

BIOMASSE ET ACCUMULATION DES NPK CHEZ *SCIRPUS LITORALIS* ET *SCIRPUS MARITIMUS* AUX MARAIS SMIR-NEGRO (NW DU MAROC)

Abdeslam ENNABILI¹, Mohammed ATER¹ & Michel RADOUX²

ABSTRACT

Biomass and NPK retention in *Scirpus litoralis* and *S. maritimus* from Smir-Negro swamps (NW of Morocco)

Among the freshwater or brackish-swamps bulrushes, *Scirpus litoralis* Schrader and *S. maritimus* L. are the most common in the Tingitan Peninsula (North-west of Morocco); they occur in mono- and bispecific communities. Five *Scirpus spp.* beds were studied in order to assess biomass production and NPK retention in these species. In fact, the mixed bed (i.e. *Scirpus maritimus* and *S. litoralis* dominated bed) presents the highest values of total peak biomass (48.2 t dry weight ha⁻¹) and aerial NP-retention (98.4 kg N and 11.1 kg P ha⁻¹) compared to monospecific beds. Under- to aboveground biomass ratio (S/A) has been estimated to 3.84. Moreover, *Scirpus maritimus* total biomass was influenced by site conditions and its total peak biomass attains 4.41 to 23.2 t dw ha⁻¹. The ratio "s/A" varies from 0.89 to 3.90 in this species.

Key words: Biomass, NPK-retention, *Scirpus litoralis*, *S. maritimus*.

RÉSUMÉ

Parmi les scirpes de marais d'eau douce ou saumâtre, *Scirpus litoralis* Schrader et *S. maritimus* L. sont les plus répandues dans la péninsule tingitane (Nord-ouest du Maroc); où développent des formations mono- ou bispécifique. Cinq formations à *Scirpus spp.* ont été étudiées en vue d'évaluer la biomasse et la rétention des NPK chez ces deux espèces. En effet, la formation mixte ou bispécifique, à dominance de *Scirpus maritimus* et *S. litoralis*, présente des valeurs supérieures de la biomasse totale (48.2 t matière sèche ha⁻¹) et de la rétention de l'azote et du phosphore (98.4 kg N et 11.1 kg P ha⁻¹) eu égard aux formations monospécifiques. Le rapport de la biomasse souterraine à la biomasse aérienne (s/A) a été estimé à 3.84. De plus, la production en biomasse totale chez *Scirpus maritimus* a été influencée par les conditions du milieu; elle atteint 4.41 à 23.2 t MS ha⁻¹. Le rapport "s/A" varie de 0.89 à 3.90 chez cette espèce.

¹ Centre Expérimental de M'diq, B.P. 188. 93 200 M'diq, Maroc.

² Station Expérimentale de Viville, Rue de la Follmillen. 6 700 Viville, Belgique.

1. Introduction

Dans les sites étudiés, les scirpes (*Scirpus spp.*) de marais les plus représentés sont *Scirpus litoralis* Schrader et *S. maritimus* L. Ces deux espèces colonisent des habitats peu ou moyennement pollués et caractérisés par un faible niveau de submersion (0 à 0.3 m) (ENNABILI & ATER 1996). Le développement des scirpes est assez important pour donner des formations mono ou bispécifique qu'on va appeler des scirpaies. L'évaluation de la production de biomasse et l'allocation des ressources dans les marais présentent certains avantages. En effet, la structure des communautés végétales ainsi que la performance des espèces sont régies par de simples gradients physiques, et la nature monospécifique des peuplements limite les effets biotiques de la compétition (KARAGATZIDES & HUTCHINSON 1991).

D'autre part, les scirpes sont utilisés dans les technologies de traitement des eaux usées à base de macrophytes (BLAKE & DUBOIS 1982, RADOUX *et al.* 1993, ANSOLA-GONZÁLEZ 1994). L'assimilation des composés azotés et du phosphore par les plantes et leur production en biomasse constituent deux facteurs importants pour le choix des espèces utiles en traitement des eaux usées par voie extensive (RADOUX 1980, BRIX 1991). Le type du flux joue un rôle déterminant dans le rendement de ces techniques de traitement, particulièrement pour l'élimination de l'azote et du phosphore (WEISNER *et al.* 1994, BRIX 1994).

Le but de cette étude est d'évaluer la production en biomasse et la rétention des NPK chez *Scirpus litoralis* et *S. maritimus* sous des conditions naturelles. Cette étude fait partie d'un programme d'évaluation des principaux macrophytes du Nord-ouest du Maroc en vue d'optimiser toute utilisation future de ces espèces dans l'épuration naturelle des eaux usées (ENNABILI & ATER 1996, ENNABILI *et al.* 1996, 1998).

2. Aire d'étude

Les scirpaies étudiées font partie d'un complexe de marais situés aux embouchures de l'oued Smir (5°19'-22' W 35°41'-44' N) et de l'oued Negro (5°21'-23' W 35°47'-49' N) (figure 1). Ces marécages s'intègrent dans une mosaïque de milieux contrastés (marais, lagune, oueds, dunes, etc.) formant l'unique représentant des écosystèmes des zones humides de la façade méditerranéenne du Rif occidental (ATER & DAKKI sous presse).

L'alimentation en eau des marais de Smir est très diversifiée: (i) eaux douces de l'oued Smir et de la nappe phréatique; (ii) eaux de ruissellement; (iii) eaux usées des constructions environnantes et (iv) l'eau salée d'origine marine *via* le port de plaisance à l'embouchure de l'oued Smir (ENNABILI & ATER sous presse). La scirpaie des marais de Smir est une scirpaie mixte où les deux espèces codominent. Elle s'étale sur plusieurs hectares et se trouve isolée de l'influence des eaux marines et des eaux usées.

