des organismes équilibrée entre les taxons de l'étang de la Combes Chapuis. Les deux autres plans d'eau font état de valeurs plus faibles, expliquées en partie par un nombre total

de taxons plus petit et par la domination quantitative des Ephemeroptera (*Cloeon dipterum* et *Caenis horaria*) pour l'étang du Pré Bérourd et du Crustacea *Proasellus coxalis* pour l'étang de la réserve Voltaire.

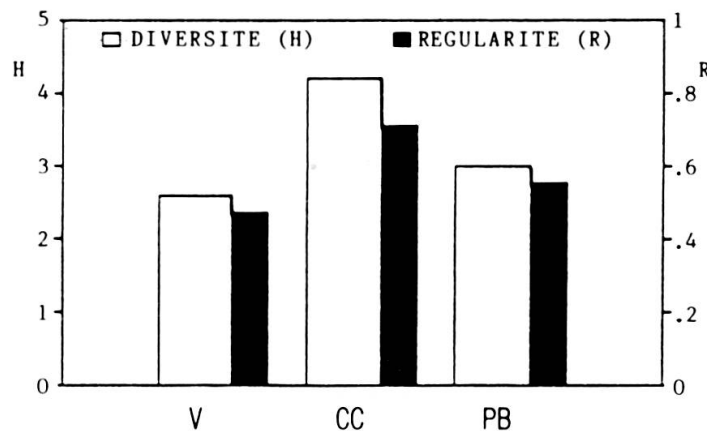


FIG. 3.

Indices de diversité (Shannon) et de régularité pour les organismes non-Diptera + non-Oligochaeta, dans les trois étangs.

V: réserve Voltaire CC: Combes Chapuis PB: Pré Bérourd

5. DISCUSSION

Chacun des trois plans d'eau étudiés s'individualise par rapport aux autres, par les résultats physico-chimiques et faunistiques relevés.

Du point de vue physico-chimique, certaines caractéristiques sont en relation avec la taille des plans d'eau et leur situation en forêt. L'étang de la réserve Voltaire fait preuve pour son petit volume d'un important apport de matière organique allochtone (litière forestière) qui, par sa décomposition, nuit en particulier à la teneur en oxygène dissous et à la transparence. A l'opposé, l'étang de la Combes Chapuis par son grand volume est plus apte à supporter des apports en matière organique allochtone, et les teneurs en oxygène dissous font preuve de valeurs nettement plus favorables. Le troisième étang (Pré Bérourd) de surface intermédiaire fait lui, état d'une situation intermédiaire pour ce même paramètre.

L'abondance et la diversité des plantes aquatiques sont également liées à la taille de ces étangs forestiers, pour lesquels le caractère ombragé d'une petite surface aquatique ne fournit que peu de lumière pour le développement des végétaux. Les observations relevées à ce sujet (tabl. I) confirment cette relation.

Du point de vue faunistique, les macroinvertébrés recensés révèlent par leur communauté une image distincte pour chaque étang. Il se dégage des résultats une différence de colonisation de chaque plan d'eau autant du point de vue qualitatif

(tabl. III, fig. 2) que de l'abondance taxonomique et de la diversité (fig. 3). L'étang de la Combes Chapuis présente en particulier la colonisation la plus diversifiée et la plus grande abondance en taxons. L'étang de la réserve Voltaire et l'étang du Pré Bérourd montrent quant à eux par ces mêmes caractères, une colonisation plus faible. Ces différences relevées sont explicables si l'on examine les conditions de colonisation propres à ces trois plans d'eau, et les facteurs entrant en considération.

Les plans d'eau étudiés ont été soumis dès leur création à la colonisation autant végétale qu'animale. Celle-ci est en réalité une succession dans le temps d'immigration de colons, suivi de tentatives de leur part d'établir une population, et d'extinction de ceux-ci s'ils n'arrivent pas à s'intégrer ou à se maintenir dans l'écosystème. Le relevé effectué en 1984-1985 rend compte d'une situation précise dans cette séquence d'événements, qui nous montre l'abondance des colons établis dans le biotope et la structure de la communauté formée après 6 ans pour l'étang de la Combes Chapuis, 8 ans pour l'étang du Pré Bérourd, et 12 ans pour l'étang de la réserve Voltaire.

L'âge du plan d'eau devrait jouer un rôle important sur le nombre de colons établis, car plus un étang est âgé (dans sa phase de colonisation), plus le nombre de tentatives d'immigration et leur éventuel succès aura été élevé. Pourtant, dans nos relevés, le nombre de taxons total ne suit pas l'âge du plan d'eau. On relève ainsi du point de vue taxonomique la colonisation la plus abondante dans l'étang le plus jeune (étang de la Combes Chapuis), tandis qu'elle se montre plus faible dans les deux autres étangs plus âgés (étangs de la réserve Voltaire et du Pré Bérourd). Cela nous montre que dans le cas étudié ici, d'autres paramètres prennent une importance prépondérante dans la colonisation, et masquent alors l'effet positif que lui apporte l'âge. En effet, la succession d'immigrations et leur éventuel succès sont dépendants des caractéristiques propres au plan d'eau et à son environnement.

