
Revue des sciences de l'eau

Rôle de la fréquence des prélèvements de la biomasse produite sur les capacités épuratrices de *Lemna minor* L.

M. Radoux et D. Kemp

Volume 5, numéro 1, 1992

URI : id.erudit.org/iderudit/705120ar
<https://doi.org/10.7202/705120ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Université du Québec - INRS-Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE)

ISSN 0992-7158 (imprimé)
1718-8598 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Radoux, M. & Kemp, D. (1992). Rôle de la fréquence des prélèvements de la biomasse produite sur les capacités épuratrices de *Lemna minor* L.. *Revue des sciences de l'eau*, 5(1), 55-68. <https://doi.org/10.7202/705120ar>

Tous droits réservés © Revue des sciences de l'eau, 1992

Résumé de l'article

Les Lemnaceae en général, *Lemna minor* L. et *L. gibba* L. en particulier, font l'objet de recherches importantes au niveau international sur le rôle positif ou négatif que ces espèces peuvent jouer dans le domaine de l'épuration des eaux usées urbaines par les diverses techniques extensives.

Selon les travaux scientifiques réalisés en vraie grandeur comme en pilote, les auteurs insistent soit sur l'intérêt de ces espèces (productivité élevée, haute teneur en protéines, capacité de bioaccumulation de métaux lourds, prélèvements périodiques aisés, bonnes capacités épuratrices en N et P. ...) soit sur leurs inconvénients (effets néfastes sur l'épuration dans les lagunages à microphytes, anaérobiose de la nappe aquatique, prélèvements périodiques difficiles - ! -, capacités épuratrices médiocres, voire nulles, ...).

Dans ce contexte de résultats apparemment contradictoires, qui ne se limitent d'ailleurs pas aux seules *Lemnaceae* - loin s'en faut-, nous avons comparé, sous climat local, les rendements épuratoires de deux systèmes de bassins miniatures en série, rigoureusement identiques, alimentés par le même débit des mêmes eaux usées urbaines durant toute la période de végétation : l'un des systèmes était peuplé de *Lemna minor*, l'autre n'en contenait pas.

Nos résultats font apparaître que l'efficacité épuratrice de *Lemna minor* dépend, entre autres, de la fréquence des prélèvements périodiques de la biomasse produite.

1. Lorsque les prélèvements sont peu fréquents (7 fois sur la période de végétation), le système à *Lemna* épure sensiblement mieux que le témoin non « planté » en ce qui concerne les matières en suspension et la charge organique. Il influence défavorablement, par contre, l'épuration tertiaire au niveau de l'azote et surtout du phosphore.

2. Lorsque les prélèvements sont fréquents (24 fois sur la période de végétation), le système à *Lemna* améliore considérablement la

réduction des matières en suspension et celle de la charge organique. Il y a donc une nette amélioration tertiaire au niveau de l'azote et reste sans effet pour le phosphore.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter en ligne. [<https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-d-utilisation/>]



Cet article est diffusé et préservé par Érudit.

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. www.erudit.org

Rôle de la fréquence des prélèvements de la biomasse produite sur les capacités épuratrices de *Lemna minor* L.*

Effect of the removal frequency of biomass production on the purification efficiency of *Lemna Minor* L.

M. RADOUX¹, D. KEMP

Reçu le 3 septembre 1990, accepté pour publication le 10 septembre 1991**.

SUMMARY

The effect of *Lemnaceae*, and in particular of *Lemna minor* L. and *L. gibba* L. on various extensive urban sewage treatment techniques is currently the subject of intense international research.

Researches on both full-scale and pilot plants stress either these species' advantages (high productivity, high protein content, heavy metal bio-accumulation, easy harvesting, high N and P purification efficiency, ...) or disadvantages (detrimental effect on microphyte ponding, anaerobiosis in the water layer, difficult harvesting, poor or non-existent purification capacity).

Against this background of apparently conflicting results (and in this respect, *Lemnaceae* are far from being the only case), we have compared the performances of two systems under local climate, both consisting of 4 strictly identical ponds in series (4 x 0.96 m²) supplied with an identical influx of the same urban sewage, one with a population of *Lemna minor* and the other without.

Each series of ponds was supplied with a hydraulic load of wastewater corresponding to the use of 6 square metres of pond per capita.

The two series of ponds were monitored in 1985 and 1986 during the periods of vegetative growth (from May to October inclusive).

In 1985, the duckweed biomass was harvested 7 times during the experimental period: each time, 50 % of the plant cover was removed; this frequency amounts to roughly one harvest every fortnight in June, July, August and September.

1. Fondation Universitaire Luxembourgeoise, avenue de Longwy, 185, B 6700, Arlon (Belgique).

* Communication présentée au 34^e Congrès de l'Association Française de Limnologie, Metz-Nancy, 29-30 mai 1990.

** Les commentaires seront reçus jusqu'au 30 décembre 1992.

In 1986, the duckweed biomass was harvested 24 times during the experimental period in the same manner as the previous year ; this frequency amounts to 1 or 2 harvests every week in May, June, July, August and September.

The parameters chosen to characterize the pollutant load at the inflow and the outflow of each ponding system were measured twice monthly.

An amount of wastewater proportional to the volume in circulation was sampled automatically at each level. Our protocol required one sample of inflow every 30 minutes and one sample per litre of outflow. Consequently, average concentrations of the various parameters were assessed on the basis of a mixture of 14 x 48 inflow samples and a mixture of outflow samples equal in number to the volume in litres flowing through the system in two weeks.

Taking into account the automatically recorded hydraulic flow rates, these average concentrations were then converted into absolute loads (flow rates) for each parameter and for every 14-day period. They are expressed in gram per 14 days.

Four parameters are discussed :

- suspended solids (S.S.)
- total chemical oxygen demand (total COD) on unfiltered samples, i. e. the total organic load
- total nitrogen on unfiltered samples (total N)
- total phosphorus on unfiltered samples (total P).

