

TENEURS EN AZOTE, PHOSPHORE ET POTASSIUM (NPK) D'HYGROPHYTES AU MAROC MÉDITERRANÉEN

Abdeslam ENNABILI¹ & Michel RADOUX²

ABSTRACT

NPK-contents of macrophytes from the Mediterranean Morocco.

This work presents an assessment of NPK (nitrogen, phosphorus and potassium) -contents of the main macrophytes from the Mediterranean Morocco. *Lemna gibba*, leaves of *Salix purpurea* and reproductive parts of *Tamarix africana* present a high nitrogen content; while *Lemna gibba*, underground parts of *Sparganium erectum* and reproductive parts of *Vitex agnus-castus* have a high phosphorus one.

Keywords: NPK-content, macrophyte, Morocco.

RÉSUMÉ

Cette étude présente une évaluation des teneurs en NPK (azote, phosphore et potassium) des principaux macrophytes. *Lemna gibba*, les feuilles de *Salix purpurea* et les parties reproductives de *Tamarix africana* présentent une teneur en azote élevée. Tandis que *Lemna gibba*, les parties souterraines de *Sparganium erectum* et les parties reproductives de *Vitex agnus-castus* ont une teneur élevée en phosphore.

Mots clés : teneur en NPK, macrophyte, Maroc.

Introduction

Les plantes hygrophiles sont communément utilisées en zones humides reconstituées pour le traitement des eaux usées. L'assimilation des composés azotés et phosphorés par ce type de plantes constitue l'un des critères de choix pour leur utilisation en épuration des eaux usées (MARTIN *et al.* 1978, RADOUX 1980, BRIX 1991).

Cette note de recherche présente, en premier temps, une analyse des teneurs en bioéléments limitants (N, P et K) des hygrophytes naturels du Nord du Maroc en vue de les valoriser en traitement des eaux usées urbaines.

¹ Laboratoire des Plantes aromatiques et médicinales, et des Substances naturelles, INPMA, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. BP 8691 Fès 30100 Maroc. E-mail : aennabili@yahoo.fr

² Groupe de Recherche MHEA®, Site-Arlon, Faculté des Sciences, Université de Liège. Rue de la Follmiller, Viville 6700 Belgique. E-mail : michelradoux@skynet.be

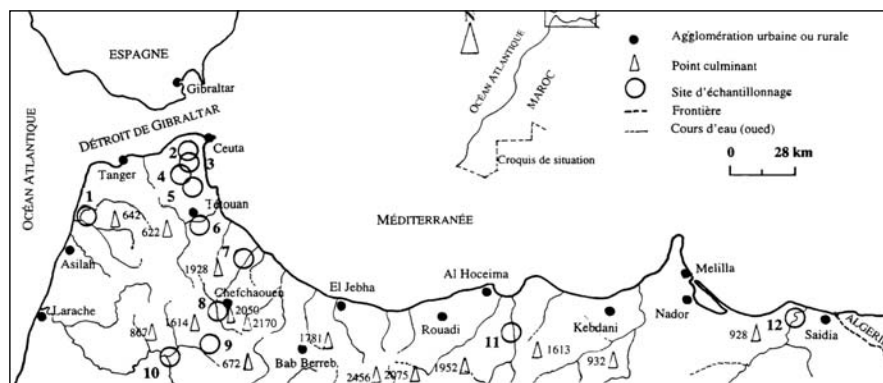


Figure 1. Localisation des sites d'échantillonnage. 1, embouchure de l'oued Tahaddarte ; 2, Riffiene ; 3, marais de Negro ; 4, marais de Frassou ; 5, marais de Smir ; 6, oued Martil ; 7, oued Laou ; 8, Aïn Errami ; 9, Zourak ; 10, Aïn Baïda ; 11, oued Nekor ; 12, oued Moulouya-Chararba.

Matériels et méthodes

Durant la saison végétative 1994 et en se référant à 12 stations représentatives du Maroc méditerranéen, 65 échantillons de matière sèche chacun ont été préparés à partir de 30 espèces (figure 1, table 1). Ces échantillons ont été mis en poudre à l'aide d'un broyeur à rotor en employant un tamis à perforations trapézoïdales de 0.5 mm. Le dosage des teneurs NPK de chaque échantillon a été effectué conformément à la méthode décrite par ENNABILI *et al.* (1998).

