

Élimination du phosphore par faucardage de la fraction aérienne de la végétation dans les marais artificiels pour le traitement des eaux usées

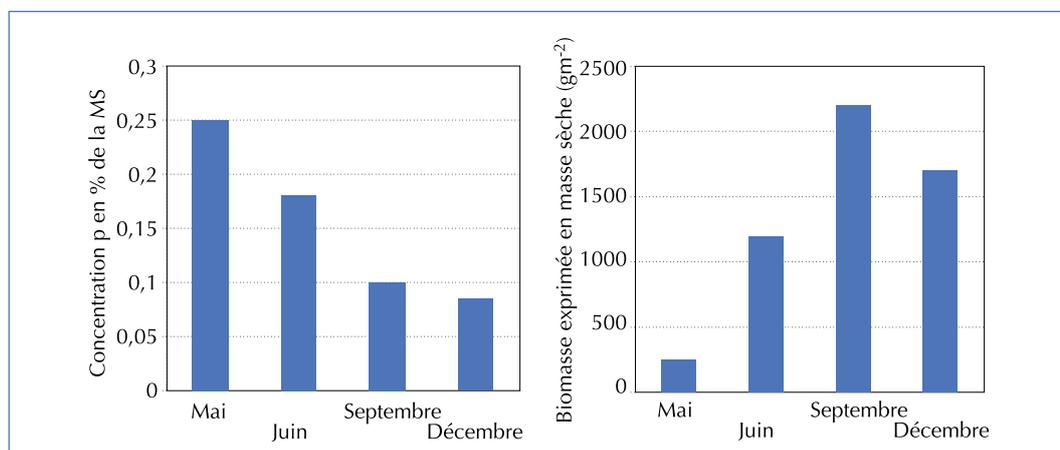
Jan Vymazal

La quantité de phosphore qui peut être éliminée des eaux usées est conditionnée par la concentration dans la partie aérienne des plantes et par le calendrier de faucardage. Le stock de nutriments dans la végétation est communément calculé en multipliant la concentration en nutriments dans les tissus par la biomasse par unité de surface ; il s'exprime en masse par unité de surface, généralement en g m^{-2} ou en kg ha^{-1} (Richardson et Vymazal, 2001). Ces deux valeurs doivent donc être quantifiées. Cependant, il est bien connu que la pointe de concentration en nutriments et celle de biomasse végétale ne se produisent pas simultanément au

cours de la saison de croissance, comme l'indique la figure 1 (Boyd, 1970 ; Dykyjová, 1973 ; Vymazal *et al.*, 1999).

Le développement de la biomasse

Il a été vérifié que le développement maximal de la partie aérienne des végétaux dans les marais artificiels utilisés pour le traitement des eaux usées ne dépasse pas en général celles des plantes poussant dans des marais naturels (tableau 1, page 14). Les valeurs maximales trouvées en marais artificiels sont similaires à celles des milieux naturels eutrophisés.



▲ Figure 1 – Concentration en phosphore dans la biomasse aérienne (à gauche) et masse sèche (MS) de biomasse aérienne de *Phragmites australis* (à droite) dans le marais artificiel de Morina en République Tchèque en 2002 (en mai, juin, septembre et décembre).

Les contacts

ENKI o.p.s., Dukelská
145, 379 01 Trebon,
Czech Republic

▼ Tableau 1 – Exemples de biomasse végétale aérienne (valeurs maximales) de plantes communément utilisées dans les marais artificiels et poussant aussi en milieux naturels. HSF CW : marais artificiel à flux horizontal (pas d'eau en surface mais environ 5 cm sous la surface ; FWS CW : lagune à macrophytes (20 à 40 cm d'eau en surface).