Ces caractéristiques sont pour la plupart homogènes: situation géographique, géologie du substrat, nature de l'environnement, alimentation en eau, météorologie; mais elles font également état de différences: *surface, pente des rives, distance des sources de propagules, apport initial d'eau*. Les trois derniers facteurs cités, sans avoir une importance prépondérante, ont pu toutefois influencer dans une certaine mesure la colonisation de ces étangs. Ainsi l'apport initial d'eau dans les deux étangs de la réserve Voltaire et de la Combes Chapuis provenait d'un milieu lotique, mais pouvait toutefois contenir des organismes aptes à coloniser ces milieux stagnants. Quant à la distance des sources de propagules (autres points d'eau), elle est peu différente pour ces étangs, mis à part pour l'étang de la Combes Chapuis qui a bénéficié de la proximité de l'étang de la réserve Voltaire créé avant lui. La pente des rives (hétérogène pour ces trois étangs) influence elle, la colonisation végétale de la ceinture littorale (une forte pente handicapant le développement des végétaux), et peut donc influencer aussi la colonisation des macroinvertébrés liés aux macrophytes. Il semble toutefois que le facteur essentiel ayant influencé la colonisation des trois étangs étudiés ici soit l'aire.

En effet, la surface varie dans une proportion de 1: 2,5: 5 pour respectivement l'étang de la réserve Voltaire, l'étang du Pré Béroud et l'étang de la Combes Chapuis. MacArthur & Wilson (1967) relevaient pour les îles que l'aire seule était responsable de la plupart des variations du nombre d'espèces. Fryer (1985) observait également cette corrélation positive surface — nombre d'espèces pour des Crustacés dans un important nombre de plans d'eau, ainsi que Brönmark (1985) pour des Gastéropodes.

En effet, l'aire est corrélée avec la diversité environnementale qui, par la variété d'habitats offerts aux colons détermine en partie leur possibilité de colonisation. La diversité d'habitats dans un étang est en grande partie liée positivement à l'abondance et la diversité des macrophytes, puisque ceux-ci apportent aux invertébrés de multiples avantages (abris, sites d'oviposition, sources de nourriture, lieux de nymphose, sites d'attachement, lieux d'affût...). De plus, l'aire *per se* est responsable d'un taux d'extinction qui décroît avec son augmentation (une population d'une espèce donnée est plus grande sur une plus grande surface), et la probabilité d'immigration de propagules est plus importante pour une grande aire. Ces trois mécanismes joueraient un rôle en induisant la corrélation positive observée entre nombre d'espèces et aire (Connor & MacCoy, 1979). Brönmark (1985) rappelle aussi que pour une augmentation d'aire, on assiste à une diminution de la fréquence et intensité de perturbations (événements catastrophiques).

Il faut noter également que dans notre étude, la relation positive aire-nombre de taxons a été renforcée par la situation en forêt des étangs. L'aire a entraîné directement ou indirectement des différences sur de nombreux facteurs qui conditionnent la qualité du milieu (physico-chimie, abondance de végétaux) et donc également la composition de la communauté de macroinvertébrés. Une mauvaise qualité trophique est défavorable à une grande diversité floristique et faunistique à l'intérieur de la biocoenose: de plus, une pauvreté (quantitative et qualitative) macrophytique entraîne, par sa faible diversité d'habitats, également une pauvreté faunistique (qualitative).

Tous les effets cités ci-dessus et propres au facteur «surface» ont agi sur la colonisation des étangs sujets à notre étude, où en particulier la plus grande surface (étang de la Combes Chapuis) offrait le plus grand nombre et la plus importante diversité d'habitats, ceci par le biais des macrophytes. La qualité trophique de ce milieu se montrait d'un niveau acceptable. De plus, nous relevions des visites d'oiseaux aquatiques bien plus fréquentes sur ce même grand plan d'eau, d'où un transport de propagules (immigrations) plus efficient vers cet étang. Il n'est donc point surprenant à la suite de ce constat, de relever dans ce plan d'eau la plus grande diversité et richesse de macroinvertébrés.

Par contre, dans le petit étang de la réserve Voltaire aux conditions trophiques très mauvaises (apport de matière organique trop important par rapport à son petit volume) et où les plantes aquatiques sont rares (éclairage trop faible), on note une monotonie de ce biotope peu diversifié. Cet étang est devenu inhospitalier à de nom-

breux macroinvertébrés sensibles à la qualité trophique de l'eau, ou dépendant de la présence de macrophytes. On relève ainsi un nombre de taxons de macroinvertébrés plus faible.

L'étang du Pré Béroud, vu son âge et ses conditions intermédiaires aux deux cas précédents (aire, diversité macrophytique, état trophique), fait état d'une colonisation que l'on peut qualifier d'intermédiaire aux deux autres plans d'eau.

