

# UTILISATION DES SIGNATURES EN ISOTOPES STABLES ( $\delta^{13}\text{C}$ ET $\delta^{15}\text{N}$ ) EN MER NOIR – NOUVELLE APPROCHE POUR LA COMPREHENSION DE L'INFLUENCE DES APPORTS TERRESTRES DU DANUBE SUR LES ÉCOSYSTÈMES MARINES

USE OF STABLE ISOTOPE SIGNATURES ( $\delta^{13}\text{C}$  &  $\delta^{15}\text{N}$ ) IN THE BLACK SEA DANUBIAN AREA  
– NEW APPROACH FOR UNDERSTANDING THE INFLUENCE OF TERRESTRIAL DIS-  
CHARGE UPON THE MARINE ECOSYSTEM

DANIELA BĂNARU<sup>(1)</sup>, MIREILLE HARMELIN-VIVIEN<sup>(1)</sup>, MARIAN-TRAIAN GOMOIU<sup>(2)</sup>

(1) Oceanologic Centre of Marseille UMR CNRS 6540, Station Marine d'Endoume 13007 Marseille

(2) Ovidius University of Constanta, Natural Sciences Department, 124 Mamaia 900527 Blvd, Constanta

banaru@com.univ-mrs.fr, harmelin@com.univ-mrs.fr, mtg@cier.ro

---

**Abstract.** Coastal marine zones located in front of large rivers are of major biological interest. In these areas, the origin of the organic matter is complex and highly variable. The continental inputs, added to the nutrients already present in the marine environment, influence considerably the productivity and functioning of the ecosystems. Used for the first time in aquatic ecology on the Romanian coast, the proportion of stable isotopes of carbon ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) and nitrogen ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) allowed the identification of the organic material sources (terrestrial and marine) as well as the analysis of the food webs due to the predictable isotopic relation between consumers and their food. Preliminary analyses of stable isotopes of the particulate organic matter POM of the Danube water as well as marine POM, sediments and marine organisms were made on 186 samples collected at 10 stations in October 2004. The identification of the isotopic signatures of the main sources of organic material (terrestrial and marine) was achieved along with those of some groups of marine organisms present in this area (macrophytes, bivalves, polychaetes, amphipods, macrurans, brachyurans and fish). The results obtained in the Black Sea were compared with those of the Mediterranean Sea seawards the Rhone river and showed that the isotopic signatures of the two river POM were close to each other, whereas they largely differed in marine phytoplankton and macrophytes.

**Key words:** Black Sea, stable isotopes, terrestrial organic matter, marine organisms

---

## INTRODUCTION

Les zones côtières à proximité de l'embouchure des grands fleuves se rangent parmi les écosystèmes les plus productifs de la planète (Mann, 1982) et à forte valeur économique (Costanza *et al.*, 1997). Par leurs apports en éléments nutritifs dissous et particulaires, les fleuves contribuent à l'enrichissement des communautés planctoniques et benthiques et jouent un rôle majeur dans le fonctionnement des écosystèmes marins côtiers.

Le Danube, deuxième grand fleuve d'Europe après la Volga avec un débit moyen de  $6000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , représente 38% des apports d'eau douce à la mer Noire (Panin, 1997). Son delta, situé entre le nord du Dobruja en Roumanie et le sud de l'Ukraine, influence la sédimentation et la vie marine dans

l'ensemble du nord-ouest de la Mer Noire (Gomoiu, 1996). Sur les côtes roumaines de la Mer Noire les grandes quantités de nutriments amenées annuellement par le Danube (Chirea et Gomoiu, 1986), ainsi que l'étendue de la plate-forme continentale offrent des conditions trophiques optimales pour le développement des organismes marins.

Des relations entre les apports terrestres, la production primaire et les pêcheries pélagiques et démersales ont été démontrées dans différentes régions du globe (Cushing, 1995 ; Yanez *et al.*, 1998 ; Harmelin-Vivien et Salen-Picard, 2002 ; Salen-Picard *et al.*, 2002). En Méditerranée nord-occidentale, l'intégration de la MOP continentale du Rhône dans le réseau trophique de poissons démersaux, comme la sole commune *Solea solea*, a été mise en évidence grâce à l'utilisa-

tion des isotopes stables du carbone et de l'azote (Darnaude, 2003 ; Darnaude *et al.*, 2004).

