

Bryophytes hyperocéaniques dans les vallons du sud-ouest du Massif Central (France)

Vincent HUGONNOT*, Jaoua CELLE & Thierry VERGNE

*Pôle bryologie, Conservatoire botanique national du Massif Central, le bourg,
43270 Chavaniac Lafayette, France*

Résumé – *Aphanolejeunea microscopica*, *Breutelia chrysocoma*, *Harpalejeunea molleri*, *Jubula hutchinsiae* subsp. *hutchinsiae*, *Lejeunea patens*, *Plagiochila bifaria* et *P. exigua* sont sept bryophytes hyperocéaniques qui ont été observées récemment dans le sud-ouest du Massif Central. Le point est fait sur la répartition en France de chacune d'entre elles. Des indications écologiques sont fournies pour l'ensemble des ces taxa saxicoles strictement inféodés à des systèmes forestiers. L'examen de quelques traits de vie (mode de reproduction, état des populations) met en lumière leur situation précaire et leur forte vulnérabilité face aux bouleversements qui pourraient les affecter. La conservation de ce remarquable groupe chorologique passe nécessairement par la mise en place de mesures fortes.

Bryophytes / Hépatiques saxicoles / élément hyperocéanique / hot-spot / gorges / conservation / gestion sylvicole

Abstract – *Aphanolejeunea microscopica*, *Breutelia chrysocoma*, *Harpalejeunea molleri*, *Jubula hutchinsiae* subsp. *hutchinsiae*, *Lejeunea patens*, *Plagiochila bifaria*, *P. exigua* are seven hyperoceanic bryophytes which have been recently observed in western Massif Central. The French distribution of each of these species is updated. The ecological requirements of these forest rocks dwelling species are summarized. The examination of their reproductive and demographic characteristics highlights their precarious situation and their strong vulnerability. The conservation of this remarkable element requires adopting constraining measures.

Bryophytes / saxicolous liverworts / hyperoceanic element / hot-spot / ravines / conservation / forest management

INTRODUCTION

La flore du domaine atlantique *s.l.* a fait l'objet de nombreuses publications visant notamment à préciser la définition, la limite des éléments et le degré d'océanité qui les caractérisent (Allorge, 1924b ; Amann, 1932 ; Ochsner, 1955 ; Dupont, 1962 ; Ratcliffe, 1968 ; Roisin, 1969). Les bryophytes de cet élément sont aujourd'hui plutôt qualifiées d'océaniques dans la mesure où il s'agit d'espèces capables de supporter une certaine dessiccation réversible des cellules (poïkilohydrie) par opposition aux végétaux vasculaires qui en sont incapables

* Auteur correspondant : vincent.hugonnot@cbnmc.fr

(Dahl, 1998). Ces espèces affectionnent les habitats tamponnés du point de vue climatique (précipitations et brouillards abondants, température hivernale relativement douce, variations modérées de ces facteurs, faible luminosité (Braun-Blanquet, 1923 ; Ratcliffe, 1968 ; Lecointe, 1981). Elles sont particulièrement répandues sur la façade océanique de l'Europe méridionale (Infante 2000), et peuvent pénétrer en Europe tempérée, pour certaines d'entre elles, loin vers l'intérieur du continent notamment à la faveur de gorges à fort encaissement (Gaume, 1952 ; Bisang, 1985 ; De Zuttere *et al.*, 1985 ; Bisang *et al.*, 1986 ; Störmer, 1969). Des similitudes floristiques frappantes existent d'ailleurs entre certains des groupements bryophytiques observés dans des sites proches de l'océan et ceux situés loin de la façade océanique (Gaume, 1944 ; Störmer, 1969 ; Cortini-Pedrotti, 1996).

Les diaspores des bryophytes (spores + propagules spécialisées + fragments non spécialisés) sont susceptibles d'être transportées sur de grandes distances (Zanten Van, 1977, 1983 ; Zanten Van & Pócs, 1981 ; Muñoz *et al.*, 2004), ce qui rend possible la colonisation de micro habitats situés très en dehors de l'aire principale des espèces. Les hépatiques semblent d'ailleurs plus efficaces que les mousses pour exploiter des micro niches en dehors de leur région de prédilection (Schumacker & Sapaly, 1996). La pénétration des éléments océaniques s.l. par le sud-ouest du Cantal, pressentie dans les travaux de Héribaud (1899), a bien été mise en évidence par Schumacker & Sapaly (1996) dans les vallons orientés sud-ouest/nord-est ou ouest/est sur substrats siliceux. Ces auteurs parlent d'un « intérêt bryogéographique prodigieux ». Ces populations isolées ont une valeur patrimoniale particulièrement élevée. Elles pourraient, dans certains cas, présenter une originalité génétique due à une longue évolution en vase clos (Hallingbäck, 2002) et un caractère relictuel.

La bryoflore du Massif Central et notamment celle du département du Cantal est sans doute mieux connue que celle de nombreuses autres régions naturelles de France. Cependant, de nombreuses vallées restent à explorer. Dans le cadre des inventaires réalisés ces dernières années, les auteurs ont pu découvrir des espèces hyperocéaniques, dont certaines nouvelles pour l'Auvergne ou le Massif Central, ce qui permet de dresser une première synthèse concernant les espèces les plus remarquables et de les réintégrer dans un contexte national. Sur la base de ces nouvelles données chorologiques et écologiques, des pistes pour une meilleure intégration de ces espèces remarquables dans les stratégies de gestion sont énoncées.

CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

Les vallons encaissés concernés sont liés à un vaste réseau hydrographique. Les espèces mentionnées ci-après ont été découvertes dans la Rhue et de la Vézère, deux affluents de la Dordogne, sur les berges de trois ruisseaux affluents du Lot ainsi que deux ruisseaux affluents du Gardon. D'un point de vue géologique, les gorges de la Rhue sont constituées majoritairement de gneiss hétérogènes à biotite, les affluents de la vallée du Lot sont installés sur des schistes séréciteux gris de Vieillevie, les sites sur la Vézère sont composés de granite et quartzite et les affluents du Gardon sur des gneiss. Ces roches sont donc essentiellement acides, plus ou moins riches en bases. Les altitudes des sites se situent entre 200 m pour la Vézère et 700 m pour la Rhue.

Du point de vue climatique, ces vallées sont soumises à un climat de type océanique altéré (Joly *et al.*, 2010), se caractérisant par des températures douces, un cumul des précipitations annuelles important (variant de 1 200 à 1 500 mm) et des pluies régulières toute l'année (plus de 180 jours de pluies par an). Ces caractéristiques climatiques contrastent assez singulièrement avec celles des plateaux et sommets auvergnats voisins. Sur ces sommets, le climat est montagnard avec, en particulier, une température moyenne basse (inférieure à 9,5 °C) une amplitude thermique annuelle nettement plus forte, des pluies importantes, mais moins fréquentes et plus irrégulièrement réparties dans l'année (Joly *et al.*, 2010). En réalité le climat de ces vallées se rapproche bien plus du climat océanique que connaissent la pointe de la Bretagne ou le Pays Basque par leurs températures tamponnées et un régime de précipitation élevé et régulier, bien que la répartition annuelle des précipitations soit différente. Il est probable que les conditions mésoclimatiques régnant dans ces vallons encaissés, en particulier à proximité du cours d'eau, soient également assez originales, mais ces données sont actuellement inexistantes.

