

Étude comparée de la dynamique du zooplancton de trois réservoirs d'altitude et d'un lac naturel dans les Pyrénées

J. Rey¹

Mots clés : Zooplancton, cinétique, biomasse, production, réservoirs, vidange, Pyrénées.

La dynamique des populations et la production du zooplancton ont été évaluées dans 3 retenues voisines (les lacs d'Aumar, Orédon et Aubert) et comparées aux résultats obtenus antérieurement dans le lac naturel de Port-Bielh (2 285 m) dont le zooplancton offrait une composition spécifique analogue (espèces dominantes : *Polyarthra vulgaris*, *Mixodiaptomus laciniatus*, *Cyclops strenuus*, *Daphnia longispina*).

Les 3 retenues diffèrent essentiellement par le régime thermique lié à leurs caractéristiques morphométriques et hydrologiques. L'ensemble de ces caractéristiques a permis de définir une série lacustre Port-Bielh-Aumar-Orédon-Aubert, caractérisée par un abaissement progressif du climat thermique et une instabilité croissante de l'environnement.

L'étude comparée du peuplement zooplanctonique en milieu naturel et en milieu perturbé, permet de préciser l'influence des modalités d'exploitation de ces retenues sur le développement de la communauté pélagique. En particulier, elle met en évidence pour la série lacustre considérée, un changement de structure de la communauté zooplanctonique, un appauvrissement spécifique de cette communauté, et une diminution progressive de la productivité de ces milieux.

A comparative study of zooplankton in three high-altitude reservoirs and one natural lake in the Pyrenees.

Keywords : Zooplankton, kinetic, biomass, production, reservoirs, discharge, Pyrenees.

The population dynamics and production of zooplankton have been evaluated in three neighbouring reservoirs (lake Aumar, Orédon, Aubert) and compared with previous results from the natural lake Port-Bielh (2 285 m) which had zooplankton that were specifically similar (dominant species : *Polyarthra vulgaris*, *Mixodiaptomus laciniatus*, *Cyclops strenuus*, *Daphnia longispina*).

The chief difference between the three reservoirs was their thermal regime due to their morphometric and hydrological characteristics.

All characteristics can be used to define a series, Port-Bielh-Aumar-Orédon-Aubert, characterised by a progressive diminution in the thermal climate and an increasing instability in the environment.

This comparative study of zooplankton populations in a natural and perturbed environment shows precisely the effects of managing these reservoirs on the development of the pelagic community. In particular, the lake series is shown to exhibit a gradual change in the structure of the zooplankton community, a gradual impoverishment of species in the community and a progressive decrease in productivity.

As far as the oligotrophic factor is concerned, the discharges and their modalities must be taken into account in the management of the reservoirs.

1. Introduction

Dans un travail antérieur (Rey & Capblancq 1975), nous avons étudié la dynamique de population et la production du zooplancton d'altitude dans un lac naturel des Pyrénées centrales : le lac de Port-Bielh (2 285 m).

La communauté zooplanctonique de trois retenues voisines (les lacs Aumar, Aubert et Orédon)

révélaient une composition spécifique analogue. En outre ces trois retenues présentaient chacune des caractères morphométriques et hydrologiques originaux, susceptibles d'influencer différemment le développement des organismes du zooplancton. L'ensemble des conditions réalisées par ces quatre milieux constituant une sorte de champ expérimental in situ, il apparut intéressant de suivre l'évolution des populations planctoniques dans ces trois réservoirs. La comparaison de ces observations avec les résultats déjà obtenus pour le lac naturel de Port-Bielh permettrait de préciser l'influence de l'hydrologie de ces réservoirs sur

¹ Laboratoire d'Hydrobiologie, UA 695 C.N.R.S., Université Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse Cédex, France.

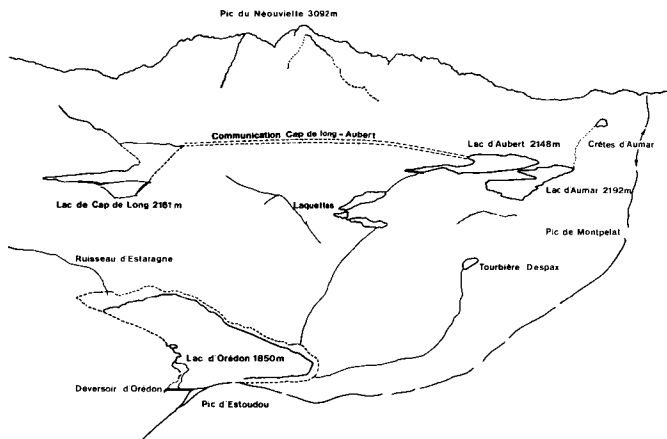


Fig. 1 : Interprétation schématique d'une photographie aérienne montrant la position respective des réservoirs étudiés.

le développement de la communauté pélagique et donc sur leur productivité.

Les résultats concernant le peuplement zooplanctonique font l'objet du présent travail.

Les données concernant le développement des populations algales seront trouvées dans Uzabiaga (1978).

2. Matériel et méthodes

L'étude du peuplement zooplanctonique dans les trois retenues est basée sur une campagne d'échantillonnages réalisée du 15 juin au 11 octobre 1976, date au-delà de laquelle des chutes de neige précoces ont rendu difficile l'accès aux lacs.

Les relevés ont été effectués tous les 8 à 10 jours par prélèvements de 5 litres d'eau de la surface au fond, de 3 m en 3 m pour le lac d'Aumar, de 5 m en 5 m pour les lacs d'Aubert et Orédon.

Dans un but de comparaison, nous avons adopté les méthodes de travail (modalités d'échantillonnage, étude démographique du peuplement, de la

biomasse et de la production des espèces, expression des résultats) décrites par Rey & Capblancq (1975).

3. Caractéristiques générales des réservoirs

3.1. Données climatiques et morphométriques

Les lacs d'Orédon, Aubert et Aumar (*fig. 1*) sont situés dans le massif du Néouvielle (Pyrénées Centrales).

Au point de vue climatique, ils sont gelés six à sept mois par an. Le dégel de même que la reprise des eaux par la glace, variables avec l'altitude et selon les années, peuvent se produire avec un décalage d'un mois en moyenne. En 1976, le dégel des lacs d'Aubert et d'Orédon s'est amorcé dans la première quinzaine de mai. Début juin, ils étaient entièrement dégelés. Mi-novembre, les trois lacs étaient presque totalement repris par la glace.

Leurs principales caractéristiques morphométriques sont résumées ci-après.

	Orédon	Aubert	Aumar
Altitude (m)	1849,40	2149,20	2192
Superficie (ha)	43	35	27
Volume (10 ⁶ m ³)	11,6	8,9	2,65
Profondeur max. (m)	59	55	24,30
Profondeur moy. (m)	40	36	16
Profondeur de la prise d'eau (m)	- 24,30	- 44,80	- 06,20
Capacité utile (10 ⁶ m ³)	6,984	8,267	1,15

Du point de vue morphométrique, les trois retenues diffèrent essentiellement par leur profondeur et par le niveau de leur prise d'eau. A Orédon et Aumar (prise d'eau à mi-profondeur), après vidange maximale, il subsiste dans ces 2 lacs un volume d'eau d'environ 4,5 et 1,5 millions de m³ respectivement. Dans Aubert (prise d'eau en profondeur), la presque totalité de la masse d'eau est utilisée de sorte que la capacité morte, très réduite, de ce réservoir, l'assimile à un milieu temporaire.

3.2. Données hydrologiques

3.2.1. SCHEMA GÉNÉRAL D'ALIMENTATION ET DE FONCTIONNEMENT

Ces trois réservoirs sont destinés à assurer l'irrigation en plaine en été, et l'alimentation des centrales hydroélectriques en hiver.

D'une manière générale, leur remplissage s'effectue en période de fonte des neiges et la vidange se produit en hiver. Pour le lac d'Aubert cependant, le bassin versant ne suffit pas à assurer le remplissage du réservoir et des apports forcés (pompages) provenant du lac de Cap-de-Long (fig. 1) viennent compléter les apports naturels.

Les trois retenues font partie d'un vaste complexe hydroélectrique comprenant les lacs de l'Oule et de Cap-de-Long avec lesquels ils présentent d'étroites relations.

La figure 2 schématise les rapports que présentent entre eux ces différents réservoirs.

Le fonctionnement de ces trois réservoirs dépend essentiellement des conditions climatiques. En période de sécheresse par exemple, il peut survenir une vidange partielle ou même totale en été par suite d'une demande accrue de la part de l'agriculture.

3.2.2. MODALITÉS D'EXPLOITATION DES RÉSERVOIRS DURANT L'ANNÉE 1976

L'été 1976 se caractérise par une vidange prématurée des lacs d'Orédon et d'Aumar, due à l'importante sécheresse estivale pour le premier, et à des travaux de réflexion d'ouvrage pour le second.

La figure 3 rend compte des variations du niveau de la réserve utile dans les 3 réservoirs au cours de cet été.

Le remplissage des trois lacs, ramenés en hiver à leur côte minimale, débute en avril-mai avec les eaux de fonte des neiges.

La côte maximale est atteinte mi-juillet à Orédon. Les premières opérations de vidange débutent aussitôt. Du 26 juillet au 9 août, 3 millions de m³ d'eau sont évacués par les vannes du barrage. Mi-septembre, le niveau a baissé de 15 mètres. Mi-octobre, la presque totalité de la réserve utile a été utilisée et le niveau avoisine celui de la prise d'eau.

Aumar reste à sa côte maximale durant juin, juillet et août. De fin août, période où se produit la vidange accidentelle du réservoir, à fin septembre, toute la réserve utile, soit 1,15 millions de m³, a été déversée dans le lac d'Aubert.