REMERCIEMENTS

J'exprime toute ma gratitude à M. J. B. Lachavanne, à Mme B. Lods-Crozet, ainsi qu'à tous les membres de l'Unité de Biologie aquatique qui ont permis la réalisation de ce travail et qui ont relu mon manuscrit. Tous mes remerciements vont également aux spécialistes qui ont effectué ou vérifié les déterminations d'invertébrés: M. M. Brancucci (Coleoptera), M. M. Dethier (Heteroptera), M. C. Dufour (Odonata), et M. C. Vaucher (Hirudinea). Je tiens également à remercier les gestionnaires des étangs étudiés: l'Association pour la protection des bois de la rive droite du lac et le Département de l'Intérieur et de l'Agriculture du canton de Genève.

BIBLIOGRAPHIE

- BARNES, L. E. (1983). The colonization of ball-clay ponds by macroinvertebrates and macrophytes. *Freshwater Biology* 13 (6): 561-578.
- BOURNAUD, M. (1980). Quelques méthodes de traitement des données en écologie. Polycop., *Dept. Biol. An. Ecol.*, Univ. Lyon I, 104 p.
- BRÖNMARK, C. (1985). Freshwater snail diversity: effects of pond area, habitat heterogeneity and isolation. *Oecologia* (Berlin) 67: 127-131.
- BURRIS, W. E. (1954). The bottom fauna development of a newly constructed pond in Central Oklahoma. *Proc. Okla. Acad. Sci.* 33: 129-136.
- CASPERS, N. (1983). Sukzessionsanalyse des Makrozoobenthos eines neu angelegten stehenden Gewässers. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 65: 300-370.
- CONNOR, E. F. & E. D. MAC COY (1979). The statistics and biology of the species-area relationship. *The American Naturalist* 113: 791-833.
- FERNANDO, C. H. (1958). The colonization of small freshwater habitats by aquatic insects. 1: general discussion, methods and colonization in the aquatic Coleoptera. *Ceylon J. Sci.* 1: 117-154.
- (1959). The colonization of small freshwater habitats by aquatic insects. 2: Hemiptera (The waterbugs). *Ceylon J. Sci.* 2: 5-32.
- FERNANDO, C. H. & D. GALBRAITH (1973). Seasonality and dynamics of aquatic insects colonizing small habitats. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 18: 1564-1575.
- FRYER, G. (1985). Crustacean diversity in relation to the size of water bodies: some facts and problems. *Freshwater Biology* 15 (3): 347-361.

- ILLIES, J. (1978). *Limnofauna europaea*. 2^e ed. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 532 p.
- KRZYZANEK, E. (1970). Formation of bottom fauna in the Goczalkowice dam reservoir. *Acta Hydrobiol.* 12 (4): 399-421.
- LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE (1979). Ecologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques. *Masson, Paris et les Presses de l'Université du Québec*, 197 p.
- MACAN, T. T. (1974). *Freshwater Ecology*, 2nd ed., Longman Group Ltd, London, 343 p.
- (1977). The fauna in the vegetation of a moorland fishpond as revealed by different methods of collecting. *Hydrobiologia* 55: 3-15.
- MACARTHUR, R. H. & E. O. WILSON (1967). The theory of island biogeography. *Princeton University Press*, Princeton, 203 p.
- MACCORMICK, P. V., P. M. STEWART & J. JR. CAIRNS (1987). Effect of distance from a source pool on protozoan colonization of isolated aquatic systems. *J. Freshwater Ecol.* 4 (1): 1-16.
- MAGUIRE, B. (1963). The passive dispersal of small aquatic organism and their colonization of isolated bodies of water. *Ecological Monographs* 33: 162-185.
- MORDUCHAI-BOLTOVSKOI, F. D. (1961). Die Entwicklung der Bodenfauna in den Stauseen der Wolga. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 14: 647-651.
- NURSALL, J. R. (1952). The early development of a bottom fauna in a new power reservoir in the Rocky Mountains of Alberta. *Can. J. Zool.* 30: 387-409.
- OERTLI, B. (1986). Etude comparative de la colonisation d'étangs artificiels d'âge différent par les macroinvertébrés benthiques. *Trav. diplôme Univ. Genève*, 134 p.
- PATERSON, C. G. & C. H. FERNANDO (1969a). Macro-invertebrate colonization of the marginal zone of a small impoundment in Eastern Canada. *Can. J. Zool.* 47: 1229-1238.
- (1969b). The macro-invertebrate colonization of a small reservoir in Eastern Canada. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 17: 126-136.
- SAUNDERS, G. W. (1980). Organic matter and decomposers. In: The functioning of freshwater ecosystems. International Biological Programme 22. Ed. E. D. Le Cren & R. H. Lowe-McConnell, *University Press*, Cambridge, 588 p.
- SHANNON, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell. Syst. Techn. J.* 27: 379-423, 623-656.
- SIMBERLOFF, D. S. & E. O. WILSON (1969). Experimental zoogeography of islands: the colonization of empty islands. *Ecology* 50 (2): 278-295.
- VOSHELL, Jr., J. R. & Jr. G. M. SIMMONS (1984). Colonization and succession of benthic macro-invertebrates in a new reservoir. *Hydrobiologia* 112: 27-39.

