M. G. Dia, R. Lo Giudice & M. Privitera

Diversité bryophytique dans des aires urbaines de la Sicile

Abstract

Dia, M. G., Lo Giudice, R. & Privitera, M.: "*Bryophyta* diversity in urban areas of Sicily". — Bocconea 16(1): 115-132. 2003. — ISSN 1120-4060.

This research has been carried out to provide an evaluation of the bryophyte diversity of Sicilian urban areas. For this purpose, the bryophyte flora of the coastal towns of Agrigento and Siracusa (S and SE Sicily, respectively) was studied. These data has been analysed together with those of the towns of Enna (C Sicily), Catania (E Sicily) and Palermo (N Sicily), published previously. The bryophyte flora of Sicilian urban areas has also been compared to other Italian and Spanish ones. A database with chorological, ecological and biological data has been set up and a cluster analysis has been carried out.
The results show that the urban bryoflora is rich and diversified in Sicily. Besides a high number of taxa, it is characterized by a high number of urbaniphilous taxa, a higher value of hepatics/mosses ratio, and, from a chorological point of view, by lower and higher incidence of temperate and oceanic-Mediterranean taxa respectively, than that of the other considered cities. Although the presence of green areas and of poorly disturbed habitats greatly affects species diversity, geographical and climatic factors mainly influence bryoflora composition and richness.

Introduction

Durant les vingt dernières années, une attention croissante a été portée à l'étude du milieu urbain, aussi bien pour l'intérêt que présentent sa flore et sa végétation que pour ses nombreuses retombées dans divers champs d'application.

Il est notoire que le milieu urbain se caractérise par une nette diminution des habitats naturels ou semi-naturels, due à l'urbanisation excessive, au mésoclimat plus chaud et sec et au niveau de pollution plus ou moins élevé. Il s'ensuit un appauvrissement et une profonde sélection de la flore qui, en ce qui concerne les bryophytes, est constituée essentiellement de mousses xérophiles résistantes aux stress hydriques et aux niveaux élevés de substances phytotoxiques, et qui adoptent des stratégies de vie particulières.

En Europe méridionale, les recherches bryologiques dans les milieux urbains, ont connu un développement soutenu dans la Péninsule Ibérique et en Italie. En Sicile, les flores des villes de Catania (Lo Giudice 1994, 1995) et de Enna (Lo Giudice & al. 1997; Lo Giudice & Cristaudo 1998) ont été étudiées et, en outre, des recherches floristiques et synécolo-

giques ont été réalisées restreintes à quelques milieux urbains particuliers des villes de Palermo (Dia & Not 1991; Dia & Aiello 1992; Aiello & al. 1997), Siracusa (Privitera & al. 1996) Milazzo (Privitera & Puglisi 1995), Militello in Val di Catania (Lo Giudice & al. 1998) et Acireale (Lo Giudice & Polizzi 1997).

Les études floristiques ont souligné certains aspects intéressants des flores bryophytiques des aires urbaines siciliennes tant pour la consistance que pour la composition. Ces premières recherches ont en effet révélé une richesse inattendue des flores urbaines. Ceci a été surtout observé pour la ville de Enna, mais aussi pour les villes de Catania et relativement aux milieux particuliers étudiés, pour Palermo. Dans le but de vérifier si ces villes constituent, du point de vue floristique, des cas particuliers en Sicile de par leurs dimensions ou leurs conditions climatico-géographiques, et de disposer d'un ensemble de données plus significatives, les recherches ont été étendues aux villes de Siracusa et d'Agrigento. Ces localités sont situées dans la partie sud-orientale et sud-occidentale de l'île et présentent toutes deux des dimensions inférieures à Catania et à Palermo. Siracusa se trouve sur la côte alors qu'Agrigento est située sur une zone de collines à environ 3 kilomètres de la mer.

Les résultats des recherches effectuées dans ces deux villes sont présentés ici pour la première fois, en même temps que des données déjà publiées ainsi que d'autres acquises récemment, et nous semblent suffisamment représentatifs de la bryoflore urbaine sicilienne.

Dans l'ensemble, pour la Sicile, nous avons donc examiné les bryoflores relatives aux aires urbaines de Catania, Siracusa, Agrigento et Enna ainsi que des données partielles relatives à la ville de Palermo.

En se référant aux villes en question, sans entrer dans le détail de la structure urbaine de chacune d'entre elles, nous pouvons en général affirmer qu'elles sont constituées d'un centre historique, sujet seulement sporadiquement à des interventions de restauration, et qui présente un réseau dense de rues étroites; d'une zone de densité moyenne à vocation commerciale prédominante où se développe une circulation intense; et de quartiers résidentiels d'urbanisation récente qui présentent une densité urbaine inférieure. Siracusa et Enna ont de grands espaces verts. Agrigento est, en revanche, presque totalement démunie de zones vertes.

Sur le plan climatique, en se référant à la classification de Rivas Martinez (1995), les climats de Siracusa et Palermo entrent dans l'étage bioclimatique thermo-méditerranéen inférieur avec ombrotype sec supérieur, celui de Catania dans le thermo-méditerranéen supérieur avec ombrotype subhumide inférieur, le climat d'Agrigento entre dans l'étage thermo-méditerranéen supérieur avec ombrotype sec supérieur, celui d'Enna, enfin, dans l'étage méso-méditerrannéen supérieur avec ombrotype subhumide supérieur.

Matériels et méthodes

Pour l'étude des bryoflores des villes d'Agrigento et Siracusa, nous avons effectué les récoltes selon un échantillonnage. Pour chacune des aires urbaines, nous avons tracé un réseau constitué de mailles de 250×250 m et à l'intérieur de chacune d'entre elles, nous avons effectué au moins un relevé pour chaque habitat rencontré.

La nomenclature suivie est celle de Grolle & Long (2000) pour les hépatiques et de Cortini Pedrotti (2001) pour les mousses.