Our results show that the purification efficiency of *Lemna minor* does depend on the frequency of the biomass production removal.

1. When the removal is less frequent (7 times during the period of vegetative growth), the system with *Lemna minor* has purification rates that are significantly better than those of the « unplanted » control system as far as suspended solids and organic load are concerned. However, it has a negative impact on tertiary retention for nitrogen and especially phosphorus.

2. When the biomass production is frequently removed (24 times during the period of vegetative growth), the system with *Lemna minor* considerably improves the retention of suspended solids and of organic load. It also improves significantly tertiary purification as far as nitrogen is concerned, but has no effect on phosphorus.

Key-words : *Lemna*, wastewater, pollution removal, stabilization pond, macrophyte.

RÉSUMÉ

Les *Lemnaceae* en général, *Lemna minor* L. et *L. gibba* L. en particulier, font l'objet de recherches importantes au niveau international sur le rôle positif ou négatif que ces espèces peuvent jouer dans le domaine de l'épuration des eaux usées urbaines par les diverses techniques extensives.

Selon les travaux scientifiques réalisés en vraie grandeur comme en pilote, les auteurs insistent soit sur l'intérêt de ces espèces (productivité élevée, haute teneur en protéines, capacité de bioaccumulation de métaux lourds, prélèvements périodiques aisés, bonnes capacités épuratrices en N et P, ...) soit sur leurs inconvénients (effets néfastes sur l'épuration dans les lagunages à microphytes, anaérobiose de la nappe aquatique, prélèvements périodiques difficiles - ! -, capacités épuratrices médiocres, voire nulles, ...).

Dans ce contexte de résultats apparemment contradictoires, qui ne se limitent d'ailleurs pas aux seules *Lemnaceae* - loin s'en faut -, nous avons comparé,

sous climat local, les rendements épuratoires de deux systèmes de bassins miniatures en série, rigoureusement identiques, alimentés par le même débit des mêmes eaux usées urbaines durant toute la période de végétation : l'un des systèmes était peuplé de *Lemna minor*, l'autre n'en contenait pas.

Nos résultats font apparaître que l'efficacité épuratrice de *Lemna minor* dépend, entre autres, de la fréquence des prélèvements périodiques de la biomasse produite.

1. Lorsque les prélèvements sont peu fréquents (7 fois sur la période de végétation), le système à *Lemna* épure sensiblement mieux que le témoin non « planté » en ce qui concerne les matières en suspension et la charge organique. Il influence défavorablement, par contre, l'épuration tertiaire au niveau de l'azote et surtout du phosphore.

2. Lorsque les prélèvements sont fréquents (24 fois sur la période de végétation), le système à *Lemna* améliore considérablement la rétention des matières en suspension et celle de la charge organique. Il augmente nettement l'épuration tertiaire au niveau de l'azote et reste sans effet pour le phosphore.

Mots clés : *Lemna*, eaux usées, épuration, lagunage, macrophyte.

1 - INTRODUCTION

La reconstitution d'écosystèmes artificiels simples s'inspirant de la structure, ou tout au moins de la physionomie des diverses formations constituant le paysage des zones humides naturelles est utilisée depuis des décennies (en Europe, sur le continent américain) ou depuis des siècles (en Chine, notamment) pour épurer les eaux usées urbaines (EDWARDS, 1985 ; REDDY et DEBUSK, 1987 ; WANG, 1987, 1991 ; COOPER, 1990).

Chaque groupement biologique aquatique, semi-aquatique ou terrestre des zones humides a ainsi été imité, consciemment ou non, pour donner naissance à un ou plusieurs procédés rustiques d'épuration (RADOUX, 1989).

Parmi cet ensemble de techniques extensives, la formation « prairie flottante » a été abondamment étudiée et l'exemple le plus connu est celui des stations d'épuration à *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laub. dans les régions tropicales et subtropicales du globe (WOLVERTON et MACDONALD, 1979 ; SANTOS *et al.*, 1987 ; DINGES, 1983).

Sous climat tempéré, les *Lemnaceae*, et plus particulièrement les diverses espèces de *Lemna*, sont les végétaux flottants les plus étudiés en matière d'épuration des eaux. Plusieurs auteurs ont mis en évidence leur productivité élevée, leur haute teneur en protéines et leurs bonnes capacités de bioaccumulation en métaux lourds (HUBAC *et al.*, 1984 ; DINGES, 1983). Cultivées sous eaux usées domestiques brutes ou prétraitées, dans des bassins pilotes ou en vraie grandeur, les lentilles d'eau ont été décrites comme présentant des avantages techniques et économiques en matière d'épuration : possibilité de prélèvements périodiques aisés de la biomasse produite, valorisation

possible de cette biomasse grâce à une digestibilité relativement acceptable (porcins), potentialités en épuration tertiaires (ORON *et al.*, 1987 ; HUBAC *et al.*, 1984 ; DINGES, 1983 ; CORRADI *et al.*, 1983).

Par ailleurs, *Lemna minor* L. n'est, en général, pas appréciée du tout par les gestionnaires des lagunages à microphytes classiques lorsque cette espèce envahit leurs bassins : diminution des rendements épuratoires, baisse de la teneur des eaux en oxygène dissous, voire anaérobiose de la nappe aquatique, difficultés de prélever ou seulement de contrôler cette biomasse végétale sont les principaux inconvénients constatés (VUILLOT et BOUTIN, 1985 ; VIDARD, 1986).