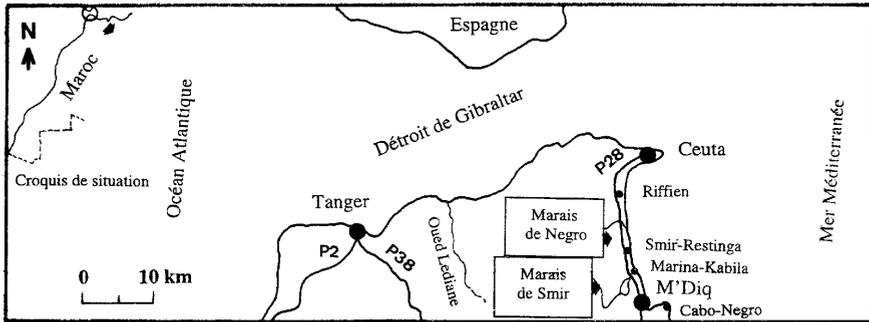


Figure 1. Situation des marais étudiés.

Situation of the swamps studied.

Aux marais de Negro, les quatre scirpaies étudiées forment des peuplements monospécifiques de moins d'un hectare de superficie chacun. Le régime hydrique y est très influencé par l'ouverture artificielle aménagée à l'embouchure de l'oued Negro. Les retraits prolongés de la nappe d'eau sont souvent marqués par le développement d'espèces halo-hygrophiles. A la fin de la saison de végétation, ces zones présentent des embouches d'exception, et généralement les macrophytes sont coupés par les habitants (ENNABILI *et al.* 1996).

Du point de vue climatique et selon la classification d'EMBERGER (1955), cette zone appartient à l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré. Le sol au niveau des scirpaies présente partout une texture argileuse; mais d'une manière générale, il s'agit de sols à gley classés comme des solonchaks gleyiques par CHELLAF (1990).

3. Matériels et méthodes

Pour mener cette étude, cinq scirpaies bien conservées (s_1 , s_2 , s_3 , s_4 et s_5), correspondant à une composition spécifique et/ou des conditions de submersion différentes, ont été choisis (tableau 1). Afin de caractériser ces groupements, nous avons réalisé des relevés floristiques en indiquant l'indice d'"abondance-dominance-sociabilité" selon l'école sigmatiste (BRAUN-BLANQUET 1968). Le recouvrement total de la végétation a été estimé en utilisant l'échelle de MARGALEF (1974, *in* SEPAMA 1992). La nomenclature taxinomique adoptée est celle de la *Flora Europaea* (TUTIN *et al.* 1990/93). Les principales caractéristiques des groupements étudiés et des conditions stationnelles figurent sur le tableau 1.

Pour l'estimation de la biomasse, l'échantillonnage a été effectué juste après le maximum de l'index foliaire, soit le stade de floraison (fin mai - début juin 1994). Ainsi, 10 échantillons par scirpaie, correspondant à 1 m² de superfi-

cie chacun, ont été choisis au hasard et coupés au ras du sol. Chaque échantillon a été pesé pour évaluer son poids frais avant d'être déshydraté. L'estimation de la matière sèche est faite à partir de la moyenne de 5 sous échantillons de 100 g chacun par échantillon, séchés dans une étuve à 75°C jusqu'à poids constant.

Tableau 1. Principales caractéristiques des formations étudiées. SD, écart type.
Main characteristics of the studied beds. Sd, standad deviation.

Groupement	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
Station (figure 1)	Smir	Negro	Negro	Negro	Negro
Altitude (m)	<5	<10	<10	<10	<10
Exposition	NNE	NNW	NNE	NNW	E
Pente (%)	<5	10	<5	10	<5
Type de sol	argileux	argileux	argileux	argileux	argileux
Profondeur de submersion (m)	0.18	0.16	0.16	0.14	0
Recouvrement total de la végétation	5	5	5	5	5
Hauteur maximale (m)	1.85	1.8	0.7	0.8	0.7
Surface du relevé (m ²)	450	300	110	180	225
Espèces hygrophiles par relevé (%)	100	100	100	100	82.35
Hauteur de la carotte du sol (m)	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30
Densité des tiges de l'espèce dominante (±SD m ⁻²)	586.6 ±31.3	388.8 ±19.9	272.0 ±14.4	396.0 ±8.2	200.6 ±7.4
Espèces	Indice d'abondance/dominance.sociabilité				
<i>Scirpus litoralis</i>	3.1	5.5	+1	1.1	1.1
<i>Scirpus maritimus</i>	3.1	1.1	5.5	5.5	4.1
<i>Juncus maritimus</i>	.	.	.	1.2	1.2
<i>Juncus subulatus</i>	1.1	1.3	.	.	+1
<i>Juncus acutus</i>	.	.	.	.	1.2
<i>Typha angustifolia</i>	.	+1	.	.	.
<i>Polygomon monspeliensis</i>	1.1	+1	.	1.1	1.1
<i>Paspalum vaginatum</i>	.	1.3	.	1.3	.
<i>Ruppia maritima</i>	.	.	+1	.	.
<i>Tamarix gallica</i>	2.4	.	.	.	2.4
<i>Plantago amplexicaulis</i>	.	.	.	.	1.1
<i>Plantago coronopus</i>	.	.	.	.	1.1
<i>Ranunculus aquatilis</i>	1.3	.	.	.	.
<i>Ranunculus trilobus</i>	+1	.	.	.	1.1
<i>Lolium multiflorum</i>	.	.	.	.	+1
<i>Lythrum junceum</i>	1.1	.	.	.	1.1
<i>Rumex crispus</i>	.	.	.	.	+1
<i>Rumex conglomeratus</i>	1.1	.	.	.	.
<i>Carex distachya</i>	+1	.	.	.	+1
<i>Dittrichia viscosa</i>	.	.	.	.	+1
<i>Trifolium isthmocarpum</i>	.	.	.	.	1.3
<i>Centaurium spicatum</i>	+1	.	.	.	1.1
<i>Arthrocnemum fruticosum</i>	1.3	.	.	.	.
<i>Eleocharis palustris</i>	1.2	.	.	.	.
<i>Callitriche palustris</i>	1.3	.	.	.	.
<i>Phragmites australis</i>	1.1	.	.	.	.
<i>Cotula coronopifolia</i>	1.3	.	.	.	.

