

Examen première session LV373 «Ecologie intégrative»
durée 1h30, documents interdits, inclus calculatrices et téléphones portables

Document scientifique (Hansson *et al.* 1998, Ecosystems)

Descriptif général

Hansson et ses collaborateurs comparent différentes expérimentations de biomanipulation effectuées sur différents lacs tempérés. Ils postulent que malgré la réduction considérable des charges en nutriments dans ces écosystèmes, souvent apportées par l'homme dans les décennies passées, de nombreux lacs touchés par les activités urbaines et agricoles sont restés eutrophes avec des inflorescences algales (blooms) et la mort récurrente de poissons. Cela reste un problème de premier ordre pour les gestionnaires de ces écosystèmes. L'une des nombreuses méthodes pour l'amélioration des conditions de ces lacs est la *biomanipulation*, un terme inventé en 1975 et depuis adopté comme l'une des applications les plus controversées de la théorie écologique. En règle générale, le mot se réfère à la *manipulation de la communauté de poissons* visant à réduire la pression de prédation sur le zooplancton herbivore (qui consomme des organismes du phytoplancton comme les algues bleu-vertes), normalement suivie d'une augmentation de l'abondance et de la taille de ce zooplancton, en particulier *Daphnia* (les daphnies, petits crustacés zooplanctoniques sensibles à la pollution, filtrent l'eau et capturent de minuscules organismes planctoniques). Ceci, à son tour, conduit théoriquement à une pression supérieure de broutage (consommation) sur le phytoplancton pouvant amener par la suite une eau plus claire (moins d'algues par exemple).

La logique derrière cette chaîne de causes et conséquences est attrayante et facile à comprendre : la simplicité de cette théorie, et les prédictions claires qui en découlent, ont suscité un intérêt considérable des chercheurs, en particulier les écologistes d'eau douce, ce qui rend la *théorie de la chaîne alimentaire* une des théories les plus fortement testées en écologie aquatique. De nombreuses études ont, au moins partiellement, corroboré les hypothèses dérivées de cette théorie. Cependant, de nombreuses autres études n'ont pas démontré d'effets sur le zooplancton et les algues à la suite de perturbation des communautés de poissons. Parce que ces biomanipulations n'ont pas réussi à prouver que la simple chaîne alimentaire poissons-zooplancton-algues est le seul processus impliqué dans la biomanipulation, l'utilisation exclusive de la théorie de la chaîne alimentaire a été fortement critiquée.

L'importance de comprendre des processus autres que la dynamique de la simple chaîne alimentaire, a poussé à un développement théorique en coopération plus étroite avec les gestionnaires des lacs, principalement dans le cas des lacs peu profonds. Les auteurs ici cherchent donc (i) à réévaluer les études et hypothèses antérieures portant sur la biomanipulation, et (ii) à fournir des recommandations à jour concernant la biomanipulation comme outil de gestion pour les gestionnaires de lacs.

Afin de réaliser ceci, les chercheurs passent en revue et complètent les données provenant de biomaniipulations sur des lacs tempérés ces dernières années, et qui sont susceptibles selon eux de montrer une réussite de la réhabilitation de lacs eutrophes.

Choix des lacs retenus pour l'étude comparative

Les auteurs argumentent que la plupart des études réalisées pour tester la *théorie de la chaîne alimentaire* sont menées en laboratoire à petite échelle, ou dans des encloses. Les échelles spatiales et temporelles restreintes de ces études pourraient, selon eux, causer des problèmes dans l'extrapolation à l'échelle du lac entier. Ils ont donc décidé de se concentrer exclusivement sur des biomaniipulations portant sur l'ensemble du lac, incluant la suppression des poissons planctonophages et l'ajout de poissons piscivores, ainsi que la perte massive involontaire de poissons. Parmi les manipulations de lacs entiers, la qualité des données disponibles varie considérablement entre un échantillonnage occasionnel et une surveillance à long terme avant et après la biomaniipulation.