Dans ce cadre de résultats ou d'opinions apparemment contradictoires, qui ne se limite d'ailleurs pas aux seules *Lemnaceae*, ni même aux seules prairies flottantes artificielles – loin s'en faut –, il nous a paru intéressant de comparer, sous un même climat tempéré, les rendements épuratoires primaire, secondaire et tertiaire de deux systèmes de quatre bassins en série, rigoureusement identiques, alimentés par le même débit des mêmes eaux usées urbaines durant toute la période de végétation : l'un des systèmes était peuplé de *Lemna minor*, l'autre n'en contenait pas.

Les expérimentations ont été menées, en 1985 et 1986, à la station expérimentale de Viville, près d'Arion (Lorraine – Belgique).

2 - PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

La station de Viville, déjà décrite (RADOUX ET KEMP, 1982), comporte essentiellement 20 bassins expérimentaux de 0.96 m² en surface, de 50 cm environ de profondeur utile, disposés en 5 séries de 4 niveaux. Les installations sont surveillées par des équipements automatiques en continu : mesure du climat, mesure et contrôle des débits à l'entrée et à la sortie des essais, prélèvements d'échantillons d'eau.

Les paramètres climatiques suivis en continu durant les deux périodes de végétation expérimentales (1985 et 1986) sont : la durée d'insolation (S.H.), le rayonnement solaire global (G.), la température et l'humidité relative de l'air, les précipitations. Les principales caractéristiques globales sont présentées ci-dessous :

| Paramètre (unité) | Période 85 | Période 86 |
|---|------------|------------|
| Durée d'insolation en heure-mn | 1 092,23 | 1 058,44 |
| Rayonnement solaire global en J/cm ² | 291 914,00 | 292 429,00 |
| Précipitations en mm | 379,60 | 498,10 |
| Température moyenne en °C | 13,00 | 12,80 |
| T° minimale moyenne en °C | 7,10 | 7,00 |
| T° maximale moyenne en °C | 18,8 | 18,6 |
| Humidité relative moyenne en % | 79,3 | 79,4 |

Ces chiffres montrent que les deux périodes expérimentales sont très comparables du point de vue climatique ; la différence dans l'importance des précipitations est presque exclusivement due aux pluies très abondantes des 14 derniers jours de la période 1986 (115.1 mm).

Chaque série de 4 bassins reçoit une charge hydraulique d'eaux usées correspondant à l'utilisation de 6 m² de surface de bassin pour le traitement de 1 EH (équivalent-habitant) (RADOUX et KEMP, 1988).

Les eaux usées utilisées sont prélevées automatiquement, toutes les 30 mn, dans le collecteur d'égouts de la ville d'Arlon (caractéristiques moyennes durant les deux périodes : 160 mg/l en M.E.S., 250 mg O₂/l en D.C.O., 29 mg N/L en azote et 7 mg P/L en phosphore).

L'expérience est réalisée dans les cascades C2 et C4 et son schéma est présenté sur la figure 1.

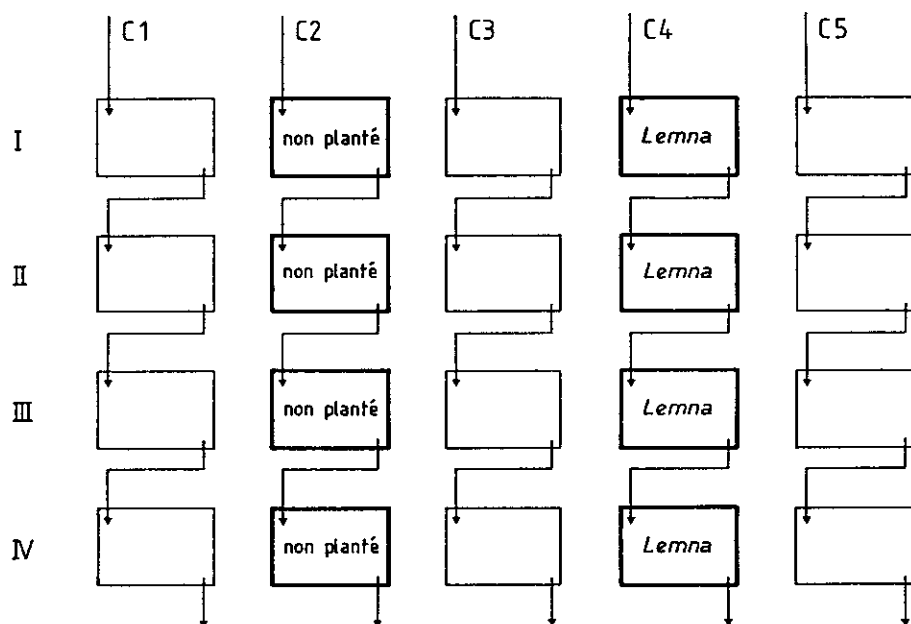


Figure 1 Le protocole expérimental (C2 et C4).
C1 à C5 : les cascades ; I à IV : les niveaux.

Experimental protocol (C2 and C4).
C1 to C5 are cascades ; I to IV are levels.

Le système de bassins C2 constitue le témoin non planté. Tous les bassins comportent un sol de quartz pur calibré de 30 cm d'épaisseur, recouvert par une nappe d'eau libre de 20 cm.

Les 4 bassins du système C4 sont équipés de la même façon mais ils reçoivent, en plus, dans le courant des printemps 1985 et 1986, une couverture de *L. minor*.

Les eaux circulent en translation, *au-dessus du sol*, dans tous les bassins en expérience.

Les deux séries de bassins, C2 et C4, sont suivies durant les périodes de végétation de 1985 et 1986 (du mois de mai au mois d'octobre inclus).

En 1985, la biomasse des lentilles est prélevée 7 fois durant la période expérimentale en retirant chaque fois 50 % de la couverture végétale ; en fait, cette fréquence correspond à un prélèvement tous les 15 jours environ durant les mois de juin, juillet, août et septembre.

En 1986, la biomasse des lentilles a été prélevée 24 fois durant la période expérimentale en procédant, chaque fois, comme l'année précédente ; en fait, cette fréquence correspond à 1 ou 2 prélèvements par semaine durant les mois de mai, juin, juillet, août et septembre.