Espèces des plantes Références	Biomasse g MS.m ⁻²	Localisation
<i>Phragmites australis</i> (roseau)		
Kansanen <i>et al.</i> (1974)	1 000	Finlande, lac oligotrophe
Dykyjová (1989)	2 050	République Tchèque, lagune méso-eutrophe
Björk (1967)	2 400	Suède, lac eutrophisé
Dykyjová et Kv t (1982)	3 000	République Tchèque, lagune eutrophe
Ho (1979a)	3 975	Écosse, lac très eutrophisé
Boar <i>et al.</i> (1989)	4 424	Royaume-Uni, lacs pollués
Adcock et Ganf (1994)	788	Australie, HSF CW
Gries et Grabe (1989)	1 360	Allemagne, HSF CW
Vymazal <i>et al.</i> (1999)	2 088	République Tchèque, 5 HSF CWs
Haberl et Perfler (1990)	3 100	Autriche, HSF CW
Behrends <i>et al.</i> (1994)	4 046	Alabama, États-Unis, mésocosme HSF CW
Vymazal (en préparation)	4 810	République Tchèque, 14 HSF CWs
<i>Phalaris arundinacea</i> (faux roseau)		
Ho (1979b)	440	Écosse, lac méso-eutrophe
Kline et Boersma (1983)	817	Canada, prairie humide fertilisée
Lukavská (1989)	1 408	République Tchèque, prairie humide
Hlávková-Kumnacká (1980)	2 304	République Tchèque, prairie humide
Vymazal <i>et al.</i> (1999)	731	République Tchèque, 2 HSF CWs
Behrends <i>et al.</i> (1994)	831	Alabama, États-Unis, mésocosme HSF CW
Bernard et Lauve (1995)	1 713	New York, États-Unis, HSF CW, landfill leachate
Vymazal (en preparation)	1 940	République Tchèque, 7 HSF CWs
Hurry and Bellinger (1990)	2 458	Royaume-Uni, <i>overland flow wetland*</i>
<i>Typha</i> spp. (différentes espèces de massettes)		
Pearsall et Gorham (1956)**	1 070	Royaume-Uni, milieu naturel
Bernard et Fitz (1979)***	1 477	New York, États-Unis, milieu naturel
Boyd et Hess (1970)**	2 252	SE États-Unis, milieu naturel
Dykyjová (1971)****	5 190	République Tchèque, lagune eutrophe
Herskowitz (1986)	592	Ontario, Canada, FWS CW
Maddison <i>et al.</i> (2003)**	990	Estonie, FWS CW
Maddison <i>et al.</i> (2003)**	1 520	Estonie, marais naturel recevant des eaux usées
Polprasert <i>et al.</i> (1996)**	1 580	Thaïlande, mésocosme expérimental, FWS CW
Bernard et Seischab (1997)	2 608	FWS CW, eaux pluviales urbaines
Knight et Kadlec (1996)****	5 066	Michigan, États-Unis, FWS CW, eaux pluviales urbaines
Pullin and Hammer (1989)**	5 602	Kentucky, États-Unis, FWS CW

* Faucardages multiples, ** *T. latifolia*, *** *T. glauca*, **** *T. angustifolia*.

Le phosphore dans le tissu des plantes

Les concentrations de phosphore dans les tissus de la partie aérienne des plantes n'excèdent pas celles trouvées dans les milieux naturels. Dans leur synthèse bibliographique, Kadlec et Knight (1996) ont fait part de concentrations dans les plantes trouvées habituellement dans les marais artificiels variant dans une fourchette de 0,08 à 0,63 % de MS, avec une moyenne de concentration en phosphore (P) à 0,25 % de MS. Vymazal (1995) a rapporté des concentrations à 0,64 % MS dans les tissus aériens de 53 espèces d'hélophytes. Dans une étude de milieux naturels réalisée par ce même auteur avec des collègues (Vymazal *et al.*, 1999), il est fait état pour *Phragmites australis* et *Phalaris arundinacea* : dans les feuilles 0,03 à 0,40 % MS, les tiges 0,02 à 0,43 % MS et l'ensemble de la partie aérienne des plantes de concentrations variant de 0,09 à 0,41 % MS. Pour des plantes issues de marais artificiels, Vymazal *et al.* (1999) présentent des concentrations allant de 0,10 à 0,27 % MS dans les feuilles, 0,10 à 0,24 % MS dans les tiges et 0,04 à 0,36 % MS pour la plante (partie aérienne). Ces données montrent que la concentration en P dans les tissus des parties aériennes est similaire en milieux naturels et marais artificiels et qu'il n'est pas possi-

ble d'espérer des concentrations significativement supérieures dans celles des marais artificiels.