Pour des raisons d'application de ces espèces en traitement des eaux usées, les résultats ont été répartis en six séries de valeurs correspondant respectivement aux hydrophytes ou hygrophytes aquatiques, aux héliophytes ou hygrophytes semi-aquatiques (parties aériennes ou souterraines) et aux phanérophytes ou hygrophytes terrestres (feuilles, rameaux, inflorescences et/ou infrutescences).

Résultats

Compte tenu du tableau 1, les phanérophytes, espèces ligneuses, sont les plus riches en matière sèche. Quant à la teneur de la matière sèche en azote, ce sont *Lemna gibba*, *Salix purpurea* (F) et *Tamarix africana* (I) qui priment. Le phosphore est plus concentré en % de la matière sèche chez *Lemna gibba*, *Sparganium erectum* (S) et *Vitex agnus-castus* (I). Dans le cas du potassium, *Lemna gibba* et *Cotula coronopifolia* (A) se montrent les plus favorisées.

Les hydrophytes, en particulier les plantes flottantes (*Lemna gibba* et *L. minor*), se montrent très avantagés par rapport aux autres types biologiques dans l'accumulation des trois bioéléments, à part *Ruppia cirrhosa* pour le phosphore. Les six espèces aquatiques considérées présentent des taux en NPK les plus importants.

Tableau 1. Teneur en NPK (% de la matière sèche). **A**, partie aérienne; **A1**, partie aérienne de l'année; **A2**, partie aérienne de la deuxième année; **F**, feuilles; **I**, inflorescences et/ou infrutescences; **PS**, poids sec (% du poids frais); **R**, rameaux périphériques à diamètre inférieur ou égal à 3 cm; **S**, partie souterraine (rhizomes et racines vivantes).

NPK contents (% of dry weight)

Espèce (site d'échantillonnage- fig. 1, partie)	Site	Substrat	PS%	N%	P%	K%	
Hydrophytes							
<i>Lemna minor</i>	(5, A)	pollué	vase organique	4,52	2,31	0,56	3,01
<i>Lemna gibba</i>	(5, A)	très pollué	vase organique	4,41	2,84	0,74	4,88
<i>Ruppia maritima</i>	(3, A)	pollué	sableux	13,9	1,70	0,17	2,35
<i>Ruppia cirrhosa</i>	(3, A)	pollué	argileux	14,3	1,56	0,11	3,16
<i>Potamogeton pectinatus</i>	(3, A)	pollué	sableux	13,0	1,69	0,21	2,94
<i>Zostera noltii</i>	(1, A)	naturel	sableux	11,8	1,81	0,26	3,83
Hélophytes							
<i>Typha angustifolia</i>	(5, A)	très pollué	vase organique	9,94	1,94	0,17	2,37
	(5, S)	très pollué	vase organique	7,05	1,44	0,22	2,36
	(7, A)	naturel	argileux	19,9	0,74	0,06	1,48
	(7, S)	naturel	argileux	15,9	0,61	0,07	0,77
<i>Sparganium erectum</i>	(5, A)	très pollué	vase organique	9,10	1,94	0,35	2,19
	(5, S)	très pollué	vase organique	5,90	1,73	0,55	0,94
<i>Scirpus litoralis</i>	(5, A)	naturel	argileux	27,3	1,04	0,13	2,01
	(3, A)	naturel	argileux	22,4	1,47	0,12	4,42
	(3, S)	naturel	argileux	16,5	1,09	0,16	0,83
	(12, A)	naturel	argileux	9,80	1,63	0,17	2,37
<i>Scirpus maritimus</i>	(5, A)	naturel	argileux	27,3	1,34	0,12	1,21
	(3, A)	naturel	argileux	27,7	1,72	0,13	0,91
	(3, S)	naturel	argileux	13,7	1,39	0,22	0,78
<i>Iris pseudacorus</i>	(4, A)	naturel	argileux	23,6	1,32	0,18	2,01
	(4, S)	naturel	argileux	30,9	0,96	0,19	0,65
<i>Cotula coronopifolia</i>	(5, A)	naturel	argileux	17,2	1,38	0,12	4,56
	(5, S)	naturel	argileux	14,6	1,36	0,08	2,16
<i>Juncus maritimus</i>	(5, A)	naturel	argilo-sableux	40,8	1,07	0,08	1,14
<i>Juncus acutus</i>	(7, A)	naturel	argileux	41,8	1,08	0,06	1,85
	(7, A)	naturel	argileux	35,9	1,15	0,08	1,58
	(7, S)	naturel	argileux	23,6	0,61	0,04	1,35
<i>Arundo donax</i>	(5, A)	pollué	vase organique	52,1	1,10	0,12	0,51
	(5, S)	pollué	vase organique	25,7	1,04	0,15	0,84
	(6, A1)	très pollué	argileux	25,5	1,77	0,12	3,62
	(6, A2)	très pollué	vase organique	38,1	1,01	0,04	1,52
	(6, S)	très pollué	vase organique	18,1	1,30	0,11	3,04
Phanérophytes							
<i>Tamarix africana</i>	(6, F)	très pollué	argilo-sableux	44,7	1,81	0,14	0,77
	(6, R)	très pollué	argilo-sableux	50,2	1,18	0,24	0,47
	(5, F)	naturel	argileux	48,5	1,70	0,09	0,70
	(5, R)	naturel	argileux	56,3	0,93	0,11	0,58
	(5, I)	naturel	argileux	36,0	1,92	0,11	0,43
<i>Tamarix gallica</i>	(5, F)	naturel	argileux	44,0	2,11	0,13	1,00
	(5, R)	naturel	argileux	55,4	0,97	0,06	0,54
	(5, I)	naturel	argileux	51,4	1,57	0,18	1,59
<i>Salix purpurea</i>	(6, F)	très pollué	argilo-sableux	38,1	3,02	0,22	1,00
	(6, R)	très pollué	argilo-sableux	69,4	1,10	0,08	0,56
<i>Salix alba</i>	(4, F)	naturel	argileux	41,2	1,96	0,17	0,74
	(4, R)	naturel	argileux	48,4	0,99	0,11	0,46