L'évaluation des flux des paramètres choisis pour caractériser la charge polluante à l'entrée et à la sortie de chaque système de bassins se fait selon un rythme de 2 campagnes par mois (en fait, tous les 14 jours).

Les échantillons d'eau sont constitués automatiquement, à l'entrée et à la sortie, d'un mélange proportionnel au volume d'eau en circulation. Notre protocole impose une prise d'échantillon toutes les 30 mn à l'entrée et une prise d'échantillon par litre écoulé à la sortie de chaque série de bassins. La concentration moyenne analysée tous les 14 jours des différents paramètres est donc :

- à l'entrée, celle d'un mélange de 14 x 48 échantillons protégés par réfrigération et blocage chimique au $Hg Cl_2$,
- à la sortie, celle d'un mélange d'échantillons protégés dont le nombre est égal au nombre de litres écoulés en 2 semaines (soit 1 000 environ selon les fluctuations du climat).

En tenant compte des enregistrements automatiques de débit, ces concentrations moyennes sont converties en charges absolues (flux) par paramètre et par période de 14 jours. Ces flux s'expriment donc en g/14 jours.

Ainsi présentés, ces résultats tiennent donc nécessairement compte des différences de débit provoquées par les précipitations et/ou l'évapotranspiration entre l'entrée et la sortie des divers systèmes.

Les quatre paramètres présentés dans cette étude sont les suivants :

- les matières en suspension ou M.E.S.,
- la demande chimique totale en oxygène sur échantillons non filtrés ou D.C.O. totale, représentant la charge organique,
- l'azote total sur échantillons non filtrés ou N total,
- le phosphore total sur échantillons non filtrés ou P total.

3 - RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 L'épuration primaire et secondaire (DCO totale)

3.1.1 Comportement épuratoire du système à *Lemna minor*, avec prélèvements peu fréquents de la biomasse produite

Les figures 2 et 3 montrent respectivement l'évolution des flux des M.E.S. et de la D.C.O. totale dans les systèmes C2 et C4 durant la période de végétation 1985.

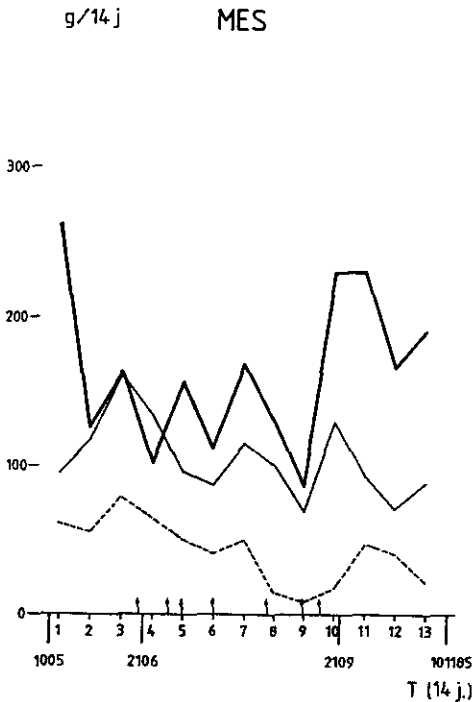


Figure 2 Flux des M.E.S. en C2 et C4.
S.S. flux in C2 and C4

entrée : trait gras
sortie C2 : trait fin
sortie C4 : tireté

inflow : thick continuous line
outflow C2 : fine continuous line
outflow C4 : fine broken line

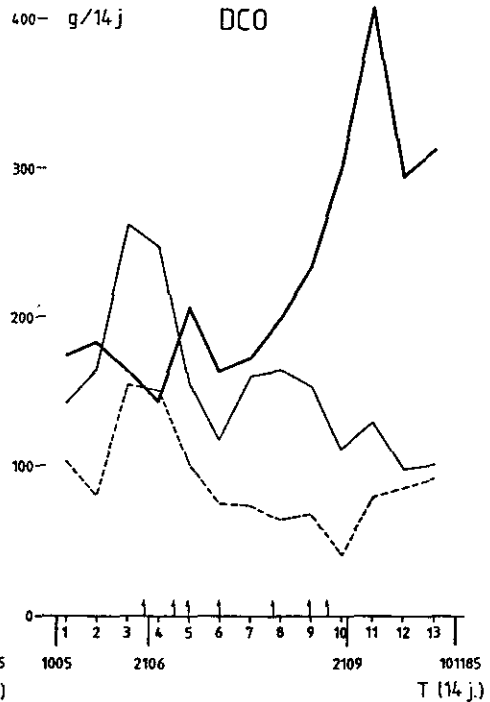


Figure 3 Flux de la DCO totale en C2 et C4
C.O.D. flux in C2 and C4

entrée : trait gras
sortie C2 : trait fin
sortie C4 : tireté

inflow : thick continuous line
outflow C2 : fine continuous line
outflow C4 : fine broken line

Schématiquement, les deux figures sont assez similaires en ce qui concerne l'influence de *Lemna minor* sur les capacités épuratrices du système : les lentilles d'eau augmentent très sensiblement la rétention des matières en suspension et de la charge organique totale par rapport à un

système identique non planté, même si les prélèvements de biomasse au cours de la période de végétation sont peu nombreux.

La compréhension de ces résultats est assez simple et l'interprétation suivante pourrait être donnée :

- Le témoin non planté (C2) fonctionne comme un système à microphytes classique de faible profondeur d'eau ; de ce fait, l'activité phytoplanctonique y est très importante : la concentration moyenne en chlorophylle a pour toute la période est de 847 mg/m^3 à la sortie de la cascade C2. Ce phytoplancton n'est que partiellement retenu par le système et il représente ainsi une proportion très importante des matières en suspension et de la charge organique particulaire présentes dans les eaux traitées. La même constatation est d'ailleurs classique dans les lagunages à microphytes traditionnels.