Pour éviter les conclusions douteuses, ils ont donc établi des critères qu'une étude doit remplir pour être inclus dans l'évaluation :

1. La manipulation a été intensive, c'est-à-dire effectuée sur une période limitée (généralement 1-3 ans).
2. Les données sont disponibles pendant au moins 5 ans après que la manipulation a été lancée.
3. Pour orienter la discussion et permettre des comparaisons valables, les auteurs ont standardisé les évaluations en (i) quantifiant seulement certaines variables de diagnostic (voir point 4. ci-dessous) et en les comparant seulement de Juin à Septembre entre l'année avant que la manipulation ne commence (année 0), et 5 ans après la manipulation (année 5).
4. Les variables retenues pour la comparaison sont la 1/ *profondeur de Secchi* (qui revient à mesurer la pureté de l'eau en cherchant à distinguer un motif sous l'eau, cette profondeur augmente donc avec la pureté). *Plus il y a de sédiments en suspension dans l'eau, moins la lumière passe* ; 2/ *la concentration en chlorophylle-a* (la mesure de sa concentration dans l'eau est utilisée comme indicateur de la quantité de plancton végétal (phytoplancton)) ; 3/ *la surface couverte par les macrophytes (plantes visibles à l'œil nu) submergés* (en % de la surface du fond du lac) ; 4/ *la biomasse des daphnies* (zooplancton) ; 5/ *la concentration de phosphore total* ; et 6/ *la densité des algues bleu-vertes* (cyanobactéries aquatiques qui lorsqu'elles sont très abondantes, forment des proliférations (blooms), certaines algues bleu-vert pouvant sécréter des toxines).
5. Dans la plupart des études de cas examinées, les charges en éléments nutritifs amenées par l'homme ont été réduites avant la biomaniipulation de sorte que, pour la majorité des lacs, la concentration de phosphore total était inférieure à 200 $\mu\text{g L}^{-1}$ au début de la biomaniipulation.

Toutes les données présentées dans les figures sont des moyennes des valeurs estivales (Juin à Septembre inclus).

Question 1 (sur 1 point) :

Pourquoi est-il important selon vous de prendre des données sur un minimum de 5 ans ?

Question 2 (sur 1 point) :

Quel peut être l'avantage et l'inconvénient de ne comparer que l'année 0 et l'année 5, si plus de données existent ?

Question 3 (sur 1 point) :

Qu'est-ce que l'eutrophisation ?

Question 4 (sur 1 point) :

En quoi la mesure du phosphore total est-elle pertinente dans cette problématique portant sur l'eutrophisation ?

Un exemple de résultats

Un exemple de résultat est donné dans la **Figure 1** ci-dessous et sa **légende**. Le lac Vesijärvi situé à proximité de la ville de Lahti, en Finlande, est grand (110 km²), avec une profondeur moyenne de 6,8 m. La biomanipulation a consisté en l'élimination des cyprinidés par le chalutage (les cyprinidés (Cyprinidae) forment la plus grande famille de poissons d'eau douce avec environ 2 450 espèces, comprenant par exemple carpe, vairons, brème, goujon, poisson rouge... **la plupart consomment du zooplancton** et des fragments végétaux). Les poissons piscivores capturés ont été retournés au lac, alors que les cyprinidés ont été retirés. En complément à l'évacuation des poissons, de jeunes poissons piscivores ont été ajoutés au lac afin d'augmenter la pression de prédation sur les cyprinidés restants.

Question 5 (sur 2 points) :

Que peut-on critiquer dans la présentation et la teneur des résultats de la Figure 1 ?

Question 6 (sur 4 points) :

Décrire ces résultats. Peut-on en tirer des conclusions sur la réussite de la biomanipulation ?

Tendances générales en comparant plusieurs lacs

Plusieurs lacs ont été comparés afin d'observer des tendances générales. Les résultats sont donnés dans la **Figure 2** ci-dessous et sa légende.