Pour la caractérisation écologique, nous avons pris en considération les habitats suivants, sur la base des facteurs principaux: sols humides (T1), sols secs (T2), roches basiques humides (SC1), roches basiques sèches (SC2), roches acides humides (SC3), roches acides sèches (SC4), roches gypseuses sèches (SC5), substrats artificiels (tels qu'enduits, mortiers et ciments) basiques humides (SC6), substrats artificiels basiques secs (SC7), troncs d'arbres (E1), bases de troncs d'arbres (E2). En général, les habitats qui sont secs sont aussi ensoleillés et ceux qui sont humides sont frais et ombragés. Enfin, nous avons pris en considération l'habitat aquatique des vasques (A). Pour cette analyse, nous n'avons pas pris en compte les données de Palermo parce que nous estimons que certains habitats n'ont pas été suffisamment étudiés.

En ce qui concerne les différents biotypes nous faisons référence à Magdefrau (1969).

Pour l'étude des chorotypes nous nous sommes référées à ceux reportés par Düll (1983, 1984-1985, 1992) avec les abréviations utilisées par cet auteur. Les chorotypes ont été ensuite réunis en 6 principaux groupes: tempéré, océanique-méditerranéen, méditerranéen, boréal, océanique et continental qui comprennent les chorotypes suivants. Tempéré: temp, temp-mont, w.temp; océanique-méditerranéen: oc-med, oc-submed, suboc-med, suboc-submed, suboc-submed-mont, med-oc, submed-oc, submed-suboc, submed-suboc-mont; méditerranéen: med, submed, submed-mont; boréal: bor, bor-mont, subbor, subbor-mont; océanique: oc, n.oc-mont, suboc, suboc-mont, n.suboc, n.suboc-mont, euoc/subtrop; continental: kont, subkont, subkont-med, n.subkont.

Pour l'étude des affinités entre bryoflores, on a effectué une *cluster analysis* sur la base de données de présence/absence des taxons avec le logiciel BioDiversity Professional et en utilisant les coefficients de similarité de Jaccard (1908) Cette analyse a été conduite sur des villes dont la richesse floristique est comparable et nous avons exclu la ville de Palermo.

Pour l'identification des taxons urbaniphiles, nous avons évalué, outre le nombre de villes dans lesquelles ils sont présents, la diffusion à l'intérieur d'entre elles et dans les divers habitats. Les taxons ont été répartis en 3 classes selon leur fréquence dans les villes et en autant de classes selon leur repartition dans les divers habitats, comme il s'ensuit:

Classe I = taxons présents jusqu'à 10% des relevés effectués dans les villes; classe II = taxons présents de 11% à 20% des relevés; classe III = taxons présents dans plus de 20% des relevés.

Classe I = taxons présents jusqu'à 25% des habitats; classe II= taxons présents jusqu'à 50% des habitats; classe III = taxons présents jusqu'à 75% des habitats.

Résultats

L'études des flores d'Agrigento et Siracusa a révélé que celles-ci comprennent respectivement 55 et 80 taxons spécifiques et infraspécifiques, dont on fournit la liste dans le Tableau 1. La recherche a permis également d'acquérir de nombreux taxons intéressants du point de vue de leur distribution sur le territoire régional. En particulier, il résulte que 32 d'entre eux sont nouveaux pour la province d'Agrigento et 14 pour celle de Siracusa. En outre, au cours de cette étude, nous avons trouvé dans la ville d'Agrigento deux taxons nouveaux pour la Sicile qui ont été l'objet de publications récentes, étant donné qu'ils présentent un intérêt phytogéographique particulier (Aiello & Dia 2000; Gueli & al. 2001). Il s'agit des espèces

Tableau 1. Liste floristique des villes d'Agrigento et Siracusa.

Taxons	Agrigento	Siracusa
Anthocerotaceae		
●● *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk.	-	+
Sphaerocarpaceae		
■ *Sphaerocarpos michelii* Bellardi	+	+
Targionaceae		
■ *Targionia hypophylla* L.	+	+
Conocephalaceae		
● *Conocephalum conicum* (L.) Dumort.	-	+
Lunulariaceae		
■ *Lunularia cruciata* (L.) Lindb.	+	+
Corsiniaceae		
● *Corsinia coriandrina* (Spreng.) Lindb.	-	+
Oxymitraceae		
●● *Oxymitra incrassata* (Broth.) Sergio & Sim Sim	-	+
Ricciaceae		
■ *Riccia crystallina* L. emend. Raddi	+	+
■ *Riccia sorocarpa* Bisch.	+	-
Pelliaceae		
Pellia endiviifolia (Dicks.) Dumort.	-	+
Codoniaceae		
■ *Fossombronia caespitiformis* De Not. ex Rabenh.	+	+
●● *Fossombronia pusilla* (L.) Nees	-	+
Cephaloziellaceae		
■ *Cephaloziella baumgartneri* Schiffn.	+	+
Arnelliaceae		
■ *Southbya nigrella* (De Not.) Henriq.	+	-
Fissidentaceae		
■■ *Fissidens viridulus* (Sw.) Wahlenb.	+	+
Fissidens crassipes Wilson ex Bruch & *al.*	-	+
Ditrichaceae		
Pleuridium acuminatum Lindb.	-	+
Dicranaceae		
■■ *Dicranella howei* Renauld & Cardot	+	+
Pottiaceae		
■■● *Aloina aloides* (Schultz) Kindb.	+	+
Aloina ambigua (Bruch & Schimp.) Limpr.	+	+
■■ *Aloina rigida*(Hedw.) Limpr.	+	-
■■ *Barbula convoluta* Hedw.	+	+
Barbula ehrenbergii (Lorentz) M.Fleisch.	-	+
■■ *Barbula unguiculata* Hedw.	+	+
■● *Didymodon acutus* (Brid.) K.Saito	+	+
■ *Didymodon luridus* Hornsch.	+	+

Tableau 1. continuation.