Quantités de phosphore stockées dans les parties aériennes

La biomasse aérienne et les concentrations en P dans les tissus étant voisines en milieux naturels et marais artificiels, il est évident que les quantités de phosphore stockées dans les parties aériennes sont du même ordre que celles trouvées dans les milieux naturels.

Reddy et DeBusk (1987), ont évoqué des teneurs en P dans les parties aériennes comprises entre 1,4 et 37,5 g P m⁻² an⁻¹ pour *Typha*, *Phragmites*, *Scirpus* et *Juncus*. Cependant, ces teneurs incluaient également la partie souterraine de la végétation, généralement inaccessible au faucardage et les auteurs ont seulement indiqué que généralement plus de 50 % du stock est compris dans la fraction souterraine de la biomasse. Brix et Schierup (1989) ont énoncé des valeurs comprises approximativement entre 3 et 15 g P m⁻² an⁻¹ pour la seule partie aérienne et donc extractible par faucardage. Vymazal (1995) a rapporté des teneurs allant de 0,1 à 11 g P m⁻² an⁻¹ pour la partie aérienne de 29 espèces émergentes d'hélophytes. Le tableau 2 présente les quantités

▼ Tableau 2 – Quantités de phosphore dans les parties aériennes (en g m⁻²) de la biomasse de marais artificiels.

Espèces	Localisation	Nombre	Quantités de phosphore	Références
<i>Typha glauca</i>	États-Unis(NY)	2	1,6-6,5	1, 2
<i>Typha spp.</i>	Canada (ONT)	5	0,2-1,7	3
<i>Phalaris arundinacea</i>	États-Unis (AL, NY)	2	1,7-5,4*	4, 5
	Royaume-Uni	1	10,5*	6
	République Tchèque	3	0,4-4,8	7
<i>Phragmites australis</i>	États-Unis (AL, NY)	2	0,56-0,7	5, 8
	République Tchèque	4	2,00-6,1	7
	Pays-Bas	1	3,5	9
	Allemagne	1	1,6	10
	Australie	5	1,4-3,4	11, 12, 13
	Autriche	1	2,0-2,6	14
	Pologne	3	2,8-5,0	15

* Faucardages multiples.

1-Bernard (1999), 2-Bernard et Seischab (1997), 3-Herskowitz (1986), 4-Braxton (1981), 5-Behrends *et al.* (1994), 6-Hurry et Bellingier (1990), 7-Vymazal (in preparation), 8-Peverly *et al.* (1993), 9-Greiner et De Jong (1984), 10-Gries et Grabe, 11-Adcock et Ganf (1994), 12-Headley *et al.* (2002), 13-Greenway (2002), 14-Haberl et Perfler (1990), 15-Obarska-Pempkowiak (1999).

de P stockées à partir de 30 marais artificiels dans le monde. Elles corroborent la présomption que les quantités trouvées dans les marais artificiels sont du même ordre que celles trouvées dans les milieux naturels.

Les charges de phosphore reçues par les marais artificiels

Les marais artificiels pour le traitement des eaux usées sont généralement fortement chargés (tableau 3) par comparaison avec les milieux naturels où les charges entrantes sont couramment $< 10 \text{ g P m}^{-2} \text{ an}^{-1}$ et très souvent $< 1 \text{ g P m}^{-2} \text{ an}^{-1}$ (Richardson, 1990 ; Johnston, 1991).

L'étude bibliographique a révélé que les charges entrantes moyennes sont comprises entre 100 et 150 $\text{g de P m}^{-2} \text{ an}^{-1}$ selon le type de marais artificiel, mais que des valeurs $> 1\,000 \text{ g P m}^{-2} \text{ an}^{-1}$ ont été trouvées (Vymazal, 2001 ; tableau 4). Toutefois, la quantité de P dans les parties aériennes est limitée et ne s'accroît pas proportionnellement avec la charge entrante (figure 2). En considérant les charges entrantes, il est évident que le phosphore extrait

par faucardage de la partie aérienne des macrophytes constitue une très faible portion de la charge apportée, couramment $< 5 \%$ et dans les systèmes très chargés $< 1 \%$ (tableau 4). Mais pour les marais peu chargés recevant des charges $< 20 \text{ g P m}^{-2} \text{ an}^{-1}$, cette proportion peut être importante et atteindre plus de 20 %.