Les types de végétations sylvatiques qui caractérisent ces secteurs correspondent essentiellement à des habitats forestiers de chênaies-hêtraies (à faciès de châtaigneraies) du *Quercion roboris* Malcuit 1929, de hêtraies-sapinières du *Carpino betuli-Fagion sylvaticae* Boeuf & Renaux in Bœuf 2011 (Bœuf, 2011), et plus exceptionnellement, dans les contextes relativement chauds et pentus, de forêts mésohygroclines du *Polysticho setiferi-Fraxinion excelsioris* (O. Bolòs, 1973) Rameau 1996 *nom. inval.* et dans des contextes de fond de vallons du *Populetalia albae* Braun-Blanq. ex Tchou 1948. Les habitats rocheux abritent des communautés trachéophytiques collinéennes à subalpines sciaphiles mésohygrophiles attribuables au *Violo biflorae-Cystopteridion alpinae* Fernández Casas 1970.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'échantillonnage repose sur des prospections de terrain dans les bassins hydrographiques de la Dordogne, du Lot et du Gardon. Durant les prospections de terrain les caractéristiques reproductives (présence de sporophyte, multiplication asexuée...) ainsi que la surface des populations ont été systématiquement relevées. Les systèmes sexuels ont été déterminés au laboratoire (dioécie, différents types de monoécie).

La nomenclature employée correspond à Ros *et al.* (2007) et Hill *et al.* (2006). En ce qui concerne les végétations trachéophytiques nous suivons le prodrome de Bardat *et al.* (2004). Tous les spécimens d'herbier sont conservés dans l'herbier du Conservatoire botanique national du Massif Central.

Les sept taxons retenus ici appartiennent tous à l'élément hyperocéanique selon Hill & Preston (1998). Une définition objective du type climatique hyperocéanique («océanique franc» suivant ces auteurs), reposant sur l'exploitation des données météorologiques de la période 1971-2000, a récemment été proposée par Joly *et al.* (2010) pour la France. La définition retenue par ces auteurs est la suivante. Les températures sont moyennes et très homothermes : l'amplitude annuelle (moins de 13 °C d'écart entre juillet et janvier), le nombre de jours froids (moins de 4) et chauds (moins de 4) et la variabilité interannuelle sont minimaux. Les précipitations sont annuellement abondantes (un peu plus de 1 000 mm) et fréquentes en hiver (plus de 13 jours en janvier). L'été est également

pluvieux (8-9 jours en juillet) mais les cumuls sont réduits. Le climat océanique se caractérise enfin par une forte variation interannuelle des précipitations d'hiver. La limite de ce domaine figure en pointillés sur les cartes de répartition. Ces auteurs ne prennent pas en compte la Corse dans leur analyse.

Pour chacune des espèces, les données sont présentées dans l'ordre suivant : les nouvelles localités (département, commune, lieu-dit, maille 1 × 1 km UTM WGS 84 sous ce format [XY xy-xy], altitude, date de collecte et récolteur), l'habitat de l'espèce et sa répartition en France.

RÉSULTATS

Les sept taxons suivants ont fait l'objet de nouvelles observations dans l'ouest du Massif Central : *Aphanolejeunea microscopica*, *Breutelia chrysocoma*, *Harpalejeunea molleri*, *Jubula hutchinsiae* subsp. *hutchinsiae*, *Lejeunea patens*, *Plagiochila bifaria* et *P. exigua*. Les principales caractéristiques des populations observées sont synthétisées dans le Tab. 1.

Tableau 1. Caractéristiques reproductrices [(présence (+) ou absence (-) du sporophyte)], nombre et surface des populations des bryophytes hyperocéaniques observées dans les vallons occidentaux du Massif Central (les surfaces occupées sont présentées dans le même ordre que dans les citations des nouvelles localités dans le texte)

<i>Taxon</i>	<i>Système sexuel</i>	<i>Sporophyte</i>	<i>Multiplication assexuée</i>	<i>Nombre de populations</i>	<i>Surface occupée</i>
<i>Aphanolejeunea microscopica</i>	Paroïque	-	+ propagules gemmaformes	1	5 cm ²
<i>Breutelia chrysocoma</i>	Dioïque	+	-	1	80 m ²
<i>Harpalejeunea molleri</i>	Dioïque	-	-	4	1 m ² 0,5 m ² 0,1 m ² 0,2 m ²
<i>Jubula hutchinsiae</i> subsp. <i>hutchinsiae</i>	Dioïque ou Autoïque	-	-	5	0,1 m ² 0,5 m ² 4 m ² 2 m ² 0,5 m ²
<i>Lejeunea patens</i>	Autoïque	-	-	3	0,3 m ² 0,1 m ² 0,1 m ²
<i>Plagiochila bifaria</i>	Dioïque	-	-	4	0,01 m ² 0,05 m ² 0,01 m ² 0,01 m ²
<i>Plagiochila exigua</i>	Dioïque	-	+ feuilles caduques	3	3 m ² 1 m ² 1 m ²

***Aphanolejeunea microscopica* (Taylor) A.Evans**

FRANCE : Cantal, Saint-Étienne-de-Chomeil, Combe noire de la Forêt d'Algère [DL 72-21], 660 m, *Hugonnot*, 06/2010. Sur des parois verticales, semi-ombragées, hêtraie-sapinière, en compagnie de *Lejeunea patens*, *Plagiochila exigua*, *Isothecium myosuroides*, sur pellicules organiques très minces.

Répartition en France : micro hépatique signalée pour la première fois en France à la fin des années 80 (Schumacker *et al.*, 1988), dans le Finistère où elle est connue dans deux localités (Huelgoat et Saint-Herbot). Boudier (2006) l'a découverte récemment dans les Pyrénées-Atlantiques, dans les gorges du Laxia (Fig. 1).

***Breutelia chrysocoma* (Hedw.) Lindb.**

FRANCE : Cantal, Saint-Étienne-de-Chomeil, rive gauche de la Rhue aux environs du barrage de Voussaire [DL 72-23], 580 m, *Celle et Hugonnot*, 06/2010. Sur un versant pentu (environ 70 degrés) exposé au NNW et entièrement occupé par une hêtraie-sapinière, à la base d'un éboulis fixé à gros blocs surplombé par une falaise.

Répartition en France : *Breutelia chrysocoma* présentait jusqu'à aujourd'hui 3 noyaux de population. La Corse possède les populations les plus nombreuses (Camus, 1895, 1902 ; Hébrard, 1986 ; Fesolowicz *in* Pierrot, 1990 ; Sotiaux *et al.*, 2007) tandis que dans les Monts d'Arrée, en Bretagne (Lachmann, 1953 ; Durfort & De Zuttere, 2000), le nombre de localités reste extrêmement faible (une localité disparue et une retrouvée à proximité). L'extrémité occidentale de la chaîne des Pyrénées constitue le troisième noyau (Allorge, 1924a ; Vivant, 1969, 1973 ; Renaud, 1877) (Fig. 2).