●	*Didymodon rigidulus* Hedw.	-	+
■●	*Didymodon tophaceus* (Brid.) Lisa	+	+
■■	*Didymodon vinealis* (Brid.) R.H.Zander	+	+
	Didymodon sp.	+	-
■■	*Eucladium verticillatum* (Brid.) Bruch & *al.*	+	+
■■	*Gymnostomum calcareum* Nees & Hornsch.	+	+
■■	*Gymnostomum viridulum* Brid.	+	-
■■●	*Gyroweisia tenuis* (Hedw.) Schimp.	+	+
●●	*Leptobarbula berica* (De Not.) Schimp.	-	+
●	*Phascum cuspidatum* Hedw.	-	+
	Pleurochaete squarrosa (Brid.) Lindb.	-	+
■●	*Pottia davalliana* (Sm.) C.E.O.Jens.	+	+
●	*Pottia intermedia* (Turner) Fürnr.	-	+
■■●	*Pottia starkeana* (Hedw.) Müll.Hal.	+	+
■■	*Pseudocrossidium hornschuchianum* (Schultz) R.H.Zander	+	+
	Pseudocrossidium sp.	+	-
	Syntrichia ruralis (Hedw.) Web. & D.Mohr	-	+
	Timmiella anomala (Bruch & Schimp.) Limpr.	-	+
■■	*Timmiella barbuloides* (Brid.) De Not.	+	+
	Timmiella cfr. *anomala* (Bruch & Schimp.) Limpr.	+	-
●	*Tortella flavovirens* (Bruch) Broth.	-	+
	Tortella inflexa (Bruch) Broth.	-	+
■■	*Tortella nitida* (Lindb.) Broth.	+	+
■■	*Tortula cuneifolia* (Dicks.) Turner	+	-
▲	*Tortula israelis* Bizot & F.Bilewsky	+	-
■■	*Tortula marginata* (Bruch & Schimp.) Spruce	+	+
■■	*Tortula muralis* Hedw. var. *muralis*	+	+
■■	*Tortula muralis* var. *aestiva* Hedw.	+	+
■	*Tortula vahliana* (Schultz.) Mont.	+	-
	Tortula sp.	+	-
■■	*Trichostomopsis australasiae* (Hook. & Grev.) Robins.	+	-
▲	*Trichostomopsis umbrosa* (Müll.Hal.) Robins.	+	-
●	*Trichostomum brachydontium* Bruch	-	+
	Trichostomum crispulum Bruch	-	+
●	*Weissia condensa* (Voit) Lindb.	-	+
●●	*Weissia controversa* Hedw.	-	+
	Wessia cfr *longifolia* Mitt.	-	+
Grimmiaceae			
■■	*Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm.	+	-
Ephemeraceae			
	Ephemerum sp.	-	+
Funariaceae			
●●	*Entosthodon attenuatus* (Dicks.) Bryhn	-	+

Tableau.1. continuation.

■■●●	*Entosthodon durieui* Mont.	+	+
	Entosthodon sp.	+	-
●	*Funaria convexa* Spruce	-	+
■■	*Funaria hygrometrica* Hedw.	+	+
●	*Funaria muhlenbergii* Turner	-	+
■■●●	*Funaria pulchella* H.Philib.	+	+
Bryaceae			
	Bryum argenteum Hedw.	+	+
■■	*Bryum bicolor* Dicks.	+	+
■■	*Bryum caespiticium* Hedw.	+	+
■■●●	*Bryum caespiticium* var. *kunzei* (Hoppe & Hornsch.)Braithw.	+	+
■■	*Bryum capillare* Hedw.	+	+
	Bryum donianum Grev.	+	-
■■	*Bryum dunense* A.J.E.Sm. & H.Whitehouse	+	-
●	*Bryum gemmiparum* De Not.	-	+
■■●	*Bryum radiculosum* Brid.	+	+
●●	*Bryum subapiculatum* Hampe	-	+
■■●	*Bryum torquescens* Bruch & Schimp.	+	+
	Bryum cfr. *subelegans* Kindb.	+	-
●	*Pohlia wahlenbergii* (Weber & D.Mohr) A.L.Andrews	-	+
●●	*Pohlia wahlenbergii* var. *calcareum* (Warnst.) E.F.Warb.	-	+
Fontinalaceae			
●	*Fontinalis antipyretica* Hedw.	-	+
Amblystegiaceae			
	Leptodictyum humile (P. Beauv.) Ochyra	-	+
Brachytheciaceae			
●	*Eurhynchium hians* (Hedw.) Sande Lac.	-	+
●●	*Eurhynchium praelongum* var. *praelongum* (Hedw.) Bruch & *al.*	-	+
●●	*Eurhynchium praelongum* var. *stokesii* (Turner) Dixon		+
●	*Eurhynchium speciosum* (Brid.) Jur.	-	+
●	*Homalothecium sericeum* (Hedw.) Bruch & *al.*	-	+
●	*Rhynchostegiella tenella* var. *litorea* (De Not.) P.W.Rich. & E.C.Wallace	-	+
●●	*Rhynchostegium megapolitanum* (F.Weber & D.Mohr) Bruch & *al.*	-	+
	Rhynchostegium riparioides (Hedw.) Cardot	-	+
	Scleropodium touretii (Brid.) L.F.Koch	-	+
	Scorpiurium circinatum (Brid.) M.Fleisch. & Loeske	-	+

●: taxons nouveaux pour la ville de Siracusa.
●●: taxons nouveaux pour le département de Siracusa.
■: taxons nouveaux pour la ville d'Agrigento.
■■: taxons nouveaux pour le département d'Agrigento.
▲: taxons connus en Sicile seulement dans ces localités.

Trichostomopsis umbrosa (Müll. Hal.) Robins, précédemment inconnue en Italie et *Tortula israelis* Bizot & F.Bilewsky, connue en Italie seulement dans la ville de Roma.