Question 7 (sur 2 points) :

Que peut-on critiquer dans la présentation et la teneur des résultats de la Figure 2 ?

Question 8 (sur 4 points) :

Décrire ces résultats. Que peut-on en tirer comme conclusions ?

Document scientifique ainsi que Document grand public (Document de Circulaire FAO Pêcheries 2001, FIRI/C952) : CONSÉQUENCES DE LA BIOMANIPULATION POUR LES POISSONS ET DE LA PÊCHE

Conséquences secondaires des biomanipulations

Si l'on fait un bilan général sur les effets de ces biomanipulations, tous ces auteurs observent, en général, les effets suivants :

Conséquences secondaires :

- **La couverture par les macrophytes submergés** (*description dans le point 4 de l'introduction*) **augmente**. Ces macrophytes submergés peuvent absorber de grandes quantités de nutriments pendant la saison estivale, ce qui réduit la possibilité de la croissance des algues. Des algues épiphytes (*les épiphytes sont des plantes qui poussent en se servant d'autres plantes comme support*) attachées aux macrophytes consomment également le phosphore de l'eau. En outre, les macrophytes stabilisent la surface des sédiments, la réduction de la remise en suspension des particules de sédiments, ce qui améliore la pénétration de lumière à travers la colonne d'eau (la profondeur de Secchi). Les macrophytes peuvent également fonctionner comme un refuge contre la prédation par les poissons du zooplancton. En outre, les macrophytes ont tendance à favoriser (par la dissimulation) les poissons prédateurs, comme le brochet et la grande perche, plus que les cyprinidés. Il a enfin été suggéré que certains macrophytes excrètent des substances qui ont une incidence négative sur la croissance des algues bleu-vert.
- **Une réduction des concentrations des éléments nutritifs**. La plupart du temps, les expériences ont montré une réduction du phosphore sous la barre des $100 \mu\text{g P L}^{-1}$, ce qui permet d'obtenir un effet à long terme de la biomanipulation dans les lacs peu profonds tant que l'apport d'azote est faible.
- **Le risque de l'augmentation du recrutement des jeunes poissons de l'année**. Lorsque l'abondance des cyprinidés est réduite, la concurrence pour la nourriture diminue et le recrutement des classes d'âge des jeunes poissons est augmenté. Bien que très petits, leur taux de consommation est élevé. Ces jeunes poissons de l'année peuvent manger leur propre poids en zooplancton par jour. En outre, ces jeunes poissons mangent et croissent rapidement, permettant de mobiliser et excréter des quantités élevées de nutriments. Ainsi, le recrutement élevé de jeunes poissons de l'année et leur prédation sur le zooplancton peut fortement contrecarrer l'effet de biomanipulation, comme on peut l'observer en comparant la biomasse des jeunes poissons et celles des Daphnies. Cependant, cet effet peut être contrecarré si la biomasse de poissons piscivores de grande taille permet leur prédation.

Question 9 (sur 4 points) :

Décrire finalement les interrelations entre les différents facteurs passés en revue (phosphore, zooplancton, sédiments, lumière, plantes (macrophytes), compétition, poissons de l'année, algues, poissons piscivores) avec un schéma synthétique partant de l'effet « baisse des populations de poissons ». Prévoyez le cas où la biomanipulation réussit, et le cas où elle échoue.