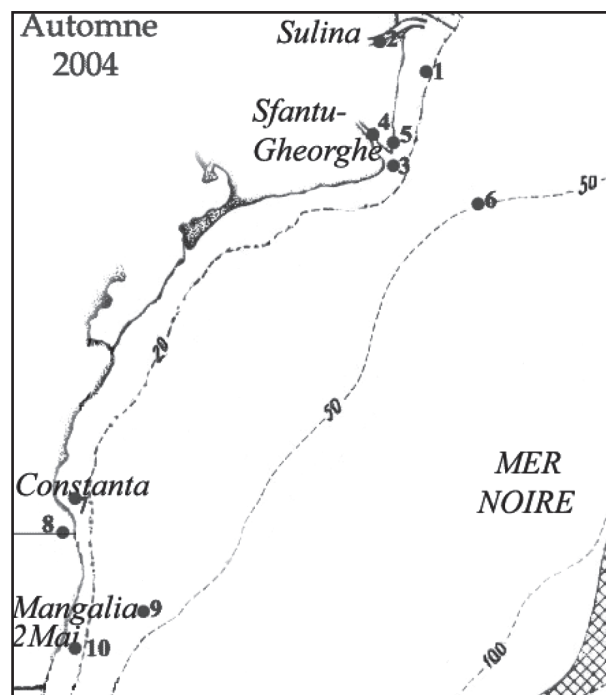
Les rapports des isotopes stables du carbone ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) et de l'azote ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) sont utilisés en écologie comme traceurs de l'origine et du cheminement de la matière ingérée par les organismes dans les réseaux trophiques aquatiques (Peterson et Fry, 1987 ; Vander Zanden *et al.*, 1999). Les différentes sources de production primaire d'origine marine (phytoplancton, micro et macrovégétaux benthiques, phanérogames marines) et terrestre (débris végétaux divers) qui existent dans les écosystèmes marins, présentent des compositions en isotopes stables différentes (Riera *et al.*, 1999 ; Kerhervé *et al.*, 2001) car elles dépendent non seulement de la composition isotopique des éléments minéraux nutritifs originels, mais également des cycles biochimiques utilisés au cours de la synthèse de la matière organique. Une fois fixée dans la matière organique, la composition isotopique ne subit que de faibles variations lors des processus de dégradation et des transferts dans les chaînes alimentaires (Ostrom et Fry, 1993). C'est sur cette relation étroite qu'est basée l'utilisation des abondances naturelles en isotopes stables pour l'étude des relations trophiques dans les milieux naturels. Il existe cependant, quel que soit l'élément, une légère différence de composition isotopique entre un animal et sa nourriture, le consommateur étant très généralement enrichi en isotope lourd par rapport à sa nourriture. L'enrichissement est faible pour le carbone de l'ordre de 1‰ et ne dépassant jamais 2‰ (De Niro et Epstein, 1978 ; Peterson et Fry, 1987 ; Pinnegar et Polunin, 1999 ; Vander Zanden et Rasmussen, 2001). Du fait de cette forte conservation de la composition isotopique en carbone de la proie au prédateur, la connaissance de  $\delta^{13}\text{C}$  d'un animal et des sources potentielles de nourriture permet de déterminer l'origine principale de la matière organique ingérée par cet organisme au cours de sa croissance. Pour l'azote, l'enrichissement en isotope lourd est plus important. Il varie suivant les organismes mais le  $\delta^{15}\text{N}$  d'un animal montre un enrichissement de 2.5-4.5‰ (en moyenne 3,4‰) par rapport à sa nourriture (De Niro et Epstein, 1981 ; Minagawa et Wada, 1984 ; Vander Zanden et Rasmussen, 2001). Lorsque ce fractionnement constant est pris en compte, les signatures isotopiques en azote sont également de bons indicateurs de l'origine de la matière organique (Darnaude, 2003). Il est alors possible de suivre la signature de ces différentes sources de nourriture au sein des réseaux trophiques en étudiant la composition en isotopes stables des invertébrés (Dauby, 1995 ; Riera et Richard, 1996, 1997) et des poissons (Pinnegar et Polunin, 1999, 2000 ; Dufour et Gerdeaux, 2001).

La technique d'analyse des isotopes stables (AIS) est utilisée pour la première fois en écologie marine sur le littoral roumain. Les résultats préliminaires présentés ici mettent en valeur les signatures isotopiques des deux principales sources de MOP (terrestre et marine), ainsi que celles de quelques groupes d'organismes marins présents dans cette zone (macrophytes, bivalves, polychètes, amphipodes, macroures,

brachyures et différentes espèces de poissons). Ces résultats seront complétés par la suite et leur interprétation statistique confrontée aux résultats des analyses des contenus stomacaux des poissons. Ceci permettra de comprendre les réseaux trophiques des poissons étudiés sur les côtes roumaines et de comparer les résultats obtenus au large du Rhône avec ceux observés au large du Danube.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les zones d'étude sont situées au nord-ouest de la Mer Noire aux embouchures du Danube à Sulina et à Sf. Gheorghe, mais aussi au sud des côtes roumaines à Constanta, Mangalia et 2 Mai (Fig. 1). L'échantillonnage a été réalisé en octobre 2004 en période d'étiage du fleuve (Bondar, 1977 ; Serpoianu & Nae, 1984).



**Fig. 1** L'emplacement des stations d'échantillonnage sur les côtes roumaines en octobre 2004

Les compartiments prélevés sont : l'eau du Danube, l'eau de surface en mer aux stations étudiées, le sédiment superficiel, l'endofaune et certaines espèces de poissons (Tableau 1).

Les principales étapes du traitement des échantillons en vue des analyses isotopiques sont :

- Récolte des échantillons : eau du fleuve, eau de mer de surface, sédiment de surface, endofaune et poissons. Congélation des échantillons pour conservation et transport.
- Préparation des filtres et filtration de l'eau et pour l'analyse de M.E.S (Aminot & Chaussepied, 1983).
- Mesure et pesée des poissons. Dissection des poissons pour prélèvement des échantillons de muscle blanc et des contenus stomacaux. Étude des contenus stomacaux des poissons (conservés dans du formaldéhyde 5%

neutralisé); identification et comptage des proies à l'aide d'une loupe binoculaire.

- Lyophilisation du muscle blanc des poissons, de l'endofaune et du sédiment.
- Décalcification des filtres, du sédiment et de l'endofaune à squelette calcaire.
- Préparation des échantillons en vue des analyses isotopiques.
- Envoi des échantillons pour les analyses isotopiques. Interprétation des résultats.

**Tableau 1** La liste des compartiments étudiés, des engins utilisés pour les prélèvements, du matériel récolté ainsi que les différents types d'analyses effectuées sur les échantillons prélevés sur le Danube ainsi que sur les côtes roumaines.