- La présence d'une couverture complète de lentilles d'eau à la surface de la nappe aquatique en C4 modifie fondamentalement le fonctionnement du système : l'écran total que ces végétaux constituent supprime pratiquement toute énergie lumineuse utile pour la photosynthèse dans la masse d'eau et le phytoplancton disparaît (la concentration moyenne en chlorophylle a pour toute la période n'est que de 22 mg/m^3) ; il n'y a donc plus, dans l'effluent, de charge organique particulaire de néoformation due aux algues : la D.C.O. particulaire qui est de $93,0 \text{ g/14j}$ en moyenne à la sortie du système non planté n'est plus que de $35,4 \text{ g/14j}$ à la sortie du système à *Lemna*.

3.1.2 Comportement épuratoire du système à *L. minor* avec prélèvements fréquents de la biomasse produite

Les figures 4 et 5 montrent respectivement l'évolution des flux des M.E.S. et de la D.C.O. totale dans les systèmes C2 et C4 durant la période de végétation 1986.

Comme dans le cas précédent de prélèvements peu nombreux, l'influence de *L. minor* sur les capacités épuratrices du système se présente, schématiquement de manière similaire pour les matières en suspension et pour la charge organique totale : on constate une augmentation considérable de la rétention pour ces paramètres par rapport à un système identique non planté.

Il est, cependant, intéressant de comparer l'importance de ces améliorations de rendement selon la fréquence des prélèvements de la biomasse produite. En effet, si l'on calcule les moyennes de rétention en M.E.S. et D.C.O. totale pour les deux périodes de végétation étudiées, on obtient les résultats présentés sur le tableau 1.

Il apparaît donc nettement que l'augmentation de la fréquence des prélèvements périodiques de biomasse améliore fortement les rendements épuratoires en M.E.S. et charge organique totale du système à lentilles d'eau : en effet, la charge absolue moyenne à la sortie du système à *Lemna* passe de $42,7 \text{ g/14j}$ en 1985 à $19,7 \text{ g/14j}$ en 1986 pour les M.E.S., de $89,8 \text{ gO}_2/14\text{j}$ à $52,6 \text{ gO}_2/14\text{j}$ pour la D.C.O. totale et de $35,4 \text{ gO}_2/14\text{j}$ à $9,6 \text{ gO}_2/14\text{j}$ seulement pour la D.C.O. particulaire. Cette observation ne peut pas s'expliquer par la seule inhibition du phytoplancton qui est pratiquement totale quelle que soit la fréquence des prélèvements choisie dans l'expérience ; en effet, dans les deux cas, l'effet-écran reste complet en permanence.

Tableau 1 Rétentions moyennes en M.E.S. et D.C.O. pour les deux périodes de végétation.

Table 1 *S.S. and C.O.D. mean retention during the two periods of vegetation.*

| % de rétention | M.E.S. | | D.C.O. | |
|----------------|--------|------|--------|------|
| | 1985 | 1986 | 1985 | 1986 |
| C4 | 73,9 | 85,5 | 60,5 | 77,9 |
| C2 | 36,1 | 29,7 | 32,2 | 37,6 |
| Amélioration | 37,8 | 55,8 | 28,3 | 40,3 |

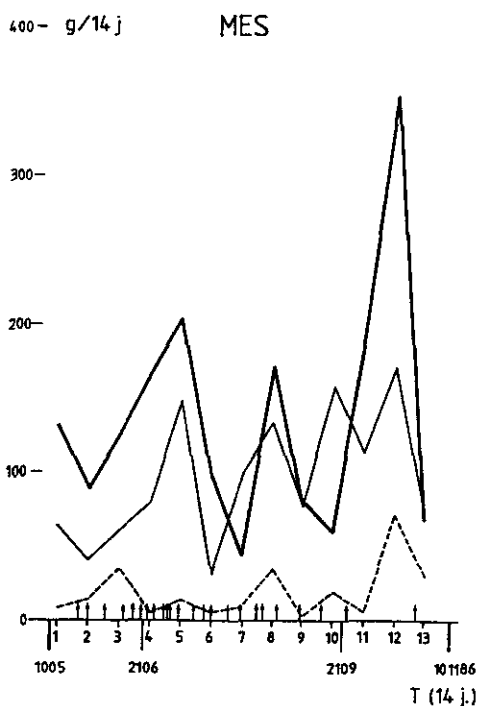


Figure 4 Flux des M.E.S. en C2 et C4.
S.S. flux in C2 and C4

entrée : trait gras
sortie C2 : trait fin
sortie C4 : tireté

*inflow : thick continuous line
outflow C2 : fine continuous line
outflow C4 : fine broken line*

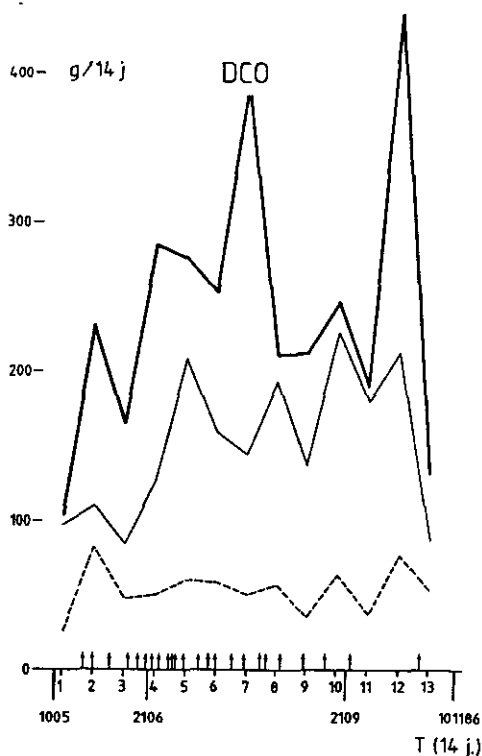


Figure 5 Flux de la DCO totale en C2 et C4.
C.O.D. flux in C2 and C4

entrée : trait gras
sortie C2 : trait fin
sortie C4 : tireté

*inflow : thick continuous line
outflow C2 : fine continuous line
outflow C4 : fine broken line*

En fait, *L. minor*, très prolifique, a aussi une durée de vie courte ; une faible fréquence de prélèvements ne compense pas la production de biomasse. Dans l'intervalle entre deux prélèvements, de nombreuses lentilles meurent et constituent dans la nappe aquatique une nécromasse de « néoformation ».