Espèce (site d'échantillonnage- fig. 1, partie)	Site	Substrat	PS%	N%	P%	K%	
<i>Salix babylonica</i>	(6, F)	très pollué	argilo-sableux	26,1	2,55	0,20	1,09
	(6, R)	très pollué	argilo-sableux	36,7	1,30	0,14	0,55
<i>Salix pedicellata</i>	(8, F)	naturel	gréseux	51,2	0,63	0,03	0,38
	(8, R)	naturel	gréseux	44,1	1,56	0,09	1,17
<i>Nerium oleander</i>	(6, F)	très pollué	argilo-sableux	35,5	1,72	0,17	0,76
	(6, R)	très pollué	argilo-sableux	40,4	1,03	0,14	0,74
<i>Coriaria myrtifolia</i>	(9, F)	naturel	tilliteux	37,1	1,50	0,05	0,35
	(9, R)	naturel	tilliteux	45,9	0,90	0,05	0,37
<i>Alnus glutinosa</i>	(8, F)	naturel	gréseux	37,5	2,13	0,09	0,66
	(8, R)	naturel	gréseux	43,6	1,06	0,04	0,23
<i>Fraxinus angustifolia</i>	(10, F)	naturel	tilliteux	42,6	1,89	0,14	1,36
	(10, R)	naturel	tilliteux	58,7	1,00	0,08	0,66
<i>Populus alba</i>	(11, F)	naturel	sableux	32,2	1,76	0,14	1,26
	(11, R)	naturel	sableux	36,2	0,83	0,05	0,83
<i>Populus euphratica</i>	(12, F)	naturel	argileux	24,2	1,87	0,21	2,29
	(12, R)	naturel	argileux	44,7	0,07	0,13	0,89
<i>Populus nigra</i>	(11, F)	naturel	sableux	27,5	0,71	0,08	0,71
	(11, R)	naturel	sableux	40,5	1,50	0,15	1,80
<i>Vitex agnus-castus</i>	(2, F)	naturel	tilliteux	29,1	2,33	0,19	1,26
	(2, R)	naturel	tilliteux	47,2	0,83	0,06	0,75
	(2, I)	naturel	tilliteux	26,8	1,34	0,21	1,26

Note : les noms botaniques sont conformes à TUTIN *et al.* (1990/93).

Discussion

Les résultats que nous avons obtenus chez les hydrophytes indigènes sont en accord avec d'autres travaux puisqu'elles s'insèrent dans la fourchette des concentrations, en % de la matière sèche, de nombreux macrophytes cités par BLAKE & DUBOIS (1982) y comprises les espèces cultivées en stations de traitement des eaux usées. L'accumulation distincte des NPK, en % de la matière sèche, par les hydrophytes pourrait être due non seulement aux milieux riches préférés par ces espèces, mais aussi aux caractéristiques de leurs organes d'absorption. Des auteurs ont établi que les plantes submergées (*Zostera marina*, *Potamogeton pectinatus* et *P. crispus*) absorbent le phosphore aussi bien par les racines que par les tiges (*in* WAISEL & AGAMI 1991). De plus, ces plantes peuvent fixer les nutriments aussi bien à partir de l'eau qu'à partir des sédiments (*in* WESTLAKE 1979).