Lac Vesijärvi

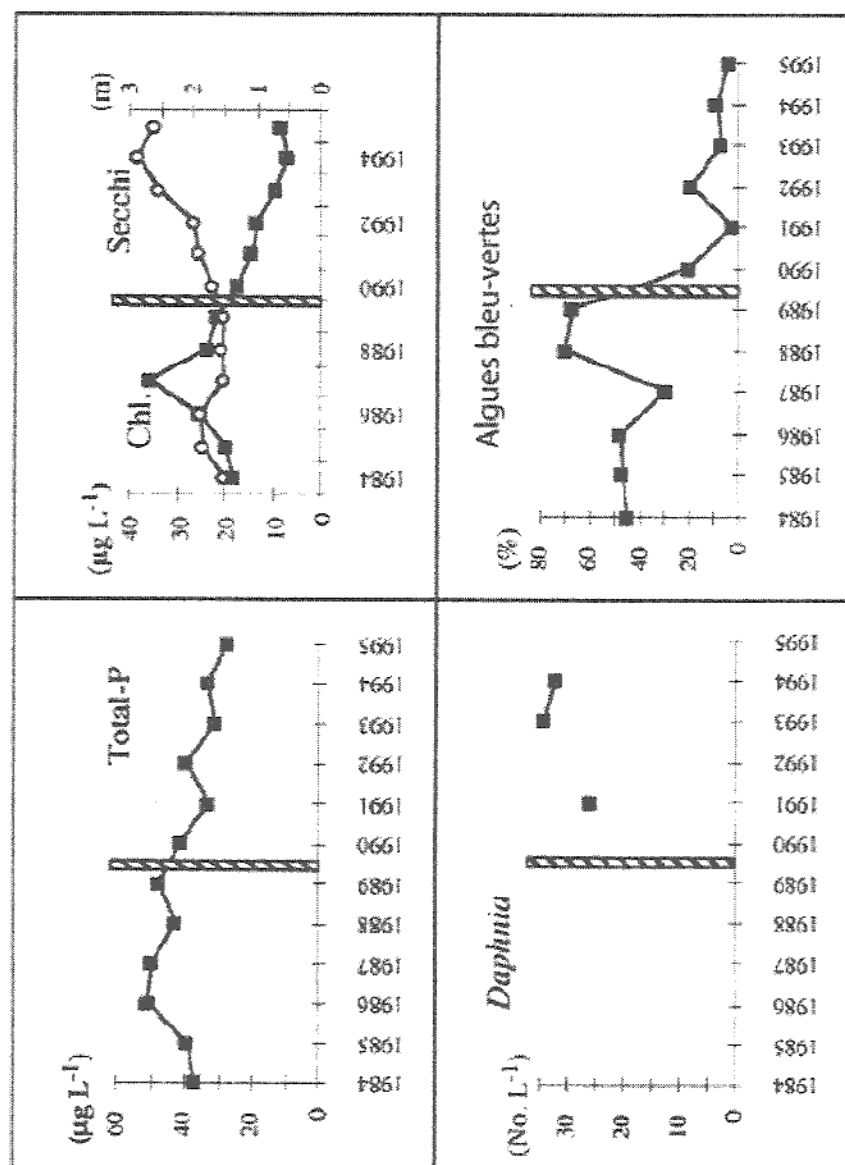


Figure 1: Fluctuations temporelles des variables chimiques et biologiques dans le lac Vesijärvi (Finlande). La barre rayée indique le début de la biomonitoring. Les variables sont le **phosphore total** ($\mu\text{g L}^{-1}$), la **profondeur de Secchi** (m), la **chlorophylle-a** ($\mu\text{g L}^{-1}$), l'abondance de *Daphnia* (nombre L^{-1}), et les **algues bleu-vertes** en pourcentage (%) du total de la biomasse algale. La **couverture des macrophytes submergés** a été de 2% en 1984 à 55% en 1995, et leur **profondeur de colonisation** était de < 2m en 1984 et jusqu'à 4,10m en 1995.