A Aubert dans lequel ne subsiste, à la suite du turbinage hivernal, qu'un très faible volume d'eau, les eaux de fonte des neiges sont insuffisantes pour remplir le réservoir. Au cours du mois de juin, 6 millions de m³ d'eau provenant du lac de Cap-de-Long ont été injectés dans la retenue, rehaussant le niveau de 40 m.

La côte maximale est atteinte début septembre avec la déverse des eaux d'Aumar.

3.3. Régime thermique

Les conditions thermiques des 3 lacs au cours de l'été 1976 sont rendues par les courbes isothermes de la fig. 4.

Les 3 lacs sont nettement stratifiés. Bien que soumis aux mêmes conditions d'ensoleillement, ils diffèrent par leur régime thermique lié à leurs caractéristiques morphométriques et hydrologiques.

Le lac d'Aumar, le moins profond des trois, présente les températures estivales les plus élevées avec une température maximale de 17° C.

Les lacs d'Orédon et Aubert ont sensiblement la même profondeur. Dans ces deux lacs, les profils

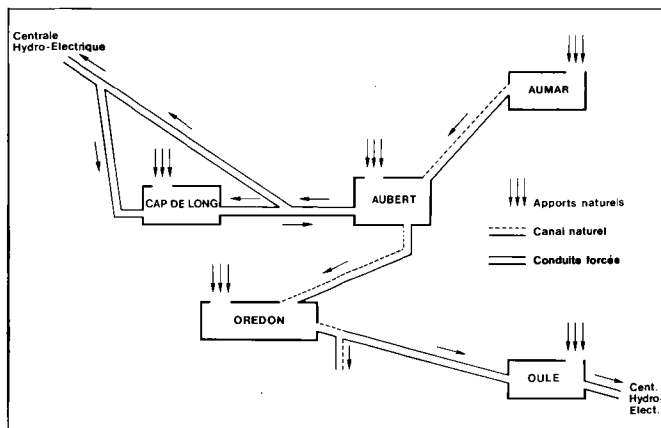


Fig. 2 : Schéma de fonctionnement et des rapports respectifs des différents réservoirs (modifié d'Uzabiaga 1978).

thermiques d'été montrent une stratification marquée avec des températures de 4° à 5° C dans l'hypolimnion et des maxima de 16° C dans l'épilimnion du lac d'Orédon, 15° C dans celui d'Aubert.

Les différences entre ces 2 retenues proviennent de leur hydrologie.

Dans Aubert, vidé totalement en hiver, l'eau hypolimnique provenant de l'eau à 4-5° C pompée et refoulée depuis le lac de Cap-de-Long, représente les 2/3 du volume du lac pendant la majeure partie de l'été. Le profil thermique observé dans ce réservoir s'explique par les modalités de remplissage. Celui-ci débute avec les eaux de fonte des neiges qui se réchauffent rapidement. Lorsqu'intervient la phase d'apports pompés (juin), les eaux à 4-5° C injectées en profondeur ne se mélangent pas à la couche supérieure, mais au contraire la refoulent en surface selon un mouvement de piston (Uzabiaga 1978), de sorte que, de juin à fin août, les températures supérieures à 6° C s'observent uniquement dans les dix premiers mètres. Par la suite (septembre-début octobre) cette couche s'élargit jusqu'à 20 m de profondeur, avec le réchauffement des eaux de surface.

Le lac d'Orédon n'est que partiellement vidé. Lorsque la capacité utile reste à son maximum au cours de l'été (cas de l'été 1975 par exemple, cf. fig. 5a), le renouvellement (dont le temps moyen peut être estimé à 2 mois) affecte essentiellement les couches épilimniques.

Lorsque le départ se fait par les vannes (cas de l'été 1976), il affecte essentiellement la couche supérieure de l'hypolimnion comme le montrent la température de l'eau de sortie au début de la vidange et l'évolution des profils thermiques dans la retenue (fig. 5b). La vidange ayant pour effet d'entraîner un enfoncement de la thermocline jusqu'au niveau de la prise d'eau, c'est ensuite l'épilimnion qui est tiré.

Les courbes de la température moyenne de la figure 6 rendent également compte des effets de la vidange sur le régime thermique de ces retenues.

A Aumar comme à Orédon, les premières opérations de vidange entraînent une chute brutale de la valeur moyenne de la température. Celle-ci continue à baisser à Orédon avec les vidanges successives de sorte que, en septembre-octobre, les plus basses valeurs thermiques sont enregistrées dans ce réservoir.

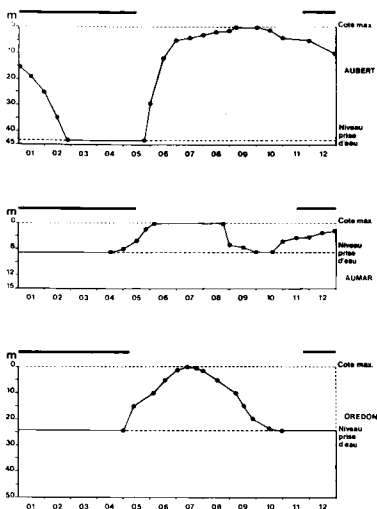


Fig. 3 : Variations du niveau de la réserve utile dans les 3 réservoirs au cours de l'année 1976.

La comparaison de la température moyenne des 4 milieux considérés rapproche le lac d'Aumar du lac naturel de Port-Bielh (valeur moyenne maximale : 11° et 12° C respectivement) et éloigne nettement les lacs d'Orédon et Aubert dont les basses conditions thermiques (valeurs moyennes inférieures à 9° C et 8° C respectivement) reflètent les caractéristiques morphométriques et hydrologiques.

Si l'on considère les deux facteurs essentiels : climat thermique et instabilité du milieu, on observe que les trois réservoirs étudiés constituent avec le lac naturel de Port-Bielh comme premier terme de la série, une série lacustre (Port-Bielh - Aumar - Orédon - Aubert), essentiellement caractérisée par un abaissement de plus en plus marqué des valeurs thermiques et une instabilité croissante de l'environnement. Ces différentes conditions de milieu influent fortement sur le développement des populations zooplanctoniques.

4. Structure du peuplement zooplanctonique

Le peuplement zooplanctonique des trois retenues est représenté par 4 espèces de Crustacés et 6 espèces de Rotifères. Leur répartition dans les trois retenues figure dans le tableau ci-après :

Copépodes	Aumar	Aubert	Orédon
<i>Mixodiatomus laciniatus</i> (Lilljeborg)	+	+	
<i>Cyclops strenuus</i> Fischer	+	+	+
Cladocères			
<i>Daphnia longispina</i> O.F. Müller	+	+	+
<i>Holopedium gibberum</i> Zaddach	+		
Rotifères			
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin	+	+	+
<i>Keratella hiemalis</i> Carlin			+
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott)	+		+
<i>Conochilus unicornis</i> Roussellet	+	+	
<i>Asplanchna priodonta</i> Gossé	+	+	
<i>Lecane tenuisetia</i> Harring	+	+	

Holopedium gibberum développe une population éphémère dans le lac d'Aumar à la fin du dégel et disparaît brusquement vers la fin juillet.

Keratella hiemalis et *Kellicottia longispina* sont présents en faibles densités.

L'évolution numérique des autres espèces est schématisée dans les figures 7 à 15.

Polyarthra vulgaris (fig. 7) est le Rotifère dominant dans les trois réservoirs où il présente une abondance maximale en juillet.

Les valeurs de densité enregistrées en juin-juillet dans le lac d'Orédon sont proches de celles observées pour la population de *P. vulgaris* du lac de Port-Bielh. Toutefois, à Orédon, *P. vulgaris* décline rapidement, alors que dans le lac de Port-Bielh, la phase de croissance couvre toute la période estivale avec un maximum de densité (30 ind./l) en septembre.

Conochilus unicornis (fig. 8) et *Lecane tenuisetia* (fig. 9) peuplent les lacs d'Aumar et Aubert.

Dans le lac d'Aumar, les 2 Rotifères présentent deux maxima (juin et septembre), séparés par une chute nette des effectifs.

Dans le lac d'Aubert, ils apparaissent seulement en août, se développent en septembre, mais en densité inférieure d'un facteur 10 à celle des populations d'Aumar. Leur développement dans ce réservoir résulte probablement d'un ensemencement dû à la déverse des eaux d'Aumar.

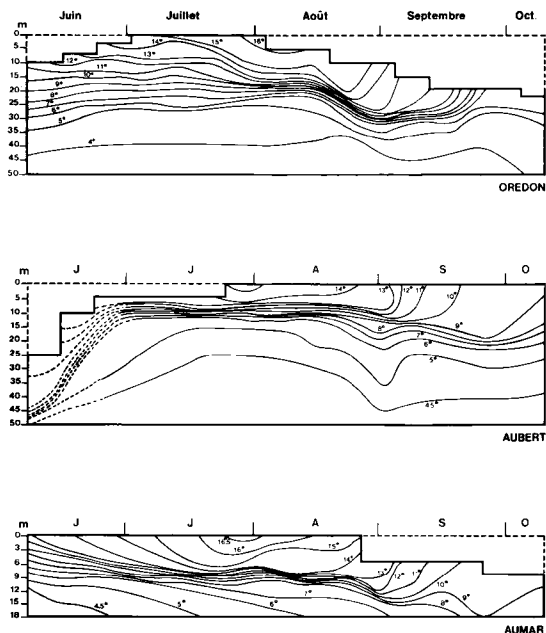


Fig. 4 : Courbes isothermes des 3 réservoirs en 1976.

Asplanchna priodonta (fig. 10) peuple également Aumar et Aubert.

L'espèce apparaît fin juin à Aumar, atteint une densité maximale fin juillet puis décline rapidement.

