

**VARIATIONS DE LA COMPOSITION EN ISOTOPES STABLES ($\delta^{15}\text{N}$ & $\delta^{13}\text{C}$) DES
PRODUCTEURS PRIMAIRES BENTHIQUES (MACROPHYTES) DE LA CÔTE
ROUMAINE (MER NOIRE)**

**VARIATIONS IN STABLE ISOTOPE COMPOSITION ($\delta^{15}\text{N}$ & $\delta^{13}\text{C}$) OF BENTHIC
PRIMARY PRODUCERS (MACROPHYTES) ON THE ROMANIAN COAST (BLACK
SEA)**

Daniela BĂNARU^{1,2} & Mireille HARMELIN-VIVIEN¹

¹Centre d'Océanologie de Marseille, Université de la Méditerranée, UMR CNRS 6540, Station
Marine d'Endoume, rue de la Batterie des Lions 13007 Marseille, France ; Tél. :
0033(0)491041637 ; Fax : 0033(0)491041635 ; Daniela.Banaru@univmed.fr

²Université Ovidius de Constanta, 124 Bd. Mamaia 900527 Constanta, Roumanie

ABSTRACT

Improving knowledge on stable isotope signatures of marine primary producers is important to understand organic matter origin and flux into trophic webs. This study presents spatial and seasonal variations in carbon and nitrogen stable isotope ratios of some benthic primary producers (macrophytes), including chlorobiontes « green algae », rhodobiontes « red algae » and chromobiontes « brown algae » species, on the Romanian coast.

KEYWORDS: Black Sea, benthic primary producers, stable isotopes

1. INTRODUCTION

Dans les milieux côtiers estuariens, on trouve un mélange complexe de matière organique particulière provenant de différentes sources allochtones et autochtones. Les sources autochtones sont représentées par le phytoplancton ainsi que par le micro- et macro-phytobenthos *in situ* (PARSONS, 1975), tandis que les sources allochtones sont les matières apportées par les fleuves,

les retombées atmosphériques et les rejets urbains (MAKSYMOWSKA *et al.*, 2000). Les macrophytes benthiques, en tant que producteurs primaires, représentent une des sources de matière organique particulaire (MOP) importante pour les écosystèmes benthiques marins côtiers. Ils représentent une source de nourriture potentielle pour différents organismes marins.

L'objectif de cette étude est d'analyser les signatures en isotopes stables ($\delta^{15}\text{N}$ et $\delta^{13}\text{C}$) des principales espèces de macrophytes appartenant aux groupes des chlorobiontes, rhodobiontes et chromobiontes de la côte roumaine, ainsi que de déterminer leurs variations spatiales et saisonnières.

2. MATERIEL ET METHODES

La zone d'étude se trouve sur la côte roumaine dans le nord-ouest de la mer Noire. Les stations de prélèvement des échantillons sont situées dans le nord et le sud de la côte roumaine (Fig. 1). L'étude a été réalisée à deux saisons, au printemps (avril et mai 2005, mai 2006) et en automne (octobre 2004 et 2005).

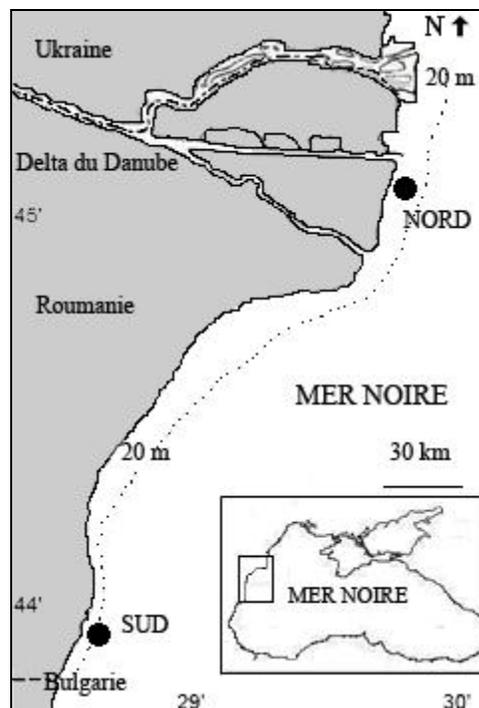


Figure 1 Stations d'échantillonnage des macrophytes benthiques dans le nord et le sud de la côte roumaine de la mer Noire

Au total 87 échantillons appartenant à 12 espèces de macrophytes et 3 correspondant à des débris de végétaux terrestres ont été prélevés et leur composition en isotopes stables a été analysée selon la technique décrite par SCRIMGEOUR et ROBINSON (2003).

