

INSECTA COLLEMBOLA

ROMANO DALLAI, FRANCESCO CICONARDI, PIETRO PAOLO FANCIULLI

Dipartimento di Biologia Evolutiva, Università di Siena, Via Aldo Moro, 2 -53100 Siena, Italia.
dallai@unisi.it

I collemboli (Hexapoda: Collembola) rappresentano un gruppo di esapodi basali le cui origini risalgono al Devoniano inferiore; reperti fossili di questi organismi sono stati rinvenuti nel sito di Rhynie Chert, Scozia (Hirst & Maulik, 1926). Sono state descritte poco meno di 8000 specie (Bellinger *et al.*, 2009). Tuttavia, questa ridotta biodiversità, rispetto ad altri gruppi di artropodi, è sicuramente una sottostima della reale diversità del gruppo poiché molte aree geografiche sono state poco studiate. Valutazioni recenti, infatti, stimano il numero delle specie di collemboli ancora da descrivere a diverse decine di migliaia (~50,000), in particolare presenti nelle regioni tropicali, Australia e Nuova Zelanda (Ødegaard, 2000; Hopkin, 2002).

I collemboli sono organismi principalmente legati al suolo e risultano molto abbondanti nelle foreste tropicali e temperate, sia in termini di numero di specie che di individui (Stork, 1988; Stork & Blackburn, 1993; Petersen & Luxton, 1982). Hanno praticamente colonizzato quasi tutti i tipi di habitat ed alcune specie possono essere reperite anche in ambienti ostili quali quelli aridi (Greenslade, 1981), le vette montuose (Sømme, 1995; Sømme & Block, 1991) e le regioni Artiche e Antartiche (Babenko & Fjellberg, 2006; Wallwork, 1973; Block *et al.*, 2009). I collemboli sono essenzialmente terrestri, sebbene diverse specie si siano secondariamente adattate a vivere in ambienti acquatici. È stata anche proposta una origine semi-acquatica dei collemboli (D'Haese, 2002, 2003) e recenti analisi filogenetiche suggeriscono una loro stretta relazione con alcuni gruppi di crostacei più che con gli altri esapodi basali (Cook *et al.*, 2005; Carapelli *et al.*, 2006), sollevando interessanti discussioni sull'origine monofiletica degli esapodi (Kier, 2004; Giribet *et al.*, 2004; Regier *et al.*, 2010).

Non sono note specie in grado di compiere l'intero ciclo vitale completamente sommerse, ma molte specie possono trascorrere gran parte della loro vita sulla superficie dell'acqua. A questo scopo hanno sviluppato peculiari adattamenti sia morfologici che fisiologici tali da consentire loro questo stile di vita, quali la forma allungata dell'unghia per camminare sulla superficie dell'acqua, strutture cuticolari che permettono gli scambi gassosi quando l'organismo è sommerso, e modificazioni nella fisiologia di apparati ed organi atte a mantenere l'equilibrio idrico e salino (Deharveng *et al.*, 2008; Christiansen, 1961; Joosse, 1976). Tutte queste caratteristiche offrono la possibilità a questi organismi di sopravvivere per diversi giorni sott'acqua (Jacquemart & Jaques, 1980; Coulson *et al.*, 2002; Thibaud, 1970;

Springtails (Collembola) are a group of hexapods whose origins date back to the early Devonian, with the oldest recognized fossils being preserved in the Rhynie Chert (Hirst & Maulik 1926). Fewer than 8,000 species of Collembola have been described to date (Bellinger *et al.*, 2009), at odds with the high number of species generally described for other arthropod groups. Nevertheless, this is probably a gross underestimation of the real biodiversity of the group, as many geographical regions have not been studied in detail. Recent evaluations suggest that several thousand (~50,000) species of springtails may remain to be described, especially from tropical regions, Australia and New Zealand (Ødegaard, 2000; Hopkin, 2002).

Collembola are typically soil-dwellers and are especially abundant, both in terms of number of species and individual counts, in tropical and temperate forest (Stork, 1988; Stork & Blackburn, 1993; Petersen & Luxton, 1982). They are ubiquitous and have colonized almost every habitat on the planet, including some, such as arid regions (Greenslade, 1981), high altitudes (Sømme, 1995; Sømme & Block, 1991), Arctic and Antarctic habitats (Babenko & Fjellberg, 2006; Wallwork, 1973; Block *et al.*, 2009) that are generally considered to be extremely hostile to life. Springtails are essentially terrestrial, although many species have secondarily developed some sort of association with water, and their semi-aquatic origin has been suggested (D'Haese, 2002, 2003). Recent phylogenetic investigations have suggested the possibility of a closer relationship with crustaceans than with other basal hexapods (Cook *et al.*, 2005; Carapelli *et al.*, 2006); nevertheless, the discussion on the monophyletic origin of hexapods is still open (Kier, 2004; Giribet *et al.*, 2004; Regier *et al.*, 2010).

