Bull. Soc. Nat. luxemb., 98 (1997) p. 69-92

# Les pyrénolichens aquatiques du Luxembourg et leurs champignons lichénicoles

par

Francine MOLITOR [1]) et Paul DIEDERICH [2])

**Abstract:** 11 species of pyrenolichens, belonging to the genera *Dermatocarpon*, *Endocarpon*, *Staurothele*, *Thelidium* and *Verrucaria*, have been collected in Luxembourg, together with 4 species of lichenicolous fungi belonging to *Lichenopeltella*, *Pyrenidium* and *Stigmidium*. *Naetrocymbe saxicola* is considered to be non-lichenized but algicolous, and *Nectria indigens* to be not lichenicolous, but fungicolous on *Naetrocymbe saxicola*. One new species is described: *Lichenopeltella thelidii* Diederich sp. nov. Albino forms referable to *Leucocarpopsis* of both *Verrucaria hydrela* and *V. rheitrophila* have been observed.

**Key words:** Aquatic pyrenolichens, Luxembourg, *Dermatocarpon*, *Endocarpon*, *Leucocarpopsis*, *Lichenopeltella*, *Naetrocymbe*, *Nectria*, *Pyrenidium*, *Staurothele*, *Stigmidium*, *Thelidium*, *Verrucaria*.

## Introduction

Les lichens aquatiques sont des organismes très spécialisés, parfois très rares, vivant exclusivement (ou facultativement) sur des roches et pierres immergées ou émergées temporairement, ou encore sur des rochers suintants. L'étude de ces lichens est particulièrement difficile, puisque la plupart des espèces rencontrées appartiennent au genre *Verrucaria* ou à des genres voisins, genres réputés difficiles. Au Luxembourg, quasiment rien n'était connu sur ces lichens aquatiques, si ce n'est qu'une publication récente (van den Boom et al. 1994), dans laquelle quelques-unes de ces espèces furent signalées, ou encore l'un ou l'autre article faisant référence à des stations luxembourgeoises de *Dermatocarpon luridum*.

La plupart des espèces rencontrées sont des pyrénolichens, c.-à-d. des espèces dont les ascomes sont des périthèces ou des pseudopérithèces. Nous avons rencontré également quelques espèces de lichens à apothécies (*Aspicilia aquatica* Körb., *Ionaspis lacustris* (With.) Lutzoni, *Woessia* div. spp., etc.).

Le présent travail consiste à déterminer quelles espèces de pyrénolichens existent au Luxembourg, à étudier leurs caractères distinctifs, leur écologie et leur répartition géographique. En plus, nous avons étudié les champignons lichénicoles se développant sur les pyrénolichens.

[1]) 67, rue de la Sûre, L-9161 Ingeldorf.

[2]) Musée national d'histoire naturelle, rue Münster, L-2160 Luxembourg (email: paul.diederich@ci.educ.lu).

Notons encore que les lichens aquatiques pourraient être utilisés comme bio-indicateurs de la pollution des eaux courantes, mais, dans le cadre du présent travail, cet aspect n'a pu être considéré.

## Matériel et méthodes

Nous avons récolté des lichens aquatiques dans plusieurs cours d'eau luxembourgeois, sur du Muschelkalk, du Grès de Luxembourg, et des schistes et quartzites. En chaque station, nous avons récolté un grand nombre de pierres, en choisissant, si possible, des pierres immergées et émergées, qui furent examinées plus tard à la loupe binoculaire. Des coupes microscopiques ont été montées dans l'eau, ou exceptionnellement dans le lactophénol au bleu coton, et examinées au microscope.