L'analyse des signatures en isotopes stables $\delta^{15}\text{N}$ et $\delta^{13}\text{C}$ a été effectuée par spectrométrie de masse isotopique en flux continu à combustion assistée par un analyseur élémentaire (Europa Scientific ANCA-NT 20-20 Stable Isotope Analyser with ANCA-NT Solid-Liquid Preparation Module) au Scottish Crop Research Institute (U.K.). Cette technique permet d'identifier les sources de matière organique et les transferts de matière le long des chaînes alimentaires (FRY *et al.*, 1984 ; CABANA et RASMUSSEN, 1994 ; VANDER ZANDEN et RASMUSSEN, 2001). Les producteurs primaires, à la base des réseaux trophiques, possèdent des signatures isotopiques différentes en fonction de la composition isotopique des éléments minéraux nutritifs originels, ainsi que des enzymes et des mécanismes biochimiques utilisés au cours de la synthèse de la matière organique (DESCOLAS-GROS, 1985).

3. RÉSULTATS

Les résultats obtenus montrent qu'il existe des variations considérables des signatures en $\delta^{15}\text{N}$ ($H = 32,6$; $p < 0,001$) et $\delta^{13}\text{C}$ ($H = 40,2$; $p < 0,001$) entre les espèces analysées (Tabl. 1). *Bryopsis* présente les valeurs en $\delta^{15}\text{N}$ les plus faibles, qui sont significativement différentes de celles de *Scytosiphon* et *Callithamnion*. *Porphyra* et *Cystoseira* montrent également de faibles valeurs en $\delta^{15}\text{N}$, significativement différentes seulement de celle de *Callithamnion* qui présente le $\delta^{15}\text{N}$ le plus élevé. En ce qui concerne les différences en $\delta^{13}\text{C}$, *Phyllophora* présente les valeurs les plus faibles. *Callithamnion*, *Polysiphonia* et *Porphyra* montrent des valeurs intermédiaires et les autres espèces présentent des valeurs plus élevées (Tabl. 1). Les trois groupes de macrophytes : chlorobiontes, rhodobiontes et chromobiontes, présentent des différences significatives de leurs valeurs moyennes uniquement pour le $\delta^{13}\text{C}$ ($H = 19,6$; $p < 0,001$). Les chromobiontes ont des valeurs en $\delta^{13}\text{C}$ plus élevées que celles des chlorobiontes, elles mêmes plus élevées que celles des rhodobiontes (Fig. 2).

Au sein des mêmes espèces, il y a également des variations spatiales et saisonnières importantes des signatures isotopiques avec des valeurs généralement plus faibles au nord qu'au sud, mais aussi plus faibles au printemps qu'en automne (Tabl. 2).

Les débris de végétaux terrestres montrent des valeurs en isotopes stables de l'azote significativement différentes de celles de tous les macrophytes marins, avec des $\delta^{15}\text{N}$ très faibles (Tabl. 1).

Tableau 1 Valeurs moyennes et variations spatiales et saisonnières des signatures en $\delta^{15}\text{N}$ et $\delta^{13}\text{C}$ des principales espèces de producteurs primaires marins benthiques appartenant aux groupes des chlorobiontes, rhodobiontes (Plantae) et chromobiontes (straménopiles) de la côte roumaine, ainsi que des débris de producteurs primaires terrestres apportés par le Danube. n = nombre d'échantillons analysés ; sd = déviation standard