Puisque l'étude des bryoflores d'Agrigento et Siracusa a été réalisée afin d'évaluer la

diversité des bryophytes dans les aires urbaines siciliennes, les données relatives ont donc été analysées en même temps que celles des autres villes de l'île, étudiées jusqu'à ce jour.

Comme on peut l'observer dans le Tableau 2, la ville ayant le nombre de taxons et le rapport nombre de taxons/superficie les plus élevés est Enna qui a respectivement 103 taxons et un rapport de 20,6. Les flores des autres villes sont tout de même caractérisées elles aussi par une remarquable richesse avec respectivement 79 et 80 taxons pour Catania et Siracusa; Agrigento, avec 55 taxons, est la moins riche des villes étudiées. Enfin, compte tenu du nombre de taxons observés jusqu'ici à Palerme, nous pouvons considérer que la richesse floristique est un trait caractéristique commun des villes siciliennes. Au total, il résulte que la bryoflore urbaine recensée est composée de 168 taxons qui appartiennent à 62 genres de 31 familles. Parmi les villes, Enna est celle qui présente le nombre le plus élevé de genres et de familles. Agrigento est, au contraire, la ville qui présente la plus basse diversité non seulement avec le nombre le plus bas de taxons, mais aussi de genres (26) et de familles (13). La famille la plus représentée est celle des *Pottiaceae*, qui à Agrigento et à Palermo comprend plus de 50% des taxons. Les seules autres familles représentées discrètement sont celles de *Bryaceae*, *Funariaceae* et *Brachytheciaceae,* et parmi les hépatiques les *Ricciaceae*.

Les données qui suivent dans le tableau se rapportent au nombre de taxons trouvés exclusivement dans une ville; le nombre le plus élevé a été enregistré à Enna où il y a 31 taxons exclusifs alors que 16 taxons le sont aux flores de Siracusa et Catania. Dans toutes les aires urbaines étudiées le nombre des hépatiques est remarquable, variant entre 8 et 13. Au total 19 espèces constituent jusqu'à présent l'hépaticoflore urbaine sicilienne. Le rapport hépatiques/mousses est plutôt bas, comme cela se vérifie en général en milieu méditerranéen, où le climat ne favorise certainement pas le développement d'une hépaticoflore.

Tableau 2. Données synthétiques sur la diversité bryophytique dans les villes siciliennes.

	A	S	C	E	P*	VILLES SICILIENNES
n. taxons	55	80	79	103	77	168
n. taxons/superficie	5,5	8,8	4,4	20,6	-	-
n. taxons exclusifs	7	16	16	31	8	-
n. genres	26	38	38	44	39	62
n. familles	13	20	19	22	17	31
n. hépatiques	8	11	11	10	13	19
n. hépatiques/mousses	0,17	0,16	0,16	0,10	0,20	0,12
n. acrocarpes	47	57	64	75	56	126
% acrocarpes**	100	82,6	94,1	80,6	87,5	84,6
n. pleurocarpes	0	12	4	18	8	23
% pleurocarpes**	0	17,4	5,9	19,4	12,5	15,4
n. taxons fertiles	20	23	23	42	38	56
% taxons fertiles	36,4	28,8	29,5	40,8	49,4	33,3
n. taxons avec propagules	7	6	13	14	8	18
% taxons avec propagules	12,7	7,5	16,5	13,6	10,4	10,7
n. biotypes	5	5	6	8	6	8

A: Agrigento; S: Siracusa; C: Catania; E: Enna; P: Palermo
* données partielles
** sur le total des mousses

Cependant, comme nous le verrons plus loin, celui-ci reste plus élevé que dans d'autres villes de la région méditerranéenne. En ce qui concerne les mousses, la bryoflore étudiée est constituée au total de 126 acrocarpes et de 23 pleurocarpes. Dans toutes les villes, les acrocarpes dominent et leur pourcentage est toujours supérieur à 80%. Agrigento est un cas particulier car elle ne présente que des mousses acrocarpes. Les pleurocarpes sont les plus représentés dans les aires urbaines d'Enna et Siracusa, où la majeure partie d'entre eux se développe à l'intérieur des espaces verts. De façon analogue, l'absence de pleurocarpes à Agrigento peut être liée au manque d'espaces verts dans cette ville.

En outre, on a calculé le pourcentage de taxons avec sporophytes et de ceux qui se reproduisent par propagules de gamétophyte. Les villes qui présentent les pourcentages les plus élevés de taxons avec sporophytes sont Enna (40,8%) et Palermo (49,4%). En ce qui concerne la présence de taxons avec propagules, la fréquence la plus importante est à Catania (16,5%). Enfin, en ce qui concerne la présence de différents biotypes, la flore d'Enna est la plus diversifiée, comprenant les 8 biotypes représentés dans la bryoflore urbaine sicilienne, et c'est-à-dire les biotypes "short turfs", "annuals", "wefts", "mats", "cushions", "tall turfs", "fans" et "tails".

Afin d'établir une différenciation écologique, nous avons évalué la richesse floristique dans les différents habitats. La distribution des taxons dans les différents habitats (Tableau 3) démontre que l'habitat présentant la plus grande richesse floristique, dans l'ensemble de la bryoflore étudiée, est celui des sols secs ensoleillés. Ceci s'observe aussi pour les bryoflores de chaque ville excepté Agrigento, où en revanche c'est l'habitat des substrats artificiels secs (SC7) le plus riche en espèces. Les espèces épiphytes sont absentes dans les villes d'Agrigento et Siracusa et discrètement représentée à Enna, conformément au climat plus frais et plus humide de cette ville, qui appartient à l'étage mésoméditerranéen. La présence de certains habitats dans quelques villes seulement, comme l'habitat aquatique, des roches acides, des affleurements gypseux, ou des troncs d'arbres, rend les bryoflores correspondantes plus riches et augmente les différences floristiques entre les villes. Ainsi, par exemple, de nombreuses épiphytes vivent seulement à Enna, les espèces *Encalypta vulgaris* Hedw., *Tortula revolvens* (Schimp.) G.Roth et *Amblystegium serpens* (Hedw.) Bruch & al. n'ont été trouvées que sur les affleurements gypseux de la même ville et les taxons *Grimmia trychophylla* Grev. et *Grimmia laevigata* (Brid.) Brid. exclusivement sur les laves acides de Catania.