L'influence du calendrier de faucardage

Le faucardage en climats tempérés et froids n'entraîne normalement pas d'accroissement du phosphore extrait. Braxton (1981) a réalisé trois récoltes de *Phalaris* pour éliminer $5,4 \text{ g P m}^{-2}$. La 1^{re} récolte en mai a permis d'enlever 61 % du total, la seconde vers fin juin 27 % et la 3^e fin septembre a rajouté 12 %. La baisse constatée est le résultat de la production de biomasse qui a atteint respectivement 652 g m^{-2} , 330 g m^{-2} et 119 g m^{-2} . Suzuki *et al.* (1989) ont constaté que pour les *Phragmites*, deux récoltes permettaient d'accroître la production annuelle de biomasse de 14 % par rapport à une seule récolte et la quantité de phosphore éliminée de 10 %. Toutefois, le faucardage des roseaux

▼ Tableau 3 – Charges de phosphore dans divers types de marais artificiels (Vymazal, 2001).

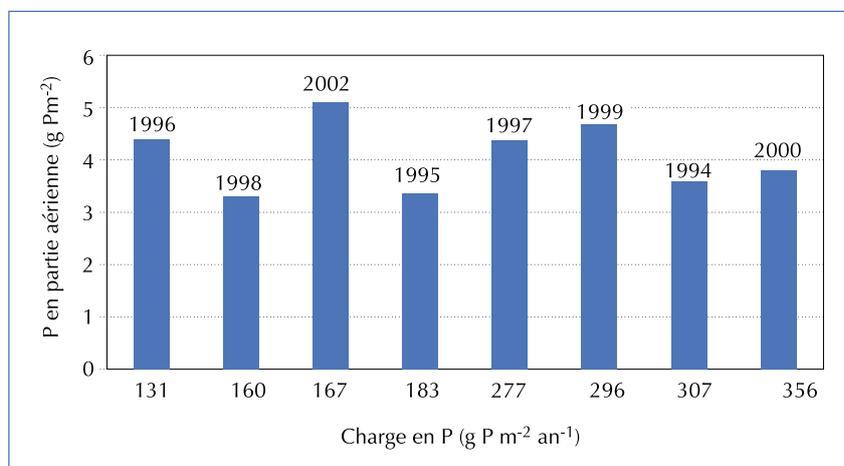
Type de marais	Charge en entrée	Charge extraite $\text{g P m}^{-2} \text{ an}^{-1}$	Nombre de systèmes/pays
FWS	98	22	49/7
HF	150	45	107/15
VF	139	69	10/7

HF : marais artificiel à flux horizontal (pas d'eau en surface, mais environ 5 cm sous la surface).

VF : marais artificiel à flux vertical (support non saturé fonctionnant en percolation).

FWS : lagune à macrophytes (20 à 40 cm d'eau en surface).

► Figure 2 – Quantité de phosphore (P) en parties aériennes en relation avec la charge reçue dans des marais artificiels à flux horizontal à Ondrejov, République Tchèque, entre 1994 et 2002.



▼ Tableau 4 – Élimination de phosphore par faucardage dans divers types de marais artificiels pour le traitement des eaux usées.