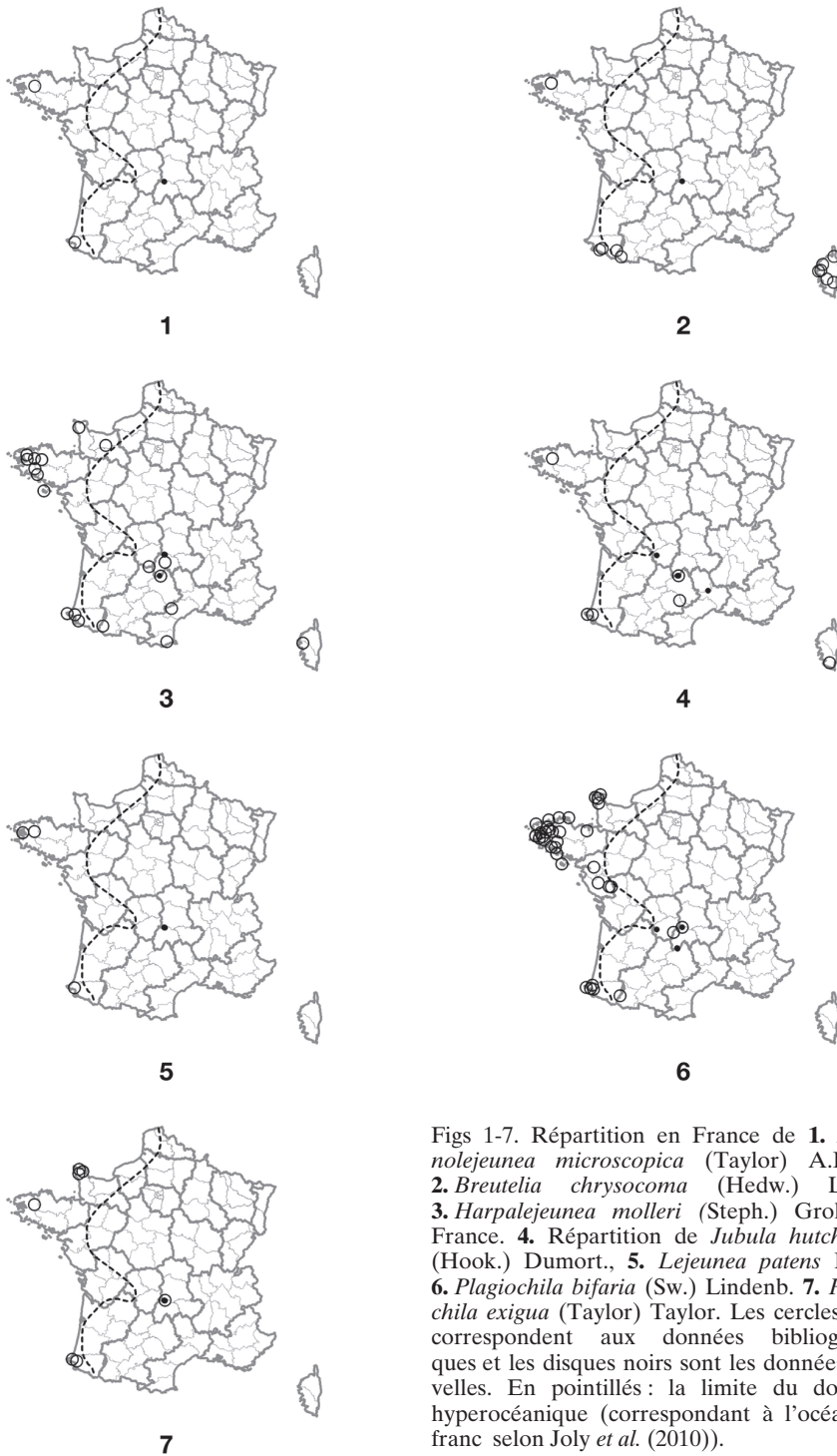
***Harpalejeunea molleri* (Steph.) Grolle**

FRANCE : Cantal, Saint-Étienne-de-Chomeil, rive gauche de la Rhue aux environs du barrage de Voussaire [DL 72-23], 580 m, *Hugonnot* 06/2010 ; dans la Combe noire de la Forêt d'Algère [DL 72-21], 660 m, *Hugonnot* 07/2010 ; Cantal, Saint-Amandin, falaises de la rive gauche de la Grande Rhue au sud de Cornillou [DL 75-21], 700 m, *Hugonnot* 08/2011 ; Vieillevie, dans le fond du vallon au nord de La Garrigue [DK 54-44], 240 m, *Hugonnot et Celle*, 07/2012. Sur des parois verticales semi-ombragées sèches ou suintantes, en compagnie de *Plagiochila exigua*, *P. bifaria*, *Cololejeunea calcarea*, *Isothecium myosuroides*, à même la roche ou sur des pellicules organiques très minces.

Répartition en France : espèce rare en France, connue dans le Finistère, le Morbihan, les Côtes-d'Armor, la Manche et le Calvados (Bates, 1991 ; Bates & Hodgetts, 1995 ; Spruce, 1849 ; Lecointe *et al.*, 1988). Elle est signalée dans l'Aveyron et le Cantal (Sapaly *in* Pierrot, 1984 ; Schumacker & Sapaly, 1996), dans les Pyrénées-Atlantiques (Allorge, 1955 ; Boudier, 2006), dans les Hautes-Pyrénées (Camus, 1900 ; Lecointe *et al.*, 1988), dans l'Hérault (Douin & Douin, 1913) et dans les Pyrénées-Orientales (massif du Canigou, données inédites). Elle se trouve aussi en Corse (Sotiaux *et al.*, 2007). L'espèce est d'une grande rareté en Europe continentale hors de la façade océanique (Bisang *et al.*, 1986) (Fig. 3).

Jubula hutchinsiae* (Hook.) Dumort. subsp. *hutchinsiae

FRANCE : Cantal, Montsaly, dans le fond du ruisseau des Garrigues à l'ouest de Les Vignes [DK 58-44], 250 m, *Hugonnot*, 09/2011 ; Vieillevie, dans le fond du vallon au nord de La Garrigue [DK 54-44], 240 m, *Hugonnot*, 09/2011 ; Corrèze, Orgnac-sur-Vézère, affluent de la Vézère au sud-est du village de Roussely, 200 m d'altitude, *Charissou*, 05/2012 ; Lozère, Moissac-Vallée-Française, ruisseau du Crémat [EJ 66-88], 400 m,



Figs 1-7. Répartition en France de **1.** *Aphanolejeunea microscopica* (Taylor) A.Evans. **2.** *Breutelia chrysocoma* (Hedw.) Lindb., **3.** *Harpalejeunea molleri* (Steph.) Grolle en France. **4.** Répartition de *Jubula hutchinsiae* (Hook.) Dumort., **5.** *Lejeunea patens* Lindb. **6.** *Plagiochila bifaria* (Sw.) Lindenb. **7.** *Plagiochila exigua* (Taylor) Taylor. Les cercles noirs correspondent aux données bibliographiques et les disques noirs sont les données nouvelles. En pointillés : la limite du domaine hyperocéanique (correspondant à l'océanique franc selon Joly *et al.* (2010)).

Sulmont, 02/2012 ; rive droite du ruisseau du Salt, en amont de la confluence avec le ruisseau des Cales [EJ 65-88], 280 m, *Sulmont*, 02/2012. Dans le fond de vallons très encaissés, sous des encorbellements rocheux à proximité de cascates.

Répartition en France : cette espèce n'a été que récemment découverte dans le Cantal (Sapaly *in* Aicardi, 2006). Elle était auparavant mentionnée du département du Tarn (Boulay 1904 (observation de Crozals)). En France *J. hutchinsiae* n'est connue classiquement que dans les Pyrénées-Atlantiques (Allorge, 1955 ; Boudier, 2006) et dans le Finistère (Gaume, 1955 ; Bates & Hodgetts, 1995). Récemment découverte en Corse (Sotiaux *et al.*, 2007) (Fig. 4).