Pour évaluer la diversité bryophytique des villes siciliennes et de la bryoflore urbaine sicilienne dans son ensemble, il nous a semblé opportun d'effectuer des comparaisons avec

Tableau 3. Nombre de taxons par habitat dans les villes siciliennes.

Villes	**Habitats**											
	A	T1	T2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	E1	E2
Agrigento	-	3	8	8	20	-	-	-	13	25	-	-
Catania	-	28	41	28	24	5	9	-	15	19	-	5
Enna	5	28	38	27	31	-	-	22	11	19	18	7
Siracusa	6	25	42	8	17	-	-	-	11	31	-	-
Villes siciliennes	10	58	68	48	51	5	9	22	38	46	18	9

les bryoflores d'autres villes de la région méditerranéenne, pour lesquelles nous disposions de données adéquates. En particulier, nous avons comparé le nombre de taxons, les nombres d'hépatiques, le rapport hépatiques/mousses, le pourcentage de pleurocarpes, les spectres chorologiques et ceux des biotypes des villes siciliennes avec ceux de 4 villes de l'Italie centrale: Roma, Camerino, Treia et Jesi et 7 villes espagnoles: Madrid, Avila, Badajoz, Cuenca, Segovia, Toledo et Murcia. Les résultats de cette analyse sont illustrés par les graphiques suivants. Le premier graphique (Fig. 1) montre que les villes siciliennes présentent dans l'ensemble une richesse floristique élevée plus ou moins équivalente à celles des villes d'Italie centrale et considérablement supérieure à celles des villes espagnoles. En outre, le graphique montre aussi que la ville d'Enna présente la diversité spécifique la plus élevée.

Afin de vérifier si la superficie des aires urbaines est un facteur de remarquable influence sur la richesse floristique, nous avons construit le graphique de la Fig. 2, où les villes ont été disposées par ordre croissant de superficie. Celui-ci démontre clairement qu'en général, il n'y a aucune corrélation évidente. Relativement au nombre des hépatiques et au rapport hépatiques/mousses, représentés sur l'histogramme de la Fig. 3, nous observons que le nombre d'hépatiques, et en général aussi le rapport hépatiques/mousses, sont toujours plus élevés dans les villes siciliennes que dans les autres villes. Le nombre de pleurocarpes (Fig. 4) dans les villes siciliennes est presque équivalent à celui des villes espagnoles, mais leur incidence en pourcentage est en général plus faible dans les villes de Sicile.

Du point de vue chorologique, dans les spectres représentés sur le graphique de la Fig. 5, on remarque que la bryoflore urbaine sicilienne est très bien caractérisée. En effet, alors que les taxons tempérés sont considérablement dominants dans les villes espagnoles et en Italie centrale, les taxons océanique-méditerranéens prévalent dans les villes siciliennes côtières; mais à Enna, du fait de son climat plus frais, les taxons tempérés y dominent. L'incidence de ces derniers, dans les villes siciliennes, est quand même toujours remar-

Fig. 1. Richesse des bryoflores dans les villes considérées.

Fig. 2. Nombre de taxons en fonction de la superficie étudiée des villes prises en considération.

Fig. 3. Nombre d'hépatiques et rapport hépatiques/mousses.

Fig. 4. Nombre et pourcentage des mousses pleurocarpes dans les villes considérées.

Fig. 5. Comparaison des spectres chorologiques entre les villes considérées.

quablement plus faible alors que celle des taxons méditerranéens est plus élevée. Les spectres chorologiques montrent en outre que les villes siciliennes sont caractérisées aussi par des incidences plus faibles des taxons boréaux et océaniques et par l'absence des continentaux.

En ce qui concerne les incidences des divers biotypes, le biotype "short turf" est nettement dominant dans toutes les villes (Fig. 6). Cette donnée confirme ultérieurement ce qu'ont affirmé Soria & Ron (1995), c'est à dire, que la forme "short turf" est la plus avantagée dans les milieux urbains étant donné qu'elle est plus résistante aux stress hydriques et à l'action de subtances phytotoxiques. Parmi les villes siciliennes, l'incidence de "short turf" la plus faible a été enregistrée à Enna (53,5%) alors que la plus élevée l'a été à Agrigento. Dans cette ville et dans celle de Murcia, qui présentent une forte urbanisation avec un déficit en espaces verts, on enregistre les pourcentages les plus élevés de "short turf". Relativement aux autres biotypes, nous observons que les villes siciliennes sont caractérisées par une plus haute incidence du biotype "annual". Ceux-ci sont discrètement compétitifs dans les villes siciliennes, dans les habitats secs aussi bien que dans les humides, du fait qu'eux aussi connaissent quelques périodes de sécheresse durant l'été. Les formes "tail" et "fans" sont en revanche peu représentées dans toutes les villes.

Pour obtenir d'autres éléments d'évaluation des affinités floristiques entre les villes, nous avons effectué en outre une *cluster analysis*. Le dendrogramme obtenu montre, dans son ensemble, une classification des flores qui correspond en général aux conditions géographiques-climatiques des villes (Fig. 7). Il a permis de reconnaître deux ensembles principaux. Le premier comprend deux groupes, un constitué par toutes les villes espagnoles, l'autre par les villes d'Italie centrale excepté Roma. Le second ensemble principal regroupe les villes siciliennes et Roma. Les villes siciliennes se distinguent donc remarquablement des villes espagnoles et des villes de Camerino, Jesi et Treia. Quant à Roma, le fait qu'elle soit réunie dans le dendrogramme à Enna pourrait être expliqué par la remarquable affinité climatique avec cette ville. En ce qui concerne les villes siciliennes, on observe que leurs flores paraissent assez diversifiées, étant donné qu'un bas niveau de similarité les réunit. En particulier, les flores de Siracusa et Enna sont les plus caractéristiques –probablement en raison de la présence, dans la première ville, de grands espaces verts et dans la ville d'Enna de différentes conditions climatiques– alors qu'entre Catania et Agrigento on enregistre une plus grande affinité.