No species of Collembola is known that can spend its entire life cycle underwater, yet many species have developed specific adaptations and are capable of living on the water surface. These species have developed several morphological and physiological strategies such as modifications in the shape of claws that allow them to walk on the water surface (Deharveng *et al.*, 2008; Christiansen, 1961; Joosse, 1976), specific cuticle areas lacking wax coverage that allow them to breath underwater and physiological adaptations for salt and water balance. Such adaptations allow some species to survive underwater for up to several days (Jacquemart & Jaques, 1980; Coulson *et al.*, 2002; Thibaud, 1970; Hawes *et al.*, 2008) and passively disperse on the water surface (Blackith & Disney, 1988; Farrow & Greenslade, 1992).

Deharveng *et al.* (2008) revised the global

Hawes *et al.*, 2008) e di diffondersi passivamente (Blackith & Disney, 1988; Farrow & Greenslade, 1992).

Deharveng *et al.* (2008) ha recentemente considerato la diversità specifica globale dei collemboli d'acqua dolce riconoscendo 525 specie direttamente dipendenti dall'acqua, suddividendoli ulteriormente in due gruppi: specie legate all'acqua dolce (103 specie) e quelle legate ad ambienti salmastri o marini (109 specie). I primi dati su queste ultime specie risalgono a più di un secolo fa e si riferiscono ad *Anurida maritima* Guérin della costa del Massachusetts (Verrill & Smith, 1873). Dati sulle specie marine si sono via via accumulati con riferimenti sia alla loro biologia (Joesse, 1966, 1976; Witteveen & Joesse, 1987, 1988; Witteveen *et al.*, 1987; Christian, 1989; Manica *et al.*, 2000), che alla loro tassonomia. Sebbene gli studi su questo ultimo aspetto siano ancora frammentari per molte aree litorali, diversi dati sono oggi disponibili soprattutto per le coste mediterranee ed europee. Le nostre conoscenze sulla fauna europea sono dovute a Delamare-Deboutteville (1953), Strenzke (1955), Schuster (1962), Da Gama (1968), Poinot (1965), Sterzyńska & Ehrnsberger (1997, 2000), Thibaud & Palacios-Vargas (2001) e Thibaud (2006). Limitando l'analisi alla regione Mediterranea, i maggiori contributi sono quelli di Christian (1989) e Pomorski & Skarzynski (1999) che hanno rispettivamente studiato i collemboli intertidali dell'Adriatico settentrionale e della costa bulgara. Thibaud ed i suoi collaboratori hanno studiato diverse aree del mediterraneo con particolare attenzione alla fauna interstiziale delle spiagge sabbiose della Francia (Massoud & Thibaud, 1985; Thibaud, 1995), di diverse località litorali del Mediterraneo (Thibaud & Christian, 1989; Christian & Thibaud, 1996) dell'Albania e Romania (Thibaud, 1992; Thibaud & Peja, 1996) e Marocco (Potapov & Thibaud, 2003; Thibaud & Boumezzough, 2006). I dati raccolti sono stati rivisti da Thibaud & Christian (1995, 1997) e Thibaud (2007). In totale sono state classificate 285 specie, suddivise secondo le tipologie di habitat: zone sabbiose umide (57 specie; 30% di specie Euro-mediterranee) e zone asciutte (228 spp.). Questi raggruppamenti sono stati successivamente ridefiniti come zone "sopralitorali" (186 spp., 23% Euro-Mediterranee) e zone "interne" (63 specie; 37% Euro-Mediterranee). La fauna italiana dei collemboli intertidali e arenicoli appare abbastanza limitata in termini di numero di specie (tabella). Delamare-Deboutteville (1953) per primo ha segnalato *Tullbergia krausbaueri* e *Archisotoma interstitialis* sulle spiagge vicino Fregene, mentre Gridelli (1955) elaborò una lista di collemboli per la laguna veneta. Thibaud & Christian (1989) hanno studiato diverse località della Sardegna, della costa Veneta e di Ischia, elencando 17 specie. Christian (1989) ha esaminato alcuni aspetti biologici dei collemboli intertidali dell'Adriatico settentrionale segnalando 12 specie dei dintorni di Trieste, Venezia e Caorle. Altre 10 specie sono state segnalate da Thibaud