Dans la mesure du possible, nous avons examiné au moins trois périthèces par thalle étudié. L'étude et les mesures des diamètres de l'involucrellum et de l'excipulum (incl. la cavité périthéciale) ont été faits sous le microscope au grossissement de 400 fois pour les espèces lichénisées (genres *Dermatocarpon*, *Endocarpon*, *Staurothele*, *Thelidium* et *Verrucaria*), et à la loupe binoculaire au grossissement de 80 fois pour les autres espèces. Les ascospores ont été examinées au grossissement de 1000 fois. Nous avons mesuré au moins 5 ascospores par périthèce. Les illustrations des ascospores ont été réalisées à l'aide d'un tube à dessin.

Les descriptions et les dessins des espèces sont tous originaux, et réalisés à l'aide du matériel luxembourgeois examiné.

Sauf indication contraire, tous les spécimens récoltés par F. Molitor ou par P. Diederich se trouvent dans l'herbier privé de P. Diederich. Des doubles de certaines récoltes ont été déposées à l'herbier de l'Université de Liège (LG). Nous avons également étudié des spécimens de l'herbier du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg (LUX), de LG et des herbiers privés du Dr A. Aptroot et de M. M. Brand.

Pour chaque spécimen, nous indiquons entre parenthèses les coordonnées géographiques suivant les systèmes I.F.B.L. (carrés de 1x1 $km^2$) et U.T.M. (carrés de 5x5 $km^2$). Des cartes de répartition de toutes les espèces rencontrées sont présentées, en utilisant le réseau de cartographie de l'I.F.B.L., dont les carrés mesurent 4x4 $km^2$.

## Clé de détermination des espèces trouvées

1. Thalle squamuleux ou foliacé ..... 2
1'. Thalle crustacé ou absent ..... 3
2. Thalle foliacé, mono- ou polylobé; algues hyméniales absentes; ascospores simples, de 13-17,5 x 6-7 µm; sur roche ..... **Dermatocarpon luridum**
2'. Thalle squamuleux; algues hyméniales présentes; ascospores muriformes, de 47-54 x 18-24 µm; sur de la terre ..... **Endocarpon pusillum**
3. Périthèces de couleur vive, orangés à rouges; ascospores hyalines, à une cloison, de 15-18 x 7,5-9 µm; espèce non lichénisée, généralement associée à *Naetrocymbe saxicola* ..... **Nectria indigens**
3'. Périthèces foncés, brun sombre à noirs (excepté formes albinos de certains *Verrucaria*, dont les ascospores sont simples et ellipsoïdales) ..... 4
4. Ascospores simples, hyalines; périthèces munis d'un involucrellum, au moins partiellement recouverts par le thalle; espèces lichénisées (*Verrucaria*) ..... 5
4'. Ascospores cloisonnées, parfois muriformes; périthèces sans involucrellum; espèces lichénisées ou non ..... 10

5. Ascospores petites, de moins de 13 x 7 µm; thalle subgélatineux ..... 6
5'. Ascospores plus grandes, d'au moins 17 x 7 µm ..... 7

6. Ascospores largement ellipsoïdales à subglobuleuses, de 7-9 x 4,5-6,5 µm; thalle foncé, noirâtre, dépourvu de minuscules points noirs; périthèces partiellement enfoncés dans le thalle; involucrellum élargi latéralement, d'un diamètre de c. 0,3 mm ..... **Verrucaria aquatilis**
6'. Ascospores ellipsoïdales, de 10,5-13 x 5,5-7 µm; thalle vert olivâtre, parfois ornementé de nombreux minuscules points noirs d'un diamètre de 30 µm; périthèces enfoncés dans le thalle; involucrellum élargi latéralement ou non, d'un diamètre de 0,15-0,2 mm ..... **Verrucaria rheitrophila**

7. Thalle blanchâtre, ou d'un gris ou brun pâle, thalles très âgés rarement foncés, fortement fissuré à l'état sec (sauf thalles jeunes); périthèces enfoncés dans le thalle; involucrellum non élargi latéralement; ascospores ellipsoïdales à fusiformes, de (14)17-24 x (6,5)7-11(12) µm ..... **Verrucaria praetermissa**
7'. Thalle brunâtre, plus foncé, subgélatineux, non fissuré (sauf parfois autour des périthèces); périthèces généralement saillants, enfoncés dans des verrues thallines; ascospores ellipsoïdales, d'au moins 20 x 8 µm ..... 8