Groupes / espèces	Zone	Saison	n	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	sd	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	sd
Producteurs primaires terrestres (débris)	nord	printemps	3	1,9	1,0	-25,4	0,0
Chlorobiontes			36	9,3	1,4	-20,9	2,3
<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C. Agardh, 1823	nord	printemps	3	6,4	0,0	-22,0	0,0
	sud	automne	3	5,6	0,3	-19,6	0,4
<i>Cladophora vagabunda</i> (Linnaeus) Hoek, 1963		printemps	3	7,6	1,2	-21,5	0,3
	nord	automne	3	11,3	0,2	-16,9	0,3
		printemps	3	10,1	0,2	-25,3	0,7
<i>Ulva intestinalis</i> Linnaeus, 1753	sud	automne	3	10,1	0,5	-18,4	0,3
	nord	printemps	3	9,1	0,4	-21,3	0,7
	sud	automne	3	8,8	0,8	-20,6	0,1
<i>Ulva rigida</i> C. Agardh, 1823		printemps	3	11,5	1,0	-23,7	1,6
	nord	printemps	3	8,0	1,6	-21,8	3,7
	sud	automne	3	12,1	0,7	-18,6	0,5
		printemps	3	8,8	3,0	-20,2	0,6
Rhodobiontes			36	9,1	0,7	-26,4	1,6
<i>Callithamnion corymbosum</i> (Smith) Lyngbye, 1819	nord	printemps	3	11,5	0,0	-25,7	0,1
<i>Ceramium rubrum</i> (Hudson) C. Agardh, 1823	nord	automne	3	10,0	0,7	-22,0	0,4
		printemps	6	8,2	1,2	-21,8	1,0
	sud	automne	3	11,8	0,9	-18,3	1,4
		printemps	6	8,5	1,8	-22,2	2,2
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i> (Gmelin) Newroth et A. R. A. Taylor, 1971	nord	printemps	3	8,1	1,0	-35,3	3,0
	sud	printemps	3	9,3	0,5	-35,2	0,2
<i>Polysiphonia elongata</i> (Hudson) Sprengel, 1827	nord	printemps	3	7,8	0,3	-29,7	0,1
<i>Porphyra leucosticta</i> Thuret in Le Jolis, 1863	sud	printemps	3	7,9	0,4	-28,5	0,1
Rhodobiontes encroûtants calcaires	sud	automne	3	9,1	0,2	-21,2	0,3
Chromobiontes			15	9,0	1,0	-18,3	1,6
<i>Cystoseira barbata</i> (Stackhouse) C. Agardh, 1820	nord	printemps	3	8,1	0,0	-23,4	0,0
	sud	automne	3	8,1	0,9	-18,5	2,2
		printemps	3	7,4	0,5	-18,0	0,4
<i>Scytosiphon lomentarius</i> (Lyngbye) C. Agardh, 1820	nord	printemps	3	9,0	0,0	-16,9	0,2
	sud	printemps	3	11,2	0,1	-16,9	0,8

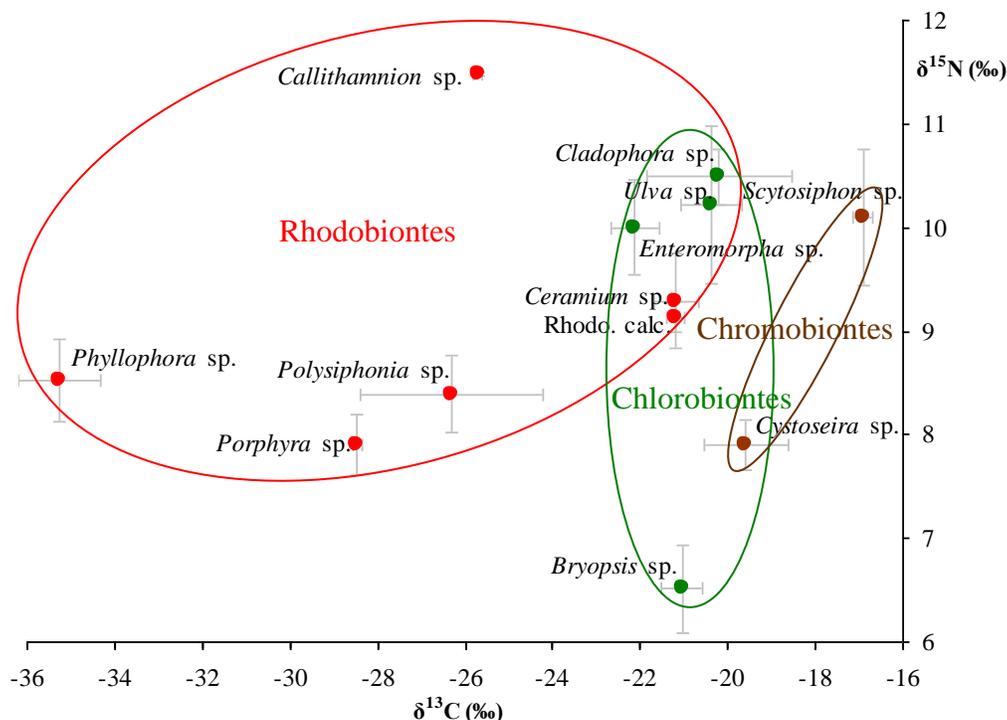


Figure 2 Représentation des signatures moyennes en $\delta^{15}\text{N}$ et $\delta^{13}\text{C} \pm \text{es}$ = erreur standard (es = sd / \sqrt{n} , où sd = déviation standard et n = nombre d'échantillons) des principales espèces de macrophytes des groupes de chlorobiontes (en vert), rhodobiontes (en rouge) et chromobiontes (en marron) de la côte roumaine

4. DISCUSSION

Les macrophytes sont rares ou parfois absents dans le nord de la côte roumaine à cause de la forte sédimentation et de la turbidité induite par les apports du Danube, ainsi que du substrat vaseux. Ils sont plus présents dans le sud, surtout à faible profondeur (PETRANU, 1997).