Pour l'échantillonnage de la biomasse souterraine (rhizomes, tubercules et racines), nous avons adopté la méthode à "tarière" ou *auger method* (BÖHM 1979) en utilisant un carottier manuel de 29 cm de diamètre interne et de 60 cm de hauteur. La biomasse souterraine contenue dans chaque carotte a été lavée et pesée

après élimination de l'excès d'eau de lavage et les tubercules et rhizomes morts. Cependant, il faut noter qu'au niveau du groupement mixte (s_1), l'échantillon prélevé représente la biomasse souterraine commune aux deux espèces de scirpes qui le codominent.

Pour la détermination de la minéralomasse, un échantillon de 50 g de matière sèche, par partie (aérienne et/ou souterraine) et par espèce pour les groupements " s_1 , s_2 et s_3 ", ont été mis en poudre à l'aide d'un broyeur à rotor muni d'un tamis à perforations trapézoïdales de 0.5 mm. La digestion de la matière organique a été faite à partir de 0.25 g de poudre végétale additionnée de 4 ml d'acide sulfurique concentré et placée dans un ballon d'attaque sur un appareil Digesdahl "Hach" à 440 °C. Puis, on additionne 5 ml d'eau oxygénée avant que la solution ne soit refroidie et complétée à 100 ml par de l'eau déminéralisée. Pour le dosage de l'azote, on prélève 0.4 ml du digestat qu'on met dans un flacon de 25 ml avec 1 ml du réactif de Nessler, et on complète par l'alcool polyvinylique (PVA) à 0.1 g/l. La lecture spectrophotométrique a été faite à 420 nm; la teneur en azote a été déduite à partir d'une courbe d'étalonnage déjà établie. Pour le dosage du phosphore et du potassium, nous avons utilisé un spectrophotomètre à absorption atomique équipé d'un programme PK DDL.

4. Résultats et discussion

4.1. Biomasse

Malgré le développement annuel des parties aériennes de *S. maritimus* et *S. litoralis*, il serait erroné de considérer le pic de la biomasse aérienne comme étant la productivité nette aérienne annuelle à cause des pertes significatives de la biomasse par la mort de tiges et la chute de feuilles (WESTLAKE 1982). Donc, la productivité nette annuelle des parties aériennes serait supérieure à la biomasse maximale aérienne évaluée. Toutefois pour les scirpes, ces pertes sont de l'ordre de 6 à 12 % et n'excèderaient pas l'erreur d'échantillonnage (in PODLEJSKI 1982).

L'analyse de la variance montre des différences hautement significatives entre les 5 scirpaies étudiées et cela pour les trois paramètres étudiés: densité, biomasse aérienne et biomasse souterraine (tableau 2, figure 2). La scirpaie mixte (s_1) se différencie nettement des autres scirpaies par des valeurs significativement supérieures.

Mis à part la scirpaie mixte (s_1), les densités observées sont comprises entre 200 et 400 tiges m^{-2} (tableau 2). Ces valeurs correspondent au même ordre de grandeur que celui rapporté par PODLEJSKI (1982) pour des scirpaies à *S. maritimus* dans une région méditerranéenne du sud de la France (100 à 400 tiges m^{-2}). Tandis que KARAGATZIDES & HUTCHINSON (1991) ont rapporté pour la même espèce au Canada des valeurs nettement supérieures et qui sont de l'ordre de 555 à 700 tiges m^{-2} . Cependant, il faut noter que la densité de cette espèce peut varier au sein d'une même région en fonction de la hauteur de la

formation, de la salinité et de l'état de submersion (hauteur, durée et fréquence) (*in* LIEFFERS & SHAY 1982b, KARAGATZIDES & HUTCHINSON 1991).

Tableau 2. Biomasses aériennes et souterraines chez les scirpaies étudiées, et analyse de variance à un seul critère à un niveau de signification de 5 %. MS, matière sèche; s/A, rapport de la biomasse souterraine à la biomasse aérienne; SD, écart type; n=10. Pour chaque variable, les moyennes suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes à 5 %.

Under- and aboveground biomasses in studied *Scirpus* spp. beds, and one-way analysis of variance at a level of meaning of 5 %. MS, dry weight; s/A, under- to aboveground biomass ratio; SD, standard deviation; n=10. For each variable, means followed by the same letter are not significantly different at 5 %.

Groupement (tableau 1)		Densité des tiges	Biomasse aérienne	Biomasse souterraine	s/A
Code	Espèces dominantes	(\pm SD m ⁻²)	(\pm SD t MS ha ⁻¹)	(\pm SD t MS ha ⁻¹)	
S ₁	<i>S. littoralis</i> et <i>S. maritimus</i>	587 \pm 48.0	9.94 \pm 0.96	38.2 \pm 5.58	3.84
S ₂	<i>S. littoralis</i>	389 \pm 62.9 a	5.66 \pm 0.81	6.12 \pm 1.63 a,c,d	1.08
S ₃	<i>S. maritimus</i>	272 \pm 45.4	2.33 \pm 0.47	2.08 \pm 0.30 a,b	0.89
S ₄	<i>S. maritimus</i>	201 \pm 16.6	4.74 \pm 0.28	18.51 \pm 4.41 d,e	3.90
S ₅	<i>S. maritimus</i>	396 \pm 18.3 a	1.57 \pm 0.36	7.17 \pm 1.77 b,c,e	4.56
F rapport	-	79.5710	987.4753	72.0687	-
F probabilité	-	0.0000	0.0000	0.0000	-
Signification	-	***	***	***	-