diversity of springtails in freshwater habitats and reported 525 water dependent collembolan species, further subdivided into the two groups of freshwater dependent (103) and anchialine or marine water dependent species (109). Early reports on marine collembolans date back to more than one century ago, with the first record of *Anurida maritima* Guérin, one of the most abundant and widespread littoral species (Verrill & Smith, 1873), along the Massachusetts coast. More data on marine collembolans are now available, describing the biology of these species (Joesse, 1966, 1976; Witteveen & Joesse, 1987, 1988; Witteveen *et al.*, 1987; Christian, 1989; Manica *et al.*, 2000) as well as their taxonomy. Although still fragmentary for many littoral areas worldwide, this latter aspect has been the object of several recent investigations, especially focused on the European and Mediterranean coasts. Considerable efforts to systematize the European fauna have been made by Delamare-Deboutteville (1953), Strenzke (1955), Schuster (1962), Da Gama (1968), Poinot (1965), Sterzyńska & Ehrnsberger (1997, 2000), Thibaud & Palacios-Vargas (2001) and Thibaud (2006). In the Mediterranean region, the most important contributions have been made by Christian (1989), who studied intertidal Collembola in the North Adriatic, by Pomorski & Skarzynski (1999) along the coast of Bulgaria, and especially by Thibaud and co-workers in several areas around the Mediterranean basin. These include the interstitial fauna of the beach sands in France (Massoud & Thibaud, 1985; Thibaud, 1995), several Mediterranean littoral locations (Thibaud & Christian, 1989; Christian & Thibaud, 1996), littoral sands from Albania and Roumanie (Thibaud, 1992; Thibaud & Peja, 1996) and Morocco (Potapov & Thibaud, 2003; Thibaud & Boumezzough, 2006). All available records were later summarized and updated by Thibaud & Christian (1995, 1997) and Thibaud (2007). A total of 285 species were classified worldwide and subdivided according to their type of habitat as belonging to the "humid" sand zone (57 species; 30% of European-Mediterranean species) or the "dry" zone (228 spp.), the latter further subdivided into "supralittoral" (186 species; 23% European-Mediterranean) and "inland" species (63 species; 37% European-Mediterranean). The Italian fauna of intertidal and arenicolous collembolans appear to be quite limited in number (see table); Delamare-Deboutteville (1953) first reported the presence of *Tullbergia krausbaueri* and *Archisotoma interstitialis* on a sandy beach near Fregene. Gridelli (1955) made and annotated a list of collembola from the Venetian lagoon while Thibaud & Christian (1989) studied several Mediterranean locations in Sardinia, along the Venetian coast and on Ischia Island, recording a total of 17 species. Christian (1989) further examined the biology of intertidal Collembola in the North Adriatic and described 12 species from the neighbourhood of Trieste, Venice and Caorle. An additional 10 species were reported by Thibaud & Christian (1995) from Apulia and from

& Christian (1995) per la Puglia e nuovamente nei dintorni di Trieste. Anche Dallai (1967) ha esaminato zone intertidali segnalando sulla costa livornese *Anurida maritima*. Questa specie è stata ripetutamente osservata lungo le spiagge petrose di Porto S. Stefano e il Tombolo di Giannella (Grosseto) (dati non pubblicati). Recentemente è stata studiata la fauna collembologica di due aree molto importanti da un punto naturalistico e conservazionistico: il parco nazionale del Circeo (Cicconardi *et al.*, dati non pubblicati) e il parco regionale della Maremma (Fanciulli *et al.*, dati non pubblicati). In questa nota sono state considerate le specie marine note in letteratura per la fauna italiana e le nostre recenti osservazioni.

La fauna italiana di specie arenicole e intertidali di collemboli includono un totale di 50 specie e 4 generi appartenenti a 11 famiglie. Questi dati devono tuttavia essere considerati preliminari poiché sono state studiate solo poche località. Non sono presenti specie endemiche. Le specie descritte sono principalmente cosmopolite (30%), Palearctiche e Oloartiche (24%) o ampiamente Europee (6%), ma è anche presente un gruppo consistente di specie Euro-mediterranee (28%) e specie Mediterranee (12%) (vedi tabella). Possiamo riconoscere due gruppi di specie ben definiti: da una parte un piccolo contingente di specie talassobiotiche che vivono in sabbie o rocce umide intertidali come *Anurida maritima*, *Paraxenylla affiniformis*, *Archisotoma interstitialis*, *Halisotoma maritima* e *Axelsonia littoralis*. Queste hanno sviluppato adattamenti fisiologici e morfologici per poter vivere nel particolare ambiente delle zone intertidali umide. Un altro consistente gruppo comprende le specie interstiziali delle dune sopralittorali. Queste specie sono generalmente di piccole dimensioni, hanno corpo allungato, con poco pigmento o totalmente depigmentate. Sono di norma prive o con pochi ocelli; la furca è assente o ridotta; analogamente le antenne e le zampe sono corte. Queste caratteristiche sono tipiche delle specie "euedafiche" che sono in grado di muoversi tra gli interstizi dei granelli di sabbia. Molti di questi organismi appartengono alle famiglie degli Isotomidae (genere *Cryptopygus*), Neanuridae (genere *Friesea*) e Tullbergidae, con i generi *Mesaphorura*, *Metaphorura* e *Scaphaphorura*. Alcune specie segnalate non sono esclusivamente marine, anche se sono abbondanti negli ambienti umidi (*Orthonychiurus pseudostachianus*, *Protaphorura armata*), o biotopi di acque dolci (*Sminthurides aquaticus* e *S. malmgreni*); altre sono generalmente considerate forme epigeiche (*Entomobrya nivalis*, *E. multifasciata* e *Pseudosinella fallax*) e si ritiene che la loro presenza in ambiente marino sia puramente casuale.