Les variations des signatures en isotopes stables observées chez les différentes espèces de macrophytes analysées peuvent être influencées par leur morphologie et leur physiologie, par les pigments photosynthétiques, ainsi que par la matière dissoute disponible pour la synthèse organique ainsi que par les variations des conditions environnementales auxquelles les espèces sont soumises (DESCOLAS-GROS, 1985). Les espèces appartenant aux groupes des chlorobiontes (« algues vertes »), rhodobiontes (« algues rouges ») et chromobiontes (« algues brunes ») (LECOINTRE et GUYADER, 2006) ont des mécanismes photosynthétiques et des pigments différents (DESCOLAS-GROS, 1985). Elles présentent ainsi des signatures isotopiques très variées.

Tableau 2 Résultats des tests statistiques sur l'influence des facteurs zone et saison sur les $\delta^{15}\text{N}$ et $\delta^{13}\text{C}$ des macrophytes de la côte roumaine. La zone ou la saison pour laquelle le facteur a pu être analysé est indiquée entre parenthèses. F = test Anova ; H = test non-paramétrique Kruskal-Wallis ; Test N-K = Test Newman-Keuls ; N = Nord ; S = Sud ; A = Automne ; P = Printemps ; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; ns = non significatif

Espèces	Facteurs	$\delta^{15}\text{N}$		Test N-K	$\delta^{13}\text{C}$		Test N-K
		F, H	p		F	p	
<i>Bryopsis plumosa</i>	zone (printemps)	F = 2,2	ns		H = 2,7	ns	
	saison (sud)	F = 5,3	ns		H = 2,4	ns	
<i>Cladophora vagabunda</i>	zone (automne)	H = 2,4	ns		H = 2,4	ns	
	saison (nord)	H = 2,4	ns		H = 2,4	ns	
<i>Ulva intestinalis</i>	zone (printemps)	H = 5,3	*	N < S	F = 7,5	*	N > S
	saison (sud)	F = 10,4	*	P > A	F = 6,5	ns	
<i>Ulva rigida</i>	zone (printemps)	H = 4,0	ns		F = 0,2	ns	
	saison (sud)	H = 3,0	ns		F = 11,8	*	P < A
<i>Ceramium rubrum</i>	zone (printemps)	F = 0,2	ns		F = 0,2	ns	
	zone (automne)	H = 3,5	ns		F = 12,4	*	N < S
	saison (nord)	F = 4,1	ns		F = 0,1	ns	
	saison (sud)	H = 6,6	*	P < A	F = 9,6	*	P < A
<i>Phyllophora pseudoceranoïdes</i>	zone (printemps)	H = 0,9	ns		H = 0,0	ns	
<i>Cystoseira barbata</i>	zone (printemps)	H = 2,7	ns		F = 329,8	**	N < S
	saison (sud)	F = 1,2	ns		H = 0,0	ns	
<i>Scytosiphon lomentarius</i>	zone (printemps)	H = 2,4	ns		H = 0,0	ns	

Le phytoplancton marin montre des valeurs en $\delta^{15}\text{N}$ plus faibles que celles des macrophytes marins benthiques (BĂNARU *et al.*, 2007) et BODE *et al.* (2006) justifie cela par une plus grande influence des apports anthropiques sur ces derniers. Les valeurs élevées en $\delta^{15}\text{N}$ des macrophytes sont probablement dues au fait que les isotopes plus légers sont utilisés en premier par le phytoplancton et que, par défaut, les macrophytes vont assimiler plutôt les isotopes lourds (THORNER *et al.*, 2007).