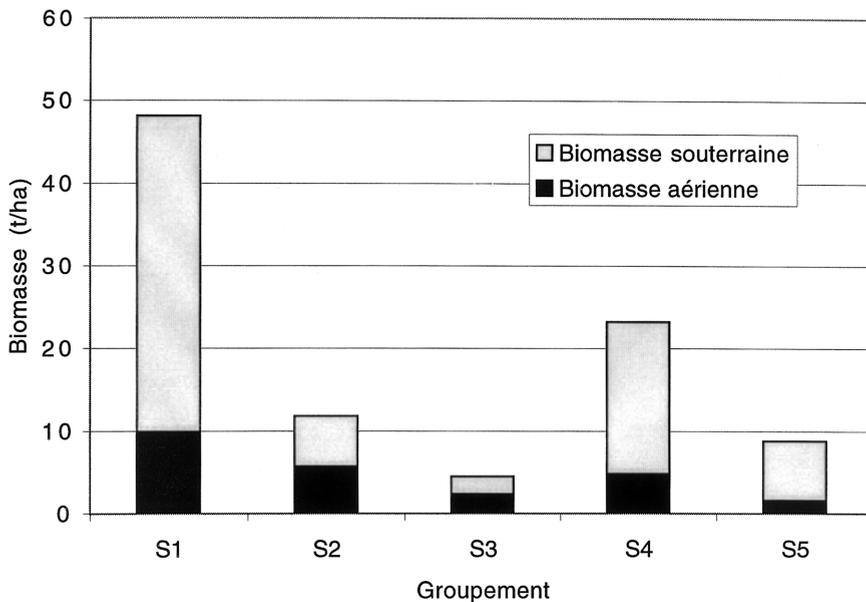


Figure 2. Biomasses des scirpaies étudiées.
Biomasses of the studied *Scirpus* spp. beds.

Les biomasses aériennes observées chez *Scirpus maritimus* et/ou de *S. litoralis* montrent une variation importante allant de 1.57 t de matière sèche par ha pour s_5 à 9.94 t MS ha⁻¹ pour s_4 (tableau 2). Au niveau de l'estimation de la biomasse souterraine, les valeurs obtenues sont plus élevées et sont comprises entre 2.08 t MS ha⁻¹ pour s_2 et 38.2 t MS ha⁻¹ pour s_1 . Par conséquent, le rapport s/a varie de 0.89 pour s_2 à 4.56 pour s_5 (tableau 2). Ces variations s'expliqueraient par des conditions particulières du milieu pouvant affecter la production de biomasse, telles le régime hydrique, la salinité et la richesse en éléments nutritifs.

La variation de la biomasse aérienne chez *S. maritimus* paraît être plus liée à la submersion et à la hauteur moyenne de la formation végétale qu'à la densité. En effet, bien qu'elle soit plus dense en s_3 et s_5 qu'en s_4 , elle a produit beaucoup plus de biomasse en s_4 . D'autre part, sa biomasse partielle au niveau de la formation mixte s_1 n'est que de 2.52 ± 0.19 t MS ha⁻¹ avec une densité partielle de 157 ± 11 tiges m⁻². En effet, la densité de *S. maritimus* serait influencée dans la formation bispécifique par le fait que la canopée de *S. litoralis* est plus haute. Ainsi, elle défavoriserait la pénétration de la lumière au niveau de la canopée plus basse de *S. maritimus*. D'ailleurs, il est généralement admis que la divergence dans la compétition pour les nutriments et la lumière serait principalement liée aux différences de taille plus qu'aux différences des espèces (BENGTSSON *et al.* 1994). De plus au niveau de s_3 , le retrait prolongé des eaux a entraîné un développement accru des jeunes pousses, d'où une importante densité de tiges et un faible niveau de production en biomasse chez ce groupement (tableau 2). Alors que pour s_5 , l'exondation en continue, favorisant le développement des espèces non hygrophiles, expliquerait la faible biomasse aérienne de *S. maritimus* (tableaux 1 et 2).

D'autre part, la biomasse aérienne partielle de *S. litoralis* évaluée au niveau du peuplement mixte (s_1) excède de très peu sa biomasse aérienne en peuplement monospécifique (s_2), soit $6,23 \pm 0.18$ t MS ha⁻¹ contre $5,66 \pm 0.81$ t MS ha⁻¹. Il s'agit de la même chose pour *S. maritimus* dont la biomasse partielle aérienne au niveau de s_1 et la biomasse aérienne en s_3 atteignent respectivement 2.52 ± 0.19 et 2.33 ± 0.47 t MS ha⁻¹. Ces résultats montrent que la relation biotique de compétition entre *S. maritimus* et *S. litoralis* semble être sans effet significatif sur leurs productions en biomasse aérienne, et se sont les facteurs du milieu en particulier le régime hydrique (durée et hauteur de submersion, taux de renouvellement, etc.) et la richesse du milieu en nutriments qui seraient les plus déterminants à ce propos.

Le niveau de production en biomasse mis en évidence chez le groupement bispécifique (s_1) est comparable à celui obtenu chez *S. lacustris* au sein des bassins expérimentaux pour le traitement des eaux usées (ANSOLA-GONZALEZ 1994). Les valeurs de la productivité nette aérienne, estimées chez *S. maritimus* au Canada (3.61 à 6.25 t MS ha⁻¹; LIEFFERS & SHAY 1982, KARAGATZIDES & HUTCHINSON 1991), sont similaires en ordre de grandeur à celles observées chez

la même espèce sous climat méditerranéen du nord du Maroc (s_4 , tableau 2). Chez cette espèce, on a souligné des productivités nettes aériennes beaucoup plus importantes, équivalentes dans notre cas à la productivité nette aérienne du groupement mixte, et qui sont de l'ordre de 7.5 à 9 t MS ha⁻¹ en ex-Tchécoslovaquie (*in* LIEFFERS & SHAY 1982b) et de 8.29 t MS ha⁻¹ au sud de la France (PODLEJSKI 1982). Cependant, ces variations seraient dues à des conditions physiques particulières du milieu. En effet, LIEFFERS & SHAY (1982) ont montré l'effet de l'état de submersion et de la salinité sur la croissance et la production de biomasse aérienne maximale chez *S. maritimus*.