Il est à remarquer aussi que les teneurs en NPK des hydrophytes indigènes sont similaires à celles de certaines espèces introduites telles que la jacinthe d'eau (SAUZE 1981). Chez les lentilles d'eau cultivées sur le lisier de porc, l'azote est accumulé à des valeurs élevées allant de 4 à 7 % du poids sec; tandis que le phosphore représente en moyenne 1,1 % de la matière sèche (*in* HUBAC *et al.* 1984). L'importante teneur en potassium des hydrophytes paraît, d'autre part, être en relation avec la charge cationique du milieu (conductivité importante); cet élément biogène intervient essentiellement dans l'établissement de l'équilibre ionique.

La composition des parties aériennes en NK l'emporte très souvent sur les parties souterraines chez les héliophytes, alors que le phosphore prédomine dans les parties souterraines (tableau 1). Cette caractéristique d'accumulation différentielle des NPK

a été soulignée chez un autre héliophyte (*Phalaris arundinacea* L.) cultivé dans des conditions semblables à celles des eaux usées (DUBOIS 1994). Ce phénomène n'est pas général vu qu'on a révélé des situations diverses chez d'autres héliophytes du Sud de l'Australie (NAOMI & GANF, 1994). D'ailleurs, la composition minérale des héliophytes peut varier en fonction de l'état du site de prélèvement, du climat, de l'espèce, etc. Certains auteurs affirment que chez *Phragmites australis*, la teneur en NP fluctue selon le type d'organe, de station et de saison (DAGMAR & DANA 1976, RADOUX 1980, in ZRID 1988).

Compte tenu de ces facteurs, les teneurs en NPK du *Phragmites australis*, *Scirpus litoralis* et *S. maritimus* varient en fonction de la station et du format d'espèce (tableau 1, ENNABILI *et al.* 2000). Excepté le cas de l'azote, ces résultats concordent avec ceux obtenus par DAGMAR & DANA (1976), RADOUX (1980) et ADCOCK & GANF (1994) dans les mêmes circonstances. La charge organique, en tant que facteur stationnel important, semble être la principale source des NP. D'autres espèces telles que *Sparganium erectum* et *Typha angustifolia* présentent des teneurs en NPK très supérieures aux marais très pollués (tableau 1). De plus, la forme *foliosus* de la variété *Scirpus litoralis* var. *genuinus* montre une accumulation importante en NP si on la compare avec la forme *typicus* de la même variété. Cela est dû probablement à la structure du premier taxon qui possède des feuilles, à limbe longuement rubané, submergées lui conférant une grande surface d'absorption.

En comparant particulièrement les deux spécimens de *Tamarix africana* originaires d'habitat pollué ou naturel, nous remarquons une augmentation des teneurs en NP en fonction de la charge polluante. Toutefois, il se peut que d'autres facteurs stationnels interviennent, en particulier la salinité et la submersion. D'une manière générale, on admet que l'accumulation des bioéléments est tributaire de la saison, de la station, de l'espèce et de l'organe (DUVIGNEAUD & DENAEYER 1962, KESTEMONT 1972). D'autre part, DENAEYER *et al.* (1968) ont conclu que chez les halophytes en général, les hautes teneurs en potassium correspondent à des teneurs importantes en azote et assez élevées en phosphore.

Il en ressort donc que la flore hygrophile indigène abrite des espèces ayant des teneurs en NPK élevées en particulier en sites pollués, et par suite, présentent de potentialités en traitement des eaux usées sans faire appel aux espèces introduites. Elles auraient aussi un intérêt en la prévention de la pollution diffuse si on procède, par exemple, par l'installation de ceintures de végétation hygrophile au niveau des zones d'agriculture intensive, largement pratiquée au Nord-ouest du Maroc.

Bibliographie

- ADCOCK, P.W. & GANF, G.G. 1994 - Growth characteristics of three macrophyte species growing in a natural and constructed wetland system. *Wat. Sci. Tech.* 29(4) : 95-102.
- BLAKE, G. & DUBOIS, J.P. 1982 - *L'épuration des eaux par les plantes aquatiques*. Association Française pour l'Etude des Eaux. Centre de Documentation et d'Information sur l'Eau, Paris.