8. Involucrellum non élargi latéralement; ascospores de 23-28,5 x 11-14 µm; sur roche calcaire ..... **Verrucaria elaeomelaena**
8'. Involucrellum élargi latéralement; sur roche siliceuse ..... 9

9. Ascospores de 20-27,5 x 8-12 µm; involucrellum d'un diamètre de 0,3-0,4 mm; thalle non fissuré ..... **Verrucaria hydrela**
9'. Ascospores de 23-35 x 9-14 µm; involucrellum d'un diamètre de 0,45-0,7 mm; thalle souvent fissuré autour des périthèces ..... **Verrucaria margacea**

10. Ascospores brunes, à trois cloisons transversales, ou muriformes; algues hyméniales présentes ou absentes ..... 11
10'. Ascospores hyalines, à 1 cloison transversale, rarement à 3 cloisons (*T. zwackhii*); algues hyméniales absentes ..... 12

11. Ascospores à 3 cloisons transversales, de 24-26 x 6,5-9 µm; périthèces de 0,075-0,1 mm; algues hyméniales absentes; espèce lichénicole, sur *Staurothele fissa* ..... **Pyrenidium hetairizans**
11'. Ascospores muriformes, de 33-52 x 15,5-22 µm; périthèces de 0,25-0,3 mm, enfoncés dans des verrues thallines; algues hyméniales présentes; espèce lichénisée ..... **Staurothele fissa**

12. Ascomes constitués de catathèces aplatis; ascospores munies de trois paires de soies (visibles seulement à fort agrandissement !); espèces lichénicoles ..... 13
12'. Ascomes constitués de périthèces subsphériques; ascospores dépourvues de soies ..... 14

13. Ascomes d'un diam. de 40-75 µm; ascospores de 11,5-12,5 x 5-5,5 µm; asques de 23-31 x 10,5-16 µm; sur le thalle de *Thelidium minutulum*... ..... **Lichenopeltella thelidii**
13'. Ascomes d'un diam. de 60-150 µm; ascospores de 13-16 x 5-6 µm; asques de 45-50 x 8,5-13 µm; sur le thalle de *Verrucaria* ..... **Lichenopeltella hydrophila**

14. Paraphyses persistantes, présentes à maturité, anastomosées; périthèces de 50-110 µm de diam.; ascospores de 17-21 x 6-7,5 µm; espèce non distinctement lichénisée, mais associée à des algues ..... **Naetrocymbe saxicola**
14'. Paraphyses absentes à maturité; espèces lichénisées ou lichénicoles ..... 15

15. Périthèces minuscules, de (45)50-65(75) µm de diam.; ascospores de (11)12-15,5 x 4-5 µm; espèce lichénicole sur des thalles de *Verrucaria* ..... **Stigmidium rivulorum**
15'. Périthèces légèrement plus grands, de 110-160 µm de diam.; ascospores plus grandes; espèces lichénisées (*Thelidium*) ..... 16

16. Ascospores à une cloison, de 15-21(24) x 6-8 µm ..... **Thelidium minutulum**
16'. Ascospores à 3 cloisons, de 29-38 x 13-15,5 µm ..... **Thelidium zwackhii**

## Les espèces

### *Dermatocarpon luridum* (With.) Laundon

Syn.: *Dermatocarpon weberi* (Ach.) Mann, *D. aquaticum* (Weiss) Zahlbr.

Thalle multilobé, atteignant 3 cm de diam.; lobes souvent nombreux et comprimés les uns contre les autres, d'une épaisseur de 0,15-0,3 mm, souvent convexes, fixés au substrat en plusieurs endroits; face supérieure du thalle d'un vert intense à l'état mouillé, d'un gris clair olivâtre à l'état sec, non pruineuse; face inférieure d'un brun clair à brun foncé, lisse ou légèrement ridée. Périthèces noirs, enfoncés dans le thalle, d'un diam. de 0,15-0,25 mm. Ascospores étroitement ellipsoïdales, 13-17,5 x 6-7 µm.