La biomasse souterraine observée chez *S. maritimus* varie de 2.08 à 18.5 t MS ha⁻¹. Le groupement monospécifique inondé (s_3) montre une valeur similaire à celle estimée par LIEFFERS & SHAY (1982b) au Canada, soit 2.5 t MS ha⁻¹. La formation bispécifique (s_1) montre une biomasse souterraine au moins 1.5 fois supérieure à la somme des biomasses souterraines des deux groupements monospécifiques à *S. litoralis* ou *S. maritimus* (s_2 et s_4 , tableau 2; figure 2). Le rapport de la biomasse souterraine à la biomasse aérienne (S/A) varie de 0.89 à 4.56 chez *S. maritimus* (tableau 2), dépassant ainsi la moyenne évaluée par LIEFFERS & SHAY (1982b). En région méditerranéenne, PODLEJSKI (1982) a obtenu des valeurs plus importantes du rapport S/A (2.3 à 4.9). WESTLAKE (1982), a souligné un rapport de 3.5 chez *S. lacustris*.

En ce qui concerne l'explication de ces variations, BÖHM (1979), met l'accent sur le rôle des conditions du milieu sur les variations de ce rapport. En effet, LIEFFERS & SHAY (1982b) montrent l'importance des facteurs comme les conditions de sécheresse et de fortes salinités sur la production de la biomasse souterraine par rapport à la biomasse aérienne chez *S. maritimus*. CHAPIN (1974) a souligné que ce rapport est plus élevé en zones froides qu'en zones chaudes (*in* BLAKE & DUBOIS 1982). Les données en notre possession ne nous permettent pas de vérifier ces hypothèses.

En comparaison avec d'autres macrophytes, les variations significatives de la production de biomasse chez *S. maritimus* peuvent être induites par toutes les variantes du régime hydrologique telles que l'hydropériode, le flux et la profondeur de la nappe d'eau (HASLAM 1978, FENNESSY *et al.* 1994, COOPS *et al.* 1994, NAOMI & GANF 1994).

4.2. Rétention des NPK

Les teneurs observées en azote, phosphore et potassium (tableaux 3 et 4) concordent bien avec celles mentionnées chez d'autres macrophytes (BLAKE & DUBOIS 1982).

Au niveau des parties aériennes, la teneur en azote exprimée en pourcentage de la matière sèche est plus importante chez *S. maritimus* que chez *S. litoralis*, et aux marais de Negro (groupements monospécifiques: s_2 et s_3) en comparaison

Tableau 3. Rétention des NPK au niveau des parties aériennes des groupements mixte (bispécifique) et monospécifiques. MS, matière sèche.

NPK-Retention in aboveground parts of monospecific and mixed beds. MS, dry weight.

Espèce	Station	Azote		Phosphore		Potassium	
		% MS	kg ha ⁻¹	% MS	kg ha ⁻¹	% MS	kg ha ⁻¹
<i>Scirpus litoralis</i>	S ₂	1.47	83.2	0.12	6.79	4.42	250
	S ₁	1.04	64.7	0.13	8.09	2.01	125
<i>Scirpus maritimus</i>	S ₃	1.72	40.1	0.13	3.03	0.91	21.2
	S ₁	1.34	33.7	0.12	3.02	1.21	30.5

Tableau 4. Rétention des NPK au niveau des parties souterraines des groupements monospécifiques. MS, matière sèche; S/A, rapport de la minéralomasse souterraine à la minéralomasse aérienne.

NPK-Retention in underground parts of monospecific beds. MS, dry weight; S/A, under- to aboveground mineralomasse ratio.

Espèce	Station	Azote			Phosphore			Potassium		
		% MS	Kg ha ⁻¹	S/A	% MS	Kg ha ⁻¹	S/A	% MS	Kg ha ⁻¹	S/A
<i>S. litoralis</i>	S ₂	1.09	66.7	0.80	0.16	9.79	1.44	0.83	50.8	0.20
<i>S. maritimus</i>	S ₃	1.39	28.9	0.72	0.22	4.57	1.51	0.78	16.2	0.76

avec le marais Smir (groupement bispécifique: s₁) pour chacune de ces espèces. Par contre, la teneur en potassium est beaucoup plus importante chez *S. litoralis*, tandis que la rétention du phosphore montre des variations similaires chez les deux espèces (tableau 3). En outre, la nappe d'eau se retire de façon intermittente et peut accroître localement la salinité du sol; ce qui expliquerait éventuellement l'accumulation importante du potassium spécialement par *S. litoralis*. En effet, les plantes montrant une tolérance à la salinité augmentent sensiblement le rapport "K/Na" en présence de fortes concentrations externes en NaCl (XIAOMU *et al.* 1995). Les fortes teneurs au niveau du sol et de la nappe phréatique des marais étudiés ont été déjà signalées dans des études précédentes. CHELLAF (1990) souligne une faible capacité d'échange du sel due à une saturation en calcium, magnésium et sodium. De même, STITOU (1995) rapporte des taux élevés de ces éléments dans la nappe phréatique.

A l'état monospécifique, ces espèces accumuleraient donc plus d'azote et de potassium au niveau de leurs parties aériennes. En effet, l'assimilation de l'azote est nettement améliorée chez les groupements monospécifiques (tableau 3; figure 3). Pourtant, les taux de rétention totale dans la partie aérienne des NP chez la formation bispécifique de *Scirpus sp.* atteignent respectivement 98.5 kg N et 11.1 kg P ha⁻¹ an⁻¹; et restent excessivement supérieurs à ceux des formations monospécifiques. Alors que la rétention du phosphore par hectare est approxima-

tivement similaire dans le cas des groupements mono- (s_2 et s_3) et bispécifique (s_1) surtout pour *S. maritimus*; une légère augmentation est toutefois notée pour *S. litoralis* en peuplement bispécifique.