À Aubert, son apparition tardive (août) et les très faibles effectifs de septembre-octobre montrent que cette espèce, de même que les 2 Rotifères précédents, s'est développée dans ce réservoir à partir de la population d'Aumar.

A. priodonta est considérée comme une espèce opportuniste pouvant ingérer des algues, des bactéries et du matériel animal (Pourriot & Champ 1982). Seule forme prédatrice dans la communauté

pélagique des Rotifères, *A. priodonta* joue vraisemblablement un rôle important dans le développement des populations de rotifères du lac d'Aumar.

À son maximum de développement correspond en effet une forte chute des effectifs des petites formes rotifériennes (fig. 11). Inversement, ces mêmes populations reprennent leur croissance lorsque *A. priodonta* disparaît du peuplement pélagique.

Mixodiatomus laciniatus (fig. 12) est présent dans le plancton d'Aumar et d'Aubert.

Le maximum observé fin juin - début juillet dans le lac d'Aumar correspond au développement des

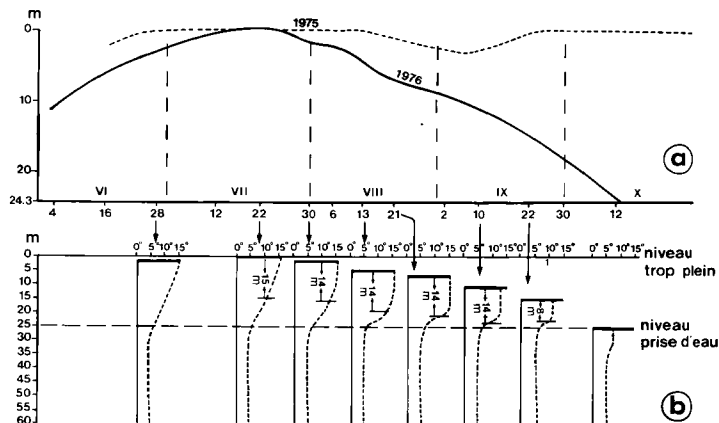


Fig. 5 : Variation du niveau du lac d'Orédon (a) et évolution des profils thermiques au cours de l'été 1976 (b). (D'après Uzabiaga 1978).

stades naupliens auxquels font suite, en août septembre, les différents stades copép dites.

L'évolution du diatomé dans ce réservoir est similaire à celle observée dans le lac de Port-Bielh, mais les effectifs y sont quatre fois moindres.

Il n'en est pas de même dans le lac d'Aubert où *M. laciniatus*, toujours en très faible densité, montre un schéma évolutif peu cohérent.

Fin juin, la population est constituée par 1/3 de nauplii et 2/3 de copépodites 1 et 2. A partir de fin juillet, de nombreux adultes (50 % environ de la population) apparaissent brusquement dans les relevés, tandis que la densité moyenne baisse encore et devient négligeable en octobre.

En admettant que des formes de résistance puissent persister et démarrer un autre cycle lors de la fusion de la glace et des apports du bassin versant, on devrait observer une succession cohérente des divers stades de développement.

L'analyse de la distribution en profondeur des différentes catégories d'individus (fig. 13) montre que, fin juin - début juillet, les nauplii et les jeunes copépodites de *M. laciniatus* se répartissent dans les

10 premiers mètres, tandis que l'important stock d'adultes de juillet-août est localisé dans l'hypolimnion.

On est donc conduit à admettre que les stades jeunes observés en juin-juillet dans les couches supérieures du lac d'Aubert, soit ont été importés par écoulement laminaire du trop-plein d'Aumar dans lequel, à la même époque, s'observent des stades de développement identiques, soit ont été véhiculés depuis Cap-de-Long lors des premiers apports pompés. Injectés en profondeur, ils ont été ensuite refoulés vers la surface au cours du remplissage, selon le processus décrit dans le paragraphe 3.3. Les deux phénomènes ont pu jouer conjointement.

Les adultes localisés en août en profondeur ne peuvent résulter que d'un import plus tardif (phases de pompage de juillet-août).

Cyclops strenuus (fig. 14) peuple les 3 réservoirs où il montre une évolution similaire à celle de la population du lac de Port-Bielh : stades naupliens en juin-juillet, développement des copépodites au cours de l'été, présence d'adultes à l'entrée de l'hiver.

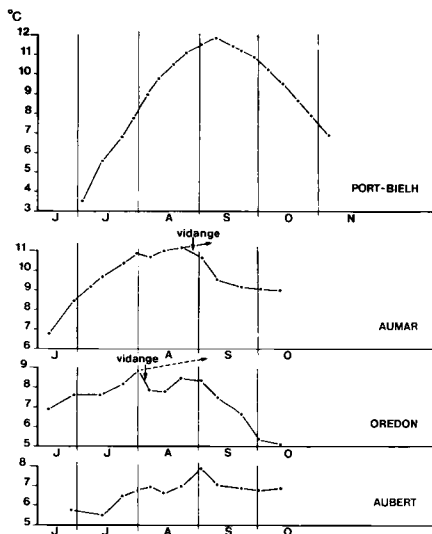


Fig. 6 : Evolution comparée de la température moyenne dans le lac de Port-Bielh (été 1971) et dans les 3 réservoirs (été 1976).

(Le pic thermique observé début septembre à Aubert, est dû au déversement à la même époque, des couches épilimniques chaudes du lac d'Aumar).

Les effectifs moyens, comparables à Aumar et Oredon, y sont cependant 2 fois moins abondants que ceux enregistrés à Port-Bielh. Ils sont très faibles à Aubert où la densité n'excède jamais 0.5 ind./l.

Il est certain que le sévère turbinage hivernal auquel est régulièrement soumis ce dernier réservoir, ayant pour effet d'évacuer la quasi-totalité de la masse d'eau, constitue des conditions drastiques pour le maintien de l'espèce. Cependant on sait que *C. strenuus* colonise à la fois la zone benthique et pélagique. Des observations effectuées début novembre, en profondeur, dans le lac de Port-Bielh, ont révélé une forte proportion de stades adultes et subadultes de cette espèce à la surface des sédiments (Rey & Dupin 1973).

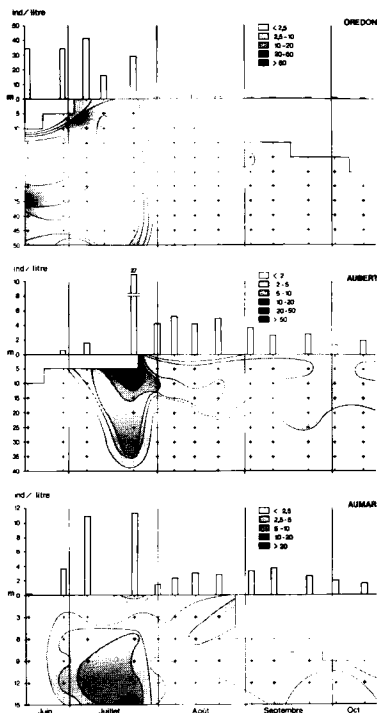


Fig. 7 : *Polyarthra vulgaris* : évolution du nombre moyen d'individus (histogrammes) et zones d'équidensité dans les 3 réservoirs.

Ainsi, malgré les pertes entraînées par la vidange, il subsiste vraisemblablement au niveau du fond une fraction de la population qui reprend son activité après la phase de repos hivernal. Cependant ces effectifs benthiques très amoindris constituent un faible potentiel de colonisation, d'où la taille réduite de la population.

Daphnia longispina (fig. 15). Le développement plus ou moins précoce de cette espèce présente dans les 3 réservoirs, est fonction du dégel des retenues.

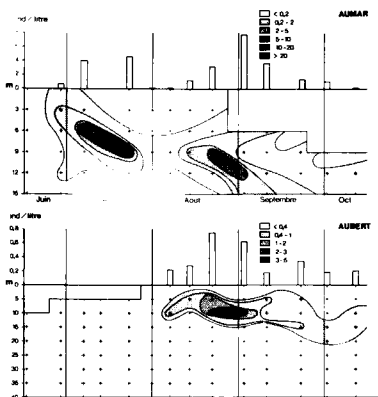


Fig. 8 : *Conochilus unicornis* : évolution du nombre moyen d'individus (histogrammes) et zones d'équidensité dans les lacs d'Aumar et Aubert.

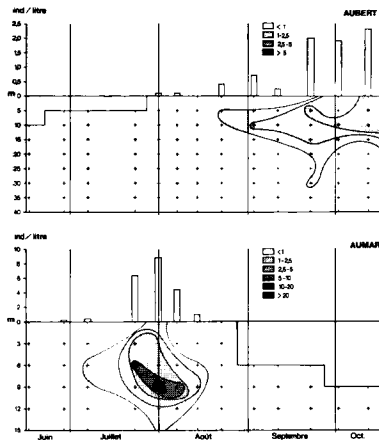


Fig. 10 : *Asplanchna priodonta* : évolution du nombre d'individus (histogrammes) et zones d'équidensité dans les lacs d'Aumar et Aubert.

Les plus fortes densités, dues au développement des mâles, sont atteintes en septembre, à l'exception du pic enregistré mi-octobre à Aubert, également dû à une forte production de mâles.

L'évolution numérique de *D. longispina*, comparable dans les 3 réservoirs, est proche de celle observée pour la population du lac de Port-Bielh.

En résumé, les composantes essentielles du peuplement zooplanctonique des 3 réservoirs étudiés sont, de même que pour le zooplancton du lac de Port-Bielh : *Polyarthra vulgaris*, *Mixodiaptomus laciniatus*, *Cyclops strenuus*, *Daphnia longispina*.

Dans les 3 réservoirs toutefois, il apparaît un net changement de structure de la communauté des Crustacés pélagiques.