***Lejeunea patens* Lindb.**

FRANCE : Cantal, Saint-Étienne-de-Chomeil, Combe noire de la Forêt d'Algère [DL 72-21], 660 m, *Hugonnot* 07/2010 ; sur la rive gauche de la Rhue aux environs du barrage de Voussaire [DL 72-23], 580 m, *Hugonnot*, 06/2010 ; Saint-Amandin, falaises de la rive gauche de la Grande Rhue au sud de Cornillou [DL 75-22], 700 m, *Hugonnot* 08/2011. Sur des parois verticales, dans des contextes de hêtraie-sapinière, en compagnie de *Plagiochila exigua* et *Cololejeunea calcarea*, à même la roche ou sur pellicule organique, dans des ambiances chaudes mais moyennement éclairées.

Répartition en France : mentionnée dans le Finistère (Pierrot, 1955 ; Bates & Hodgetts, 1995) et dans les Pyrénées-Atlantiques (Boudier, 2006). L'identification du matériel provenant de la localité des Pyrénées-Orientales (Dejaifve, 1987) devrait être confirmée. Cette donnée n'est donc pas reprise sur notre carte. La localité du Cantal (Doignon, 1946) est erronée (Schumacker & Sapaly, 1996) et celle de la forêt de Fontainebleau (Doignon, 1947) l'est aussi très probablement. *Lejeunea patens* est donc une espèce rarissime en France (Fig. 5).

***Plagiochila bifaria* (Sw.) Lindenb.**

FRANCE : Cantal, Saint-Étienne-de-Chomeil, rive gauche de la Rhue aux environs du barrage de Voussaire [DL 72-23], 580 m, *Hugonnot et Celle*, 06/2010 ; Vieillevie, dans le fond du vallon au nord de La Garrigue [DK 54-44], 240 m, *Hugonnot et Charissou*, 09/2011 ; Sénézergues, gorges du Don, [DK 53-47], 260 m d'altitude, *Hugonnot* 06/2012 ; Corrèze, Allasac, rive gauche de la Vézère au niveau des Gorges du Saillant [CL 80-15], 230 m d'altitude, *Hugonnot, Celle et Charissou*, 06/2012. Sur les parois verticales, semi-ombragées dans des contextes forestiers, sur des versants chauds et nébuleux, en compagnie de *Lejeunea patens*, *Harpalejeunea molleri*, *Isohecium myosuroides*, sur la roche sèche revêtue d'une pellicule organique noire et mince.

Répartition en France : espèce d'une grande rareté en France, connue dans le Finistère, les Côtes-d'Armor, le Morbihan, la Manche, la Loire-Atlantique et la Vendée (Charrier, 1958 ; Schumacker & Lecointe, 1989 ; Bates, 1991 ; Bates & Hodgetts, 1995). Elle semble avoir disparu de la plupart des localités anciennes. Elle a assez récemment été signalée dans le département des Hautes-Pyrénées (Schumacker *in* Pierrot, 1988) sur la base d'une ancienne récolte de Renauld. Des recherches intensives menées en 2008 dans ce site n'ont malheureusement pas permis de retrouver cette espèce mais seulement de collecter des formes réduites (var. *pyrenaicum* (Spruce) Lindb.) de *Pedinophyllum interruptum*. Boudier (2006) l'a découverte récemment dans les Pyrénées-Atlantiques. Dans le Massif Central, elle est également signalée par Lassagne & De Zuttere (1994) dans une localité cantalienne au sud-ouest de Mauriac. Certaines données anciennes de *Plagiochila spinulosa* sont à rapporter à *P. bifaria*. C'est notamment le cas de la donnée de Héribaud (1899) des gorges de la Rhue (Schumacker & Sapaly, 1996) (Fig. 6).

***Plagiochila exigua* (Taylor) Taylor**

FRANCE : Cantal, Saint-Étienne-de-Chomeil, Combe noire de la Forêt d'Algère [DL 72-21], 660 m, *Hugonnot*, 06/2010 ; sur la rive gauche de la Rhue aux environs du barrage de Voussaire [DL 72-23], 580 m, *Hugonnot et Celle*, 06/2010 ; Saint-Amandin, falaises de la rive gauche de la Grande Rhue au sud de Cornillou [DL 75-22], 700 m, *Hugonnot*, 08/2011. Sur des parois rocheuses verticales, semi-ombragées dans des contextes de hêtraie-sapinière.

Répartition en France : espèce rarissime en France qui n'était connue jusqu'alors que dans de très rares localités (Schumacker & Lecoïnte, 1989 ; Boudier, 2006) : Finistère (Huelgoat et Saint-Herbot) et Pyrénées-Atlantiques (vallon du Laxia et de l'Haizaberriko). Elle est également connue dans la Manche (Corbière, 1889 ; Lecoïnte, 1981). En Auvergne, *Plagiochila exigua* n'est actuellement recensé que dans les gorges de la Rhue où elle est connue depuis quelques années (De Zuttere, 1992 ; Schumacker & Sapaly, 1996) (Fig. 7).

DISCUSSION

Originalité des vallons du sud-ouest du Massif Central

Les cartes nationales des sept espèces prises en compte ici permettent la localisation de micro sites azonaux offrant des conditions d'accueil exceptionnelles pour les bryophytes océaniques. Toutes les nouvelles localités citées se situent en effet en dehors du domaine hyperocéanique tel que défini par Joly *et al.* (2010). Les vallons forestiers sud occidentaux du Massif Central (vallées de la Dordogne, affluents du Lot et du Gardon) abritent sept espèces hyperocéaniques que l'on retrouve ensemble en France essentiellement dans deux ensembles géographiques, la Basse-Bretagne finistérienne et les vallons du Pays basque et constitue donc un hot-spot pour les espèces hyperocéaniques. À l'échelle des vallons du sud-ouest du Massif Central, certains sites accueillent une grande proportion des espèces citées dans notre travail. Ainsi, les gorges de la Rhue comptent pas moins de 6 taxons. Les vallons de Vieillevie concentrent 3 taxons tandis que certaines vallées apparaissent plus pauvres et n'hébergent souvent qu'un ou deux taxons (gorges du Don, vallons corréziens).

La présence de ces espèces dans ces sites pourrait être récente (post glaciaire) et dans cette hypothèse ces espèces pourraient être issues de foyers insulaires proches (Macaronésie par exemple) (Vanderpoorten *et al.* 2011), ou redéployées depuis des régions littorales plus clémentes servant de territoires refuges durant ces époques de fortes contraintes climatiques. Les vallées profondément entaillées auraient également pu servir de refuge pour des populations aux aires autrefois plus vastes, s'étant retrouvées isolées suite aux épisodes glaciaires. La question de l'origine de l'ensemble de ces populations reste posée. Sans le recours à des méthodes d'exploration moléculaire (Shaw *et al.*, 2002 ; Hedderson & Tracey, 2006 ; Hedenäs, 2010), il semble très hasardeux de proposer une interprétation univoque des patrons de répartition actuels.

État des populations

La biologie des espèces, en particulier les caractéristiques liées à la reproduction (Söderström, 1995, 2006 ; Söderström & During, 2005), et l'importance démographique des populations (Tab. 1) sont deux critères clés à

prendre en compte dans la réflexion relative aux stratégies de conservation. L'étude de ces caractéristiques permet de distinguer diverses situations.