Concernant la partie souterraine, nous avons probablement sous-estimé les teneurs en NP, vu que ROMAN *et al.* (1968, 1969) ont montré que l'azote et le phosphore sont stockés dans les organes de réserves après la période de fructification, alors que le stockage du potassium n'a pas été observé (in BLAKE & DUBOIS 1982). De surcroît, des changements des teneurs en nutriments des échantillons racinaires peuvent avoir lieu lors du lavage (BÖHM 1979). Cependant, *S. litoralis* montre des taux de rétention élevés par hectare pour chaque nutriment, dus à sa haute biomasse souterraine; cela malgré ses relatives faibles teneurs en NP (% MS) eu égard à *S. maritimus*. Ces espèces accumulent plus de phosphore dans la partie souterraine, alors que le contraire s'observe pour l'assimilation de l'azote (tableau 4; figure 3). D'ailleurs, les teneurs en NP de la biomasse des macrophytes peut fluctuer en fonction de l'espèce, de l'organe, de l'habitat et de la saison (DAGMAR & DANA 1976, RADOUX 1980, Blake & Dubois 1982, NAOMI & GANF 1994).

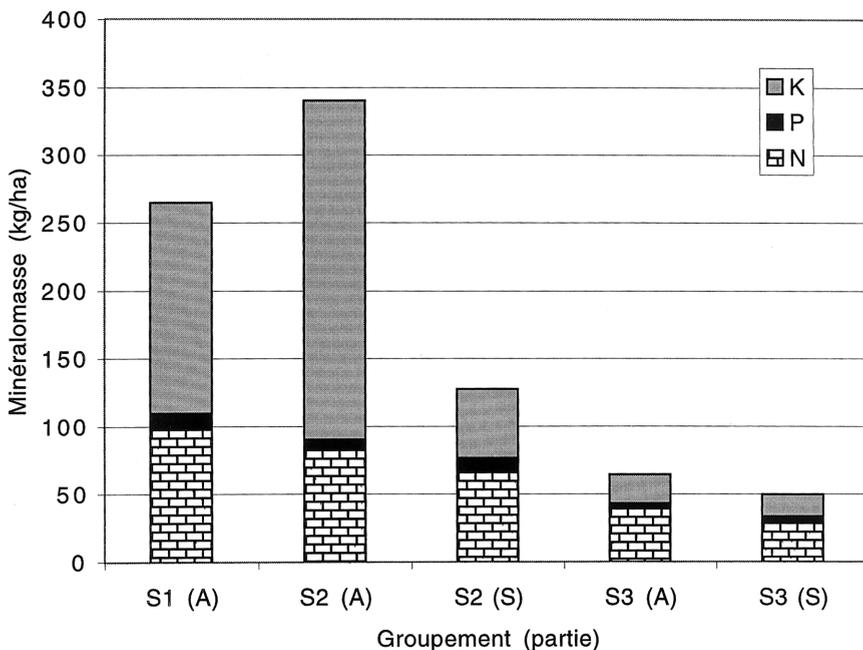


Figure 3. Rétention des NPK chez les deux espèces étudiées. A, partie aérienne; S, partie souterraine.

NPK-Retention in the studied species. A, aboveground part; S, underground part.

5. Conclusion

Cette étude de groupements à *Scirpus litoralis* et/ou *S. maritimus*, se développant à l'état mono- ou bispécifique, montre que les facteurs du milieu influencent non seulement leur structure, mais aussi leur fonctionnement. *Scirpus litoralis* présente des productions en biomasse supérieures par rapport à celle observées chez *S. maritimus*. Les niveaux de production maximale mesurés chez cette dernière espèce sont comparables à ceux obtenus dans d'autres régions. D'autre part, l'allocation à la biomasse souterraine semble être supérieure à celle de la biomasse aérienne.

Il a été aussi mis en évidence que le groupement bispécifique, dominé à la fois par *S. litoralis* et *S. maritimus*, présente des valeurs de biomasse et de rétention des NPK plus élevées en comparaison avec les groupements monospécifiques. Donc pour l'utilisation éventuelle de ces espèces dans le traitement des eaux usées, une culture mixte serait plus efficace.

Cependant, une étude de ces espèces de scirpes en cultures expérimentales dans des conditions contrôlées serait nécessaire afin de mieux comprendre l'influence, entre autres, du régime hydrique et de la salinité sur leur développement.

Bibliographie

- ANSOLA-GONZÁLEZ, G. 1994 - *Sistemas de experimentación con macrofitos como mecanismo de depuración de la contaminación acuática y evaluación de los procesos de transformación en ambientes rurales de mediana y baja densidad*. Tesis doctoral. Univ. de León.
- ATER, M. & DAKKI, M. (sous presse) - Les marais de Smir-Restinga. Ecologie et propositions d'aménagement. *Bulletin de l'Institut Scientifique*. Rabat.
- BENGTSSON, J.B., FAGERSTRÖM, T. & RYDIN, H. 1994 - Competition and coexistence in plant communities. *TREE* 9(7): 246-250.
- 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.
- BÖHM, W. 1979 - *Methods of studying root systems*. Berlin Heidelberg. Germany.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1968 - L'école phytosociologique zurich-montpelliéraine et la SIGMA. *Vegetatio* 16: 1-78.
- 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.
- BRIX, H. 1994 - Constructed wetlands for municipal wastewater treatment in Europe. In: W.J. MITSCH (ed.), *Global wetlands. Old world and new*: 325-333. Elsevier Sc. B. V.
- CHELLAF, A. 1990 - *Cartographie semi-détaillée des sols de Tétouan, échelle 1:50 000 (Maroc nord occidental)*. Thèse D.E.S. Fac. Sc. de Tétouan.
- COOPS, H., GEILEN, N. & VAN DER VELDE, G. 1994 - Distribution and growth of the helophyte species *Phragmites australis* and *Scirpus lacustris* in water depth gradients in relation to wave exposure. *Aqu. Bot.* 48: 273-284.
- DAGMAR, D. & DANA, H. 1976 - Production ecology of *Phragmites communis*, 1. Relations of two ecotypes to the microclimate and nutrient conditions of habitat. *Fol. Geobot. Phytotax.* 11: 23-61.

