

Cesare F. SACCHI et Renato SCONFIETTI  
Dipartimento di Genetica, Sezione Ecologia,  
Piazza Botta 10, Pavia (Italia)

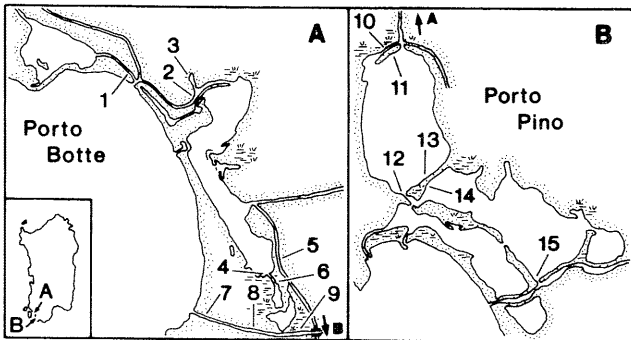
Les étangs de Porto Botte et de Porto Pino constituent une série de nappes d'eau dont la salinité, constamment ou sur une grande partie de l'année, est supérieure à celle de la mer. Ils s'étendent sur plusieurs km, entre l'isthme de Sant'Antioco et les collines de Teulada. Leur profondeur est faible, car rarement elle dépasse le mètre. Les profondeurs maximales se situent près des graus, artificiellement entretenus car l'ensablement les menace. Les étangs communiquent avec le mer, au Sud par les trois graus de Pto Pino, ouverts sur une longue plage sablonneuse, au Nord par le petit grau de Pto Botte, également pratiqué au milieu des dunes. L'ensemble est entouré de mares salées astatiques et de marais salants non cultivés; les salines encore actives de S. Antioco se trouvent au N-W de ce système (voir figs A et B).

Le groupe méridional (Pto Pino) partiellement utilisé pour l'aquaculture (surtout des muges) est relié au groupe septentrional (Pto Botte) par un canal, étroit et profond d'un mètre à peine (St. 10), qui passe en siphon au-dessous d'un fossé drainant des terrains agricoles. Ce fossé recueille des eaux de pluie et de ruissellement, ainsi que de petits affluents en amont. Il est à son tour profond un mètre en moyenne et les sables littoraux en bloquent le débouché pendant la longue saison sèche de la région. Son eau est faiblement salée; il représente ainsi un bon terme de comparaison avec les milieux hyperhalins qui l'entourent. Les étangs sont compris dans les feuilles n° 233-III-S.O.; 233-III-S.E.; 239-IV-N.E. de l'Istituto geografico militare italien (I.G.M., ediz. 5-1966).

En dehors de l'embouchure des graus et de leurs abords immédiats on ne trouve de faune aux caractéristiques marines que dans une étroite lisière occidentale du groupe de Pto Pino (Sts 12 et 15). Ailleurs, si l'on excepte un égoût à ciel ouvert en bordure méridionale de l'étang N de Pto Pino, la faune est pauvre et marquée par l'hyperhalinité. Parmi les Mollusques, on n'y trouve guère que le Bivalve *Cardium (Castradoterna) glaucum* (Lam.) et le Prosobranchie *Pirenella conica* (Blainv.) sporadiquement accompagnés d'*Hydrobia* cfr. *ventrosa* (Mont.) qui préfère pourtant les fossés péripériques moins salés (St. 5). D'autres éléments, classés comme eurhalins dans l'échelle de MARS (1950, *Vie et Milieu*, 1: 441-448) ne se retrouvent que dans les secteurs plus marinisés. Quant aux Poissons, les étangs constamment hyperhalins n'hébergent d'une manière stable (Sts 4 et 6) que des individus, souvent maîns, d'*Aphanius fasciatus* (Val.) pouvant tolérer des chlorinités de 65‰ et de faibles valeurs d'oxygène dissous accompagnés d'une température très élevée (COTTIGLIA, 1980, CNR AQ/1/90, p. 45). Relativement moins pauvre, la faune de Crustacés Malacostracés a donc retenu en premier lieu notre attention: quelques-uns de ses représentants constituent d'ailleurs des peuplements assez nombreux. Le tableau, où figurent comme exemples les valeurs de température et de salinité, ainsi que des appréciations de présence des animaux, enregistrées en Septembre 1985, donne la liste des espèces jusqu'à présent rencontrées dans quelques stations typiques.

En conclusion, l'élément le plus caractéristique semble être ici *Sphaeroma ephippium* Costa, le géant des Sphéromes lagunaires méditerranéens, qui peuple souvent des eaux à salinité élevée, et qui joue chez les Malacostracés un rôle en quelque sorte comparable à celui des Pirénelles chez les Gastéropodes. *Sphaeroma ephippium* et *Pirenella conica* se trouvent en effet souvent ensemble dans ces étangs, et se pêchent facilement en même temps dans la lisière d'algues vertes (Ulvacées, Cladophorales, *Chaetomorpha* ...) formant un bord en mauvais état de biomasse flottante, lors de la dystrophie estivale (Sts 4, 6, 11, 13, 14).