the area around Trieste. Dallai (1967), in a survey of the intertidal zone near Leghorn, reported the presence only of the typical maritime species *Anurida maritima*, which more recently has been repeatedly observed along a pebbly beach near Porto S. Stefano and the Tombolo of Giannella (Grosseto province) (unpublished data). A recent survey has focused on the collembolan fauna of two regions of significant naturalistic and conservation interest, the National Park of Circeo (Cicconardi *et al.*, unpublished) and the Regional Park of Maremma (Fanciulli *et al.*, unpublished), with several seasonal samples studied in different habitats, including the supralittoral sand dunes. This paper also contains a first account of species found in these supralittoral sand areas.

The Italian fauna of arenicolous and intertidal species of Collembola includes a total of 50 species and four genera belonging to 11 families. These values, however, must be considered preliminary because of the limited number of locations so far investigated. There are no endemic species in Italy. Taxa reported here are mainly cosmopolitan (30%), Palearctic and Holarctic (whole 24%) or largely European (6%), but there is also a substantial group of European-Mediterranean (especially southern European) (28%) and Mediterranean species (12%) (see table). Species can be subdivided into two distinct groups based on their occurrence in the marine intertidal zone proper or in the supralittoral sands. The first group is composed of thalassobiotic species living in the intertidal humid sand or rock and includes *Anurida maritima*, *Paraxenylla affiniformis*, *Archisotoma interstitialis*, *Halisotoma maritima* and *Axelsonia littoralis*. These species have generally developed physiological and morphological adaptations that allow them to inhabit the harsh environment of the intertidal humid zone. A second, more substantial, group consists of interstitial species that have adapted to living in the supralittoral sand dunes and includes species of the families Isotomidae (genus *Cryptopygus*), Neanuridae (genus *Friesea*) and Tullbergidae, with the genera *Mesaphorura*, *Metaphorura* and *Scaphaphorura*. These species are usually characterized by a small and slender body, little or no pigmentation, few ocelli (microphthalmia) or the total absence of the ocular plate (anophthalmia), a reduced or totally absent furca and short antennae and legs. These features are otherwise typical of "euedaphic" species and constitute adaptations that allow them to move in between the interstices of sand grains. Finally, some species have been observed that are not properly "marine" even though they are generally associated with wetlands (*Orthonychiurus pseudostachianus*, *Protaphorura armata*) or fresh water biotopes (*Sminthurides aquaticus* and *S. malmgreni*), and others that are typically epigeal and leaf litter dwellers (*Entomobrya nivalis*, *E. multifasciata* and *Pseudosinella fallax*). Their presence in the littoral habitat appears therefore to be occasional.