Un autre aspect de la bryoflore urbaine sicilienne étudiée concerne la présence de taxons urbaniphiles. Pour leur identification, nous avons pris en considération aussi bien les taxons qui sont présents dans la plupart des villes que les plus répandus dans celles-ci, et nous avons noté la présence de certains caractères considérés par Soria & Ron (1995) comme les plus typiques des espèces urbaniphiles, c'est-à-dire la présence de sporophytes, de propagules, la condition dioïque, le comportement calcicole, xérophile et héliophile, et le biotype. Les données de cette étude sont indiquées dans le Tableau 4, où nous avons dressé la liste des taxons présents dans au moins trois villes siciliennes, en mettant en évidence ceux qui sont récurrents dans toutes les villes. Il en résulte que ces derniers sont au total 25 et, parmi eux, on relève un groupe de 17 taxons très répandus à l'intérieur des villes et caractérisés par le fait qu'ils sont tous terricoles ou saxicoles, presque tous avec un biotype "short turf", généralement fertiles ou avec propagules, et pour la plupart dioïques, calcicoles, xérophiles et héliophiles. En considérant ces données, il nous semble donc pouvoir attibuer à ces

Fig. 6. Distribution des biotypes dans les villes prises en considération.

Fig. 7. Affinité floristique entre les villes.

Tab. 4. Caractères biologiques et écologiques des taxons les plus communs dans les villes siciliennes.

Taxons présents dans au moins 3 villes siciliennes	Classe de diffusion dans les villes*	Classe de diffusion dans les habitats**	Présence de sporophytes	Présence de propagules	Condition dioique	Comportement calciphile	Comportement xerophile	Comportement héliophile	Biotype
■*Cephaloziella baumgartneri*	I	I	–	–	–	+	–	–	An
■*Fossombronia caespitiformis*	I	I	+	–	–	+	–	+	An
■▲*Lunularia cruciata*	**II**	**I**	**–**	**+**	**+**	**–**	**–**	**+**	**Ma**
□*Riccia sorocarpa*	I	I	+	–	–	–	–	+	An
□*Southbya nigrella*	I	I	–	–	–	+	–	–	An
■*Sphaerocarpos michelii*	I	I	+	–	+	–	–	+	An
■*Targionia hypophylla*	I	II	+	–	–	–	–	–	Ma
□*Aloina aloides*	II	I	+	–	+	+	–	+	An
■*Aloina ambigua*	I	II	+	–	+	+	–	+	An
□*Aloina rigida*	I	I	–	–	+	–	–	+	An
■●*Barbula convoluta*	**II**	**II**	**–**	**+**	**+**	**–**	**+**	**+**	**St**
■▲*Barbula unguiculata*	**II**	**II**	**+**	**–**	**+**	**+**	**+**	**+**	**St**
■▲*Bryum argenteum*	**II**	**II**	**+**	**–**	**+**	**–**	**–**	**+**	**St**
■*Bryum bicolor*	**II**	**I**	**+**	**+**	**+**	**–**	**–**	**+**	**St**
■●*Bryum caespiticium*	**II**	**III**	**–**	**+**	**+**	**–**	**–**	**+**	**St**
■▲*Bryum capillare*	**II**	**III**	**+**	**–**	**+**	**–**	**–**	**–**	**St**
□*Bryum donianum*	I	I	–	–	+	–	–	+	St
□*Bryum radiculosum*	II	II	–	+	+	+	+	+	St
■*Bryum torquescens*	I	I	+	+	–	+	+	+	St
□*Dicranella howei*	I	II	–	–	+	+	–	+	St
■*Didymodon acutu*	**II**	**II**	**–**	**–**	**+**	**+**	**+**	**+**	**St**
■●*Didymodon luridus*	**III**	**II**	**–**	**–**	**+**	**+**	**+**	**+**	**St**
■*Didymodon tophaceus*	I	I	–	–	+	+	–	+	St
■▲*Didymodon vinealis*	**III**	**III**	**–**	**–**	**+**	**+**	**+**	**+**	**St**
□*Entosthodon attenuatus*	I	I	+	–	–	+	–	–	St
□*Entosthodon durieui*	II	I	+	–	–	+	–	–	St
□*Eurhynchium hians*	I	I	–	–	–	+	–	+	We
■●*Fissidens viridulus*	**II**	**II**	**+**	**–**	**+**	**+**	**–**	**+**	**St**
□*Funaria convexa*	I	I	+	–	–	+	–	–	St
■▲*Funaria hygrometrica*	**II**	**II**	**+**	**–**	**–**	**–**	**–**	**+**	**St**
□*Funaria. muhlenbergii*	I	I	–	–	–	+	–	+	St
■*Funaria pulchella*	**II**	**I**	**+**	**–**	**–**	**+**	**–**	**+**	**St**
□▲*Grimmia pulvinata*	I	II	+	–	–	+	+	+	Cu
■*Gymnostomum calcareum*	I	II	–	–	+	+	–	–	St
□*Gymnostomum viridulum*	I	I	–	+	+	+	–	–	St
□*Gyroweisia tenuis*	I	I	–	–	+	+	–	–	St
□*Homalothecium sericeum*	I	II	–	–	+	+	+	+	Ma
□▲*Orthotrichum diaphanum*	I	I	+	–	–	–	+	+	Cu
□*Phascum cuspidatum*	I	I	–	–	–	–	–	+	An
□*Pottia starkeana*	I	I	–	–	–	–	–	+	St
■▲*Pseudocrossidium hornschuchianum*	**II**	**I**	**–**	**–**	**+**	**+**	**+**	**+**	**St**
□*Pseudocrossidium revolutum*	II	II	–	+	+	+	+	+	St
□*Rhynchostegiella tenella var. litorea*	I	I	–	–	–	–	–	–	We
□*Scleropodium touretii*	I	I	–	–	+	–	+	+	We
□*Scorpiurium circinatum*	II	II	+	–	+	+	–	–	We
□*Timmiella anomala*	I	II	–	–	–	–	–	–	St
□*Timmiella barbuloides*	I	I	+	–	–	+	–	–	Ht
□*Tortella inflexa*	II	II	–	–	+	+	+	–	St
□*Tortella nitida*	I	I	–	–	+	+	+	+	St
■*Tortula marginata*	**III**	**II**	**+**	**–**	**–**	**+**	**–**	**–**	**St**
■▲*Tortula muralis var. muralis*	**III**	**III**	**+**	**–**	**–**	**+**	**+**	**+**	**St**
■*Tortula muralis var. aestiva*	**II**	**II**	**–**	**–**	**–**	**+**	**–**	**–**	**St**
□*Weissia controversa*	I	II	–	–	–	–	–	+	St