Compartiment étudié	Engins de prélèvement	Matériel récolté	Types d'analyses
<b>DANUBE (2 sites): Sulina et Sf. Gheorghe</b>			
• Eau du fleuve	Filtration	MES	Analyse MES Analyses isotopiques C (décalcification) N (sans traitement)
<b>EN MER (4 sites) : Zone Nord, Zone Sud</b>			
• Eau de surface	Filtration	MES	Teneur en MES Analyses isotopiques C (décalcification) N (sans traitement)
• Sédiment de surface	Drague (50/30cm)	Sédiment	Granulométrie Analyses isotopiques C (décalcification) N (sans traitement)
• Endofaune	Drague (50/30cm)	• Polychètes, mollusques (parties molles). • Crustacés.	Tri des différents groupes • Analyses isotopiques (C et N ensemble). • Analyses isotopiques C (décalcification) N (sans traitement)
• Poissons	Chaluts, lignes, bordigues	• Muscle blanc • Tube digestif:	• Analyses isotopiques (C et N ensemble). • Étude alimentation

**Tableau 2** Signature en isotopes stables ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  et  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) de la MOP de l'eau du Danube et de la MOP marine ainsi que du sédiment aux large des embouchures.

	Station	no	delta PDB $\pm$ SD (‰)	delta N $\pm$ SD (‰)
MOP	Sulina-Danube	6	-26.37 $\pm$ 0.36	3.35 $\pm$ 0.01
	Sf. Gh Danube	6	-26.71 $\pm$ 0.23	4.07 $\pm$ 0.54
	Sf. Gh 5m	6	-26.22 $\pm$ 0.30	5.37 $\pm$ 1.09
	2 Mai 1m	6	-21.67 $\pm$ 0.81	9.29 $\pm$ 1.26
	Mangalia 35m	6	-20.43 $\pm$ 0.10	11.07 $\pm$ 0.46
Sédiment	Sulina 18m	6	-23.88 $\pm$ 2.68	3.63 $\pm$ 0.54
	Sf. Gh 35m	6	-23.53 $\pm$ 1.15	4.68 $\pm$ 0.30

Les analyses isotopiques en  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  ont été effectuées au Scottish Crop Research Institute (U.K.). Les compositions isotopiques des différents échantillons ont été déterminées par spectrométrie de masse isotopique en flot continu à combustion assistée par un analyseur élémentaire (EA- IRMS, Europa Scientific "ANCA-SL/PDZ 20-20" system) (Barrie et Prosser, 1996). Les ratios isotopiques en carbone et en azote fournis par le système sont exprimés, selon la norme internationale, en  $\delta$  (‰) :

$$\delta X (\text{‰}) = [(R_{\text{échantillon}} / R_{\text{référence}}) - 1] \times 1000,$$

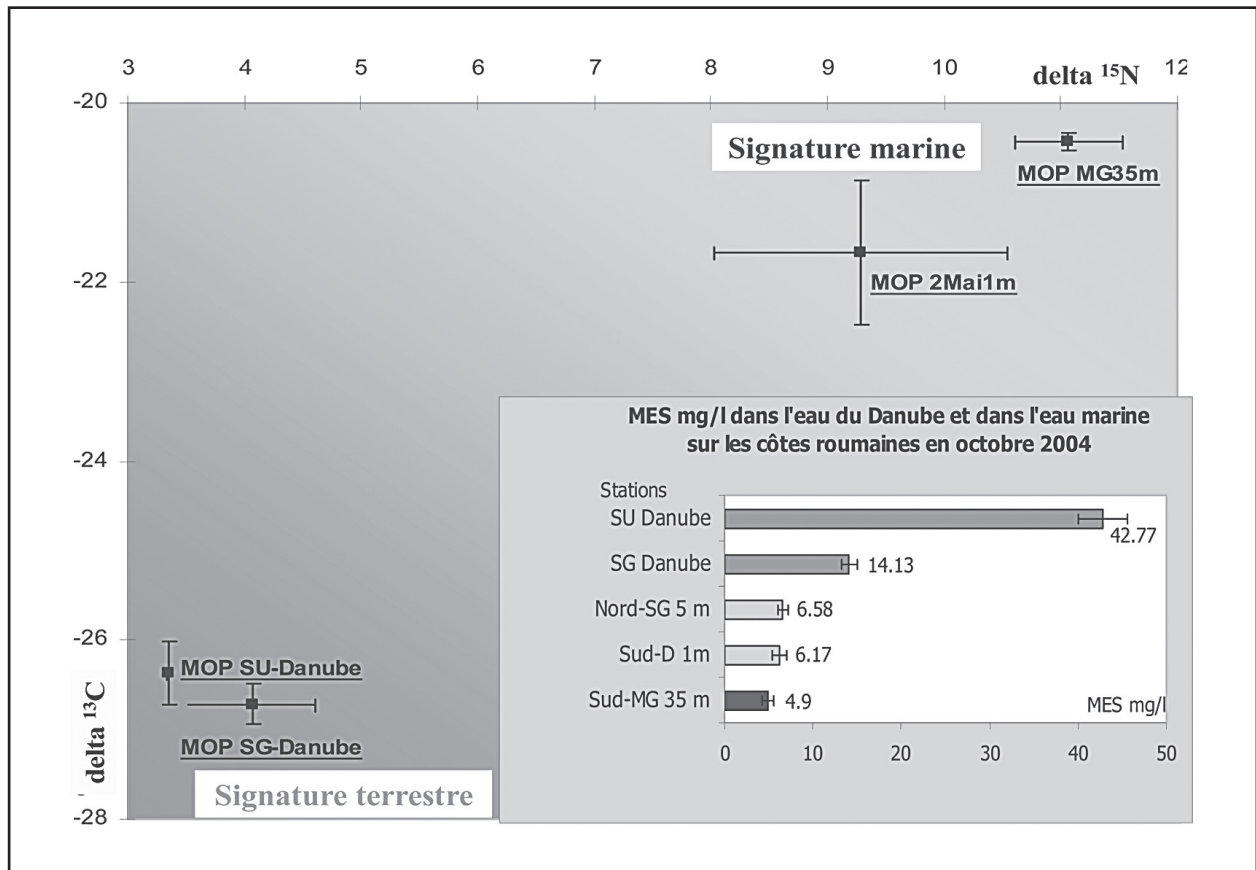
où X correspond soit à  $^{15}\text{N}$  soit à  $^{13}\text{C}$  et R représente le ratio isotopique  $^{15}\text{N} / ^{14}\text{N}$  ou  $^{13}\text{C} / ^{12}\text{C}$ . La référence internationale pour l'azote est le  $\text{N}_2$  atmosphérique et pour le carbone, le PDB qui est un rostre de Belemnite fossile provenant de la Pee Dee Formation aux Etats-Unis.