- BRIX, H. 1991 - The use of macrophytes in wastewater treatment: biological features. In: P. MADONI (ed.), *Biological approach to sewage treatment process. Current status and perspectives*: 321-328. Perugia.
- DAGMAR, D. & DANA, H. 1976 - Production ecology of *Phragmites communis*, 1. Relations of two ecotypes to the microclimate and nutrient conditions of habitat. *Foll. Geobot. Phytotax. Praha* 11: 23-61.
- DENAEYER, S., LEJOLY, J. & DUVIGNEAUD, P. 1968 - Notes sur la spécificité biogéochimique des halophytes du littoral belge. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique* 101 : 293-301.
- DUBOIS, J-P. 1994 - Uptake of macroelements by helophyte *Phalaris arundinacea* L. *Aquat. Sc.* 56(1): 70-79.
- DUVIGNEAUD, P. & DENAEYER, S.S. 1962 - Le cycle des éléments biogènes dans l'écosystème forêt (forêts tempérées caducifoliées). In : *Recherches sur l'écosystème forêt principalement en moyenne et haute Belgique. Ecosystèmes et productivité. Trav. Cen. Ecol. Gén., Bruxelles* I (1964) : 6.1-6.144.
- ENNABILI, A., ATER, M. & RADOUX, M. 2000 - Biomasse et accumulation des NPK chez *Scirpus litoralis* et *Scirpus maritimus* aux marais Smir-Negro (NW du Maroc). *Acta Bot. Barc.* 46 : 239-250.
- ENNABILI, A., ATER, M. & RADOUX, M. 1998 - Biomass production and NPK-retention in macrophytes from wetlands of the Tingitan Peninsula. *Aquatic Botany* 62(1): 45-56.
- HUBAC, J.M., BEUFFE, H. BLAKE, G., CORRADI, M., DUTARTRE, A., VAUCOULOUX, M. & VUILLOT, M. 1984 - *Les plantes aquatiques utiles : Les lentilles d'eau (Lemnacées), utilisation en phyto-épuration et valorisation. Groupe Europ. Micro et Macrophytes.* Ass. Fr. Et. Eaux.
- KESTEMONT, P. 1972 - Notes sur la distribution et le cycle biologique annuel de certains éléments (K, Na, Ca, Mg, N et P) dans la strate ligneuse d'une chênaie à bouleaux. *Bull. Soc. Roy. Belgique* 105 : 321-331.
- MARTIN, J.F. et al. 1978 - Le lagunage en traitement tertiaire. Expérimentation à partir des plantes aquatiques supérieures : le cresson et les lentilles d'eau. *Tech. Eau et Assain.* 376 : 23-33.
- NAOMI, R. & GANF, G.G. 1994 - The influence of water regime on the performance of aquatic plants. *Wat. Sci. Tech.* 29(4) : 127-132.
- RADOUX, M. 1980 - Approche écologique et expérimentale des potentialités épuratrices du roseau commun : *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Extud. *Trib. Cebedeau* 33 : 329-339.
- SAUZE, F. 1981 - Potentiel énergétique et chimique de la biomasse aquatique. Premiers résultats de recherches en méthanisation. *Tech. Eau et Assain.* 413 : 7-23.
- TUTIN, T.G., BURGESS, N.A., CHATER, A.O., EDMONDSON, J.R., HEYWOOD, V.H., MOORE, D.M., VALENTINE, D.H., WAITERS, S.M. & WEBB, D.A. 1990/93 - *Flora europaea*. Cambridge University Press, UK.
- WASEL, Y. & AGAMI, M. 1991 - Ecophysiology of Roots of Submerged Aquatic Plants. In: Y. WASEL, A. ESHEL & U. KAFKAFI (ed.), *Plant Roots*: 887-905. Israel.
- WESTLAKE, D.F. 1979 - Temporal changes in aquatic macrophytes and their environment. In: H. HOESTLANDT (ed.), *Dynamique de populations et qualité de l'eau* : 109-138. Bordas, Paris.
- ZRID, R. 1988. *Aspect des variabilités cytogénétique, palynologique et minérale de Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud, en relation avec son évolution et son adaptation au Maroc. D.E.S., Faculté des Sciences de Rabat, Maroc.