Celle-ci, partiellement décomposée, entraîne un accroissement sensible des M.E.S. et de la D.C.O. dans les effluents.

Des prélèvements périodiques fréquents de la biomasse « rajeunissent » continuellement la population de lentilles et empêchent cette évolution défavorable.

3.2 L'épuration tertiaire (N total et P total)

3.2.2 Comportement épuratoire du système à *L. minor* avec prélèvements peu fréquents de la biomasse produite

Les figures 6 et 7 montrent respectivement l'évolution des flux de l'azote total et du phosphore total dans les systèmes C2 et C4 durant la période de végétation 1985.

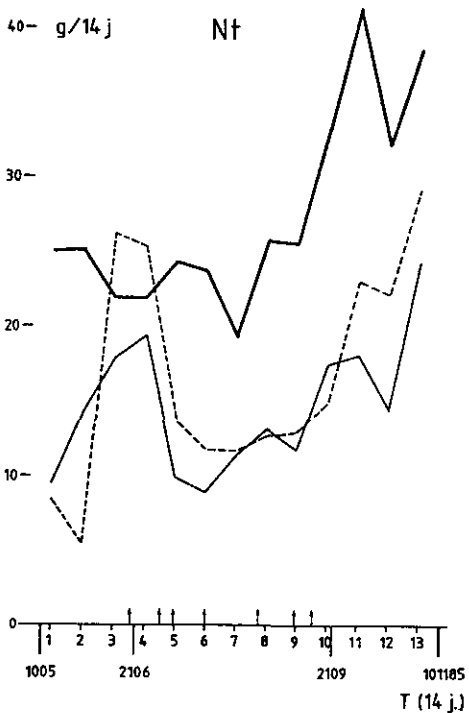


Figure 6 Flux de N total en C2 et C4

Tot. N flux in C2 and C4

entrée : trait gras
sortie C2 : trait fin
sortie C4 : tireté

*inflow : thick continuous line
outflow C2 : fine continuous line
outflow C4 : fine broken line*

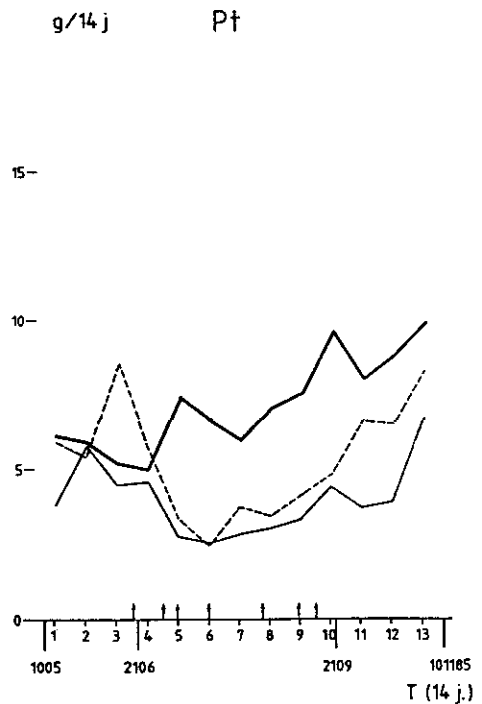


Figure 7 Flux de P total en C2 et C4

Tot. P flux in C2 and C4

entrée : trait gras
sortie C2 : trait fin
sortie C4 : tireté

*inflow : thick continuous line
outflow C2 : fine continuous line
outflow C4 : fine broken line*

Tant pour l'azote que pour le phosphore total, les figures 6 et 7 montrent que le système à *Lemna minor* n'atteint pas les rendements épuratoires du système témoin à microphytes : il s'en rapproche seulement au milieu de la période de végétation qui correspond aussi à la période expérimentale, la diminution de l'efficacité épuratrice est sensible pour l'azote (rendements moyens de 33,5 % en C4 contre 41,8 % en C2) ; elle est très nette pour le phosphore (rendements moyens de 25,6 % en C4 contre 43,8 % en C2).

En d'autres termes, dans ces conditions de prélèvements peu fréquents de la biomasse produite, la nutrition minérale de *L. minor* est incapable :

- de remplacer efficacement celle du phytoplancton, totalement inhibé par l'effet-écran créé par la plante,
- de compenser le lessivage des biomasses mortes dans les intervalles séparant les exportations périodiques.

3.2.2 Comportement épuratoire du système à *L. minor* avec prélèvements fréquents de la biomasse produite

Les figures 8 et 9 représentent respectivement l'évolution des flux de l'azote total et du phosphore total dans les systèmes C2 et C4 durant la période de végétation 1986.