## RESULTATS

Les 186 résultats des analyses des isotopes stables  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  effectués sur des échantillons prélevés dans les 10 stations étudiées mettent en valeur les signatures des différents compartiments : l'eau du fleuve, l'eau marine, le sédiment, ainsi que celles des organismes.

La signature moyenne de la MOP du Danube en octobre 2004 a été de -26.54 ‰ pour le  $\delta^{13}\text{C}$  et de 3.71 ‰ pour le  $\delta^{15}\text{N}$ . Elle présente des valeurs légèrement différentes sur les bras Sulina et Sf. Gheorghe (Tableau 2). La signature moyenne du fleuve est donnée par les détritiques provenant des végétaux terrestres (plantes en C3 et C4) ainsi que par le phytoplancton dulçaquicole. Elle peut varier selon la saison et le débit du fleuve.

La signature de l'eau de mer aux embouchures du Danube présente des valeurs légèrement plus élevées en  $\delta^{13}\text{C}$  (-26.22‰) et  $\delta^{15}\text{N}$  (5.37‰), mais les valeurs restent assez proches de celles du fleuve. Dans le sud des côtes roumaines à 2Mai et à Mangalia, la signature est de -21.67‰ en  $\delta^{13}\text{C}$  et 9.29‰ en  $\delta^{15}\text{N}$  à la côte et de -20.43‰ en  $\delta^{13}\text{C}$  et 11.07‰ en  $\delta^{15}\text{N}$  au large. La signature marine au sud est beaucoup plus élevée en  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  que la signature de la MOP du fleuve et des zones proches des embouchures. Cette signature correspond à celle de l'ensemble des compartiments : phytoplancton, particules en suspension, bactérioplancton qu'on ne peut pas séparer.



**Fig. 2** Représentation des signatures en isotopes stables  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  du fleuve (MOP = matière organique particulaire, SU = Sulina, SG = Sf. Gheorghe) et des stations au sud des côtes roumaines (MG = Mangalia, D = 2Mai) ainsi que de la variation de la charge en matière organique en suspension MES dans les stations.

L'influence de la matière organique terrestre diminue du nord vers le sud avec l'éloignement aux embouchures du fleuve ainsi que de la côte vers le large (Fig. 1).

L'analyse de la matière organique en suspension MES (Fig. 1) montre des valeurs élevées dans l'eau du fleuve à Sulina (42.77 mg/l) et à Sf. Gheorghe (14.33 mg/l) et plus faibles en mer au large des embouchures à Sf. Gheorghe (6.58 mg/l) et dans le sud près de la côte à 2Mai (6.17 mg/l) et au large à Mangalia (4.9 mg/l). Les valeurs plus élevées à la côte à 2Mai sont très probablement dues à l'hydrodynamisme côtier qui favorise la mise en suspension des particules. La charge en MES diminue assez rapidement au large des embouchures où il y a une forte sédimentation.

La signature moyenne du sédiment aux embouchures du Danube est de  $-23.71\text{‰}$  pour le  $\delta^{13}\text{C}$  et de  $4.16\text{‰}$  pour le  $\delta^{15}\text{N}$  avec une variation importante pour le  $\delta^{13}\text{C}$  entre la côte et le large. Elle est donnée par les particules terrestres amenées par le fleuve ainsi que par les organismes marins morts dégradés. La signature du sédiment augmente en delta N et delta C en s'éloignant des embouchures avec la diminution de l'influence terrestre.

En ce qui concerne l'endofaune quelques espèces seulement ont été échantillonnées. La base de données sera com-

plétée par la suite avec d'autres espèces. Leur signature en isotopes stables varie selon l'espèce et la localisation (Tableau 3). Il semble que certains groupes d'organismes utilisent plus la matière terrestre comme les amphipodes et les polychètes, par rapport à d'autres qui ont des signatures plus marines comme : les bivalves, les macroures et les brachyures (Fig. 2).