Charge entrante	Charge sortante	Quantités éliminées (g P m ⁻² an ⁻¹)	Quantités de phosphore en partie aérienne (g P m ⁻²)	% entrée	% éliminé	Plante	Localisation	Type	Réf.
2,59	0,73	1,86	0,7	27,0	37,6	<i>Phragmites</i>	États-Unis	HSF	1
13,3	0,6	12,7	3,2	24,1	25,2	<i>Phragmites</i>	Australie	HSF	2
19,1	0,5	18,6	3,4	17,8	18,3	<i>Phragmites</i>	Australie	HSF	2
19,9	4,2	15,7	0,88	4,4	5,6	<i>Typha</i>	Canada	FWS	3
40,2	20,2	20	1,5	3,7	7,5	<i>Phalaris</i>	Tchèque	HSF	4
94	17	77	2,4	2,6	3,1	<i>Phragmites</i>	Autriche	HSF	5
159	88	71	10,9	6,9	15,4	<i>Phalaris</i>	Royaume-Uni	FWS	6
307	164	143	3,6	1,2	2,5	<i>Phragmites</i>	Rép. Tchèque	HSF	4
972	530	442	5,0	0,5	1,1	<i>Phragmites</i>	Pologne	HSF	7
1 178	1 031	147	2,8	0,25	1,9	<i>Phragmites</i>	Pologne	v	7
2 297	1 943	354	5,0	0,22	1,4	<i>Phragmites</i>	Pologne	VF	7

1-Peverly *et al.* (1993), 2-Headley *et al.* (2002), 3-Herskowitz (1986), 4-Vymazal (1999), 5-Haberl and Perfler (1990), 6-Hurry and Bellinger (1990), 7-Obarska-Pempkowiak (1999).

pendant la saison de pousse peut causer de sérieux problèmes à la plante parce qu'elle transfère alors ses réserves vers la partie souterraine plus tard dans la saison. De plus, en climats tempérés et froids, la végétation joue aussi un rôle d'isolant thermique en surface au cours de l'hiver et le faucardage en cours de développement est discutable.

La situation est différente en climat tropical. Par exemple, Okurut (2001) cite des prélèvements de phosphore par les *Cyperus papyrus* et les *Phragmites mauritanus* poussant dans un marais artificiel d'Ouganda représentant respectivement 33 % et 61 % de la quantité totale de phosphore éliminée. Ce résultat a été atteint en maintenant la plante en phase de croissance exponentielle par des faucar-

dages réguliers jusqu'à quatre fois par an. Quand les plantes étaient en phase de croissance régulière, la contribution au prélèvement du phosphore chutait à seulement 3,2 %. Cet auteur (Okurut, 2001) rapporte que le prélèvement de phosphore par les *Cyperus papyrus* 0,024 g P m⁻² d⁻¹ en phase exponentielle chute à seulement 0,005 g P m⁻² d⁻¹ au cours de la croissance régulière, soit environ un facteur 5. Cet exemple démontre que les quantités de phosphore ou de tout autre nutriment extractible par faucardage doivent être évaluées sur la teneur au moment de la récolte et qu'il ne faut pas se limiter aux prélèvements par la plante qui varient considérablement au cours de la saison de pousse. □

Remerciements

Cette recherche a bénéficié d'une bourse MSM 000020001 « Énergie solaire dans les systèmes naturels et technologiques » du ministère de l'Éducation et de la Jeunesse de la République Tchèque ainsi que d'une bourse n° 206/02/1036 « Processus de détermination de bilans-matière dans les marais artificiels surchargés » de l'Agence des Bourses de la République Tchèque.

Résumé

La quantité de phosphore qui peut être éliminée des eaux usées par faucardage est caractérisée d'une part par la quantité de phosphore stockée dans la partie aérienne de la plante et d'autre part, par la programmation du faucardage. Des données disponibles concernant 28 marais artificiels dans le monde indiquent une quantité stockée dans la partie aérienne des plantes variant respectivement de 0,4 à 10,5 g P m⁻², 0,6 à 9,8 g P m⁻² et 0,2 à 6,5 g P m⁻² pour le *Phalaris arundinacea*, *Phragmites australis* et *Typha spp.*, c'est-à-dire pour les plantes les plus généralement utilisées dans les systèmes plantés. Les charges entrantes varient considérablement selon les installations ; pour les systèmes conçus en traitement secondaire, les charges entrantes s'étendent habituellement entre 100 et 200 g P m⁻² an⁻¹, mais des valeurs jusqu'à 800 g P m⁻² an⁻¹ ont été indiquées. Ces chiffres indiquent clairement que la quantité de P éliminé *via* le faucardage est habituellement faible. Cependant, pour des systèmes en traitement tertiaire, avec des charges entrantes < 20 g P m⁻² an⁻¹, ce type d'élimination peut être significatif.