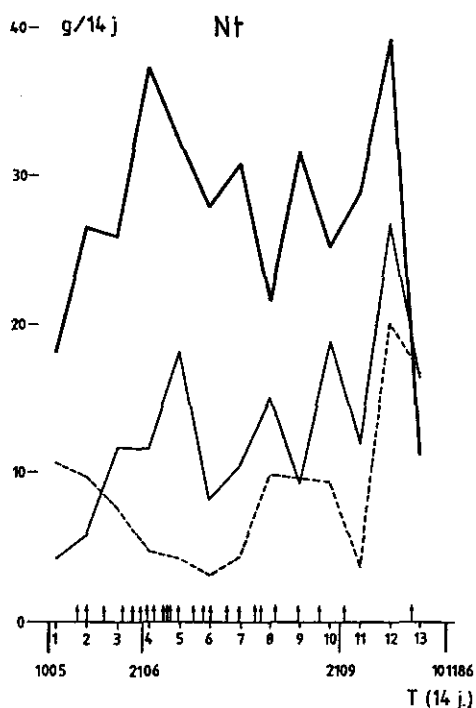


Figure 8 Flux de N total en C2 et C4
Tot. N flux in C2 and C4

entrée : trait gras
sortie C2 : trait fin
sortie C4 : tireté

inflow : thick continuous line
outflow C2 : fine continuous line
outflow C4 : fine broken line

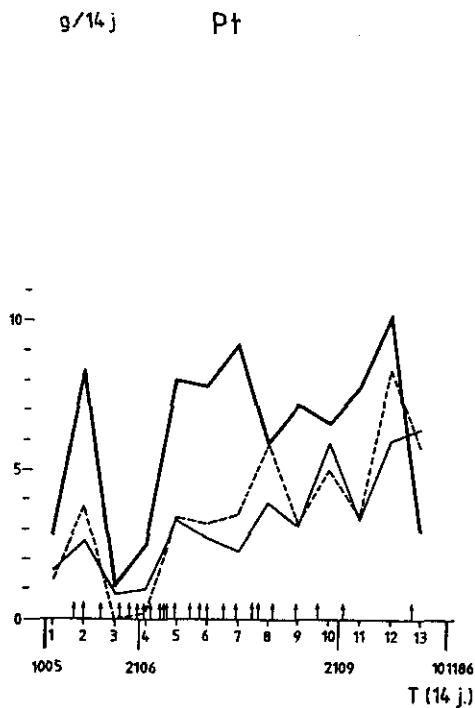


Figure 9 Flux de P total en C2 et C4
Tot. P flux in C2 and C4

entrée : trait gras
sortie C2 : trait fin
sortie C4 : tireté

inflow : thick continuous line
outflow C2 : fine continuous line
outflow C4 : fine broken line

La figure 8 montre que le système à *L. minor* dépasse, en rendement épuratoire en azote total, le système C2 à microphytes ; l'amélioration de l'efficacité est nette puisque la rétention moyenne sur la période de végétation est de 68,3 % en C4 contre 53,0 % en C2.

Par ailleurs, la charge absolue moyenne pour la période à la sortie du système planté passe de 6,3 gN/14j en 1985 à 3,4 gN/14j en 1986 pour l'azote organique (soluble et particulaire) : elle indique une forte diminution des nécromasses structurées et/ou décomposées dans l'effluent en 1986. D'autre part, l'azote minéral ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) à la sortie du système planté passe, en moyenne, de 10,5 gN/14j en 1985 à 5,3 gN/14j en 1986 montrant une plus forte absorption d'azote minéral en 1986.

Autrement dit, lorsque la fréquence des prélèvements de biomasse est suffisante pour diminuer nettement l'impact de la présence et du lessivage des nécromasses produites dans les intervalles, la nutrition minérale azotée de *L. minor* dépasse celle qu'aurait eue, à sa place, le phytoplancton.

Dans le cas du phosphore total (figure 9), le système à *L. minor* n'atteint pas le rendement épuratoire du système témoin à microphytes : la rétention moyenne sur la période de végétation est de 41,4 % en C4 contre 46,8 % en C2.

La nutrition minérale phosphorée de *L. minor* ne peut pas remplacer celle du phytoplancton que la plante a inhibé, même si la présence d'une nécromasse susceptible de lessivage rapide est évitée par des exportations fréquentes de biomasses : en 1986, la charge moyenne absolue en g de P soluble/14j pour la période est de 2,6 à la sortie C2 ; elle est encore de 3,5 à la sortie C4.

4 - CONCLUSIONS

Dans le cadre des recherches innombrables qui concernent le fonctionnement des technologies extensives, rustiques ou encore « naturelles » d'épuration des eaux usées domestiques utilisant des végétaux supérieurs, les plantes flottantes font l'objet de nombreux travaux sous différents climats. Parmi elles, *Eichhornia crassipes* est la plus connue sous climats chauds ; les *Lemnaceae*, et particulièrement *Lemna minor*, sont les plus étudiées sous climat tempéré.

L'utilisation de *L. minor* en épuration des eaux usées présente manifestement, selon la littérature, des avantages ou des inconvénients qui semblent dépendre, pour une part importante, de la nécessité d'une exportation plus ou moins fréquente de la biomasse produite durant la période de végétation.

L'expérimentation que nous avons menée en station miniature tente de caractériser, avec un maximum de précision, l'impact de la présence de cette

espèce sur les rendements épuratoires primaire, secondaire et tertiaire, selon la fréquence des prélèvements périodiques de la biomasse produite tout au long de la période de végétation.

Nos résultats nous permettent de présenter les commentaires suivants :

■ La présence de *L. minor* dans un système à microphytes modifie fondamentalement les caractéristiques épuratrices. Ces modifications sont différentes selon le type d'épuration envisagé : primaire, secondaire ou tertiaire ; elle dépendent, dans leur ampleur, de la fréquence des exportations périodiques de biomasse.

■ *L. minor* augmente les rendements épuratoires primaire et secondaire d'un système à microphytes de faible profondeur d'eau ; cette amélioration s'accroît avec la fréquence des prélèvements périodiques de biomasse produite.