Mixodiaptomus laciniatus qui constitue l'élément dominant du zooplancton dans le lac naturel, est supplanté par *Daphnia longispina* dans les 3 retenues. Il ne joue plus qu'un rôle secondaire dans le plancton d'Aumar où, encore relativement bien développé, ses effectifs sont 4 à 5 fois inférieurs à ceux de Port-Bielh.

A Aubert, résultant d'apports exogènes, il est présent en nombres réduits et ne montre aucune croissance. Il est absent à Orédon.

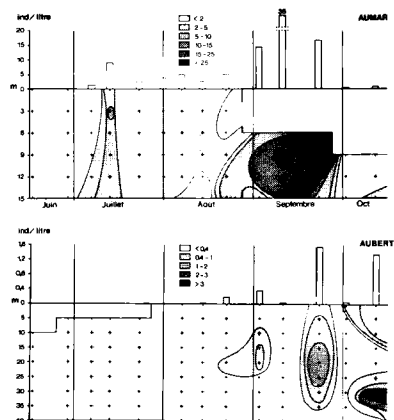


Fig. 9 : *Lecane tenuisetata* : évolution du nombre moyen d'individus (histogrammes) et zones d'équidensité dans les lacs d'Aumar et Aubert.

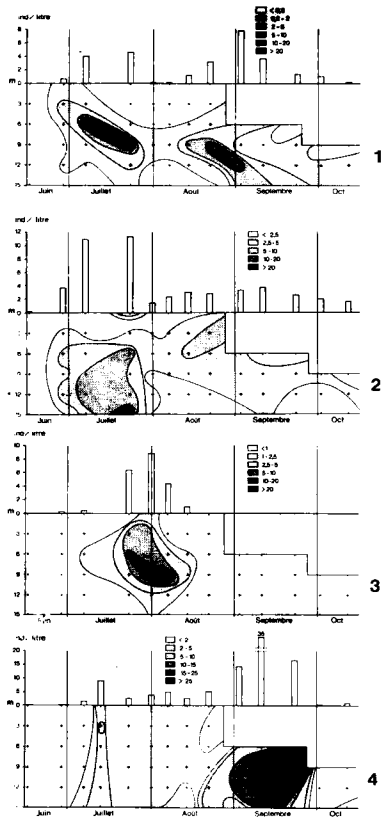


Fig. 11 : Evolution comparée des populations de Rotifères dans le lac d'Aumar. 1 : *Conochilus unicornis*; 2 : *Polyarthra vulgaris*; 3 : *Asplanchna priodonta*; 4 : *Lecane tenuisetata*.

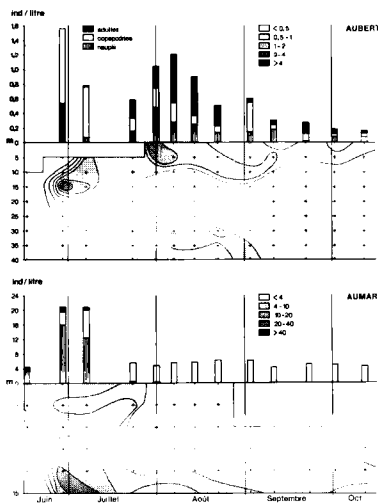


Fig. 12 : *Mixodiaptomus laciniatus* : évolution du nombre moyen d'individus (histogrammes) et zones d'équidensité dans les lacs d'Aumar et Aubert.

Cyclops strenuus, présent tout au long de l'été dans les 3 réservoirs, offre dans les 3 milieux un schéma évolutif identique à celui observé à Port-Bielh. Mais pour cette espèce également, les effectifs de population sont, à Aumar et Orédon, 2 à 3 fois inférieurs à ceux de la population du lac naturel.

À Aubert, du fait de la vidange hivernale quasi totale, le développement de *C. strenuus* est très limité. Cependant, partiellement protégé par ses écophases benthiques, il parvient à se maintenir dans la retenue.

Daphnia longispina est l'organisme dominant dans le zooplancton des 3 réservoirs où, bien qu'offrant des effectifs légèrement inférieurs à ceux observés à Port-Bielh, elle est toujours bien développée.

Des 3 espèces de Crustacés pelagiques, *D. longispina* apparaît être l'élément le mieux adapté à cet environnement.

5. Cycles biologiques des espèces dominantes

Les cycles biologiques étudiés pour *Mixodiaptomus laciniatus* dans le lac d'Aumar (fig. 16), *Cyclops*

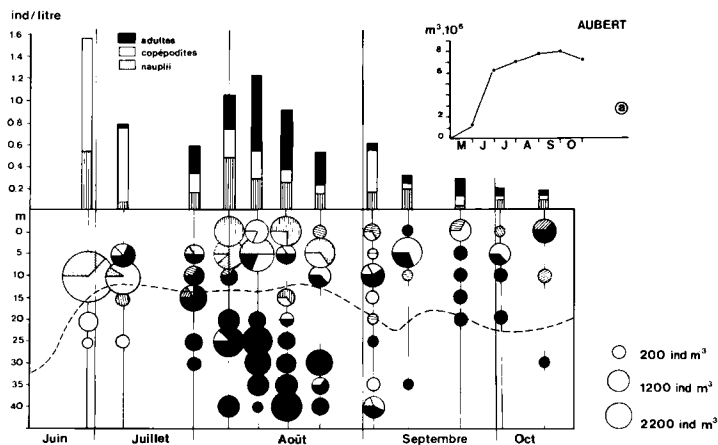


Fig. 13 : *Mixodiptomus laciniatus* : évolution comparée du nombre moyen des individus et de leur répartition aux différentes profondeurs dans le lac d'Aubert.

La courbe en tirets indique la limite supérieure de l'hypolimnion.

a : évolution du volume de la réserve utile au cours de l'été 1976.

strenuus dans les lacs d'Aumar et d'Orédon (fig. 17) et *Daphnia longispina* dans les 3 retenues (fig. 18), confirment le schéma antérieurement décrit pour ces espèces dans le lac de Port-Bielh (Rey & Capblancq 1975).

Les 3 espèces sont monocycliques.

La phase de reproduction débute sous la glace pour les 2 Copépodes. Chez *D. longispina*, l'éclosion des éphippies se produit lors de la fusion de la glace.

Pour toutes les espèces, la phase de croissance, rapide, a lieu durant l'été montagnard (juillet-août-septembre).

Les 3 espèces présentent une longue phase de repos hivernal, sous forme d'œufs de durée pour *D. longispina*, au stade adulte pour *C. strenuus* ou subadulte (Copépodite 5) pour *M. laciniatus*. La croissance du diaptomide se termine en avril-mai sous la couverture de glace, comme l'ont montré les observations hivernales effectuées dans le lac de Port-Bielh (op. cit.).

Les variantes enregistrées sont liées aux conditions de l'environnement.

Les cycles évolutifs des espèces montrent un décalage dû au dégel plus ou moins précoce des retenues.

Dans le lac d'Aumar, le plus proche du lac de Port-Bielh du point de vue des conditions thermiques mais dont le dégel est plus avancé, *M. laciniatus* et *C. strenuus* montrent, comparativement à la population du lac naturel, une avance du cycle de développement d'environ un mois.

Le décalage est plus accusé encore pour la population de *C. strenuus* du lac d'Orédon : celle-ci est composée le 16 juin, non de nauplii comme celle d'Aumar, mais essentiellement de copépodites 1 à 3 observés fin juillet seulement à Aumar, fin août dans le lac de Port-Bielh. Soit, par rapport à ces deux dernières populations, une avance du cycle vital d'environ 1 et 2 mois respectivement.

En outre, les modalités de fonctionnement des réservoirs conditionnant les valeurs thermiques de

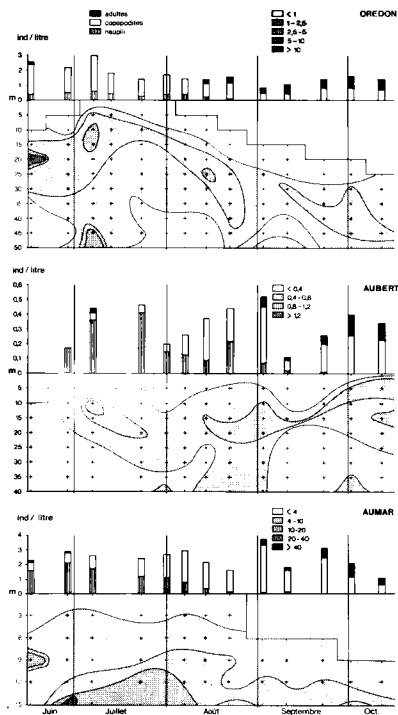


Fig. 14 : *Cyclops strenuus* : évolution du nombre moyen des individus (histogrammes) et zones d'équidensité dans les 3 réservoirs.

la masse d'eau, influent, par cela même, sur le développement des espèces.

A Orédon où *Cyclops strenuus* montre le cycle de développement le plus précoce, on observe en août-septembre, corrélativement à la chute des températures entraînée par la vidange, une stagnation des derniers stades copépodites.