Bibliografia/References

- BABENKO A. & FJELLBERG A., 2006. Collembola Septentrionale. A catalogue of springtails of the Arctic regions. KMK press, Moscow: 190 pp.
- BELLINGER P.F., CHRISTIANSEN K.A., JANSSENS F., 2009. Checklist of the Collembola of the World. Available from: <http://www.collembola.org> last updated on 2010.02.28 by Frans Janssens.
- BLACKITH R.E. & DISNEY R.H.L., 1988. Passive dispersal during moulting in tropical Collembola. *Malay. Nat. J.*, 41: 529-531.
- BLOCK W., LEWIS SMITH R.I., KENNEDY A.D., 2009. Strategies of survival in the Antarctic fell field ecosystem. *Biological Review*, 84: 449-484.
- CARAPPELLI A., NARDI F., DALLAI R., FRATI F., 2006. A review of molecular data for the phylogeny of basal hexapods. *Pedobiologia*, 50: 191-204.
- CHRISTIAN E., 1989. Biogeography, substrate preference, and feeding types of North Adriatic intertidal Collembola. *Mar. Ecol.*, 10: 79-94.
- CHRISTIAN E. & THIBAUD J-M., 1996. Deux nouvelles espèces de collemboles interstitiels des sables. *Revue Fr. Ent.*, 18: 94-98.
- CHRISTIANSEN K., 1961. Convergence and Parallelism in cave Entomobryinae. *Evolution*, 15: 288-301.
- COOK C.E., YUE Q., AKAM M., 2005. Mitochondrial genomes suggest that hexapods and crustaceans are mutually paraphyletic. *Proc. R. Soc. B*, 272: 1295-1304.
- COULSON S.J., HODKINSON I.D., WEBB N.R., HARRISON J.A., 2002. Survival of terrestrial soil-dwelling arthropods on and in seawater: implications for trans-oceanic dispersal. *Funct. Ecol.*, 16: 353-356.
- DALLAI R., 1967. Ricerche sui Collemboli. II. Collemboli della riviera Livornese. *Arch. Bot. Biogeog. Ital.*, 12: 425-449.
- DEHARVENG L., D'HAESAE C., BEDOS A., 2008. Global diversity of springtails (Collembola: Hexapoda) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 329-338.
- DELAMARE-DEBOUTTEVILLE C., 1953. Collemboles marins de la zone souterraine humide des sables littoraux. *Vie Milieu*, 4: 290-319.
- D'HAESAE C., 2002. Were the first springtails semi-aquatic? A phylogenetic approach by means of 28S rDNA and optimization alignment. *Proc. R. Soc. Lond.*, 269: 1143-1151.
- D'HAESAE C., 2003. Morphological appraisal of Collembola phylogeny with special emphasis on Poduromorpha and a test of the aquatic origin hypothesis. *Zoologica Scripta*, 32: 563-586.
- FARROW R.A. & GREENSLADE P., 1992. A vertical migration of Collembola. *Entomologist*, 111: 38-45.
- GAMA DA M.M. 1968. Collemboles du littoral Portugais. *Mem. Est. Mus. zool. Univ. Coimbra*, 304: 5-18.
- GIRIBET G., EDGECOMB G.D., CARPENTER J.M., D'HAESAE C.A., WHEELER W.C., 2004. Is *Ellipura* monophyletic? A combined analysis of basal hexapod relationships with emphasis on the origin of insects. *Org. Div. Evol.*, 4: 319-340.
- GREENSLADE P., 1981. Survival of Collembola in arid environments: Observations in South Australia and the Sudan. *J. arid Environ.*, 4: 219-228.
- GRIDELLI E., 1955. Gli artropodi terrestri della laguna di Venezia. VIII contributo. Collembola. *Atti Mus. Civ. St. Nat Trieste*, 20: 35-46.
- HAWES T.C., WORLAND M.R., BALE J.S., CONVEY P., 2008. Rafting in Antarctic Collembola. *J. Zool.*, 44: 44-50.
- HIRST S. & MAULIK S., 1926. On some arthropod remains from the Rhynie Chert (Old Red Sandstone). *Geological Magazine*, 63: 69-71.
- HOPKIN S.P., 2002. *Collembola*. Encyclopedia of Soil Science: 207-210.
- JOOSSE E.N.G., 1966. Some observations on the biology of *Anurida maritima* (Guérin), (Collembola). *Z. Morphol. Ökol.*, 57: 320-328.
- JOOSSE E.N.G., 1976. Littoral apterygotes (Collembola and Thysanura). In: L. Cheng (ed), Marine Insects. North-Holland Publ. Comp. (N.Y.): 151-186.
- JACQUEMART S. & JACQUES J.-M., 1980. À propos d'un collembole entomobryen à la fois marin et désertique. *Ann. Soc. Roy. Zool. Belg.*, 109: 9-18.
- KJER K.M., 2004. Aligned 18S and insect phylogeny. *Syst. Biol.*, 53: 506-514.
- MANICA A., McMEECHAN F.K., FOSTER W.A., 2000. Orientation in the intertidal salt-marsh collembolan *Anurida maritima*. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 47: 371-375.
- MASSOUD Z. & THIBAUD J-M., 1985. Recherche sur la faune interstitielle aérienne des sables fins: les Collemboles. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 21: 39-44.
- ØDEGAARD F., 2000. How many species of arthropods? Erwin's estimate revised. *Biol. J. Linn. Soc.*, 71: 583-597.
- PETERSEN H. & LUXTON M., 1982. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. In: Petersen H. (ed), Quantitative Ecology of Microfungi and Animals in Soil and Litter. *Oikos*, 39: 287-388.
- POINSOT N., 1965. Révision du genre *Archisotoma* Linnaniemi, 1912. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 2: 453-459.
- POMORSKI R.J. & SKARZYNSKI D., 1999. Springtails (Insecta, Collembola) collected on the Southern Black Sea Coast and Strandzha (Bulgaria). *Acta Zool. Bul.*, 51: 27-34.
- POTAPOV M. & THIBAUD J-M., 2003. Collemboles interstitiels des sables littoraux et continentaux du Maroc (Collembola). *Rev. Fr. Entomol.*, 25: 117-122.
- REGIER J.C., SHULTZ J.W., ZWICK A., HUSSEY A., BALL B., WETZER R., MARTIN J.W., CUNNINGHAM C.W., 2010. Arthropod relationships revealed by phylogenomic analysis of nuclear protein-coding sequences. *Nature*, 463:1079-1083.
- SCHUSTER R., 1962. Das marine Litoral als Lebensraum terrestrischer Kleinarthropoden. *Int. Revue ge. Hydrobiol.*, 47: 359-412.
- SØMME L., 1995. *Invertebrates in hot and cold arid environments*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- SØMME L. & BLOCK W., 1991. Adaptations to alpine and polar environments in insects and terrestrial arthropods. In: Lee R.E., Denlinger D.L. (eds), *Insects at low temperature*. Chapman & Hall, New York: 318-359.
- STERZYŃSKA M. & EHRNSBERGER R., 1997. Marine algae wrack Collembola of European coasts. *Abh. Ber. Naturkundemus Gortitz*, 69: 165-178.
- STERZYŃSKA M. & EHRNSBERGER R., 2000. The distribution and diversity of Collembola in salt marsh habitats of the German North Sea: a preliminary study. *Pedobiologia*, 44: 402-412.
- STORK N.E., 1988. Insect Diversity: Facts, Fictions and Speculation. *Biol. J. Linn. Soc.*, 35: 321-337.