*Écologie*: Au Luxembourg, l'espèce a été trouvée sur des roches siliceuses, de 0-20 cm au-dessus de l'eau, ainsi que sur des parois schisteuses verticales suintantes.

*Répartition*: Espèce trouvée de nombreuses fois dans l'Oesling.

*Discussion*: L'espèce est caractérisée par son thalle multilobé et non pruineux.

Une autre espèce aquatique connue des Ardennes belges, *D. meiophyllizum* Vainio, se distingue par des thalles plus petits, atteignant 12 mm en diamètre, fixés au substrat en un seul endroit (Wirth 1995: 289). Cette espèce n'a pas été rencontrée au Luxembourg.

*Spécimens examinés*: OESLING: Heinerscheid, Kasselslay, dans l'Our (J8.45.23/KA.90.50), rochers schisteux partiellement inondés, 31.10.1983, *P. Diederich* 3936 & *L. Reichling*; ibid., 4.7.1985, *P. Diederich* 6179; ibid., 20.7.1994, *F. Molitor* 9, 10; SE Insenborn, Dirbech (K8.41.21/GR.05.30), rocher schisteux dans le ruisseau, 17.8.1985, *P. Diederich* 6367; N Bilsdorf, ancienne carrière au bord de la Sûre (K7.48/GR.00.25), paroi verticale d'un rocher schisteux humide, 17.8.1985, *P. Diederich* 6363; NW Heiderscheid, Heischtergronn (K8.32.44/GR.10.30), paroi verticale suintante d'un rocher schisteux, 23.6.1966, *L. Reichling* s. n. (LUX); ibid., 17.8.1985, *P. Diederich* 6362; W Hoscheid, Schlënnerbaach (K8.24.23/KA.85.35), pierres en schistes sur la berge du ruisseau, 15.8.1994, *F. Molitor* 4; 2 km au N de Bigonville, Moulin de Bigonville, dans la Sûre (K7.47.42/GR.00.25), 2.5.1992, *M. Brand* (herb. Brand); Kalborn, entre le Moulin de Kalborn et Tentesmillen (J8.35.24/KA.90.50), schiste suintant, 1985, *M. A. Werner* et *Dennewald* (herb. J. Werner 1050-1).

*Autre donnée issue de la littérature*: Koltz (1885: 99) a signalé *Endocarpon miniatum* var. *aquaticum* de Hupperdange sur des pierres immergées dans le Schlambaach. Cette donnée est tout à fait crédible, et nous l'avons reprise sur la carte de distribution dans le carré J8.34/KA.85.50.

### *Endocarpon pusillum* Hedw.

La seulte récolte luxembourgeoise de cette espèce a été publiée erronément par van den Boom et al. (1994: 153) sous le nom de *E. pallidum* Ach. Nous avons réexaminé le matériel: les thalles possèdent une face inférieure noirâtre munie de rhizines, ce qui est caractéristique de *E. pusillum*. Une description très détaillée de cette espèce a été publiée par McCarthy (1991: 38-41).

*Écologie*: Espèce récoltée au Luxembourg sur de la terre recouvrant un rocher dans la Sûre (rocher partiellement émergé lorsque le niveau d'eau est à l'étiage).

*Répartition*: La seule récolte luxembourgeoise provient de la Sûre près du Moulin de Bigonville, où l'espèce a été découverte lors d'une excursion des lichénologues néerlandais en 1992 (van den Boom et al. 1994: 153).

*Spécimens examinés*: OESLING: 2 km N Bigonville, Moulin de Bigonville (K7.47.42/ GR.00.25), sur de la terre recouvrant un rocher dans la Sûre, 2.5.1992, *P. van den Boom* 12435, *M. Brand* 27221 & *P. Diederich* 4805 (herb. van den Boom, herb. Brand, herb. Diederich).