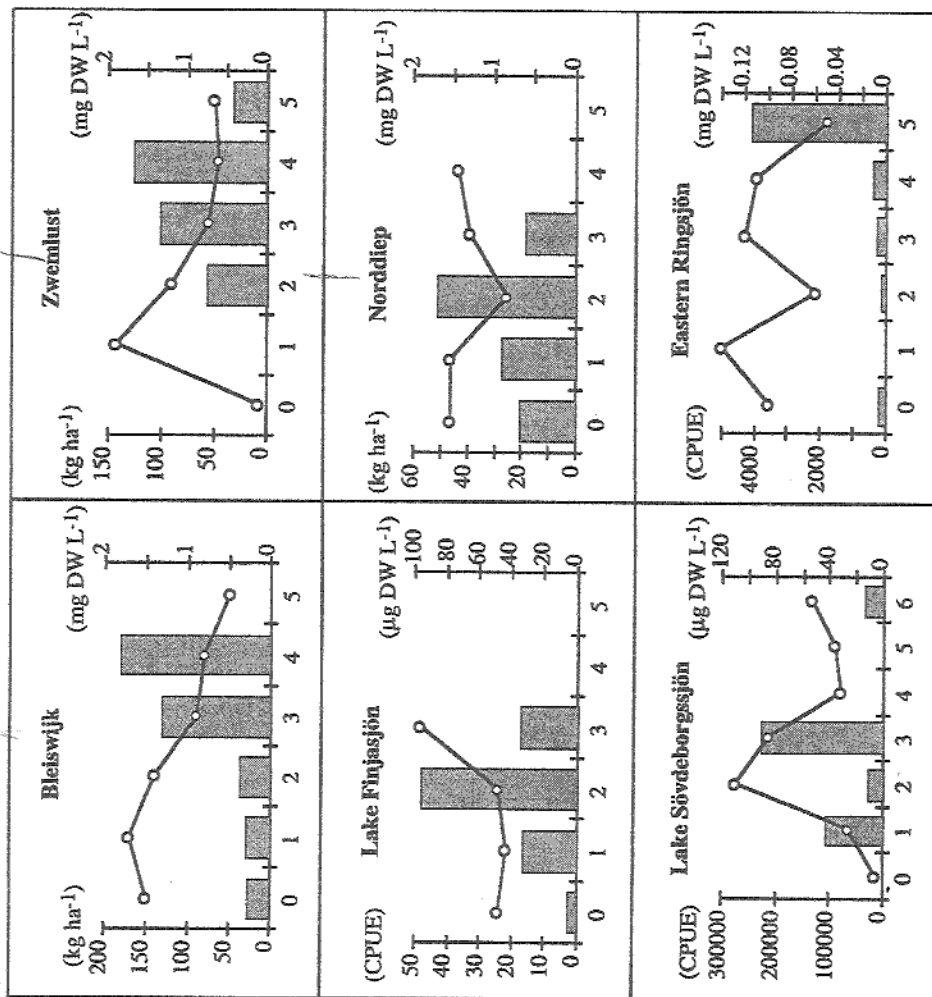


Figure 2 : Abondance ou biomasse des jeunes poissons de l'année (barres grises) et des *Daphnia* (lignes pleines) dans six lacs où des biomanipulations ont été réalisées aux Pays-Bas et en Suède. L'année 0 indique l'année précédant la biomanipulation. Les unités pour la quantification des jeunes poissons de l'année sont : 1/ pour les lacs Bleiswijk, Zwemlust, et Norddiep : kg ha⁻¹, 2/ pour le lac Finjasjön : CPUE (capture par unité d'effort) exprimées en kilogrammes pour 20 min de chalutage ; 3/ pour le lac Eastern Ringsjön : CPUE exprimées en nombres de poissons pour 20 minutes de chalutage ; et 4/ pour le lac Sövedborgssjön en CPUE exprimées en nombre total de poissons pour le lac. De plus, si l'on moyenne ces six lacs : les valeurs de concentration en chlorophylle-a, et de concentration en phosphore diminuent de moitié ; et la profondeur de Secchi (description de la variable dans le point 4 de l'introduction) augmente de moitié après la biomanipulation, et toutes ces valeurs restent ensuite stables entre les années 1 à 5.