Breutelia chrysocoma est une espèce robuste qui occupe des surfaces importantes (80 m² de surface combinée) dans l'unique localité du Cantal qui est aussi la seule du Massif Central. Dans ce site, *Breutelia chrysocoma* se comporte en espèce très compétitive qui parvient à saturer l'ensemble de l'éboulis fixé sur lequel elle est installée. Cette espèce est présente à l'état d'individus mâles intimement mélangés à des individus femelles. La production de sporophytes est très importante au sein de cette population. Dans le nord de l'Europe, l'observation des sporophytes de *Breutelia chrysocoma* reste rare et souvent localisée (Störmer, 1969). Les sporophytes sont rares également en Grande-Bretagne et en Irlande (Atherton *et al.*, 2010), en Espagne (Simo & Vigon, 1976) et en Suisse (Amann, 1912 ; Zemp, 2000). Les données disponibles en France montrent que les populations sont faiblement sexualisées et non porteuses de sporophytes (Renauld, 1877 ; Camus 1895, 1902 ; Lachmann, 1952). Les sporophytes observés dans la localité du Cantal sont donc les premiers observés en France. À différents égards donc, le comportement reproducteur de *Breutelia chrysocoma* se révèle très différent d'une part de son comportement habituel ailleurs en Europe, et d'autre part de celui des autres espèces citées dans le présent travail qui ne présentent pas le même statut reproducteur ni le même dynamisme au niveau local.

Les autres espèces (toutes des hépatiques) sont en effet dans des situations démographiques nettement moins favorables et plus précaires. Il s'agit surtout d'espèces dioïques, dont les sporophytes sont inconnus dans les localités décrites. La dioécie est classiquement associée à une rareté des sporophytes (Longton & Miles, 1982). Les périanthes fertilisés de *Plagiochila bifaria* sont absents vers la limite nord de répartition de cette espèce et apparaissent confinés à la Macaronésie, tandis que les périanthes non fertilisés semblent simplement plus rares vers le nord (Heinrichs *et al.*, 1998). Ces derniers semblent absents des régions étudiées dans le cadre du présent travail. La répartition des gamétanges et des dispositifs de protection des espèces océaniques pourrait être étudiée sur de larges échelles ce qui permettrait de mieux cerner leur comportement reproducteur.

Plagiochila exigua est la seule espèce susceptible de se multiplier végétativement au moyen de feuilles caduques (Paton, 1999). Il s'agit également de la seule hépatique à présenter des populations importantes (de 1 à 3 m²), notamment dans les gorges de la Rhue. *Jubula hutchinsiae* subsp. *hutchinsiae*, au vu de ses populations relativement étendues en surface, pourrait également, en l'absence de reproduction sexuée, avoir recours de la même façon à la multiplication végétative. Toutes les autres, qui ne possèdent pour la plupart aucun moyen de propagation végétative, sont dans des situations défavorables notamment en termes de surfaces. *Aphanolejeunea microscopica*, bien qu'elle présente des propagules discoïdes (rares dans les populations du Cantal) ne fait pas exception.

Approche conservatoire

Les vallons du sud-ouest du Massif Central ont subi une déforestation massive (Collectif, 1987) qui constitue un facteur historique défavorable et les populations observées de nos jours ne représentent peut-être que les reliquats isolés d'aires autrefois plus étendues. Dans le Massif Central, l'ensemble des

hépatiques citées sont des espèces pionnières liées à des systèmes forestiers, colonisant soit des substrats rocheux nus, soit revêtus d'une couche d'humus, à l'instar des observations réalisées dans des secteurs optimums pour le cortège océanique (Ratcliffe, 1968 ; Infante, 2000). Elles sont généralement de petite taille et ne présentent qu'un très faible pouvoir compétiteur. Toutes ces espèces montrent en outre une grande spécialisation écologique bien qu'elles soient toutes saxicoles. La configuration géomorphologique des gorges encaissées, la présence d'une forêt et les conditions climatiques locales (précipitations élevées, brouillards fréquents, températures douces...) sont les trois facteurs écologiques clefs déterminant la richesse des sites (Ratcliffe, 1968 ; Hallingbäck & Hodgetts, 2000 ; Dahl, 1998). Il est dès lors extrêmement délicat de proposer des mesures de gestion en dehors de considérations générales relatives à la gestion sylvicole douce et respectueuse des ambiances forestières, des dynamiques et des stades matures, tel que classiquement proposé dans des cas comparables (Schnitzler-Lenoble, 2002 ; Gilg, 2004). En effet, il apparaît ici impossible de favoriser la multiplication des micro-habitats *ad hoc* aux espèces du cortège océanique, car ces micro-habitats sont nécessairement en nombre limité. La situation est très différente dans le cas des hépatiques liées au bois mort par exemple, qui peuvent facilement être favorisées par une augmentation du volume de bois pourrissant au sol dans des conditions d'humidité favorable (Hallingbäck & Hodgetts, 2000 ; Ódor, 2002 ; Vallauri *et al.*, 2006). De même pour les mousses corticoles qui sont facilement favorisées par une simple augmentation du stock de phorophytes potentiels à des échelles vastes (Hodgetts, 1996 ; Vanderpoorten *et al.*, 2004). D'autre part, les limites intrinsèques de la reproduction des espèces (dioécie généralisée, absence de structures sexuées, absence de sporophytes, rareté des structures végétatives, populations faibles à très faibles...) rendent extrêmement problématique la colonisation de nouveaux sites à partir du stock actuel. À l'échelle nationale, les mesures de conservation du capital hyperocéanique doivent donc porter en priorité sur le petit nombre de secteurs identifiés. D'autre part, l'inscription de ces espèces au livre rouge de la bryoflore de France, dont aucune ne figure dans Depériers-Robbe (2000), s'impose de façon urgente.

La gestion de l'habitat de *Breutelia chrysocoma* passe essentiellement par le maintien des ambiances forestières à proximité de la localité connue. Un suivi démographique (Doubt & Belland, 2000) pourrait être mis en place afin de détecter précocement d'éventuelles tendances régressives. Étant donné le caractère exceptionnel de la population, des mesures de conservation *ex situ*, bien qu'encore peu développées pour les bryophytes (Ramsay & Burch, 2001 ; Rowntree & Ramsay, 2005 ; Rowntree, 2006), pourraient être envisagées dans la perspective d'une réintroduction dans d'autres sites favorables.

Les modes d'exploitation forestières passés et présents des sites où se situent ces espèces varient peu. Il s'agit pour l'essentiel de parcelles privées laissées en libre évolution depuis plusieurs dizaines d'années, ou avec des prélèvements occasionnels et de faible ampleur, d'où une relative ancienneté des peuplements. Les parcelles forestières des gorges de la Rhue et celles des vallons affluents du Lot, concernées par plusieurs des espèces océaniques, illustrent parfaitement cette situation. D'autres secteurs forestiers subissent toutefois une sylviculture moins douce (prélèvements plus réguliers, création de pistes...) comme c'est le cas dans les affluents de la Vézère. À court terme, il est certain que l'intensification des pratiques sylvicoles est la plus grave menace. Mais à plus long terme, en l'absence de perturbations anthropiques majeures, une grande incertitude plane néanmoins sur l'avenir des populations concernées. En effet, face aux changements climatiques généralisés, qui auront sans doute des

conséquences néfastes pour certaines espèces (Tuba, 2011 ; Proctor, 2011), et en considération des faibles potentialités biologiques et reproductrices des espèces et des capacités d'accueil limitées des vallons de l'ouest du Massif Central, aucune certitude n'est acquise quant à la persistance de ce remarquable cortège hyperocéanique. D'autre part, dans le cas des micro hépatiques saxicoles, la mise en place de suivis reste problématique à toutes les échelles. L'extrême exigüité des populations de certaines espèces rend très aléatoires les comptages d'individus ou les estimations de surface, deux paramètres démographiques classiquement évalués (Doubt & Belland, 2000).