- EMBERGER, L. 1955 - Une classification biogéographique des climats. *Rec. Trav. Lab. Bot. Géol. Fac. Sc.* 7(11): 3-43.
- ENNABILI, A. & ATER, M. 1996 - Flore (*Pteridophyta* et *Spermatophyta*) des zones humides du Maroc méditerranéen: Inventaire et écologie. *Acta Botanica Malacitana* 21: 221-239.
- ENNABILI, A. & ATER, M. (sous presse) - Phyto-écologie et productivité de quelques macrophytes du marais Smir (Tétouan-Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique*. Rabat.
- 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.
- ENNABILI, A., NABIL, L. & ATER, M. 1996 - Importance socio-économique des hygrophytes au nord-ouest du Maroc. *Al Biruniya, Rev. Mar. Pharm.* 12 (2):95-120.
- FENNESSY, M.S., CRONKE, J.K. & MITSCH, W.J. 1994 - Macrophyte productivity development in created freshwater wetlands under experimental hydrological conditions. *Ecological Engineering* 3: 469-484.
- HASLAM, S.M. 1978 - *River plants*. Cambridge Univ. Press.
- KARAGATZIDES, J.D. & HUTCHINSON, I. 1991- Intraspecific comparisons of biomass dynamics in *Scirpus americanus* and *Scirpus maritimus* on the Fraser River Delta. *Journal of Ecology* 79: 459-476.
- LIEFFERS, V.J. & SHAY, J.M. 1982a - Seasonal growth and standing crop of *Scirpus maritimus* var. *paludosus* in Saskatchewan. *Can. J. Bot.* 60: 117-125.
- LIEFFERS, V.J. & SHAY, J.M. 1982b - Distribution and variation in growth of *Scirpus maritimus* var. *paludosus* in Saskatchewan. *Can. J. Bot.* 60: 1938-1949.
- NAOMI, R. & GANF, G.G. 1994 - The influence of water regime on the performance of aquatic plants. *Wat. Sci. Tech.* 29(4): 127-132.
- PODLEJSKI, V. 1982 - Phenology and seasonal above-ground biomass in two *Scirpus maritimus* marshes in the Camargue. *Folia Geobot. Phytotax.* 17: 225-236.
- RADOUX *et al.* 1993 - *Aménagement intégré du terriil de Germignies -Sud. Suivi Scientifique de la station-pilote d'épuration*. FUL, Arlon-Belgique.
- RADOUX, M. 1980 - Approche écologique et expérimentale des potentialités épuratrices du roseau commun: *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. *Trib. Cebedeau* 439/440(33): 329-339.
- SEPAMA (SECRETARÍA DE ESTADO PARA LAS POLÍTICAS DEL AGUA Y EL MEDIO AMBIENTE). 1992 - *Guía para la elaboración de estudios del medio físico, contenido y metodología*. Ministerio de Obras Publicas y de Transportes. España.
- STITOU, J. 1995 - *Contribution à la connaissance hydrogéochimique des aquifères côtiers: Martil-Alila, Oued Laou et Smir*. Thèse D.E.S. Fac. Sc. de Tétouan.
- 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.
- WEISNER, S.E.B., ERIKSSON, P.G., GRANÉLI, W. & LEONARDSON, L. 1994 - Influence of Macrophytes on Nitrate Removal in Wetlands. *Ambio* 23(6): 363-366.
- WESTLAKE, D.F. 1982 - The primary productivity of water plants. In : J.J. SYMOENS, S.S. HOOPER & P. COMPÈRE (eds.): *Studies on Aquatic Vascular Plants*: 165-181. Roy. Bot. Soc. Belgium.
- XIAOMU, N., BRESSAN, R.A., HASEGAWA, P.M. & PARDO, J.M. 1995 - Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiol.* 109: 735-742.

MISCELLANEA

Eugeni SIERRA i RÀFOLS, 1919-1999



El passat mes de juliol del 1999 va morir Eugeni Sierra i Ràfols, el més conegut dels nostres il·lustradors botànics, amb una obra extensíssima i d'extraordinària qualitat tècnica i científica.

Nascut el 1919 a Barcelona, als 16 anys comença a col·laborar amb Pius Font i Quer en la docència de la Botànica a la Facultat de Farmàcia i ho fa, en paraules del propi Eugeni Sierra, "omplint l'enorme pissarra de l'aula amb dissenys morfològics de vegetals". Publica les seves primeres il·lustracions al volum sisè de la Flora de Catalunya i, passat el trasbals de la guerra, s'incorpora a l'Institut Botànic com a recol·lector. Durant els anys 40 il·lustra tres obres de Font i Quer (*Flòrula de Cardó*, *Diccionario de Botánica* i *Plantas medicinales*) i el 1950 pren la decisió d'emigrar a Xile. Allí s'incorpora a la docència universitària, primer a la "Universidad de Chile" i més tard a la "Universidad Católica de Santiago", compaginant els estudis de flora i vegetació amb la seva vocació d'il·lustrador. Durant els anys 60 i 70 és invitat a participar en diverses exposicions, entre les quals la "20th Century Botanical Art Illustration" celebrada a Pittsburg, USA, el 1968.

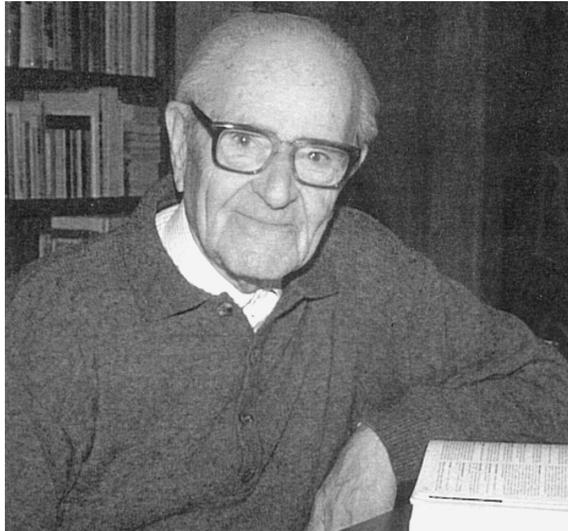
A més de produir abundant il·lustració a ploma per a publicacions científiques i de divulgació, Eugeni Sierra és autor de cartells de plantes, com aquest dedicat a les flors de muntanya, que va editar el Museu de Granollers el 1992.