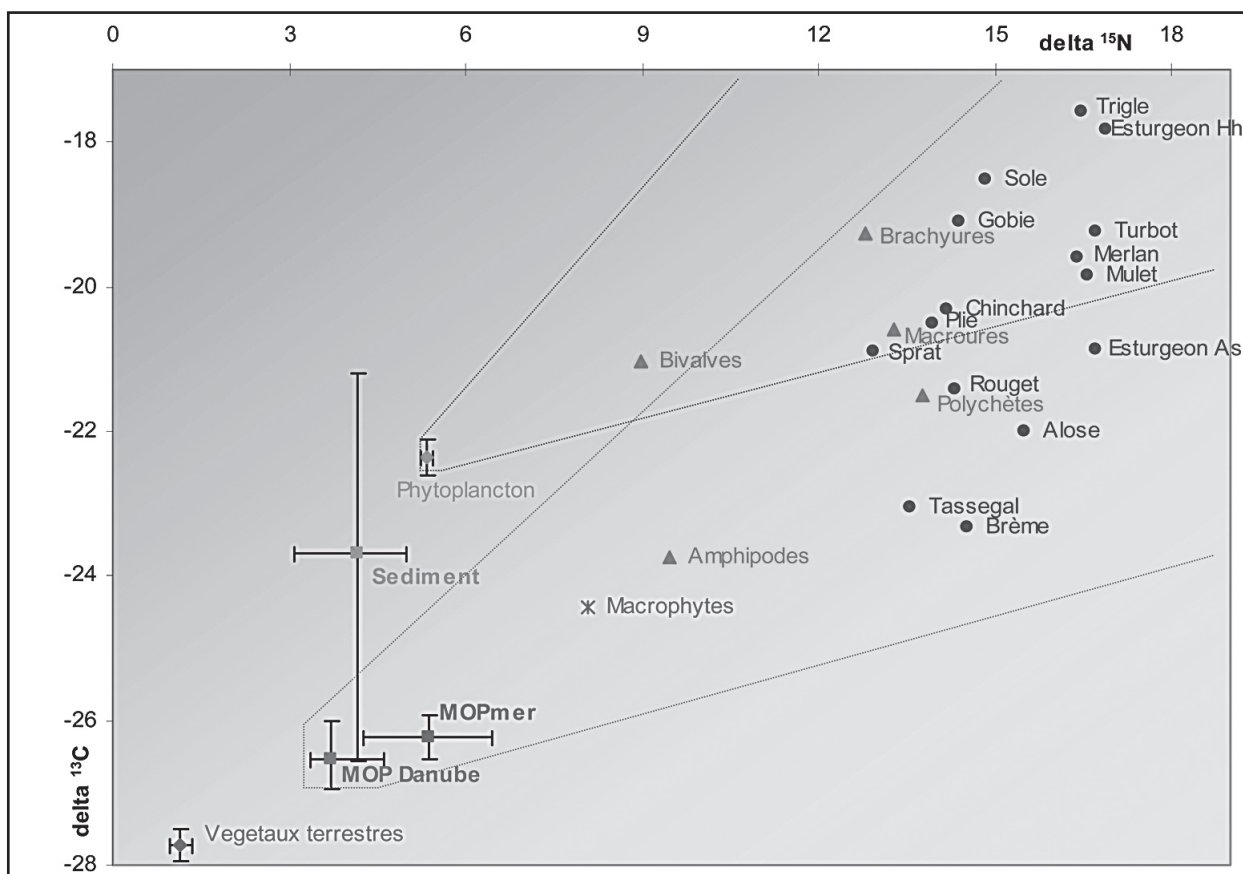
L'intégration de ces organismes dans les chaînes trophiques des poissons va faire que certaines espèces de poissons vont avoir des influences plutôt terrestres (brème, tassergal, alose, rouget, esturgeon *Acipenser stellatus*) ou marines (gobie, sole, trigle, esturgeon *Huso huso*, sprat, chinchard, plie, turbot, mullet, merlan) (Tableau 4, Fig. 2).

La signature en isotopes stables des poissons va présenter des variations en fonction de la taille des individus, de la profondeur de récolte, de la localisation par rapport au Danube et de la saison.

Parmi les espèces prélevées se trouve aussi la brème *Vimba vimba carinata*, (Pallas, 1811) (ro., morunas), poisson d'eau douce qui a été récolté en mer aux embouchures à Sf. Gheorghe. Cette espèce présente une signature terrestre et a été analysée pour la comparaison avec les signatures des poissons marins.

**Tableau 3** Groupes, espèces et stations de récolte des échantillons d'endofaune ainsi que leurs signatures en isotopes stables  $\delta^{15}\text{N}$ (‰) et  $\delta^{13}\text{C}$ (‰)