A Aumar où la température moyenne est supérieure d'environ 4° C, bien que commençant à se

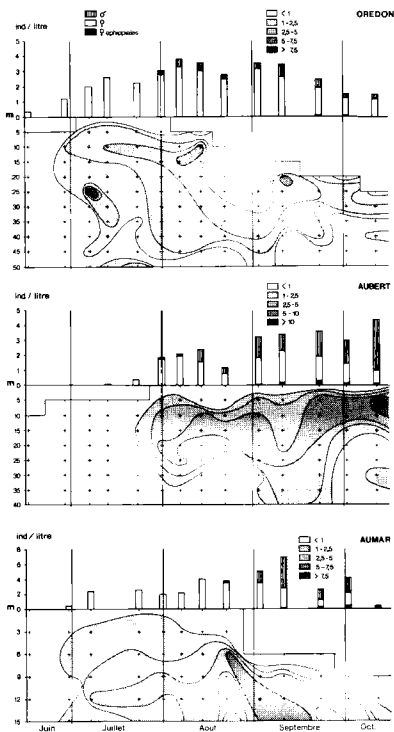


Fig. 15 : *Daphnia longispina* : évolution du nombre moyen des individus (histogrammes) et zones d'équidensité dans les 3 réservoirs.

développer un mois plus tard. *C. strenuus* boucle son cycle plus rapidement de sorte que, à l'entrée de l'hiver, les 2 populations offrent une image démographique identique.

Chez *Daphnia longispina*, les mâles se développent 6 à 8 semaines après les femelles, à l'exception de la population d'Aubert dans laquelle ils apparaissent un mois seulement après les premiers individus.

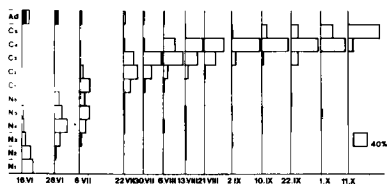


Fig. 16 : Abondance relative des différents stades de développement de *Mixodiptomus laciniatus* dans le lac d'Aumar.
En noir : femelles ovigères.

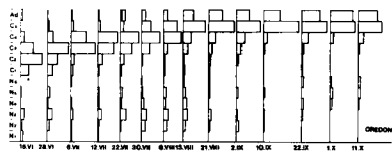


Fig. 17 : Abondance relative des différents stades de développement de *Cyclops strenuus* dans les lacs d'Aumar et Orédon.
En noir : femelles ovigères.

Leur production diffère dans les 3 populations (fig. 19).

Les valeurs les plus basses sont enregistrées à Orédon où le sex-ratio reste toujours inférieur à 0,25. L'étude menée sur le matériel exporté hors de la retenue (Rey 1986) montre que ces valeurs, comparativement faibles, sont liées aux pertes de zooplancton dans l'exutoire.

A Aubert, le sex-ratio est proche de 1 durant la majeure partie de la période de croissance de l'espèce.

Les deux valeurs positives notées pour les populations d'Aumar et d'Aubert se rapportent aux pics

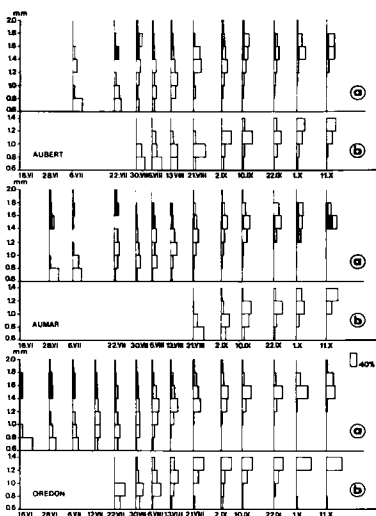


Fig. 18 : Abondance relative par classes de taille des femelles (a) et des mâles (b) de *Daphnia longispina* dans les 3 réservoirs.
En pointillés : femelles ovigères ; en noir : femelles éphippiales.

de mâles de début septembre et mi-octobre respectivement. La valeur la plus forte : 3,68, est relevée pour la population d'Aubert.

De nombreux auteurs ont examiné l'influence de différents facteurs épigénétiques dans l'apparition d'une grande proportion de σ et de φ éphippiales : surpopulation, gradient de température, disponibilités nutritives (Banta & Brown 1929, Stuart & Banta 1931, Banta 1937, Ingle & al 1937), photopériode (Buikema 1968, Stross & Hill 1968, Stross 1969).

La très forte proportion de mâles notée à Aubert, leur apparition précoce à Aubert et à Orédon peuvent difficilement être rattachées à une surpopulation.

Par contre, on remarque que dès août les mâles se développent à Aubert où la température

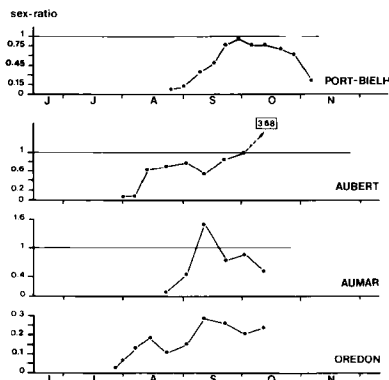


Fig. 19 : Evolution comparée du rapport σ/ϕ chez *Daphnia longispina* dans le lac de Port-Bielh (été 1971) et dans les réservoirs (été 1976).

moyenne est de 7°-8° C, et à Orédon où, par suite de la vidange, la température moyenne a chuté de 9° à 7-8° C.

A Aumar, ils apparaissent un mois plus tard, mais également lors de la baisse des températures entraînée par la vidange de septembre.

Pour ces populations de *D. longispina*, les basses conditions thermiques et, peut-être, de faibles ressources nutritives semblent jouer un rôle prépondérant dans la production des individus mâles.

6. Biomasse et Production

La production a été estimée pour *Polyarthra vulgaris* et *Daphnia longispina* dans les trois réservoirs, pour *Mixodiptomus laciniatus* dans le lac d'Aumar.

L'évaluation de la production de *Cyclops strenuus* dans les lacs de Port-Bielh, Aumar et Orédon concerne la fraction pélagique du peuplement et offre essentiellement un intérêt comparatif.

Dans le lac d'Aubert, la production de *M. laciniatus* et *C. strenuus* n'a pu être étudiée en raison du caractère anarchique du peuplement du diaptomide et des très faibles effectifs des deux Copépodes.

La production des Crustacés du lac de Port-Bielh avait été calculée selon deux méthodes basées, l'une sur l'augmentation du poids moyen des individus, l'autre sur l'augmentation du poids des individus en fonction de l'âge, et sur leur variante graphique. La comparaison des deux méthodes avait montré des résultats assez voisins avec une production annuelle légèrement supérieure pour la deuxième méthode.

En ce qui concerne les Crustacés, nous avons opté pour la méthode de calcul basée sur les valeurs poids-nombres obtenues lors des relevés :

$$P = \sum_0^T \left(\frac{\bar{P}_2 - \bar{P}_1}{t_2 - t_1} \right) \times \left(\frac{N_1 + N_2}{2} \right)$$

Pour *P. vulgaris* la production a été étudiée, de même que pour la population du lac de Port-Bielh, en utilisant les données d'Edmonson (1965) sur le temps de développement de l'œuf.

Le poids moyen des Rotifères a été calculé par détermination du bio-volume moyen d'un individu d'après Ruttner-Kolisko (1977), en admettant une densité voisine de 1. Pour *Polyarthra vulgaris*, nous avons reconduit les données de Nauwerck 1963 (poids individuel : 0,55 μg PF), utilisées pour la population du lac de Port-Bielh. Pour *Asplanchna priodonta*, un poids moyen a été déterminé pour chaque relevé en tenant compte de la proportion des trois catégories ci-après : jeunes femelles, femelles gravides, embryons.

La transformation poids sec-poids frais a été effectuée en admettant (selon Bottrell et al. 1976) un rapport PS/PF égal à 0,039 pour *A. priodonta* et à 0,10 pour toutes les autres espèces.

6.1. Biomasse des Rotifères

Les valeurs de biomasse des Rotifères au cours de la période estivale, et sa composition centésimale pour les différentes espèces figurent dans le tableau I.

Les plus grandes valeurs de biomasse s'observent à Aumar.

Les valeurs moyennes maximales observées fin juillet dans ce réservoir correspondent à la phase de croissance de *Asplanchna* qui représente alors 80 à 95 % de la biomasse totale des Rotifères. De même à Aubert, les valeurs relativement fortes de

Tableau I : Valeurs de la biomasse moyenne (mg PF/m³) des Rotifères et proportions relatives par espèce, au cours de la période estivale.

	16.06	28.06	6.07	22.07	30.07	6.08	13.08	21.08	2.09	10.09	22.09	1.10	11.10	
AUMAR	<i>P. vulgaris</i>	36,6	34,7	31,7	8,8	0,9	3,1	12,4	16,4	9,5	11,9	18,3	38,2	57,1
	<i>A. priodonta</i>	-	45	28,3	78,2	97,3	93	57,9	14,3	-	3,4	-	-	-
	<i>C. unicornis</i>	-	17,2	36,5	11	0,4	0,8	15,2	57,1	71,6	37,6	30,8	57,4	22,1
	<i>L. tenuiseta</i>	-	0,8	1,9	0,8	1,2	2,8	4,2	12,1	18,1	46,9	50,6	4,1	14,9
	<i>K. longispina</i>	33,3	2,3	1,6	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,4	0,2	0,3	0,3	5,9
	\bar{B} mg PF/m ³	0,099	5,93	18,65	70,87	79,91	40,77	13,47	9,52	18,51	17,17	7,72	2,96	1,54
AUBERT	<i>P. vulgaris</i>	-	100	100	100	72,8	82,5	88,4	82,8	24,1	40,4	9,4	4,9	6,9
	<i>A. priodonta</i>	-	-	-	-	27,4	27,2	17,2	2,8	82,5	51,5	85,5	82,7	89,3
	<i>C. unicornis</i>	-	-	-	-	-	10,3	14,1	33,3	12,5	7,9	3,2	2,2	1,9
	<i>L. tenuiseta</i>	-	-	-	-	-	-	0,3	1,3	0,9	0,2	1,9	0,2	1,9
	\bar{B} mg PF/m ³	-	0,35	0,83	14,8	2,91	3,58	3,42	3,90	8,41	3,94	18,46	13,99	17,58
	ORÉDON	<i>P. vulgaris</i>	95	95	93	84,5	93	32	52,8	58,9	51,4	43,7	16,5	6,9
<i>K. longispina</i>		3,7	3,6	5	3,7	5,1	84,5	45,8	39,7	48,2	56	83,2	83,1	94,8
<i>K. hiemalis</i>		1,3	1,4	2	1,8	1,9	3,5	1,4	0,4	0,4	0,3	0,3	-	-
\bar{B} mg PF/m ³		18,83	22,04	27,10	9,87	18,98	1,83	1,44	2,82	1,64	1,44	1,49	2,88	2,29

septembre-octobre sont dues au développement de cette espèce, consécutif à la déverse des eaux d'Aumar.