À une autre échelle, la prolifération des ouvrages hydroélectriques sur le cours des rivières encaissées du Massif Central constitue également une menace grandissante (Agence de l'eau Adour-Garonne, 2007). En amont des barrages, les retenues d'eau dévastent la flore par simple submersion. En aval, la régularisation des débits, avec un soutien sensible des étiages et un étêtement des crues entraîne une forte artificialisation du régime hydrologique qui perd ainsi ses spécificités et entraîne une banalisation de la bryoflore (Celle & Hugonnot, 2012).

Les mesures en faveur du petit lot d'espèces étudiées dans le cadre de notre travail permettent également, de manière indirecte, la conservation d'un nombre beaucoup plus important de taxons présentant des enjeux de conservation non négligeables. Il s'agit par exemple de *Campylopus atrovirens*, *Cololejeunea calcarea*, *Frullania jackii*, *F. fragilifolia*, *Hedwigia integrifolia*, *Kurzia sylvatica*, *Lejeunea ulicina*, *Lophocolea fragrans*, *Rhabdoweisia crenulata*, *Saccogyna viticulosa* entre autres. Ces espèces présentent dans le détail des autoécologies relativement distinctes de celles du cortège des espèces hyperocéaniques. Néanmoins, les mesures conservatoires en faveur de ces dernières sont de nature, par effet « parapluie » (Fleishman *et al.*, 2000), à permettre également la préservation d'espèces moins exigeantes sur le plan écologique et qui les accompagnent fréquemment dans leurs micro habitats rocheux.

Remerciements. Ils s'adressent à Laurent Seytre et Benoît Renaux (Conservatoire botanique national du Massif Central) pour leur aide concernant la phytosociologie des végétations trachéophytiques, à Émeric Sulmont, Isabelle Charissou et Benoît Offerhaus pour la fourniture de données personnelles inédites, à Alain Untereiner et Jean-Bernard Bouzillé pour leur aide dans la recherche de sources bibliographiques précieuses. Robert Gauthier et Jacques Bardat nous ont fait bénéficier de critiques constructives.

RÉFÉRENCES

- AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE, 2007 — SDAGE Adour-Garonne 2010-2015, Évaluation et prise en compte du potentiel hydroélectrique, 27 p.
- AICARDI O., 2006 — Contribution à l'inventaire de la bryoflore française (année 2005). *Bulletin de la société botanique du Centre-Ouest*, n.s., 37 : 393-400.
- ALLORGE P., 1924a — *Le Breutelia chrysocoma* (Dicks.) Lindb. dans les Pyrénées basques. *Bulletin de la société botanique de France* 71 : 906-909.
- ALLORGE P., 1924b — Études sur la flore et la végétation de l'ouest de la France. I. À propos des espèces atlantiques de la flore française. *Bulletin de la société botanique de France* 71 : 1183-1194.
- ALLORGE V., 1955 — Catalogue préliminaire des Muscinées du Pays basque français et espagnol. *Revue bryologique et lichénologique* 24 (3-4) : 248-333.
- AMANN J., 1912 — *Flore des mousses de la Suisse*. Lausanne, Imprimeries réunies S.A., 414 p.
- AMANN J., 1932 — La répartition, en Suisse, des Muscinées de l'élément océanique : étude phytogéographique. *Bulletin de la Murithienne* 51 : 46-63.

- ATHERTON I., BOSANQUET S., LAWLEY M., 2010 — *Mosses and liverworts of Britain and Ireland: A Field Guide*. 1st edition, [Stafford], British bryological society, 848 p.
- BARDAT J., BIORET F., BOTINEAU M., BOULLET V., DELPECH R., GÉHU J.-M., HAURY J., LACOSTE A., RAMEAU J.-C., ROYER J.-M., ROUX G., TOUFFET J., 2004 — *Prodrome des végétations de France*. Paris, Muséum National d'Histoire Naturelle, (Patrimoines Naturels 61), 171 p.
- BATES J.W., 1991 — Bryoflora of Belle-île, Brittany and comparison with the Channel islands, *Cryptogamie, Bryologie-Lichénologie* 12: 111-148.
- BATES J.W. & HODGETTS N.G., 1995 — New and interesting bryophyte records from Brittany including *Cryptothallus mirabilis*, *Ulota calvescens* and *Weissia perssonii* new to France. *Cryptogamie, Bryologie-Lichénologie* 16: 191-211.
- BISANG I., 1985 — *Plagiochila exigua* (Tayl.) Tayl. neu in Mitteleuropa. *Herzogia* 7: 1-12.
- BISANG I., GEISSLER P. & SCHUMACKER R., 1986 — *Harpalejeunea ovata* (Spruce) Schiffn., *Plagiochila exigua* (Tayl.) Tayl. et *Frullania jackii* Gott. à Madonna del Sasso (Tessin, Suisse) et leur répartition européenne. *Candollea* 41: 413-422.
- BOEUF R. 2011 — Le référentiel des types forestiers d'Alsace: apports phytosociologiques. *Revue forestière Française* 3-4: 331-364.
- BOUDIER P., 2006 — Contribution à la connaissance de la bryoflore du Pays Basque français. *Symbioses* 16: 37-45.
- BOULAY A., 1904 — *Musciniées de la France, deuxième partie, Hépatiques*. Paris, Klincksieck, 224 p.
- BRAUN-BLANQUET J., 1923 — *L'origine et le développement des flores dans le Massif Central de France*. Paris-Zurich, 282 p.
- CAMUS F., 1895 — Notes sur les récoltes bryologiques de M.P. Mabille en Corse. *Revue bryologique* 22(5): 65-74.
- CAMUS F., 1900 — Présence en France du *Lejeunea rossettiana* Mass. et remarques sur les espèces françaises du genre *Lejeunea*. *Bulletin de la société botanique de France* 47: 187-205.
- CAMUS F., 1902 — Note préliminaire sur un voyage bryologique en Corse. *Revue bryologique* 29(2): 17-26.
- CELLE J. & HUGONNOT V., 2012 — Les communautés bryophytiques du lit mineur des gorges de l'Ardèche comme témoins de sa richesse écosystémique. *Ecologia Mediterranea* 38(2): 29-41.
- CHARRIER J., 1958 — Catalogue des muscinées du département de la Vendée. *Annales de la société des sciences naturelles de la Charente-Maritime* IV: 1-56.
- COLLECTIF, 1987 — *Histoire de la forêt du Massif Central*. Faculté des Lettres et Sciences Humaines. Université de Clermont-Ferrand II, Institut d'Études du Massif Central, Clermont Ferrand, Fasc. 30, 208 p.
- CORBIÈRE L., 1889 — Muscinées du département de la Manche. *Mémoires de la société nationale des sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg* 26: 195-368.
- CORTINI PEDROTTI C., 1996 — Aperçu sur la bryogéographie de l'Italie. *Bocconea* 5: 301-318.
- DAHL E., 1998 — *The phytogeography of Northern Europe (British Isles, Fennoscandia and adjacent areas)*. Cambridge, Cambridge University Press, 297 p.
- DEPÉRIERS-ROBBE, S. 2000 — *Étude préalable à l'établissement du Livre rouge des Bryophytes menacées de France métropolitaine*. Caen, Ministère de l'Environnement, DNP — Laboratoire de Phytogéographie, Université de Caen, 176 p.
- DE ZUTTERE P., WERNER J. & SCHUMACKER R., 1985 — La bryoflore du Grand-Duché de Luxembourg: taxons nouveaux, rares ou méconnus. *Travaux scientifiques du muséum d'histoire naturelle du Luxembourg* 5: 1-153.
- DE ZUTTERE P., 1992 — *Plagiochila exigua* (Tayl.) Tayl. nouveau pour le Massif Central, à la cascade de Cornillou (Montboudif, Cantal, France). *Nowellia bryologica* 2: 33-35.
- DEJAIFVE P.A., 1987 — *Les hépatiques du massif du Canigou (Pyrénées-Orientales, France)*. Diplôme d'Université de Floristique et d'Écologie méditerranéenne, Université de Perpignan, 139 p.
- DOIGNON P., 1946 — Les récoltes bryologiques du Dr. P. Duclos d'après son herbier du Muséum. *Bulletin de la société de botanique de France* 93: 20-24.
- DOIGNON P., 1947 — *Flore du Massif de Fontainebleau. Bryophytes*. Fontainebleau, Centre Régional de Recherches naturalistes, 80 p.
- DOUBT J.C. & BELLAND R.J., 2000 — *Monitoring protocols for elements of non-vascular plant diversity in Alberta's forested zones*. Edmonton, Alberta, Department of Biological Sciences, University of Alberta, 129 p.
- DOUIN C. & R. DOUIN 1913 — *Anthoceros dichotomus* Raddi et quelques autres raretés de la Gorge d'Héric (Hérault). *Revue bryologique* 40(5): 71-76.
- DUPONT P., 1962 — *La flore atlantique européenne. Introduction à l'étude du secteur Ibéro-atlantique*. Documents pour les cartes des productions végétales, Volume I. Toulouse, Faculté des Sciences, 414 p.