- STORK N.E. & BLACKBURN T.M., 1993. Abundance, Body Size and Biomass of Arthropods in Tropical Forest. *Oikos*, 67: 483-489.
- STRENZKE K., 1955. Thalassobionte und thalassophile Collembola. *Die Tierwelt der Nord und Ostsee*, 11: 1-52.
- THIBAUD J.-M., 1970. Biologie et écologie des Collemboles Hypogastruridae édaphiques et cavernicoles. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat. Zool.*, 61: 83-201.
- THIBAUD J.-M., 1992. Collemboles des sables littoraux d'Albanie et de Roumanie. *Rev. Fr. Entomol.*, 14: 21-23.
- THIBAUD J.-M., 1995. Recherche sur la faune interstitielle aérienne des sables fins: les Collemboles littoraux de l'Hérault. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 31: 31-37.
- THIBAUD J.-M., 2006. Étude des collemboles des sables littoraux de Bretagne (France). *Rev. Fr. Entomol.*, 28: 111-116.
- THIBAUD J.-M., 2007. Recent advances and synthesis in biodiversity and biogeography of arenicolous Collembola. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 43: 181-185.
- THIBAUD J.-M. & CHRISTIAN E., 1989. Collemboles interstitiels aériens des sables littoraux méditerranéens. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 25: 71-81.
- THIBAUD J.-M. & CHRISTIAN E., 1995. Essai de synthèse sur les peuplements de Collemboles interstitiels aériens des sables littoraux et continentaux européens et méditerranéens. *Bull. Entom. Pologne*, 64: 207-216.
- THIBAUD J.-M. & CHRISTIAN E., 1997. Biodiversity of interstitial Collembola (Insecta) in sand sediments. *Eur. J. Soil Biol.*, 33: 123-127.
- THIBAUD J.-M. & PEJA N., 1996. Collemboles (Hexapoda) interstitiels des sables littoraux d'Albanie. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 32: 419-425.
- THIBAUD J.-M. & PALACIOS-VARGAS J.G., 2001. Révision du genre *Archisotoma* Linnaniemi, 1912 (Collembola: Isotomiidae). *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 37: 347-356.
- THIBAUD J.-M. & BOUMEZZOUGH A., 2006. Collemboles interstitiels des sables littoraux du Maroc. II. *Rev. Fr. Entomol.*, 28: 63-67.
- VERRILL A.E. & SMITH S.I., 1873. A report upon the invertebrate animals of Vineyard Sound. *Rept. U.S. Com. Fish.*, 1871-1872: 295-778.
- WALLWORK J.A., 1973. Zoogeography of some terrestrial micro-arthropoda in Antarctica. *Biological reviews*, 48: 233-259.
- WITTEVEEN J. & JOOSSE E.N.G., 1987. Growth, reproduction and mortality in marine littoral Collembola at different salinities. *Ecol. Entomol.*, 12: 459-469.
- WITTEVEEN J. & JOOSSE E.N.G., 1988. The effect of inundation on marine littoral Collembola. *Holarctic Ecology*, 11: 1-7.
- WITTEVEEN J., VERHOEF H.A., LETSCHERT J.P.W., 1987. Osmotic and ionic regulation in marine littoral Collembola. *J. Insect Physiol.*, 33: 59-66.