Parmi les conditions mésologiques qui régissent la présence de la faune de ces étangs, c'est avant tout aux facteurs thermo-halins qu'il faut penser. Le confinement topographique, bathymétrique et hydrologique de leurs eaux est certes remarquable, mais non plus important qu'en d'autres étangs de la Sardaigne méridionale, qui présentent pourtant des faciès faunistiques bien différents. L'hydrodynamisme dû aux vents est très sensible: la plaine entre S. Antioco et Teulada est sans cesse balayée par de forts vents de *maestrale*, soufflant du N-W: les étangs de Pto Botte, surtout, sont rarement calmes. L'amplitude des marées est faible (une trentaine de centimètres) mais joue à son tour un rôle intéressant pour des eaux laminaires: elle crée, dans cette chaîne d'étangs, des courants immédiatement appréciables, alors qu'une véritable vivification marine ne revêt d'importance qu'à proximité des graus. Le fossé qui enjambe la liaison entre les deux groupes d'étangs n'héberge de son côté qu'une faune que l'on peut considérer comme banale pour des milieux faiblement salés et à courant très lent du littoral tyrrhénien (Sts 7, 8, 9).

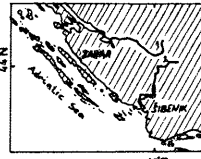


Stations 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>AMPHIPODA</b>												
<i>Ampithoe ramondi</i> Audouin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corophium insidiosum</i> Crawford	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Corophium setosum</i> Crawford	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Erichthonis punctatus</i> (Bate)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gammarus aequicauda</i> (Martynov)	-	21	1	4	35	48	-	-	-	-	-	-
<i>Gammarus insensibilis</i> Stock	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	11
<i>Melita palmata</i> (Montagu)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
<i>Melita</i> cfr. <i>valesi</i> S.Karaman	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
<b>ISOPODA</b>												
A. Costa												
<i>Idotea ohelipes</i> (Pallas)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Sphaeroma ephippium</i> Costa	126	-	10	-	-	-	-	26	180	208	15	13
<i>Sphaeroma hookeri</i> Leach	-	152	-	1	55	95	-	-	-	-	-	1
<i>Sphaeroma serratum</i> (Fabricius)	-	-	-	-	-	-	-	-	102	-	-	189
<b>DECAPODA</b>												
<i>Carcinus mediterraneus</i> (Czern.)	-	-	-	6	1	1	1	-	2	-	-	1
<i>Palaemon elegans</i> Rathke	-	-	-	29	7	1	-	-	-	-	-	-
<i>Palaemon serratus</i> (Pennant)	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Température °C	27	28	26.5	28	27	26.5	26.5	25	28	26	29.5	26
Salinité ‰	55	20	55	17	14	8	64	62	48	50	50	38

B. SEKULIĆ and A.Ž. LOVRIĆ  
Center for Marine Research, Rudjer Boskovic Institute, Zagreb (Yugoslavia)

**Résumé:** Canyons estuariens des fleuves karstiques en Dalmatie 1 - Caractéristiques écologiques générales des estuaires rocheux. Due à la géomorphologie, substrats lithologiques et conditions hydrographiques, dans l'état naturel les estuaires karstiques sont oligotrophes, ce qui conditionne leur végétation spécifique. Les rivières karstiques en Dalmatie septentrionale ont les canyons estuariens les plus dénichés inclus les cascades tufacées délimitant brusquement leur partie saumâtre de celle d'eau douce. A cause de ces singularités on a proclamé l'estuaire de Krka comme un Parc National.



Investigated estuaries  
1 Zrmanja; 2 Krka

Among the nine estuaries in Yugoslavia, only three ones have the usual alluvial mouth. Other estuaries of the karst river there have the deep and narrow cliffy canyons, and among them the most dissected ones are Krka and Zrmanja in N Dalmatia. These estuaries belong to the most peculiar landscapes of the Dinaric Karst. The main characteristics of this karst are the geotectonically disturbed and fractured carbonatic substrata (limestone, dolomite, etc.), then specific paleo-relief forms (Karrenfelder, sinkholes, caves, etc.), a specific hydrological regime and restricted surface waters with chiefly subterranean circulation, scarce and shallow soils with deficient agricultural resources, a specific vegetation cover (or the anthropogenically degraded one), and due to very poor natural resources the demographic settling of the karst is almost scarce, except the very seashores.