- DURFORT J. & DE ZUTTERE P., 2000 — *Breutelia chrysocoma* (Hedw.) Lindb. toujours bien présent dans les Monts d'Arrée (Finistère, Bretagne, France). *Nowellia bryologica* 18 : 2-7.
- FLEISHMAN E., MURPHY D.D., & BRUSSARD P.F., 2000. — A new method for selection of umbrella species for conservation planning. *Ecological applications* 10 : 569-579.
- GAUME R., 1944 — Sur quelques groupements muscineux de la forêt de Huelgoat (Finistère). *Revue bryologique et lichénologique* 13 : 43-57.
- GAUME R., 1952 — Les éléments de la flore bryologique de Bretagne. — I. Hépatiques. *Revue bryologique et lichénologique* 21 : 229-234.
- GAUME R., 1955 — Catalogue des Muscinées de Bretagne d'après les documents inédits du Dr F. Camus. *Revue bryologique et lichénologique* 24(1-2) : 1-28.
- GILG O., 2004 — *Forêts à caractère naturel. Caractéristiques, conservation et suivi*. L'atelier technique des espaces naturels, Cahiers techniques n° 74, 96 p.
- HALLINGBÄCK T. & HODGETTS N. (compilers), 2000 — *Status Survey and Conservation Action Plan for Bryophytes. Mosses, Liverworts and Hornworts*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK, IUCN/SSC Bryophyte Specialist Group, 106 p.
- HALLINGBÄCK T., 2002 — Globally widespread bryophytes, but rare in Europe. *Portugaliae acta biologica* 20 : 11-24.
- HÉBRARD, J.P. 1986 — Note de bryologie corse : muscinées rares, méconnues ou nouvelles pour l'île. *Bulletin de la société botanique du Centre-Ouest, n.s.* 17 : 151-167.
- HEDDERSON T., TRACEY N., 2006 — Phylogeography of *Homalothecium sericeum* (Hedw.) Br. Eur.; toward a reconstruction of glacial survival and postglacial migration. *Journal of bryology* 28 : 283-292.
- HEDENÄS L., 2010 — Phylogeography and origin of European *Sanionia uncinata* (Amblystegiaceae, Bryophyta). *Systematics and biodiversity* 8 : 177-191.
- HÉRIBAUD J., 1899 — *Les Muscinées d'Auvergne*. Clermont-Ferrand, Académie des Sciences, des Belles-Lettres & des Arts, 544 p.
- HILL M.O. & PRESTON C.D., 1998 — The geographical relationships of British and Irish bryophytes. *Journal of bryology* 20 : 127-226.
- HILL M.O., BELL N., BRUGGEMAN-NANNENGA M. A., BRUGÚES M., CANO M. J., ENROTH J., FLATBERG K. I., FRAHM J.-P., GALLEGÓ M. T., GARILLETI R., GUERRA J., HEDENÄS L., HOLYOAK D. T., HYVÖNEN J., IGNATOV M. S., LARA F., MAZIMPAKA V., MUÑOZ J. & SÖDERSTRÖM L., 2006 — An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia. *Journal of bryology* 28 : 198-267.
- HEINRICH J., GROLE R. & DREHWALD U., 1998 — The conspecificity of *Plagiochila killarniensis* Pearson and *P. bifaria* (Sw.) Lindenb. (Hepaticae). *Journal of bryology* 20 : 495-528.
- HODGETTS N.G., 1996. — *The conservation of lower plants in woodland*. Joint Nature Conservation Committee, 32 p.
- INFANTE M., 2000 — Las hepáticas y antorecotas (Marchantiophyta y Antocerotophyta) en la Comunidad Autónoma del País Vasco. *Guineana* 6 : 1-345.
- JOLY D., BROSSARD T., CARDOT H., CAVAILHES J., HILAL M. & WAVRESKY P. 2010 — Les types de climats en France, une construction spatiale. Cybergeo : European *Journal of geography* [En ligne], Cartographie, Imagerie, SIG, article 501, mis en ligne le 18 juin 2010, consulté le 14 février 2012. URL : <http://cybergeo.revues.org/23155> ; DOI : 10.4000/cybergeo.23155
- LACHMANN, A., 1952 — *Breutelia chrysocoma* (Dicks.) Lindb. dans les Monts d'Arrée en Bretagne. *Revue bryologique et lichénologique* 21 : 272-273.
- LACHMANN A., 1953 — Aperçu floristique sur la « Tourbière à *Breutelia* » en Plouñour-Ménez (Finistère). *Bulletin de la société de botanique du Nord de la France* 6 (3) : 70-73.
- LASSAGNE H. & DE ZUTTERE P., 1994 — *Plagiochila killarniensis* Pears., Hepaticae, existe aussi en Auvergne (France). *Nowellia bryologica* 6 : 4-5.
- LECOINTE A., 1981 — Intérêts phytogéographiques de la bryoflore normande : 2 — le cortège atlantique s.l. *Bulletin de la société linnéenne de Normandie* 108 : 51-60.
- LECOINTE A., SCHUMACKER R., WERNER J. & ROSE F., 1988 — Contributions à la bryoflore du Massif armoricain : 1. *Harpalejeunea ovata* (Hook.) Schiffn. (Hepaticae) dans les gorges du Coronc, nouveau pour les Côtes-du-Nord (France). Distribution et écologie. *Botanica Rhedonica* 1 : 81-94.
- LONGTON R.E., MILES C.J., 1982. — Studies on the reproductive biology of mosses. *Journal of the Hattori botanical laboratory* 52 : 219-239.
- MUÑOZ J., FELICÍSIMO Á.M., CABEZAS F., BURGAS A.R., MARTÍNEZ I., 2004 — Wind as a Long-Distance Dispersal Vehicle in the Southern Hemisphere. *Science* 304 (5674) : 1144-1147.
- OCHSNER F., 1955 — Das ozeanische Element in der schweizerischen Mossflora, ein Beitrag zu einer Aufgliederung. *Mitteilungen der Thüringischen Botanischen Gesellschaft* 1 : 151-166.