A Orédon, la quasi totalité de la biomasse rotiférienne est due à *Polyarthra vulgaris*.

Globalement les Rotifères représentent une faible fraction de la biomasse zooplanctonique.

A Aumar où les populations rotifériennes montrent le maximum de diversité spécifique et de développement, ils représentent près de 3 % de la biomasse de zooplancton.

A Orédon et à Aubert leur contribution est un peu plus faible, soit 2,5 et 2 % respectivement.

A titre de comparaison, dans deux bassins oligotrophes du complexe lacustre du lac Washington, les Rotifères constituent 1 à 2 % de la biomasse totale (Pederson et al. 1976).

6.2. Biomasse et production des espèces dominantes

L'évolution au cours de la période estivale de la biomasse et de la production de *Polyarthra vulgaris*, *Mixodiaptomus laciniatus* et *Daphnia longispina* est décrite par les figures 20 à 22.

Polyarthra vulgaris (fig. 20, Tableau II).

La production de *P. vulgaris* dans le lac d'Orédon, comparable à celle enregistrée dans le lac de Port-Bielh (83 mg PF/m³), est deux à trois fois supérieure à celle des deux autres réservoirs.

Dans les trois réservoirs, l'essentiel de la production (75 à 90 % de la production estivale) se situe en juin-juillet.

Le taux d'accroissement journalier (coefficient P/B) très proche à Aumar et Aubert, présente un pic fin juillet. Il varie peu à Orédon où il fluctue autour de 1.

Mixodiaptomus laciniatus (fig. 21).

A Aumar comme dans le lac de Port-Bielh, la biomasse, minimale en juillet après la disparition des adultes, augmente régulièrement jusqu'à l'automne. Cependant, dans ce réservoir, elle ne représente que 25 % de la biomasse développée dans le lac de Port-Bielh.

La production est également trois fois moindre. Contrairement à la biomasse, elle est maximale début juillet, moment où prédominent les nauplii et les jeunes copépodes.

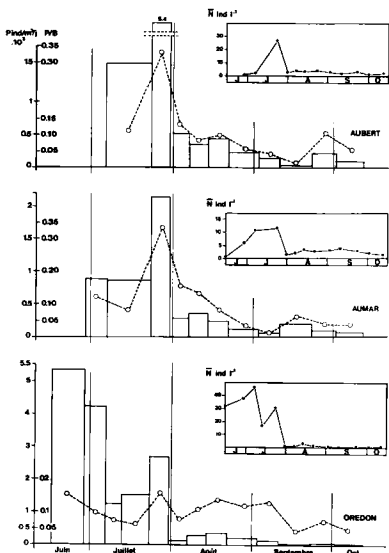


Fig. 20 : Evolution de la densité moyenne, de la production moyenne (histogrammes) et du rapport P/B (tirets) de *Polyarthra vulgaris* dans les 3 réservoirs.

Le taux d'accroissement journalier est assez voisin pour les deux lacs (en moyenne 0,018 pour le lac de Port-Bielh, 0,020 à Aumar).

Daphnia longispina (fig. 22)

Malgré le décalage des cycles de développement selon les milieux, la biomasse augmente rapidement en août dans les trois réservoirs et devient maximale en septembre.

Les valeurs se maintiennent en automne dans le lac d'Aubert alors qu'elles chutent rapidement dans les deux autres lacs, ce déclin étant lié à la vidange des deux réservoirs et aux basses températures entraînées par celle-ci.

La production suit le décalage du cycle. Elle est maximale en août à Aumar et Orédon, début septembre à Aubert.

La biomasse moyenne et la production estivale des espèces dans la série lacustre sont regroupées, espèce par espèce dans la figure 23a, milieu par milieu dans la figure 23b.

La figure 23a rend compte, pour toutes les espèces de Crustacés, de la décroissance progressive de la biomasse et de la production dans la série lacustre.

Dans les réservoirs, la diminution des valeurs d'un milieu à l'autre est plus marquée en termes de production qu'en termes de biomasse.

La biomasse moyenne du zooplancton total varie de 110 mg PS/m³ à Port-Bielh, à 49, 33 et 24 mg PS/m³ à Aumar, Orédon et Aubert respectivement.

Comparées aux données de la littérature, ces valeurs de biomasse, très inférieures à celles observées dans les lacs eutrophes (en moyenne : 540 mg PS/m³ dans le lac Erken par exemple), sont assez proches des valeurs moyennes enregistrées dans plusieurs lacs oligotrophes (27 mg PS/m³ dans le lac Majeur, 25 et 20 mg PS/m³ dans les lacs Findley et Chester More (U.S.A.) respectivement, cf. Pederson et al. 1976).

Dans plusieurs réservoirs alpins, Pechlaner (1964) observe une biomasse zooplanctonique de 320 à 1 600 mg poids frais/m³.

Les plus fortes diminutions de ces deux paramètres sont observées, pour toutes les espèces, entre le lac naturel de Port-Bielh et les réservoirs. Pour *Daphnia longispina* l'écart est net entre les quatre lacs pour les valeurs de production, il est plus atténué pour les valeurs de biomasse.

C'est pour *Mixodiatomus laciniatus* qu'apparaît la plus forte disproportion des valeurs de biomasse et de production, diminuées par un facteur 3 de Port-Bielh à Aumar.

La biomasse très faible observée dans le lac d'Aubert (environ 25 fois moins qu'à Port-Bielh, 6 fois moins qu'à Aumar) correspond comme cela a été vu précédemment, à un apport exogène du Diaptomide.

Cyclops strenuus est, des trois Crustacés, le seul élément qui présente des valeurs de biomasse comparables dans les lacs de la série, Aubert excepté. Ces résultats, en liaison avec son mode de vie pseudo-benthique, soulignent que le cyclopidé est moins dépendant des modifications de l'environnement engendrées par la vidange que ne le sont des espèces eupélagiques telles que *M. laciniatus* et, à un degré moindre, *D. longispina*.

Tableau II : Données de base et évaluation de la biomasse et de la production de *Polyarthra vulgaris* dans les 3 réservoirs.
 E : % des ♀ ovigères dans la population ; N : nombre moyen d'individus/m³ ; P : production journalière (individus/m³) ;
 B : biomasse journalière (mg PF/m³).

	15.06	28.06	6.07	12.07	22.07	30.07	6.08	13.08	21.08	2.09	10.09	22.09	1.10	11.10
OREDON														
T (°C)	7,9	9,7	8,8	9,9	11	12,2	12,4	11,6	12,4	11,3	9,8	7,6	5,5	5,4
E	0,524	0,512	0,106	0,134	0,402	0,140	0,225	0,183	0,097	0,075	0,061	0,091	0,091	0,055
N	32176	38026	45766	16960	32100	1060	1390	3075	1550	1145	460	365	220	360
P	5367	4219	1233	1514	2869	92	241	319	158	106	17	22	14	
B	16,70	20,92	15,17	9,33	17,66	0,58	0,77	1,69	0,85	0,63	0,25	0,20	0,12	0,20
	15.06	28.06	6.07	22.07	30.07	6.08	13.08	21.08	2.09	10.09	22.09	1.10	11.10	
AUMAR														
T (°C)	6,7	8,6	9,3	10,9	10,9	10,7	11,8	11,2	10,7	9,5	9,2	9,1	9,1	
E	-	0,428	0,258	0,207	0,361	0,493	0,219	0,142	0,033	0,015	0,086	0,024	0,031	
N	120	3750	10750	11280	1400	2300	3040	2800	3333	3700	2566	2050	1600	
P	-	875	870	2148	290	356	238	101	46	192	96	75		
B	0,066	2,06	5,92	6,21	0,77	1,26	1,67	1,54	1,83	2,04	1,41	1,13	0,88	
	15.06	28.06	6.07	22.07	30.07	6.08	13.08	21.08	2.09	10.09	22.09	1.10	11.10	
AUBERT														
T (°C)	-	5,6	7,2	6,9	7,4	7,5	6,4	6,5	8,8	7,3	7,6	8,4	7,8	
E	-	-	0,692	0,196	0,928	0,141	0,647	0,301	0,068	0,048	0,037	0,022	0,012	
N	-	634	1500	26900	3834	4062	4250	4445	3675	2888	3142	1258	2242	
P	-	-	1588	5409	516	351	433	231	148	31	228	86		
B	-	0,35	0,83	14,80	2,11	2,24	2,34	2,45	2,02	1,59	1,73	0,69	1,23	

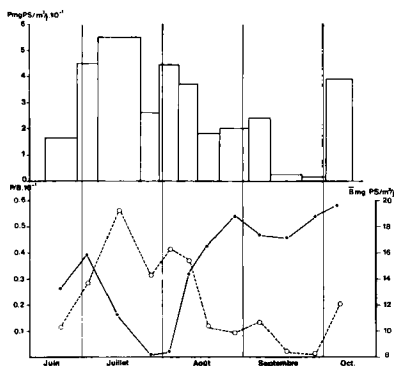


Fig. 21 : Evolution de la production moyenne (histogrammes) de la biomasse moyenne (courbe trait plein) et du rapport P/B (tirets) de *Mixodiatomus laciniatus* dans le lac d'Aumar.