## *Lichenopeltella hydrophila* R. Sant. ined.

Ce nom a été publié par Santesson (1993: 131) sans aucune description. L'espèce aurait été trouvée une seule fois en Suède sur *Verrucaria* sp., et l'épithète *'hydrophila'* désigne vraisemblablement un *Verrucaria* aquatique. Nous avons rapporté à cette même espèce du matériel luxembourgeois, dont nous avons publié une brève description (Aptroot et al. 1997). Nous ne la répétons pas ici.

*Écologie*: Nous avons récolté ce champignon lichénicole sur des *Verrucaria* aquatiques (*V. hydrela* et *V. praetermissa*), mais aussi sur *V. pinguicula* sur un mur au bord d'un ruisseau.

*Répartition*: Cette espèce a été trouvée dans le Kelsbaach près de Grevenmacher, et dans l'Ammescherbaach près de Stolzembourg. À l'étranger, elle a été signalée exclusivement de Suède.

*Spécimens examinés*: OESLING: Stolzembourg, berge du Ammeschterbaach (K8.26.12/ KA.95.35), paroi verticale en schistes, à 20 cm au-dessus du niveau d'eau, sur *Verrucaria hydrela*, 16.4.1994, *P. Diederich* 12468 & *F. Molitor*.

GUTLAND: SW Grevenmacher, berge du Kelsbaach (L9.53.13/LA.10.00), rocher en calcaire coquillier, sur *V. praetermissa*, 6.8.1994, *F. Molitor* 29; ibid., sur *V. pinguicula*, 16.4.1996, *P. Diederich* 12406; ibid., sur *Verrucaria* sp., *P. Diederich* 12407.

## *Lichenopeltella thelidii* Diederich sp. nov. (Fig. 1)

*Lichenopeltella* lichenicola insignis catatheciis 40-75 µm diam., 40-60 µm altis, setis nullis, ascis 8-sporis, 23-31 x 10,5-16 µm et ascosporis 11,5-12,5 x 5-5,5 µm, cum 3 paribus setularum.

*Type*: Luxembourg, Gutland, Larochette, dans le ruisseau Manzebaach (coord. IFBL: L8.27.14; UTM: KA.95.15), alt. 275 m, sur des pierres en Grès de Luxembourg dans une rivière, sur *Thelidium minutulum*, 14 mai 1996, *P. Diederich* 12423 (LG - holotype, herb. Diederich - isotype).

Catathèces lichénicoles sur *Thelidium*, d'un diamètre de 40-75 µm et d'une hauteur de 40-60 µm, sans poils ostiolaires; paroi supérieure d'un brun foncé, à cellules plus ou moins quadrangulaires, de 3-3,5 µm. Filaments hamathéciaux non observés. Asques ellipsoïdaux, à 8 ascospores, de 23-31 x 10.5-16 µm. Ascospores hyalines, à une cloison, de 11,5-12,5 x 5-5,5 µm, munies de trois paires de soies fixées à leur milieu en un seul point latéral.

*Écologie*: Champignon lichénicole se développant sur le thalle de *T. minutulum*, sur des pierres périodiquement submergées en Grès de Luxembourg dans des ruisseaux.

*Répartition*: Nous avons récolté cette espèce nouvelle abondamment dans le Manzebaach près de Larochette, et en faible quantité dans le Kaasselterbaach près de Lintgen.

*Discussion*: Cette espèce se distingue de la plupart des autres espèces de *Lichenopeltella* étudiées dans Aptroot et al. (1997) par ses ascomes particulièrement petits. D'autres espèces lichénicoles dont le diamètre des ascomes est inférieur à 75 µm sont

connues: *L. peltigericola* (D. Hawksw.) R. Sant., qui se distingue par la présence de poils ostiolaires, *L. cladoniarum* E. S. Hansen & Alstrup, qui possède des ascospores bien plus grandes, mesurant 18-21 x 5-6 µm, *L. microspora* Diederich, qui possède des ascospores très petites, de 7,5-9 x 3-3,5 µm, dépourvues de soies, et *L. minuta* R. Sant., dont les asques ne contiennent que 4 ascospores qui sont plus étroites (3,5-4,5 µm).