En caractères gras: taxons urbaniphiles en Sicile.
■: taxons présents dans toutes les villes siciliennes.
□: taxons présents dans au moins 3 villes siciliennes.
▲: taxons urbaniphiles en Espagne (Soria & Ron, 1995).
●: taxons également présents dans toutes les villes d'Italie centrale étudiées.

17 taxons un caractère urbanicole. Parmi eux, les plus répandus sont *Didymodon luridus*, *D. vinealis, Tortula marginata, T. muralis*. En outre, *Bryum caespiticium, B. capillare, Didymodon vinealis* et *Tortula muralis* constituent les taxons les plus plastiques dans les villes siciliennes, pouvant s'installer dans la plupart des habitats. Un autre élément qui apparaît sur le tableau est que, outre les 17 taxons strictement urbaniphiles, il y en a beaucoup d'autres qui semblent par leurs caractères liés dans diverses mesures aux milieux urbains. Si on effectue une comparaison avec les espèces considérées comme urbaniphiles par Soria & Ron (1995) en Espagne, on observe que des 12 espèces urbaniphiles espagnoles, 9 (soit *Barbula unguiculata, Bryum bicolor, Bryum capillare, Didymodon vinealis, Funaria hygrometrica, Pseudocrossidium hornschuchianum, Tortula muralis, Lunularia cruciata* et *Bryum argenteum*) sont egalement urbaniphiles en Sicile et donc leur caractère fortement urbanicole dans la région méditerranéenne en est ainsi confirmé. Les 3 autres espèces urbaniphiles en Espagne, *Grimmia pulvinata, Orthotrichum diaphanum* et *Didymodon fallax*, ne sont en revanche présentes que dans 3 villes siciliennes et y sont peu répandues. Elles ne présentent donc pas un caractère urbaniphile très prononcé en Sicile.

Par rapport aux taxons espagnols, nous avons reconnu 8 autres taxons qui nous semblent plus compétitifs dans les villes que dans les milieux naturels et semi-naturels en Sicile. Il s'agit de *Barbula convoluta, Bryum caespiticium, Didymodon acutus, Didymodon luridus, Fissidens viridulus,Funaria pulchella, Tortula marginata* e *Tortula muralis* var. *aestiva*. Quatre espèces, soit *Barbula convoluta, Bryum caespiticium, Didymodon luridus, Fissidens viridulus*, également présentes dans les villes de l'Italie centrale, et donc dans toutes les villes italiennes étudiées jusqu'à présent, sont probablement des espèces à considérer comme urbaniphiles en Italie.

Enfin, il est opportun de souligner que la flore des aires urbaines siciliennes présente un intérêt particulier du point de vue phytogéographique. A cet égard, outre les taxons intéressants déjà cités, c'est-à-dire *Trichostomopsis umbrosa* et *Tortula israelis,* nous voulons souligner la présence dans la bryoflore urbaine sicilienne de *Trichostomopsis aaronis* (Lor.) Agnew & Townsend et *T. australasiae* (Hook & Grev.) Robins, inconnus dans la péninsule italienne, et encore de *Grimmia capillata* De Not., *Syntrichia calcicolens* Amann et *Ditrichum cylindricum* (Hedw.) Grout connus jusqu'à présent seulement dans peu de localités italiennes.

Conclusions

Cette étude a mis en évidence que la bryoflore des villes siciliennes est assez riche et diversifiée. Elle est caractérisée non seulement par un nombre important de taxons, mais aussi par un rapport hépatiques/mousses élevé. Ceci semble dépendre surtout des conditions mésoclimatiques des villes. L'influence maritime, en atténuant les écarts thermiques et la sécheresse estivale, constitue le facteur qui, plus que tout autre, est responsable aussi bien de la richesse floristique que de l'abondance relative d'hépatiques. En effet, même Agrigento, ville fortement urbanisée et presque démunie d'espaces verts, présente un nombre relativement important de taxons et un rapport hépatiques/mousses très élevé.