Both these estuaries phytogeographically belong to the submediterranean zone of the deciduous woods (*Quercus-Carpinetum orientalis*), but this initial vegetation is, due to the cattle browsing and anthropogenic impacts, almost degraded to an open thornbush (*Paliuretum*). Due to a thermostatic effect of water, along the shores inside these canyons occur also the mediterranean semisempervirent pseudomauis (*Ostrya-Quercetum ilicis*).

Although Dinaric Karst is not deficient in precipitations (800 to 5500 mm in year), the majority of these precipitations (50 to 70%) sinks throughout the innumerable karst pores and runs by a subterranean outflow toward the sea. Due to a mediterranean precipitation regime, the flowings of Zrmanja and Krka are very variable (5 to 300 m³/sec).

The hydrographical properties of both estuaries are very similar: a well evident thermic stratification, then a vertical salinity gradient increasing from the surface to bottoms so as the surface desalinating is intense up to the contact of estuary with the open sea, the freshwater surface layers are also richer in oxygen than the deeper saline ones, and the alkalinity is there more prominent than in many other estuaries. The essential differences among both estuaries are only in the anthropogenic impact intensity. The freshwater lakes produced by the travertine barriers suggested the possibilities of their hydro-energetic exploitation, that is realized in the Krka river by two hydroelectric plant powers. However during the lower river levels, the flowing of this river is stopped by the filling of hydroaccumulations, and this influences on the salinity regime in Krka estuary, and also on the stability and growth of the travertine.

The largest part of the Zrmanja estuary lies in the Obrovac commune and of the Krka estuary in the Šibenik commune. Although both communes have a neglectable agriculture and forestry, the industry and tourism are considerably developed in the Šibenik one. A reason of this is in the long tradition of Šibenik to be an economical center of the surrounding areas.

The connecting geomorphological peculiarities of the Krka and Zrmanja estuaries are rocky escarpments, cliffy gorges and coastal ravines, abrupt riparian slopes with sliding scree, karstic lagoons with rocky shores, estuarine shingle beaches, and the rocky and shingle estuarine bottoms with a well pronounced profundal zoning (medilittoral and infralittoral belts, and also the circalittoral one in the maximal depth of the estuarine canyons). These estuaries are included in the calcareous platforms, but the Krka canyon is rather shallow (50 to 150 m) in comparison with the considerably deeper canyon of Zrmanja (100 to 350 m). This is a main reason that the settlements around the Zrmanja estuary lie at some distance of its shores, and by this also their anthropogenic impact is additionally reduced. On the other hand, the settlements at the Krka estuary are closer to the coast or on the very shore, so as their effect in the estuarine ecosystems is considerably more intense.

The karst waters belong to the oligotrophic waters with a very scarce nutrient content that is a result of the geochemistry of karst substrata (Buljan 1969, Smolčić and Stambuk-Giljanović 1983), so as the travertine barriers of the calcareous tuff are produced both in the upper freshwater course of the karst rivers, and also along the brackish shores in their estuaries (estuarine pseudocolligene, Lovrić 1983), that is a singular phenomenon in the world. Due to such an abundance of the dissolved lime, and to the predominating rocky shores, in the related estuarine benthos almost predominate the epilithic algae (Phaeophyta, halophytic Characeae, etc.), and among the spermatophyta the most important ones are *Cololepton* and *Althenia*.

The characteristic ecosystems with their specific vegetation in the canyon estuaries of Krka and Zrmanja are the coastal travertine waterfalls with calciphilic mosses (*Cinclidoto-Fissidentium*), then estuarine rocky islets with aerosaline grasslands (*Agropyro-Inuletum crithmoidis*), additional caves with ferns (*Adiantum*) and medilittoral caverns with skiophytic algae (*Hildenbrandtia*). The vegetation in other karst habitats of these estuaries is evidently different, depending of the presence or absence of anthropogenic impact. Due to their abrupt coasts and to the strong bora winds, there are produced the frequent aerosaline storms provoking an extension of the coastal halophytes in estuarine slopes of Krka to 50 m up, and in these of Zrmanja to 150 m upwards.

References:

Buljan, M. 1969 - Some hydrographic properties of the estuarial areas of the Krka and Zrmanja rivers. *Krs Jugoslavije* (J.A.Z.U., Zagreb) 6:330-331.  
Lovrić, A.Ž. 1983 - Structure and biodynamics of lagunar travertine in N Dalmatia. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 20(6):319-322.  
Smolčić, V. and Stambuk-Giljanović, N. 1983 - The quality of surface waters in Dalmatia over a four year period. Conference "Zaštitna voda", Opatija 1983 (book 1), pp. 9-20.  
MED-POL-PHASE II Monitoring Programme of the Krka Estuary (Adriatic Sea), Center for Marine Research Zagreb, Institute "Rudjer Bosković", Yugoslav National Monitoring Programme, MED-POL-PHASE II, Annual Report 1983., 1984., 1985.