Abstract

The amount of phosphorus which could be removed from wastewater via harvesting is given by phosphorus standing stocks and the harvesting schedule. Available data from 28 constructed wetlands around the world indicate standing stock in the range of 0.4 to 10.5 g P m⁻², 0.6-9.8 g P m⁻² and 0.2 to 6.5 g P m⁻² for *Phalaris arundinacea*, *Phragmites australis* and *Typha spp.*, i.e. the most commonly used plants in constructed wetlands. The inflow loading values vary widely among systems ; for the systems designed for the secondary treatment of sewage inflow P loadings usually range between 100 and 200 g P m⁻² yr⁻¹ but values up to 800 g P m⁻² yr⁻¹ have been reported. These figures clearly indicate that the amount of P removed via harvesting is usually low. However, for tertiary treatment systems with inflow < 20 g P m⁻² yr⁻¹ this removal route could be significant.

Bibliographie

- ADCOCK, P., GANF, G.-G., 1994, Growth characteristics of three macrophyte species growing in natural and constructed wetland system, *Wat. Sci. Tech.*, 29, p. 95-102.
- BEHREND, L.-L., BAILEY, E., BULLS, M.-J., COONROD, H.-S., SIKORA, F.-J., 1994, Seasonal trends in growth and biomass accumulation of selected nutrients and metals in six species of emergent aquatic macrophytes, in *Proc. 4th Internat. Conf. on Wetland Systems for Water Pollution Control*, ICWS'94 Secrétariat, GUANGZHOU, P.-R., Chine, p. 274-289.
- BERNARD, J.-M., 1999, Seasonal growth patterns in wetland plants growing in landfill leachate, in *Constructed Wetlands for the Treatment of Landfill Leachates*, G. MULAMOOTTIL, E.-A. MCBEAN et F. ROVERS, (eds.), CRC Press/Lewis Publishers, Boca Raton, Floride, États-Unis, p. 223-233.
- BERNARD, J.-M., FITZ, M., 1979, Seasonal changes in aboveground primary production and nutrient contents in a central New York *Typha glauca* ecosystem, *Bull. Torrey Bot. Club*, 106, p. 37-40.
- BERNARD, J.-M., LAUVE, T.-E., 1995, A comparison of growth and nutrient uptake in *Phalaris arundinacea* L. growing in a wetland and a constructed bed receiving landfill leachate, *Wetlands*, 15, p. 176-182.
- BERNARD, J.-M., SEISCHAB, F.-K., 1997, *Vegetation of the Wetlands Near the Mouth of Irondequoit Creek, 1996*, rapport de l'U.S. Geological Survey.
- BJÖRK, S., 1967, Ecologic investigations of *Phragmites communis*. Studies in theoretic and applied limnology, *Folia Limnol. Scand.*, 14, p. 1-248.

BOAR, R.-R., CROOK, C.-E., MOSS, B., 1989, Regression of *Phragmites australis* reedswamps and recent changes of water chemistry in the Norfolk Broadland, England, *Aquat. Bot.*, 35, p. 41-55.

BOYD, C.-E., 1970, Production, mineral accumulation and pigment concentrations in *Typha latifolia* and *Scirpus americanus*, *Ecology*, 51, p. 285-290.

BOYD, C.-E., HESS, L.-W., 1970, Factors influencing shoot production and mineral levels in *Typha latifolia*, *Ecology*, 51, p. 296-300.

BRAXTON, J.-W., 1981, *Nitrogen and Phosphorus Accumulation and Biomass Production in a Meadow-Marsh-Pond Sewage Treatment System*, Ph.D. Thesis, Rutgers University.

BRIX, H., SCHIERUP, H.-H., 1989, The use of aquatic macrophytes in water pollution control, *Ambio*, 18, p. 100-107.

DYKYJOVÁ, D., 1971, Productivity and solar energy conversion in reedswamp stands in comparison with outdoor mass cultures of algae in the temperate climate of Central Europe, *Photosynthetica*, 5, p. 329-340.

DYKYJOVÁ, D., 1973, Content of mineral macronutrients in emergent macrophytes during their seasonal growth and decomposition, in *Ecosystem Study on Wetland Biome in Czechoslovakia*, S. HEJNY (ed.), Czechoslovak IBP/PT-PP Report 3, Trebon, République Tchèque, p. 163-172.