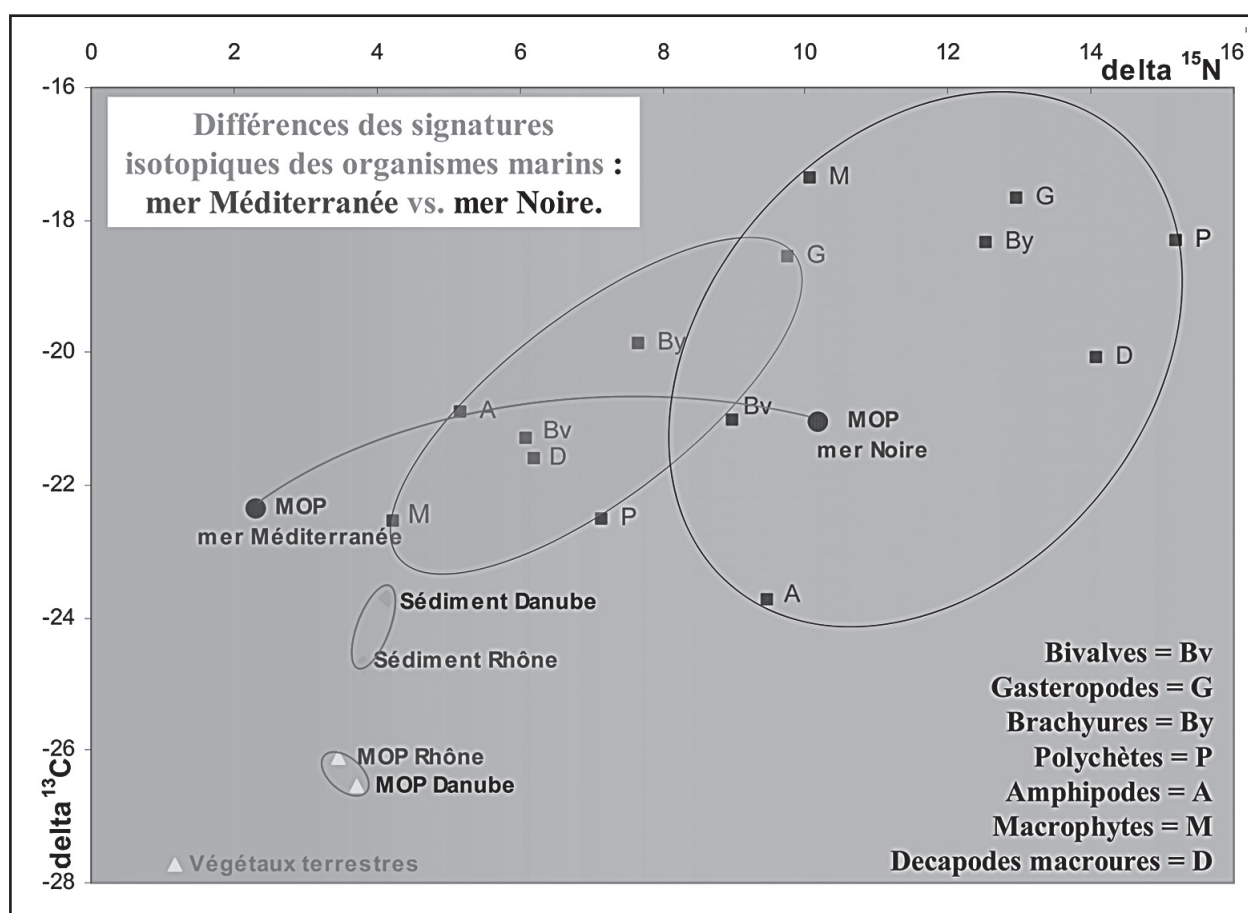
Espèces / Station			Sf. Gheorghe 5m	Sf. Gheorghe 35m	Constanta 5m	Mangalia 30m	2 Mai 5m
Bivalves	<i>Mytilus sp.</i>	$\delta^{15}\text{N}$			10.59 + 0.30	9.89 + 0.49	
		$\delta^{13}\text{C}$			-20.38 + 0.30	-19.95 + 0.24	
	<i>Cardium sp.</i>	$\delta^{15}\text{N}$	8.98				
		$\delta^{13}\text{C}$	-21.03				
Gastéropodes	<i>Rapana sp.</i>	$\delta^{15}\text{N}$			12.96 + 0.05		
		$\delta^{13}\text{C}$			-17.68 + 0.24		
Décapodes	<i>Crangon sp.</i>	$\delta^{15}\text{N}$	13.27 + 0.31	14.91			
		$\delta^{13}\text{C}$	-20.60 + 0.45	-19.57			
Brachyures	<i>Liocarcinus holsatus</i>	$\delta^{15}\text{N}$		12.53			
		$\delta^{13}\text{C}$		-18.33			
Polychètes	<i>Nereis sp.</i>	$\delta^{15}\text{N}$			15.20 + 0.49		
		$\delta^{13}\text{C}$			-18.32 + 0.50		
Amphipodes	<i>Euxinia sp.</i>	$\delta^{15}\text{N}$	9.48 + 0.24				
		$\delta^{13}\text{C}$	-23.74 + 0.02				
Macrophytes	<i>Ulva sp.</i>	$\delta^{15}\text{N}$					11.36
		$\delta^{13}\text{C}$					-18.26
	<i>Ceramium sp.</i>	$\delta^{15}\text{N}$					11.05
		$\delta^{13}\text{C}$					-17.17
	<i>Cystoseira sp.</i>	$\delta^{15}\text{N}$					7.79
		$\delta^{13}\text{C}$					-16.65



**Fig. 3** Représentation d'un réseau trophique au large du Danube dans la zone nord des côtes roumaines en octobre 2004.

**Tableau 4** Espèces et noms communs des poissons analysés (www.fishbase.org), nombre d'individus analysés et leurs signatures en isotopes stables  $\delta^{15}\text{N}$  et  $\delta^{13}\text{C}$ 

Espèce	No.	delta $^{15}\text{N}$ (‰)	delta $^{13}\text{C}$ (‰)
<i>Psetta maxima maeotica</i> (Linnaeus, 1758) - turbot	6	16.70 + 0.55	-19.25 + 0.57
<i>Solea nasuta</i> (Risso, 1810) - sole	1	14.84	-18.53
<i>Pleuronectes flesus luscus</i> (Linnaeus, 1758) - plie	1	13.92	-20.52
<i>Trigla lucerna</i> (Linnaeus, 1758) - trigle	1	16.45	-17.59
<i>Mullus barbatus</i> (Linnaeus, 1758) - rouget	3	14.32 + 0.33	-21.42 + 1.45
<i>Apollonia melanostomus</i> (Pallas, 1811) - gobie	18	14.48 + 0.49	-18.80 + 0.60
<i>Blennius sanguinolentus</i> (Pallas, 1811) - blennie	1	14.89	-17.49
<i>Liza aurata</i> (Risso, 1810) - mullet	2	15.66 + 1.84	-18.41 + 0.07
<i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758) - mullet	2	16.57 + 0.01	-19.84 + 0.01
<i>Merlangius merlangus euxinus</i> (Nordmann, 1840) - merlan	6	16.40 + 0.61	-19.61 + 0.53
<i>Acipenser stellatus</i> (Pallas, 1771) - esturgeon	4	16.71 + 0.82	-20.88 + 1.86
<i>Huso huso</i> (Linnaeus, 1758) - esturgeon	2	16.87 + 0.65	-17.82 + 0.55
<i>Pomatomus saltatrix</i> (Linnaeus, 1766) - tassergal	2	13.57 + 0.70	-23.04 + 1.02
<i>Trachurus mediterraneus ponticus</i> (Aleev, 1956) – chinchard	11	14.19 + 0.84	-20.32 + 0.94
<i>Sprattus sprattus</i> (Linnaeus, 1758) - sprat	10	12.94 + 0.85	-20.89 + 0.01
<i>Alosa caspia nordmani</i> (Antipa, 1904) - alose	6	15.48 + 1.91	-22.01 + 1.21
<i>Vimba vimba carnata</i> (Pallas, 1811) - brème	5	14.54 + 0.58	-23.32 + 1.40