Retorna a Catalunya el 1973 amb l'ajut del doctor Oriol de Bolòs, aleshores director de l'Institut Botànic de Barcelona, i s'incorpora novament a aquest centre. El 1982 és nomenat Doctor Honoris Causa per la Universitat Autònoma de Barcelona. Participa en diversos treballs de recerca i publica, en col·laboració amb altres botànics, alguns articles sobre taxonomia i florística. La seva activitat com a dibuixant és cada cop més intensa, no solament en articles científics sinó també, i principalment, en diversos llibres. D'entre les obres que il·lustra des del seu retorn destaquen *L'Alta muntanya catalana. Flora i vegetació* (J. Vigo, 1976), *La vegetació dels Països Catalans* (R. Folch, 1981), els primers volums de *Flora Iberica* (1986-1999) i el volum 6, *Plantas superiors* (1988), de la Història Natural dels Països Catalans, on es retroba amb el color.

Botànic vocacional, mestre d'il·lustradors naturalistes i excel·lent persona, ens queda la seva obra i el seu record d'home bo.

Ramon M. MASALLES

Francesc MASCLANS i GIRVÈS, 1905-2000



El proppassat 18 de gener morí a Barcelona en Francesc Masclans, una persona metòdica i rigorosa que, si en l'aspecte professional treballà en el camp de la pedagogia, féu també una obra important com a botànic vocacional.

Relacionat amb molts dels famosos pedagogs de la primera meitat d'aquest segle, i amb diversos intelAectuals i artistes del moment, exercí com a mestre des de l'any 1927 al 1967, primer a les Esglésies (Pallars Jussà) i després a Barcelona, amb un intermedi de dos anys (1939-1941) en què fou "traslladat" a Fresnedo (León) a causa de les seves "idees catalanistes". Ens han quedat molts testimonis d'estimació i admiració provinents dels seus companys de professió i dels seus deixebles.

Aquí escau especialment de recordar-lo com a botànic. Aconduït pels camins de la "scientia amabilis" per Pius Font i Quer i per Antoni i Oriol de Bolòs (el darrer dels quals esdevingué el seu gendre), s'hi dedicà amb entusiasme i amb constància. En la línia de la recerca botànica, cal recordar els seus estudis florístics (de la conca del Gaià, de les Muntanyes de Prades i del Segrià i l'Urgell, els dos primers en col.laboració amb E. Batalla) i algunes revisions taxonòmiques, com la del gènere *Rosa* a les terres catalanes. De ressò més general són els seus treballs de divulgació científica, particularment la "Guia per a conèixer els arbres" i la "Guia per a conèixer els arbusts i les lianes". Per finir aquesta breu enumeració, no podem deixar d'esmentar la seva important contribució a la terminologia popular de les plantes i dels bolets; en aquest camp, "Els noms de les plantes als Països Catalans" és una obra de referència obligada.

Entre les obres de Francesc Masclans, destaquen especialment les guies d'identificació d'arbres, arbusts i lianes, i el recull dels noms de plantes, aquest il.lustrat per Eugeni Sierra.

El senyor Masclans, com era conegut de manera general en els cercles botànics, és un clar exemple de com la vocació, la perseverança i el mètode poden arribar a donar fruits excel·lents. La seva memòria i les seves obres el sobreviuran llargament. Descansi en pau.

Josep VIGO

Distribució de *Limodorum trabutianum* (Orchidaceae) a Catalunya

D'ençà que *Limodorum trabutianum* Battand. va ser descrit per primer cop per BATTANDER & TRABUT (1886: Atlas de la Flore d'Alger. Jourdan. Alger), ha estat citat del nord d'Àfrica per diversos autors: BATTANDER & TRABUT (1895: Flore de l'Algérie. Jourdan. Alger), MAIRE (1959: Flore de l'Afrique du Nord, 6. Lechevalier. Paris) i QUÉZEL & SANTA (1962: Nouvelle flore de l'Algérie... CNRS. Paris) entre altres. De la península Ibèrica fou citat primerament per COUTHINHO (1913: Flora de Portugal. Paris. Río de Janeiro) i SAMPAIO (1913: Lista das espécies representadas no Herbário portugues. Univ. Porto) i concretament d'Espanya, va ser CABALLERO (1945: Anales Jard. Bot. Madrid 6) qui en publicà la primera citació.

Detalls de la flor de *Limodorum trabutianum*

Per a Catalunya existeixen dues úniques citacions publicades: BAUMANN & HOFFMANN (1985: AHO Mitteilungsblatt 2) per a la província de Tarragona, concretament de les muntanyes de Prades, 31T CF47, 800 m, 11-06-1980 i CAÑELLAS & GUÀRDIA (1996: Butll. Ins. Cat. Hist. Nat. 64) de Castellfollit del Boix (Barcelona), 31T CG81, 650 m, 21-05-1992.

Des de 1992, aquesta orquidàcia paràsita ha estat trobada en noves localitats de Catalunya. Dues són a les muntanyes de Prades (Tarragona), 31T CF37, 700 m, i 31T CF47, 780 m, ambdues observades el 8-06-1996; una altra a Cardona (Barcelona), 31T CG83, 550 m, 12-06-1996, i dues més a la mateixa província de Barcelona, concretament a la Llacuna (Albareda & Lara, com. pers. comprovada) 31T CF79 a 730 m i 750 m d'altitud respectivament, totes dues el 13-05-97.

Els ambients en què es troba l'espècie, que semblen repetir-se a totes les localitats, són: zones obertes o boscos lluminosos, poc tancats, de pi blanc (*Pinus halepensis*), sovint amb sotabosc d'*Aphyllantion*, de vegades en terrenys remoguts i sempre en sòls calcaris. Les altituds en que creix estan al voltant dels 700 m [(550) 650-800 m]. La majoria d'exemplars no tenen esperó, però alguns peus de les poblacions de la Llacuna presenten un esperó molt reduït.

J. CAÑELLAS¹, A. AYMÉMÍ & A. GUÀRDIA

¹ Ferran d'Antequera, 47. E-08700 Igualada, Barcelona.