DYKYJOVÁ, D., 1989, Methods for determination of mineral nutrients pool and their cycling in the ecosystem, in *Methods for Ecosystem Studies*, D. DYKYJOVÁ (ed.), Academia, Praha, République Tchèque, p. 414-435.

DYKYJOVÁ, D., KVĚT, J., 1982, Mineral nutrient economy in wetlands of the Trebon Basin Biosphere Reserve, Czechoslovakia, in *Wetlands: Ecology and Management*, B. GOPAL, R.-E. TURNER, R.-G. WETZEL et D.-F. WHIGHAM, (eds), National Institute of Ecology and Internat. Scientific Publications, Jaipur, Inde, p. 335-355.

GREENWAY, M., 2002, Seasonal *Phragmites* biomass and nutrient storage in a subtropical subsurface flow wetland, receiving secondary treated effluent in Brisbane, Australia, in *Proc. 8th Internat. Conf. On Wetland Systems for Water Pollution Control*, University of Dar es Salaam, IWA, p. 242-253.

GEINER, R.-W., DE JONG, J., 1984, *The use of Marsh Plants for the Treatment of Wastewater in Areas Designated for Recreation and Tourism*, RIJP Report n° 225, Lelystad, Pays-Bas.

GRIES, C., GARBE, D., 1989, Biomass, and nitrogen, phosphorus and heavy metal content of *Phragmites australis* during the third growing season in a root zone waste water treatment, *Arch. Hydrobiol.*, 117, p. 97-105.

HABERL, R., PERFLER, R., 1990, Seven years of research work and experience with wastewater treatment by a reed bed system, in *Constructed Wetlands in Water Pollution Control*, P.-F. COOPER et B.-C. FINDLATER, (eds), Pergamon Press, Oxford, Royaume-Uni, p. 205-214.

HEADLEY, T.-R., HUETT, D.-O., DAVISON, L., 2002, Seasonal variation in phosphorus removal processes within reed beds-mass balance investigations, in *Proc. 8th Internat. Conf. On Wetland Systems for Water Pollution Control*, University of Dar es Salaam, IWA, p. 982-996.

HERSKOWITZ, J., 1986, *Town of Listowel artificial marsh project final report*, Project n° 128RR, Ontario Ministry of the Environment, Toronto, Canada.

HLÁVKOVÁ-KUMNACKÁ, H., 1980, *Production of Some Herbaceous Plant Species from Wetlands*, Thesis, Faculty of Agriculture, University of South Bohemia, České Budejovice, République Tchèque.

HO., Y.-B., 1979a, Shoot development and production studies of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel in Scottish lochs, *Hydrobiologia*, 64, p. 215-222.