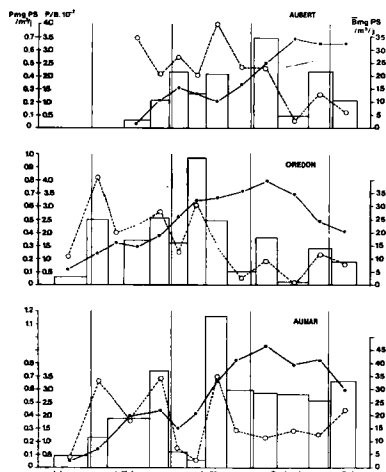


Fig. 22 : Evolution de la production moyenne (histogrammes) de la biomasse moyenne (courbe trait plein) et du rapport P/B (tirets) de *Daphnia longispina* dans les 3 réservoirs.

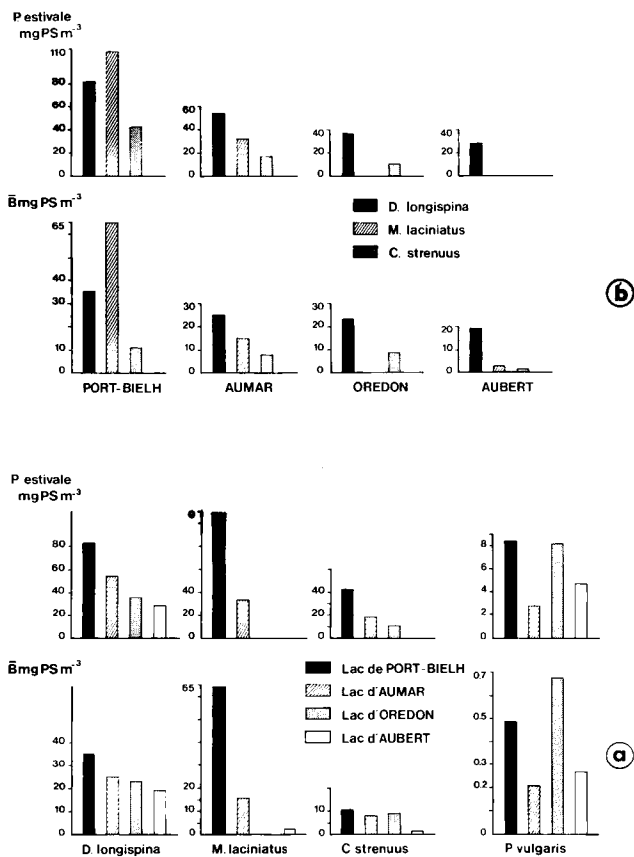


Fig. 23 : Biomasse moyenne et production estivale des espèces dominantes par espèce (a), par milieu (b).

Il n'en est pas de même de la production qui, pour *C. strenuus* comme pour les deux autres espèces, diminue d'un lac à l'autre de la série.

En ce qui concerne *Polyarthra vulgaris*, les résultats diffèrent quelque peu du schéma général montré par les Crustacés.

Les valeurs les plus faibles de biomasse et de production sont observées à Aumar. Elles résultent probablement de l'action prédatrice d'*Asplanchna priodonta*.

Les valeurs les plus fortes sont enregistrées dans les lacs de Port-Bielh et Orédon. Cependant, alors que la production estivale offre des valeurs comparables dans les deux milieux, la biomasse moyenne est nettement plus élevée à Orédon, sans doute en raison d'une faible concurrence alimentaire.

Dans ce dernier réservoir en effet, la communauté pélagique herbivore, outre *Polyarthra vulgaris*, est réduite à *Daphnia longispina* et aux stades jeunes de *Cyclops strenuus*. Lors de la phase d'expansion du Rotifère (juin-juillet), la population de *Daphnia* est encore peu développée et la séquence des stades herbivores de *Cyclops* (nauplii essentiellement) est pratiquement terminée.

Dans le lac de Port-Bielh par contre, *Polyarthra vulgaris* se développe tout au long de l'été. Le Rotifère se trouve en compétition alimentaire avec des stades avancés de *D. longispina* et de *M. laciniatus* dont le broutage intense réduit les disponibilités nutritives.

La figure 23b rend compte de la biomasse moyenne et de la production estivale des Crustacés, milieu par milieu.

Elle fait apparaître la productivité décroissante des quatre lacs, le changement de structure de la communauté pélagique et son appauvrissement spécifique.

Dans le lac naturel de Port-Bielh, la communauté zooplanctonique est très largement dominée par *M. laciniatus* tant en termes de biomasse que de production.

Dans les trois réservoirs, c'est à *Daphnia longispina* qu'est dû l'essentiel de la biomasse et de la production.

À Aumar, les 2 copépodes assurent encore 50 % de la biomasse et de la production des Crustacés pélagique.

À Aubert, dernier terme de la série lacustre, *D. longispina* représente plus de 80 % de la biomasse zooplanctonique.

La productivité décroissante des milieux est également reflétée par les divers coefficients d'activité figurant dans le tableau III.

Excepté pour le diptoméride, les trois indices étudiés diminuent dans la série lacustre.

Le taux de renouvellement de la biomasse moyenne assez voisin pour *D. longispina* dans les lacs de Port-Bielh et d'Aumar, 2,35 et 2,18 respectivement, est nettement plus bas pour les deux autres réservoirs (1,54 à Orédon, 1,43 à Aubert). Très proche pour ces deux derniers lacs, il sépare nettement ces milieux froids des lacs précédents à régime thermique plus élevé.

Pour *C. strenuus*, la valeur moyenne du P/B quotidien, comparativement plus élevée à Orédon qu'à Aumar, est probablement due au fait que ce rapport journalier exprime la potentialité de production d'une biomasse donnée et ne tient pas compte de la mortalité. Le $\overline{P/B}$ par contre, qui tient compte des fluctuations saisonnières de biomasse et de productivité et intègre la mortalité, ne montre pas d'augmentation à Orédon et est très inférieur à celui enregistré à Aumar.

7. Discussion

Le zooplancton des réservoirs d'Orédon, Aumar et Aubert montre, comme celui du lac de Port-Bielh, une faible diversité spécifique, caractère commun au plancton des lacs de montagne et des hautes latitudes (Rigler et al 1974, Ferrari & Bellaverre 1976, Adalsteinsson 1979, Herzog et al 1980, Moore 1981).

Il est le plus diversifié à Aumar avec 3 Crustacés et 4 Rotifères.

Dans les 4 milieux étudiés, le Rotifère dominant est *Polyarthra vulgaris*.

Si l'on excepte *Holopedium gibberum* qui présente un développement très éphémère à Aumar, la composition spécifique du peuplement en Crustacés de la zone pélagique des réservoirs (*Mixodiatomus laciniatus*, *Cyclops strenuus*, *Daphnia longispina*) est similaire à celle du lac de Port-Bielh.

L'étude de la structure du peuplement zooplanctonique, de la biomasse et de la production, dans la

Tableau III : Caractéristiques de la biomasse (B) et de la production (P) des 3 espèces de Crustacés pélagiques.

		PORT-BIELH	AUMAR	OREDON	AUBERT
Daphnia longispina	\bar{P} mg PS/m ³	0,77	0,46	0,34	0,21
	P estivale mg PS/m ³	82,37	53,99	35,45	27,75
	\bar{B} mg PS/m ³	34,95	24,72	23,07	19,45
	P/B	2,35	2,18	1,54	1,43
	P/B max.	1,25	1,05	0,9	0,8
	P/B journalier	0,046	0,017	0,016	0,021
Mixodiatomus laciniatus	\bar{P} mg PS/m ³	0,92	0,28	-	-
	P estivale mg PS/m ³	109,06	33,01	-	-
	\bar{B} mg PS/m ³	64,70	15,11	-	2,54
	P/B	1,68	2,18	-	-
	P/B max.	1,18	1,59	-	-
	P/B journalier	0,018	0,020	-	-
Cyclops strenuus	\bar{P} mg PS/m ³	0,34	0,17	0,11	-
	P estivale mg PS/m ³	40,86	18,8	11,63	-
	\bar{B} mg PS/m ³	10,33	7,9	9,2	1,40
	P/B	4,03	2,38	1,26	-
	P/B max.	2,23	0,97	0,73	-
	P/B journalier	0,036	0,025	0,031	-

série lacustre Port-Bielh - Aumar - Orédon - Aubert caractérisée par une diminution de plus en plus marquée des températures et une instabilité croissante du milieu, montre, d'un lac à l'autre de la série :

- un changement de structure de la communauté zooplanctonique,
- un appauvrissement spécifique de cette communauté,
- une diminution progressive de la productivité de ces milieux.

Plus que pour les Rotifères, organismes se révélant opportunistes dans les retenues en raison de leur court temps de génération, le développement des populations de Crustacés apparaît lié au régime hydrologique des réservoirs.

Dans les réservoirs étudiés, les vidanges jouent doublement.

D'une part, en abaissant le régime thermique elles limitent le développement des espèces et la productivité des milieux, d'autre part, en exerçant des ponctions successives sur les populations, elles amoindrissent celles-ci de façon plus ou moins considérable.

Lorsque les vidanges interviennent en période estivale, elles ont des conséquences bien plus sévères, puisqu'elles affectent les populations au cours de leur phase de croissance.

Dans le lac d'Aumar, le plus chaud des 3 réservoirs, la vidange est hivernale ou automnale. Intéressant la partie supérieure du lac, donc la zone la moins peuplée, elle affecte de façon moindre les populations zooplanctoniques.