Sans aucun doute, d'autres facteurs, tels que l'urbanisation, les activités humaines, la présence d'espaces verts, de différents microclimats ou substrats dans les habitats – dont l'incidence est assez élevée dans les villes siciliennes à cause de la carence de travaux de

restauration et de restructuration des édifices anciens - jouent aussi un rôle important sur la richesse et sur les différences floristiques. Cependant, lorsque nous considérons les villes siciliennes dans leur ensemble, nous observons qu'elles se caractérisent surtout par l'influence des conditions mésoclimatiques. En effet, ceci s'observe non seulement par le nombre d'hépatiques et le rapport hépatiques-mousses mais aussi par les données chorologiques qui soulignent les incidences élevées des espéces océaniques-méditerranéennes et les faibles incidences des espèces tempérées. Ceci est aussi souligné par les incidences élevées du biotype "annual", qui de par son cycle de vie bref, est plus compétitif sous le climat méditerranéen avec une longue période de sécheresse estivale. Enfin l'importance de influence des conditions mésoclimatiques sur la composition des flores a été soulignée par la *cluster analysis* qui a classé les villes en goupes qui peuvent etre interprétés en termes géographiques-climatiques. Cette dernière analyse a mis en évidence que la bryoflore sicilienne est non seulement riche, mais aussi assez diversifiée. Même si, comme nous l'avons vu, les espèces à caractère strictement ou moyennement urbaniphiles sont discrètement représentées, elles ne constituent pourtant pas la composante principale des flores de nos villes, qui accueillent beaucoup d'espèces qui sont plus fréquentes dans les milieux naturels et semi-naturels. Ces espèces se développent dans les villes siciliennes parce qu'elles y trouvent des habitats peu perturbés, souvent dans des endroits peu pollués, mais aussi certainement parce que les conditions climatiques peu modifiées sont propices à leur établissement. Les habitats peu perturbés se trouvent plus souvent au sein des espaces verts et ces derniers, comme nous l'avons vu, jouent un rôle important sur la diversification des flores. Mais dans certains cas, on rencontre également ces habitats peu perturbés dans les zones plus urbanisées comme par exemple les habitats des affleurements rocheux naturels de diverses natures (gypse, laves, calcarénites) qui caractérisent les villes d'Agrigento, Enna et Catania.

Références bibliographiques

Aiello, P. & Dia, M.G. 2000: *Tortula israelis* (*Pottiaceae, Musci*) found in Sicily. — Fl. Medit. **10**: 377-380.

— , — & Raimondo, F. M. 1997: Recherches synécologiques sur la bryoflore des milieux anthropisés de la Sicile. — Bocconea **5**: 895-904.

Cortini Pedrotti, C. 2001: New check-list of the Mosses of Italy. — Fl. Medit. **11**: 23-107.

Dia, M. G. & Aiello, P. 1992: La florula briologica dell'Orto botanico di Palermo. — Giorn. Bot. Ital. **126**: 380.

— & Not, R. 1991: Gli agenti biodeteriogeni degli edifici monumentali del centro storico della città di Palermo. 1. — Quad. Bot. Ambientale Appl. **2**: 3-10.

Düll, R. 1983: Distribution of the European and Macaronesian Liverworts (*Hepaticophytina*). — Bryol. Beitr. **2**: 1-114.

— 1984-85: Distribution of the European and Macaronesian Mosses (*Bryophytina*). — Bryol. Beitr. **4-5**: 1-232.

— 1992: Distribution of the European and Macaronesian Mosses (*Bryophytina*). Annotation and Progress. — Bryol. Beitr. **8-9**: 1-223.

Grolle, R. & Long, D. G. 2000: An annotated check-list of the *Hepaticae* and *Anthocerotae* of Europe and Macaronesia. — J. Bryol. **22**: 103-140.

Gueli, L., Dia, M. G. & Lo Giudice, R. 2001: New or interesting records for the Sicilian moss flora. — Fl. Medit. **11**: 5-10.

Jaccard, P. 1908: Nouvelles recherches sur la distribution florale. — Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat. **44**: 223-270.

Lo Giudice, R. 1994: Contributo alla conoscenza della brioflora urbana di Catania. — Quad. Bot. Ambientale Appl. **3**: 3-10 (1992).

— 1995: Studio fitosociologico sulle comunità briofitiche dell'ambiente urbano di Catania. — Inform. Bot. Ital. **27**: 111-124.

— & Cristaudo, A. 1998: Biodeteriogeni vegetali dei complessi monumentali e archeologici della città di Enna (Sicilia centrale). — Quad. Bot. Ambientale Appl. **6**: 167-180.

— , Gueli, L. & Cristaudo, A. 1998: Biodeterioramento nei manufatti storico-artistici di Militello in Val di Catania (Sicilia orientale): analisi, azione e distribuzione della flora briofitica e trachoefitica. — Arch. Geobot. **4** (**2**): 217-230.

— , Mazimpaka, V. & Lara, F. 1997: The urban bryophyte flora of the city of Enna (Sicily, Italy). — Nova Hedwigia **64** (**1-2**): 249-265.

— & Polizzi, M. D. 1997: Dati ecologici e corologici sulla flora tracheofitica e briofitica dei complessi monumentali e archeologici di Acireale (Sicilia orientale). — Arch. Geobot. **3** (**1**): 81-94.

Mägdefrau, K. 1969: Die Lebensformen der Laubmoose — Vegetatio **16**: 285-297.

Privitera, M. & Puglisi, M. 1995: bryological flora and air pollution in some areas of Messina territory (NE Sicily). — Arch. Geobot. **1** (**2**): 135-142.

— , — & Scelsi, F. 1996: La flora briofitica del Castello di Eurialo e delle Mura Dionigiane di Siracusa (Sicilia). — Atti IV Workshop Progetto Strategico C.N.R. "Clima, Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno": 567-576.

Rivas-Martines, S. 1995: Bases para una nueva clasificacion bioclimatica de la Terra. — Folia Bot. Matritensis **16**.

Soria, A. & Ron, M. E. 1995: Aportaciones al conocimiento de la brioflora urbana española. — Cryptog., Bryol. Lichénol. **16** (**4**): 285-299.

Adresses des auteurs:
M. G. Dia, Dipartimento di Scienze Botaniche dell'Università, via Archirafi, 38, I-90123, Palermo, Italy.
R. Lo Giudice, Dipartimento D.A.C.P.A. sez. di Biologia ed Ecologia vegetale, via Etnea, 440, I-95128, Catania, Italy.
M. Privitera, Dipartimento di Botanica dell'Università, via A. Longo 19, I-95125, Catania, Italy.