C'est ce même mécanisme qui pourrait expliquer d'ailleurs que, suite aux développements très importants du phytoplancton sur la côte roumaine, l'ensemble du réseau trophique présente des valeurs élevées en $\delta^{15}\text{N}$ (BĂNARU et HARMELIN-VIVIEN, 2007). Ces valeurs sont largement plus élevées que dans d'autres systèmes plus oligotrophes comme par exemple le golfe du Lion en Méditerranée nord-occidentale (DARNAUDE *et al.*, 2004 ; BĂNARU et HARMELIN-VIVIEN, 2007).

Les variations spatiales et saisonnières des signatures en isotopes stables des macrophytes présentent des tendances similaires à celles de la MOP de l'eau de mer de surface, avec des valeurs plus faibles dans le nord que dans le sud, et plus faibles au printemps qu'en automne.

Comme pour le phytoplancton marin, les apports en matière organique dissoute (MOD) du Danube influencent fortement les valeurs en isotopes stables des macrophytes dans le nord de la côte roumaine.

5. CONCLUSION

Cette étude a mis en évidence des variations spécifiques, spatiales et temporelles significatives des signatures en isotopes stables chez les producteurs primaires benthiques de la côte roumaine. Ceci montre l'importance d'analyser chaque espèce qui pourrait contribuer à l'alimentation des organismes marins dans les mêmes lieux et aux mêmes saisons que les consommateurs éventuels, dans le but de mieux comprendre l'utilisation de ces sources de matière organique particulière dans les réseaux trophiques.

BIBLIOGRAPHIE

- BĂNARU D., HARMELIN-VIVIEN M., 2007 - Variations spatio-temporelles de la signature en isotopes stables ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$) des eaux du Danube et des communautés marines sur les côtes roumaines de la mer Noire. *Cybium*, 31(2): 167-174.
- BĂNARU D., HARMELIN-VIVIEN M., GOMOIU M.-T., ONCIU T.-M., 2007 - Influence of the Danube River inputs on C and N stable isotope ratios of the Romanian coastal waters and sediment (Black Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 54: 1385-1394.
- BODE A., ALVAREZ-OSSORIO M.T., VARELA M., 2006 - Phytoplankton and macrophyte contributions to littoral food webs in the Galician upwelling estimated from stable isotopes. *Marine Ecology Progress Series*, 318: 89-102.
- CABANA G., RASMUSSEN J.B., 1994 - Modelling food chain structure and contaminant bioaccumulation using stable nitrogen isotopes. *Nature*, 372: 255-257.
- DARNAUDE A.M., SALEN-PICARD C., POLUNIN N.V.C., HARMELIN-VIVIEN M.L., 2004 - Trophodynamic linkage between river run-off and coastal fishery yield elucidated by stable isotope data in the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *Oecologia*, 138: 325-332.

- DESCOLAS-GROS C., 1985 - La fixation du carbone inorganique par le phytoplancton marin: données bibliographiques sur les carboxylases et le rapport isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. *Vie Milieu*, 35: 33-41.
- FRY B., ANDERSON R.K., ENTZEROTH L., BIRD J.L., PARKER P.L., 1984 - ^{13}C enrichment and oceanic food web structure in the northern gulf of Mexico. *Contribution in Marine Science*, 27: 49-63.
- LECOINTRE G., LE GUYADER H., 2006 - *Classification phylogénétique du vivant*. Berlin, Paris, 560 pp.
- MAKSYMOWSKA D., RICHARD P., PIEKAREK-JANKOWSKA H., RIERA P., 2000 - Chemical and isotopic composition of the organic matter sources in the Gulf of Gdansk (Southern Baltic Sea). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 51: 585-598.
- PARSONS T. R., 1975 - Particulate organic carbon in the sea. In: *Chemical Oceanography*, Riley J. P. et Skirrow G. (eds.), Academic Press, London, 2: 356-385.
- PETRANU A., 1997 - Black Sea Biological Diversity - Romania. *Black Sea Environmental Series*. United Nations Publications, vol. 4, 354 pp.
- SCRIMGEOUR C.M., ROBINSON D., 2003 - Stable isotope analysis and applications. In: *Soil and Environmental Analysis: Modern Instrumental Techniques*. Smith K. A. and Cresser M. S. (eds.), Marcel Dekker Inc., pp 381-431.
- THORNER C.S., DIMILLA P., NIXON S.W., MCKINNEY R.A., 2008 - Natural and anthropogenic nitrogen uptake by bloom-forming macroalgae. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 261-269.
- VANDER ZANDEN M.J., RASMUSSEN J.B., 2001 - Variation in $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ trophic fractionation: Implications for aquatic food web studies. *Limnology and Oceanography*, 46: 2061-2066.