Le lac d'Aubert reste stable en été, c'est-à-dire durant la phase de production planctonique, mais celle-ci est limitée par les basses températures qui caractérisent la retenue. Par ailleurs, la vidange totale en hiver empêche le développement des formes pélagiques à long temps de génération (*Mixodiatomus laciniatus*).

Le lac d'Orédon n'est que partiellement vidé. Cependant dans ce réservoir il peut se produire des vidanges estivales qui affectent les couches les plus productives de la retenue. Il s'ensuit une perte considérable de matière organique à l'exutoire.

Ainsi, durant la période de vidange de l'été 1977 (21 juillet - 31 octobre), 3,1 tonnes PF de matériel

zooplanctonique ont été perdues à l'émissaire de ce lac (Rey 1984).

50 à 85 % de la biomasse exportée étaient constitués par *Daphnia longispina*. Comparées aux pertes de *Daphnia* évaluées dans le déversoir naturel du lac de Port-Bielh, les pertes de *Daphnia*, fin juillet, à l'exutoire du lac d'Orédon, se sont révélées plus de 600 fois supérieures (Rey 1988).

Cette disparité traduit l'impact exercé par la vidange sur les populations zooplanctoniques. Elle explique également la disparition de *Mixodiaptomus laciniatus* présent autrefois dans la zone pélagique du lac d'Orédon. Dans ce réservoir en effet, les vidanges estivales, plus fréquentes ces dernières décennies, prenant place durant la phase de croissance du diaptomide, ont peu à peu amoindri la population de cette espèce et entraîné finalement sa disparition.

L'impact de la vidange sur les populations zooplanctoniques est souligné par de nombreux auteurs. Dans le lac Ransaren, Axelson (1961) et Rodhe (1964) notent l'importance de la décharge dans le contrôle du développement du zooplancton.

Pechlaner (1964) évalue les pertes de zooplancton à 1,4 tonnes dans l'Amersee et 2,5 t dans le Weisssee en 1961.

Brook & Woodward (1956) observent que des taux élevés de renouvellement de l'eau peuvent entraîner des différences non seulement quantitatives mais aussi qualitatives dans le plancton des lacs.

A Aumar où les effets de la vidange sont le moins marqués, *Mixodiaptomus laciniatus*, forme à long temps de génération, se maintient dans la retenue mais, comparativement au lac de Port-Bielh, sa biomasse et sa production y sont fortement diminuées.

A Orédon et à Aubert, caractérisés par une grande instabilité du milieu, seules subsistent *Daphnia longispina*, forme à développement rapide et *Cyclops strenuus* dont une partie du cycle se passe dans le benthos.

Ainsi, dans ces réservoirs, selon les conditions d'exploitation, les vidanges pèsent plus ou moins lourdement sur le développement du zooplancton.

Dans le cas des réservoirs recyclés le phénomène semble jouer différemment. Buikema & Loeffelman (1978a et b) établissent que le recyclage est bénéfique aux populations de Rotifères en augmentant leur densité. L'impact majeur du recyclage sur ces

populations serait dû à l'effet des fluctuations de la température de l'eau sur le potentiel reproducteur de ces organismes.

Il apparaît qu'il n'en est pas de même dans le cas des réservoirs affectés uniquement par des opérations de soutirage.

Les effets de la vidange sur les populations planctoniques soulignent l'importance des modalités de gestion des réservoirs pour le développement du zooplancton dans les lacs aménagés.

L'exploitation routinière (remplissage au printemps, vidange hivernale), bien qu'entraînant une perte conséquente de matière organique, n'offre pas le caractère drastique (sauf en cas d'évacuation totale de la masse d'eau) que présentent les vidanges estivales. Fréquemment renouvelées, celles-ci peuvent engendrer une situation biologiquement catastrophique par élimination d'espèce.

D'une manière générale, en tant que facteur d'oligotrophie, les vidanges successives devraient être prises en compte dans la gestion des réservoirs où une production secondaire optimale est recherchée, dans le domaine de la pisciculture par exemple.

Travaux cités

- Adalsteinsson (H.). 1979. — Zooplankton and its relation to available food in Lake Mývatn. *Oikos*, 32 : 162-194.
- Axelson (J.). 1961. — Zooplankton and impoundment of two lakes in Northern Sweden (Ransaren and Kultsjön). *Rept. Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 42 : 84-168.
- Banta (A.M.). 1937. — Population density as related to sex and to evolution in Cladocera. *Amer. natur.*, 71 (732) : 34-49.
- Banta (A.M.) & Brown (L.A.). 1929. — Control of sex in Cladocera. I. Crowding the mothers as a means of controlling male production. *Phys. Zool.*, 2 (1) : 80-92.
- Bottrel (H.H.), Duncan (A.), Olwicz (Z.M.), Grygierek (E.), Herzig (A.), Hillbricht-Ilkowska (A.), Kurasawa (H.), Larsson (P.) & Weglenska (T.). 1976. — Contribution from the plankton ecology group. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norw. J. Zool.*, 24 : 419-456.
- Brook (A.J.) & Woodward (W.B.). 1956. — Some observations on the effects of water inflow and outflow on the plankton of small lakes. *J. Anim. Ecol.*, 25 : 22-35.
- Buikema (A.L.). 1968. — Effects of varying wavelengths, intensities and polarized light on population dynamics and ephippial production of *Daphnia pulex* L. *Crustaceana*, 14 : 45-55.
- Buikema (A.L.) & Loeffelman (P.H.). 1978a. — Effects of pumpback operations on the zooplankton dynamics of Smith Mountain Lake, Virginia. Department of Biology and Center for environmental studies, Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg, Virginia 24061 : 128 p.
- Buikema (A.L.) & Loeffelman (P.H.). 1978b. — Effects of pumped storage operations on rotifer populations. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 20 : 1597-1603.

- Edmonson (W.T.). 1965. — Reproductive rate of planctonic Rotifers as related food and temperature in nature. *Ecol. Monograph*, 35 : 61-111.
- Ferrari (I.) & Bellavere (C.). 1976. — Ricerche ecologiche sul zooplankton e macrozoobenthon del Lago Santo Parmense. *Rivista di Idrobiol.*, XV (1) : 3-45.
- Herzig (A.), Anderson (R.S.) & Mayhood (D.W.). 1980. — Production and population dynamics of *Leptodiatomus sicilis* in a mountain lake in Alberta, Canada. *Holarctic Ecology*, 3 : 50-63.
- Ingle (L.), Wood (T.R.) & Banta (A.M.). 1937. — A study of longevity, growth, reproduction and heart rate in *Daphnia longispina* as influenced by limitations in quantity of food. *Journ. Experim. Zool.*, 76 (2) : 325-352.
- Moore (J.W.). 1981. — Influence of temperature, photoperiod and trophic conditions on the seasonal cycles of phytoplankton in zooplankton in two deep subarctic lakes of northern Canada. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 66 (5) : 745-770.
- Nauwerck (A.). 1963. — Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton im See Erken. *Sym. bot. Upsal.*, 17 (5) : 163 p.
- Pechlaner (R.). 1964. — Plankton production in natural lakes and hydro-electric-water-basins in the alpine region of the Austrian Alps. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 15 : 375-383.
- Pederson (G.L.), Welch (E.B.) & Litt (A.H.). 1976. — Plankton secondary productivity and biomass : their relation to lake trophic strata. *Hydrobiologia*, 50 (2) : 129-144.
- Pourriot (R.) & Champ (P.). 1982. — Consommateurs et production secondaire, 2 : 49-112. In Pourriot & al. : *Ecologie du plancton des eaux continentales* (Masson éd., Paris).
- Rey (J.). 1984. — Export de matériel zooplanctonique dans l'exutoire d'une retenue des Pyrénées. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 22 : 1493-1497.
- Rey (J.). 1986. — Contribution à l'étude du Zooplankton d'altitude et de la Taxonomie des Cladocères. Thèse de doctorat d'état, n° 1274, Université Toulouse III : 443 p.
- Rey (J.). 1988. — Impact de la vidange sur le développement des populations zooplanctoniques dans une retenue des Pyrénées. *Annls. Limnol.*, 24 (3) (à paraître).
- Rey (J.) & Dupin (B.). 1973. — Ecologie des Crustacés benthiques du lac de Port-Bielh (Pyrénées Centrales). II. Cycles biologiques. *Annls. Limnol.*, 9 (3) : 259-271.
- Rey (J.) & Capblanq (J.). 1975. — Dynamique des populations et Production du zooplankton du lac de Port-Bielh (Pyrénées Centrales). *Annls. Limnol.*, 11 (1) : 1-45.
- Rigler (F.H.), Mac Callum (M.E.) & Roff (J.C.). 1974. — Production of zooplankton in Char Lake. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 31 : 637-646.
- Rodhe (W.). 1964. — Effects of impoundment on water chemistry and plankton in Lake Ransaren (Swedish Lapland). *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 15 : 437-443.
- Ruttner-Kohisko (A.). 1977. — Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. *Arch. Hydrobiol., Beih. Ergebn. Limnol.*, 8 : 71-76.
- Stross (R.G.) & Hill (J.C.). 1968. — Photoperiod control of winter diapause in the fresh-water Crustacean, *Daphnia*. *Biol. Bull.*, 134 (1) : 176-198.
- Stross (R.G.). 1969. — Photoperiod control of diapause in *Daphnia*. III. Two stimulus control of long-day, short day induction. *Biol. Bull.*, 137 : 359-374.
- Stuart (C.A.) & Banta (A.M.). 1931. — Available bacteria and the sex-ratio in *Moina*. *Phys. Zool.*, 4 (1) : 72-86.
- Uzabiaga (G.). 1978. — *Morphométrie, physico-chimie et phyto-plancton de trois lacs de barrage d'altitude des Pyrénées*. Thèse 3ème cycle, Hydrobiologie. Univ. P. Sabatier, Toulouse : 111 p.