**Figure 4** Représentation des signatures des sources de MOP ainsi que de quelques groupes d'organismes au large du Danube en mer Noire et du Rhône en Méditerranée

La plupart des échantillons ont été prélevés dans la zone du nord au large des embouchures du Danube. La représentation d'un réseau trophique basé sur les deux sources de matière terrestre et marine a été réalisée dans la figure 2. Les lignes correspondent aux croissances trophiques de 1‰ à 2‰ en  $\delta^{13}C$  et de 2.5‰ à 4.5‰ en  $\delta^{15}N$  (voir l'introduction) et montrent les limites des signatures en isotopes stables dans le cas des transferts trophiques de la matière organique exclusivement terrestre ou marine. La valeur estimée de la signature du phytoplancton correspond à la moyenne des valeurs existantes dans la bibliographie.

On remarque que l'ensemble des organismes marins est fortement influencé par la signature terrestre de la MOP du Danube. La comparaison des signatures en  $\delta^{13}C$  des poissons analysés avec les données existantes dans la bibliographie (poissons d'eau douce  $\delta^{13}C = -19.7 \pm 4.5$  ‰ et poissons marins  $\delta^{13}C = -12.5 \pm 1.4$  ‰) montre que les signatures des poissons marins sur les côtes roumaines de la Mer Noire (moyenne  $\delta^{13}C = -20.06 + 2.98$  ‰) peuvent être considérées pratiquement d'eau douce.

Les résultats des signatures trouvées en Mer Noire au large du Danube ont été comparés aux celles de la bibliographie existante concernant le nord-ouest de la Méditerranée aux embouchures du Rhône (Darnaude *et al.*, 2004) afin d'observer d'éventuelles différences ou similitudes entre les deux systèmes (Fig. 4). Les sources de ces deux fleuves se trouvent presque dans la même région et leurs débits sont influencés par le régime des précipitations de l'Europe centrale. Le débit et la charge du Danube sont beaucoup plus importants que ceux du Rhône, ainsi que son impact sur le milieu marin.

Les signatures de la MOP des deux fleuves ainsi que celles du sédiment au large des embouchures présentent des valeurs similaires (Figure 3). La signature de la MOP marine est pourtant très différente entre la Mer Noire et la Méditerranée nord-occidentale. Ceci est probablement dû aux différences de composition du phytoplancton, des activités bactériennes ainsi que des conditions de l'environnement. Cette différence de signature de la MOP marine se répercute sur les groupes d'organismes qui ont des signatures en isotopes stables différentes dans les deux mers.

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'analyse des isotopes stables utilisée pour la première fois sur le littoral roumain de la Mer Noire, est un outil pertinent pour étudier l'influence de la matière terrestre sur les ressources marines.

L'objectif de cette étude préliminaire est l'identification des signatures isotopiques de l'eau du Danube, de l'eau marine, du sédiment ainsi que de certains organismes situés dans le nord-ouest de la Mer Noire.

Les amphipodes et les polychètes utilisent plus la matière d'origine terrestre que les macroures, les brachyures et les bivalves qui ont une signature essentiellement marine. La matière terrestre semble influencer les réseaux trophiques de certains poissons (brème, tassergeral, alose, rouget, esturgeon *Acipenser sp.*), alors que d'autres présentent une influence des deux sources (trigle, sole, gobie, esturgeon *Huso sp.*, sprat, plie, chinchard, merlan, mullet, turbot). Leurs signatures isotopiques sont différentes selon leur régime alimentaire et leur localisation.

Les résultats préliminaires démontrent une influence forte de la matière organique particulière du Danube sur les compartiments marins (eau, sédiment et organismes) des côtes roumaines. L'influence du Danube diminue du nord vers le sud dans le sens du courant général.

Par la suite, l'analyse conjuguée des régimes alimentaires des poissons et de leurs signatures en isotopes stables ( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$ ) permettra de connaître le cheminement de la MOP continentale au sein des réseaux trophiques étudiés et de déterminer son rôle dans le fonctionnement des écosystèmes marins situés au large du delta du Danube.

La comparaison des écosystèmes marins influencés par le Danube (Mer Noire) et le Rhône (Mer Méditerranée) montre que les signatures de la MOP des deux fleuves sont très voisines de même que celles des sédiments de leurs prodeltas respectifs. Cependant les  $\delta^{15}N$  de la MOP des eaux marines de même que ceux des macrophytes diffèrent fortement entre la Méditerranée occidentale et la Mer Noire. Comprendre comment la MOP d'origine terrestre est incorporée dans les réseaux trophiques marins et influence les populations côtières exploitées est une étape importante et nécessaire pour une gestion raisonnée de ces ressources.