L'espèce favorise les rétentions primaire et secondaire par l'effet d'ombrage de la nappe aquatique qu'elle provoque : le phytoplancton, responsable, pour la plus grande part, des M.E.S. et de la charge organique de néoformation à l'exutoire des systèmes extensifs d'épuration à microphytes, est « interdit » de photosynthèse et ne se développe plus.

La fréquence des exportations de biomasse intervient positivement en limitant la production d'une nécromasse de néoformation, elle aussi responsable de M.E.S. et de charge organique à l'exutoire.

■ *L. minor* est moins performante en ce qui concerne l'épuration tertiaire.

• Si la gestion du système ne comporte que des prélèvements de biomasse peu fréquents, la nutrition minérale de l'espèce est incapable de compenser favorablement :

- la suppression de la nutrition minérale du phytoplancton,
- le lessivage des nécromasses produites.

Ce constat concerne l'azote et surtout le phosphore.

• Lorsque la gestion du système comporte de nombreuses exportations de biomasses, *L. minor*, par sa nutrition minérale, est capable d'améliorer très nettement la rétention azotée du système ; l'espèce est, par contre, incapable de remplacer utilement la nutrition minérale phosphorée du phytoplancton qu'elle a inhibé.

Ces résultats démontrent donc l'influence modulée de la fréquence des exportations de biomasse sur le rendement épuratoire de systèmes à *L. minor* selon qu'il s'agit d'épuration primaire, secondaire ou tertiaire. Ils confirment ainsi l'importance du rôle des prélèvements périodiques de la production primaire sur le rendement épuratoire global du procédé.

D'un point de vue économique et pratique, nos résultats conduisent à penser que *L. minor* peut jouer un rôle utile en épuration primaire, en épuration secondaire et en rétention azotée si l'on solutionne les problèmes de technique et de coût des exportations régulières de biomasse. Dans ce contexte, l'espèce restera en concurrence sérieuse avec d'autres végétaux, comme certains hélophytes, qui offrent déjà des résultats au moins équivalents avec une gestion beaucoup plus simple (RADOUX, 1989 ; RADOUX et KEMP, 1988, 1990).

En ce qui concerne la rétention phosphorée, il semble évident que *L. minor* ne pourra jouer un rôle intéressant que dans des conditions fondamentalement différentes de notre protocole expérimental.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- COOPER P.F., 1990. European design and operations guidelines for reed bed treatment systems. prepared by EC/EWPCA Emergent Hydrophyte Treatment Systems Expert Contact Group. Water Research Centre, Swindon, U.K., 27 p. + annexe (10 p.).
- CORRADI M., GHETTI P.F., COPELLI M., 1983. *Lemnaceae* cultivations on partially treated zootechnical wastewaters. In « Fitodepurazione e impieghi delle biomasse prodotte », ed. P.F. Ghetti, Parma, 45-56.
- DINGES R., 1983. The employment floating macrophytes for water depuration and biomass production. In : « Fitodepurazione e impieghi delle biomasse prodotte », ed. P.F. Ghetti, Parma, 7-31.
- EDWARDS P., 1985. Aquaculture : a component of low cost sanitation technology. *World bank Technical Paper*, 36, 45 p.
- HUBAC J.M., BEUFFE H., BLAKE G., CORRADI M., DUTARTRE A., VAUCOULOUX M., VUILLOT M., 1984. Les plantes aquatiques utiles : les lentilles d'eau (*Lemnaceae*), utilisation en phyto-épuration et valorisation. *Association française pour l'étude de l'eau*, 115 p.
- ORON G., de VEGT A., PORATH D., 1987. The role of the operation regime in wastewater treatment with duckweed. *Wat. Sci. Tech.*, 19, 97-105.
- RADOUX M., 1989. Epuration des eaux usées par hydrosère reconstituée. *Trib. de l'Eau*, CEBEDEAU, 4, 62-68.
- RADOUX M., KEMP D., 1982. Approche écologique et expérimentale des potentialités épuratrices de quelques héliophytes : *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Typha latifolia* L. et *Carex acuta* L. *Trib. Cedebeau*, 35, 325-340.
- RADOUX M., KEMP D., 1988. Epuration comparée des eaux usées domestiques par trois plantations héliophytiques et par un lagunage à microphytes sous un même climat tempéré. *Acta Oecologica, Oecol. Applic.*, 9, 25-38.
- RADOUX M., KEMP D., 1990. The impact of ageing on the purification efficiency of a plantation of *Typha latifolia* L. in « Constructed wetlands in water pollution control. », ed. P.F. COOPER & B.C. FINDLATER, Pergamon Press, 149-159.
- REDDY K.R., DEBUSK T.A., 1987. State-of-the-art utilization of aquatic plants in water pollution control. *Wat. Sci. Tech.*, 19 (10), 61-79.
- SANTOS E.J., SILVA E.H.B.C., FUIZA J.M., BATISTA T.R.O., LEAL P.P., 1987. A high organic load stabilization pond using water hyacinth - a « Bahia » experience. *Wat. Sci. Tech.*, 19 (10), 25-28.
- VIDARD V., 1986. Prolifération des lentilles d'eau en surface des bassins de lagunage. *Agence de l'Eau Adour-Garonne*. 86 p. et annexes.
- VUILLOT M., BOUTIN C., 1985. L'exploitation des lagunages naturels. *Documentation technique F.N.D.A.E. n° 1 CEMAGREF*, Lyon, 67 p.
- WANG B.Z., 1987. The development of ecological wastewater treatment and utilization systems (EWTUS) in China. *Wat. Sci. Tech.*, 19 (1/2), 51-63.
- WANG B.Z., 1991. Ecological waste treatment and utilization systems on low-cost, energy-saving/generating and resources recoverable technology for water pollution control in China. *Wat. Sci. Tech.*, 24 (5), 9-19.
- WOLVERTON B.C., MACDONALD R., 1979. The water hyacinth : from prolific pest to potential provider. *Ambio*, 8 (1), 2-9.