			NOTE	D.G.
Famiglia Hypogastruridae				
<i>Acherongia</i> sp.	13190	Massoud & Thibaud, 1985	A1	
<i>Ceratophysella</i>	13191	Börner in Brohmen, 1932		
<i>Ceratophysella denticulata</i>	13192	(Bagnall, 1941)	A2,A3,A7	Cos.
<i>Paraxenylla</i>	13193	Murphy, 1965		
<i>Paraxenylla affinisformis</i>	13194	(Stach, 1930)	A3	Cos.
<i>Willemia</i>	13195	Börner, 1901		
<i>Willemia anophthalma</i>	13196	Börner, 1901	A7	Hol.
<i>Xenylla</i>	13197	Tullberg, 1869		
<i>Xenylla maritima</i>	13198	Tullberg, 1869	A3,A6,A7	Cos.
<i>Xenylla brevisimilis mediterranea</i>	13199	Gama, 1964	A6	Med.
<i>Xenyllogastrura</i>	13200	Denis, 1932		
<i>Xenyllogastrura pruvoti</i>	13201	Denis, 1932	A1	Med.
<i>Xenyllogastrura</i> sp.	13202		A2	
Famiglia Neanuridae				
<i>Anurida</i>	13203	Laboulbène, 1865		
<i>Anurida maritima</i>	13204	(Guérin, 1836)	A3,A5	Cos.
<i>Anurida tullbergi</i>	13205	(Schött, 1891)	A3	Hol.
<i>Brachystomella</i>	13206	Ågren, 1903		
<i>Brachystomella curvula</i>	13207	Gisin, 1948	A2	Eur-Med.
<i>Friesea</i>	13208	von Dalla Torre, 1895		
<i>Friesea acuminata</i>	13209	(Denis, 1925)	A3	Med.
<i>Friesea afurcata</i>	13210	(Denis, 1926)	A7	Eur-Med.
<i>Friesea mirabilis</i>	13211	(Tullberg, 1871)	A6,A7	Cos.
<i>Friesea subterranea</i>	13212	Cassagnau, 1958	A6	Eur-Med.
<i>Pseudachorutella</i>	13213	Stac, 1949		

			NOTE	D.G.
<i>Pseudachorutella asigillata</i>	13214	(Börner, 1901)	A6	Eur.
<i>Pseudachorutes</i>	13215	Tullberg, 1871		
<i>Pseudachorutes parvulus</i>	13216	Börner, 1901	A2,A7	Cos.
<i>Pseudachorutes</i> sp.	13217		A7	
Famiglia Odontellidae				
<i>Odontellina</i>	13218	Deharveng, 1981		
<i>Odontellina sexoculata</i>	13219	Thibaud & Christian, 1989	A7	Med.
<i>Pseudostachia</i>	13220	Arlè, 1968		
<i>Pseudostachia populosa</i>	13221	(Selga, 1963)	A1	Eur-Med.
Famiglia Onychiuridae				
<i>Orthonychiurus</i>	13222	Stach, 1954		
<i>Orthonychiurus pseudostachianus</i>	13223	(Gisin 1956)	A3	Eur.
<i>Protaphorura</i>	13224	Absolon, 1901		
<i>Protaphorura armata</i>	13225	(Tullberg, 1869)	A5,A7	Cos.
Famiglia Tullbergidae				
<i>Doutnacia</i>	13226	Rusek, 1974		
<i>Doutnacia xerophila</i>	13227	Rusek, 1974	A1	Eur-Med.
<i>Mesaphorura</i>	13228	Börner, 1901		
<i>Mesaphorura krausbaueri</i>	13229	Börner, 1901	A4	Cos.
<i>Mesaphorura critica</i>	13230	Ellis, 1976	A2	Hol.
<i>Mesaphorura italica</i>	13231	(Rusek, 1971)	A2,A6	Eur-Med.
<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	13232	Rusek, 1976	A1,A2,A6,A7	Hol.
<i>Mesaphorura schembrii</i>	13233	Thibaud & Massoud 1989	A1	Med.
<i>Mesaphorura sylvatica</i>	13234	(Rusek, 1971)	A7	Eur-Med.
<i>Metaphorura</i>	13235	Stach, 1954		
<i>Metaphorura affinis</i>	13236	(Börner, 1902)	A2,A6	Eur-Med.
<i>Scaphaphorura</i>	13237	Petersen, 1965		
<i>Scaphaphorura arenaria</i>	13238	Petersen, 1965	A2,A7	Eur-Med.
Famiglia Isotomidae				
<i>Archisotoma</i>	13239	Linnaniemi, 1912		
<i>Archisotoma interstitialis</i>	13240	Delamare 1953	A2,A3,A4	Hol.
<i>Axelsonia</i>	13241	Börner, 1906		
<i>Axelsonia littoralis</i>	13242	(Moniez, 1890)	A3,A5	Eur-Med.
<i>Cryptopygus</i>	13243	Willem, 1901		
<i>Cryptopygus bipunctatus</i>	13244	(Axelson, 1903)	A2,A6,A7	Eur-Med.
<i>Cryptopygus thermophilus</i>	13245	(Axelson, 1900)	A1,A2,A7	Cos.
<i>Cryptopygus ponticus</i>	13246	(Stach, 1947)		Eur-Med.
<i>Cryptopygus</i> sp.	13247		A2	
<i>Folsomides</i>	13248	Stach, 1922		
<i>Folsomides angularis</i>	13249	(Axelson, 1905)	A2	Hol.
<i>Folsomides parvulus</i>	13250	Stach, 1922	A2	Cos.
<i>Halisotoma</i>	13251	Bagnall, 1949		
<i>Halisotoma maritima</i>	13252	(Tullberg, 1871)	A5,A7	Pal.
<i>Isotomodes</i>	13253	Axelson, 1907		
<i>Isotomodes sexsetosus provincialis</i>	13254	Poinsot 1966	A2	Med.
<i>Micranurophorus</i>	13255	Bernard,1977		
<i>Micranurophorus musci</i>	13256	Bernard,1977	A2	Hol
<i>Proctostephanus</i>	13257	Börner, 1902		
<i>Proctostephanus stuckeni</i>	13258	Börner, 1902	A2	Eur-Med.
Famiglia Entomobryidae				
<i>Coecobrya</i>	13259	Yosii, 1956		
<i>Coecobrya caeca</i>	13260	(Schött, 1896)	A3	Hol.
<i>Entomobrya</i>	13261	Rondani, 1861		
<i>Entomobrya multifasciata</i>	13262	(Tullberg, 1871)	A6,A7	Cos.