- ÓDOR P., 2002 — *The importance of coarse woody debris for bryophyte vegetation of semi-natural beech forests*. PhD Thesis, Budapest, 31 p.
- PATON J.A., 1999 — *The liverwort flora of the British Isles*. Colchester, Harley Books, 626 p.
- PIERROT R.B., 1955 — Lejeuneacées de Bretagne. *Revue bryologique et lichénologique* 24 (3-4) : 372.
- PIERROT R.B., 1984 — L'année bryologique 1983. *Bulletin de la société botanique du Centre-Ouest* n.s., 15 : 117-123.
- PIERROT R.B., 1988 — L'année bryologique 1987. *Bulletin de la société botanique du Centre-Ouest* n.s., 19 : 239-244.
- PIERROT R.B., 1990 — L'année bryologique 1989. *Bulletin de la société botanique du Centre-Ouest* n.s., 21 : 487-496.
- PROCTOR M.C.F., 2011 — Climatic responses and limits of bryophytes : comparisons and contrasts with vascular plants. In : TUBA Z., SLACK N.G. & STARK L.R. (eds), *Bryophyte ecology and climate change*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 35-54.
- RAMSAY M.M. & BURCH J., 2001 — Ex situ techniques in support of UK bryophyte conservation. *Novitates botanicae universitatis Carolinae* 15 : 27-33.
- RATCLIFFE D.A., 1968 — An ecological account of atlantic bryophytes in the British Isles. *New phytologist* 67 : 365-439.
- RENAULD F., 1877 — Notice sur quelques Mousses des Pyrénées. *Revue bryologique* 4(6) : 81-85.
- ROISIN P., 1969 — *Le domaine phytogéographique atlantique d'Europe*. Gembloux, Les Presses Agronomiques de Gembloux, 262 p.
- ROS R.M., MAZIMPAKA V., ABOU-SALAMA U., ALEFFI M., BLOCHEEL T.L., BRUGUÉS M., CANO M.J., CROS R.M., DIA M.G., DIRKSE G.M., EL SAADAWI W., ERDAĞ A., GANEVA A., GONZÁLEZ-MANCEBO J.M., HERNSTADT I., KHALIL K., KÜRSCHNER H., LANFRANCO E., LOSADA-LIMA A., REFAI M.S., RODRÍGUEZ-NUÑEZ S., SABOVJLEVIĆ M., SÉRGIO C., SHABBARA H., SIM-SIM M., SÖDERSTRÖM L., 2007 — Hepatics and Anthocerotales of the Mediterranean, an annotated checklist. *Cryptogamie, Bryologie* 28(4) : 351-437.
- ROWNTREE J.K. & RAMSAY M.M., 2005 — Ex situ conservation of bryophytes : progress and potential of a pilot project. *Boletín de la sociedad Española de briología* 26-27 : 17-22.
- ROWNTREE J.K., 2006 — Development of novel methods for the initiation of in vitro bryophyte cultures for conservation. *Plant cell, tissue and organ culture* 87 : 191-201.
- SCHNITZLER-LENOBLE A., 2002 — *Écologie des forêts naturelles d'Europe. Biodiversité, sylvigénèse, valeur patrimoniale des forêts primaires*. Londres, Paris, New York, Éditions Lavoisier, Tec & Doc, 271 p.
- SCHUMACKER R., BISANG I., GEISSLER P., LAMBINON J., LECOINTE A., VÁŇA J. & DE HESSELLE J.-P., 1988 — Contributions à la bryoflore du Massif armoricain : 3. *Aphanolejeunea microscopica* (Tayl.) Evans (Hepaticae), nouveau pour la France, à Huelgoat et à Saint-Herbot (Finistère). *Botanica Rhedonica* 1 : 81-94.
- SCHUMACKER R. & LECOINTE A., 1989 — Contributions à la bryoflore du Massif armoricain : 5. Le genre *Plagiochila* (Dum.) Dum. *Botanica Rhedonica* 2 : 115-141.
- SCHUMACKER R. & SAPALY J., 1996 — *Catalogue critique des hépatiques (Anthocerotophyta et Marchantiophyta) de l'Auvergne (Cantal et Puy-de-Dôme, France)*. Documents de la Station Scientifique des Hautes-Fagnes, 130 p., 7 cartes h. t.
- SHAW J., MCDANIEL S.F., WERNER O. & ROS R.M., 2002 — Phylogeography and Phylodemography. *The bryologist* 105 : 373-383.
- SIMO R.M. & VIGÓN E. 1976 — Briófitos de Asturias nuevos o escasamente representados en la flora. *Acta phytotaxonomica barcinonensis* 21 : 89-100.
- SÖDERSTRÖM L., 1995 — Bryophyte conservation – input from population ecology and metapopulation dynamics. *Cryptogamica Helvetica* 18 : 17-24.
- SÖDERSTRÖM L. & DURING H.J., 2005 — Bryophyte rarity viewed from the perspectives of life history strategy and metapopulation dynamics. *Journal of bryology* 27 : 261-268.
- SÖDERSTRÖM L., 2006 — Conservation biology of Bryophytes. *Lindbergia* 31 : 24-32.
- SOTIAUX A., PIOLI A., ROYAUD A., SCHUMACKER R. & VANDERPOORTEN, A., 2007 — A checklist of the bryophytes of Corsica (France) : new records and a review of the literature. *Journal of bryology* 29 : 41-53.
- SPRUCE, R. 1849 — The Musci and Hepaticae on the Pyrenees. *Annals and magazine of natural history* 3 : 103-216.
- STÖRMER P., 1969 — *Mosses with a western and southern distribution in Norway*. Oslo, Universitetsforlaget, 288 p.
- TUBA Z., 2011 — Bryophyte physiological processes in a changing climate : an overview. In : TUBA Z., SLACK N.G. & STARK L.R. (eds), *Bryophyte ecology and climate change*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 35-54.

- VALLAURI D., ANDRÉ J., DODELIN B., EYNARD- MACHET R. & RAMBAUD D., 2006 — *Bois mort et à cavités. Une clé pour des forêts vivantes*. Paris, Lavoisier, Tec & Doc, 405 p.
- VANDERPOORTEN A., ENGELS P. & SOTIAUX A., 2004 — Trends in diversity and abundance of obligate epiphytic bryophytes in a highly managed landscape. *Ecography* 27 : 567-616.
- VANDERPOORTEN A., LAÉNEN B., GABRIEL R., GONZÁLEZ-MANCEBO J.M., RUMSEY F.J., et CARINE M.A., 2011 — Dispersal, Diversity and Evolution of the Macaronesian Cryptogamic floras. In: Bramwell D. & Caujapé-Castells J. (eds), *The Biology of Island Floras*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 338-365.
- VIVANT J., 1969 — Herborisations au Pays Basque français. *Le monde des plantes* 362 : 10-12.
- VIVANT J., 1973 — Compte rendu d'herborisations réalisées en 1972 dans les Pyrénées-Atlantiques. *Le monde des plantes* 378 : 5-6.
- ZANTEN VAN B.O., 1977 — Experimental studies on trans-oceanic long-range dispersal of moss spores in the Southern Hemisphere. Congrès International de Bryologie, Bordeaux. *Bryophytorum bibliotheca* 13 : 715-733.
- ZANTEN VAN B.O. & PÓCS T., 1981 — Distribution and dispersal of bryophytes. *Advances in bryology* 1 : 479-562.
- ZANTEN VAN B.O., 1983 — Possibilities of long-range dispersal in bryophytes with special reference to the Southern Hemisphere. *Sonderbände des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg* 7 : 49-64.
- ZEMP, F. 2000 — Über die Verbreitung von *Breutelia chrysocoma* in der Zentralschweiz. *Meylania* 18 : 15-24.