## BIBLIOGRAPHIE

- AMINOT A., CHAUSSEPIED M., 1983 - Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, Brest
- BARRIE, A., PROSSER, S. J., 1996 - Automated analysis of light element stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. In: Yamasaki, S. (ed.), Mass Spectrometry of Soils, Marcel Dekker Inc, New-York, pp 1-46
- BONDAR C., 1977 - Le milieu marin aux embouchures du Danube. Biologie des eaux saumâtres de la Mer Noire, I.R.C.M. Constanta, I, II
- CHIREA R., GOMOIU M.-T., 1986 - Some preliminary data on the nutrient influx into the western Black Sea. Marine Research- Cercetari Marine, I.R.C.M. Constanta, 19:171-187
- COSTANZA R., CUMBERLAND J.C., DALY H.E., GOODLAND R., NORGGAARD R., 1997 - An introduction to ecological economics. St Lucie Press, Boca Raton
- CUSHING D.H., 1995 - The long-term relationship between zooplankton and fish. ICES J. mar. Sci., 52:611-626

- DARNAUDE A.M., 2003 - Apports fluviaux en zone côtière et réseaux trophiques marins benthiques: transfert de matière organique particulaire terrigène jusqu'au poissons plats au large du Rhône. Thèse de Doctorat, Université de la Méditerranée, Spécialité « Biosciences de l'Environnement, Chimie et Santé », 302
- 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
- DAUBY P.A., 1995 - A  $\delta^{13}C$  study of the feeding habits in four Mediterranean *Leptomysis* species (Crustacea: Mysidacea). *PSZNI Mar. Ecol.*, 16: 93-102
- DE NIRO M. J., EPSTEIN S., 1978 - Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42:495-506
- DE NIRO M. J., EPSTEIN S., 1981 - Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 45:341-351
- DUFOUR E., GERDEAUX D., 2001 - Apport des isotopes stables ( $^{13}C/^{12}C$ ,  $^{15}N/^{14}N$ ,  $^{18}O/^{16}O$ ,  $^{36}S/^{34}S$ ,  $^{87}Sr/^{86}Sr$ ) aux études écologiques sur les poissons. *Cybiu*, 25: 369-382
- GOMOIU, M.-T., 1996 - Some remarks concerning actual state of the Danube River - Black Sea ecological system. *Geo-Eco-Marina*, 1(Danube Delta - Black Sea System under Global Changes Impact): 31-33
- HARMELIN-VIVIEN M., SALEN-PICARD C., 2002 - Influence du climat et du débit des fleuves sur les pêcheries de sole en Méditerranée. *French IGBP-WCRP News Letter*, 14:62-66
- KERHERVE P., MINAGAWA M., HEUSSNER S., MONACO A., 2001 - Stable isotopes ( $^{13}C/^{12}C$  and  $^{15}N/^{14}N$ ) in settling organic matter of the northwestern Mediterranean Sea: biogeochemical implications. *Oceanol. Acta*, 24 (Suppl.)
- MANN K. H., 1982 - Ecology of coastal waters. A systems approach, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 322
- MINAGAWA M., WADA E., 1984 - Stepwise enrichment of  $^{15}N$  along food chains: Further evidence and the relation between  $\delta^{15}N$  and animal age. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48:1135-1140
- OSTROM, P. H., FRY, B., 1993 - Sources and cycling of organic matter within modern and prehistoric food webs. *In*: Engel, M. H., Macko, S. A. (ed.), *Organic Geochemistry*, Plenum Press, New York, pp 785-798
- PANIN, N., 1997 - On the geomorphologic and geologic evolution of the river Danube: Black Sea interaction zone. *Geo-Eco-Marina*, 2(Fluvial - Marine Interactions): 31-40
- PETERSON, B.J., FRY, B., 1987 - Stable isotopes in ecosystem studies. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 18: 293-320
- PINNEGAR J.K., POLUNIN N.V.C., 1999 - Differential fractionation of  $\delta^{13}C$  and  $\delta^{15}N$  among fish tissues: implications for the study of trophic interactions. *Functional Ecology*, 13: 225-231
- PINNEGAR J.K., POLUNIN N.V.C., 2000 - Contributions of stable-isotope data to elucidating food webs of Mediterranean rocky littoral fishes. *Oecologia*, 122: 399-409
- RIERA P., RICHARD P., 1996 - Isotopic determination of food sources of *Crassostrea gigas* along a trophic gradient in the estuarine bay of Marennes-Oléron. *Est. Coast. Shelf Sc.*, 42: 347-360
- RIERA P., RICHARD P., 1997 - Temporal variation of  $\delta^{13}C$  in particulate organic matter and oyster *Crassostrea gigas* in Marennes-Oléron bay (France): effect of freshwater inflow. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 147: 105-115
- RIERA P., STAL L.J., NIEUWENHUIZE J., RICHARD P., BLANCHARD G., GENTIL F., 1999 - Determination of food sources for benthic invertebrates in a salt marsh (Aiguillon Bay, France) by carbon and nitrogen stable isotopes: importance of locally produced sources. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 187: 301-307
- SALEN-PICARD C., DARNAUDE A.M., ARLHAC D., HARMELIN-VIVIEN M.L., 2002 - Fluctuations of macrobenthic populations: a link between climate-driven river run-off and sole fishery yields in the Gulf of Lions. *Oecologia*, 133:380-388
- ȘERPOIANU G., NAE I., 1984 - Observations sur les courants marins dans la zone des embouchures du Danube et leur influence sur la salinité de l'eau marine. *Recherches maritimes, I.R.C.M.*, 17:7-24
- VANDER ZANDEN M.J., CASSELMAN J.M., RASMUSSEN J.B., 1999 - Stable isotope evidence for the food web consequences of species invasion in lakes. *Nature*, 401: 464-467
- VANDER ZANDEN M. J., RASMUSSEN J. B., 2001 - Variation in  $\delta^{15}N$  and  $\delta^{13}C$  trophic fractionation: Implications for aquatic food web studies. *Limnol. Oceanogr.*, 46 (8): 2061-2066
- YANEZ E., GARCIA M., BARBIERI M. A., 1998 - Pelagic fish stocks and environmental changes in the south-east Pacific. *In*: Durand, M., Curry, P., Mendelssohn, R., Roy, C., Bakun, A. et Pauly, D. (ed.), *Global versus local changes in upwelling systems*, ORSTOM Editions, Paris, 275-291

\*\*\* [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)