			NOTE	D.G.
<i>Entomobrya nivalis</i>	13263	(Linné, 1758)	A5,A7	Cos.
<i>Pseudosinella</i>	13264	Schäffer, 1897		
<i>Pseudosinella fallax</i>	13265	(Börner, 1903)	A6	Eur-Med.
Famiglia Cyphoderidae				
<i>Cyphoderus</i>	13266	Nicolet, 1842		
<i>Cyphoderus albinus</i>	13267	Nicolet, 1842	A7	Eur.
Famiglia Katiannidae				
<i>Sminthurinus</i>	13268	Börner, 1901		
<i>Sminthurinus aureus</i>	13269	(Lubbock, 1862)	A7	Cos.?
<i>Sminthurinus elegans</i>	13270	(Fitsch, 1863)	A6	Hol.
Famiglia Sminthurididae				
<i>Sminthurides</i>	13271	Börner, 1900		
<i>Sminthurides aquaticus</i>	13272	(Bourlet, 1843)	A3	Hol.
<i>Sminthurides malmgreni</i>	13273	(Tullberg, 1876)	A3	Cos.
<i>Sphaeridia</i>	13274	Linnaniemi, 1912		
<i>Sphaeridia pumilis</i>	13275	(Krausbauer, 1898)	A7	Hol.
Famiglia Neelidae				
<i>Megalothorax</i>	13276	Willem, 1900		
<i>Megalothorax minimus</i>	13277	Willem, 1900	A7	Cos.

Note

A1: Delamare Deboutteville, 1953
 A2: Thibaud & Christian, 1989
 A3: Christian, 1989
 A4: Thibaud & Christian, 1995
 A5: Gridelli, 1955
 A6: Parco Nazionale del Circeo
 A7: Parco Regionale della Maremma

Remarks

A1: Delamare Deboutteville, 1953
 A2: Thibaud & Christian, 1989
 A3: Christian, 1989
 A4: Thibaud & Christian, 1995
 A5: Gridelli, 1955
 A6: National Park of Circeo
 A7: Regional Park of Maremma

Distribuzione Geografica (D.G.)

Cos. = Cosmopolita
 Hol. = Oloartico
 Eur. = Europa
 Eur-Med. = Europa e regione mediterranea
 Med. = bacino del Mediterraneo

Geographical Distribution (D.G.)

Cos. = Cosmopolitan
 Hol. = Holarctic
 Eur. = Europe
 Eur-Med. = Europe and Mediterranean region
 Med. = Mediterranean basin



(R. Dallai & P.P. Fanciulli)

Anurida maritima, esemplari raccolti nella spiaggia della Giannella.
Anurida maritima, specimens collected in 'Giannella' beach (Santa Liberata, Orbetello).