- HO, Y.-B., 1979b, Growth, chlorophyll and mineral nutrient studies on *Phalaris arundinacea* L. in three Scottish lochs, *Hydrobiologia*, 63, p. 33-43.
- HURRY, R.-J., BELLINGER, E.-G., 1990, Potential yield and nutrient removal by harvesting of *Phalaris arundinacea* in a wetland treatment system, in *Constructed Wetlands in Water Pollution Control*, P.-F. COOPER et B.-C. FINDLATER (eds), Pergamon Press, Oxford, Royaume-Uni, p. 543-546.
- JOHNSTON, C.-A., 1991, Sediment and nutrient retention by freshwater wetlands : effects on surface water quality, *Crit. Rev. Environ. Control*, 21, p. 491-565.
- KADLEC, R.-H., KNIGHT, R.-L., 1996, *Treatment Wetlands*, CRC Press/Lewis Publishers, Boca Raton, Floride, États-Unis.
- KANSANEN, A., NIEMI, R., ÖVERLUND, K., 1974, Pääjärven makrofytyt, *Luonnon Tutkija*, 78, p. 111-118.
- KLINE, P., BROERSMA, K., 1983, The yield, nitrogen and nitrate content of reed canarygrass, meadow foxtail and timothy fertilized with nitrogen, *Can. J. Plant. Sci.*, 63, p. 943-950.
- KNIGHT, R.-L., KADLEC, R.-H., 1996, *Free Water Surface Wetlands for Wastewater Treatment : A Technology Assessment*, CH2M Hill, Gainesville, Floride.
- LUKAVSKÁ, J., 1989, *Influence of Mowing on the Wet Grassland Productivity*, thèse, Faculty of Agriculture, University of South Bohemia, Ceské Budejovice, République Tchèque.
- MADDISON, M., SOOSAAR, K., LÖHMUS, K., MANDER, Ü., 2003, Typha populations in wastewater treatment wetlands in Estonia : Biomass production, retention of nutrients and heavy metals, in *Proc. Conf. Constructed and Riverine Wetlands for Optimal Control of Wastewater at Catchment Scale*, Ü. MANDER, C. VOHLA et A. POOM, (eds.), University of Tartu, Estonie, p. 274-281.
- OBARSKA-PEMPKOWIAK, H., 1999, Nutrient cycling and retention in constructed wetland systems in Darżlubie near Puck Bay Southern Baltic Sea, in *Nutrient Cycling and Retention in Natural and Constructed Wetlands*, J. VYMAZAL (ed.), Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas, p. 41-48.
- OKURUT, T.-O., 2001, Plant growth and nutrient uptake in a tropical constructed wetland. In : *Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands*, J. VYMAZAL (ed.), Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas, p. 451-462.
- PEARSALL, W.-H., GORHAM, E., 1956, Production ecology. I. Standing crops of natural vegetation, *Oikos*, 7, p. 193-201.
- PEVERLY, J., SANFORD, W.-E., STEENHUIS, T.-S., SURFACE, J., 1993, *Constructed Wetlands for Municipal Solid Waste Landfill Leachate Treatment*, Final Report to the New York Energy Research and Development Authority n° 94-1, Cornell University and U.S. Geological Survey.
- POLPRASERT, C., POH-ENG, L., MATTARAJ, S., KHATIWADA, N.-R., KOOTTATEP, T., 1996, Application of constructed wetlands for treatment of sewage in tropical region, in *Proc. 5th Internat. Conf. on Wetland Systems for Water Pollution Control*, Universität für Bodenkultur, Vienna, Autriche, chapter I/2.
- PULLIN, B.-P., HAMMER, D.-A., 1989, Comparison of plant density and growth forms related to removal efficiencies in constructed wetlands treating municipal wastewaters, Preprint of paper presented at 62nd Annual Conference WPCA, San Francisco, CA.
- RICHARDSON, C.-J., 1990, Biogeochemical cycles : regional, in *Wetlands and Shallow Continental Water Bodies*, B.-C. PATTEN (ed.), SPB Academic Publishing, The Hague, Pays-Bas, p. 259-279.

RICHARDSON, J., VYMAZAL, J., 2001, Sampling macrophytes in wetlands, in *Bioassessment and Monitoring of North American Freshwater Wetlands*, R.-B. RADER, D.-P. BATZER et S.-C. WISSINGER (eds.), John Wiley & Sons, New York, p. 297-337.

SUZUKI, T., ARIYAWATHIE NISSANKA, W.-G., KURIHARA, Y., 1989, Amplification of total dry matter, nitrogen and phosphorus removal from stands of *Phragmites australis* by harvesting and reharvesting regenerated shoots.

VYMAZAL, J., 1995, *Algae and Element Cycling in Wetlands*, Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, États-Unis.

VYMAZAL, J., 1999, Removal of phosphorus in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow in the Czech Republic, in *Nutrient Cycling and Retention in Natural and Constructed Wetlands*, J. VYMAZAL (ed.), Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas, p. 73-83.

VYMAZAL, J., 2001, Types of constructed wetlands for wastewater treatment : their potential for nutrient removal. In : *Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands*, J. VYMAZAL (ed.), Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas, p. 1-93.

VYMAZAL, J., DUŠEK, J., KVĚT, J., 1999, Nutrient uptake and storage by plants in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow : a comparative study, in *Nutrient Cycling and Retention in Natural and Constructed Wetlands*, J. VYMAZAL (ed.), Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas, p. 85-100.