Un champignon lichénicole semblable a été décrit sur *Thelidium aeneovinosum* (Anzi) Arnold (syn. *T. diaboli* A. Massal.) sous le nom de *Sagedia parvipuncta* Stein [syn. *Sphaerulina parvipuncta* (Stein) Sacc.]. D'après la description originale, cette espèce se distinguerait de *L. thelidii* par ses ascomes légèrement plus petits, mesurant 30 µm de diamètre, et des ascospores à 1-3 cloisons, fusiformes, brusquement aiguës à chaque extrémité, et plus longues, de 12-18 x 4-5 µm (Vouaux 1912-14: 35). Nous avons voulu étudier le type de *S. parvipuncta*, mais, d'après le Dr W. Stojanowska (in litt. 1997), il n'a pu être retrouvé à WRSL. Vu les importantes différences entre les descriptions de *S. parvipuncta* et *L. thelidii* (surtout les dimensions des ascospores), nous sommes d'avis que *S. parvipuncta* pourrait bien représenter une autre espèce que celle récoltée au Luxembourg.

*Autre spécimen examiné*: GUTLAND: Lorentzweiler, Kaasselterbaach (L8.46.11/KA.90.10), pierres en grès dans une rivière, sur *Thelidium minutulum*, 17 août 1995, *P. Diederich* 12427.

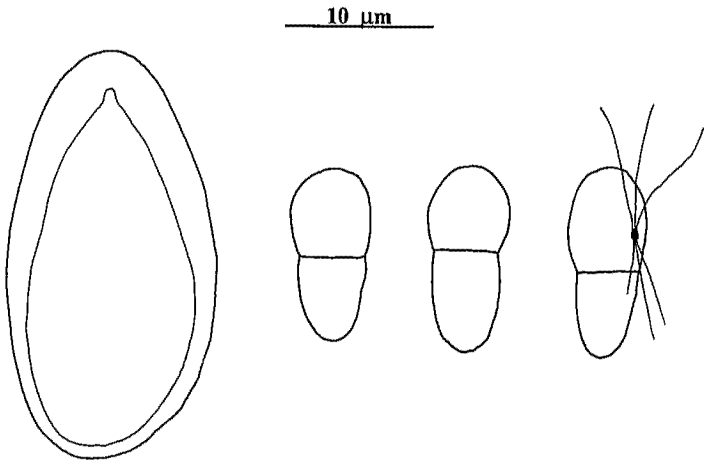



Fig. 1. *Lichenopeltella thelidii* (holotype). Asque (les ascospores ne sont pas représentées) et ascospores (les soies ne sont représentées que sur une seule ascospore).

## *Naetrocymbe saxicola* (Massal.) R. C. Harris

Syn.: *Arthopyrenia saxicola* Massal., *Pyrenocollema saxicola* (Massal.) Coppins, ?*Naetrocymbe massalongiana* (Hepp) R. C. Harris

Thalle probablement absent (voir ci-dessous). Périthèces superficiels, ou partiellement enfoncés dans une croûte d'algues vertes et de cyanobactéries, subsphériques, noirs, sans involucrellum, d'un diamètre de 50-110 µm. Excipulum foncé, d'une épaisseur de 7-10 µm. Paraphyses persistantes, cloisonnées, fortement anastomosées,

d'un diamètre de 1,4-1,7 µm. Asques claviformes, à 8 spores, de 49-61 x 11,5-20 µm. Ascospores hyalines, à une cloison, la cellule supérieure souvent légèrement plus courte et plus large, de 17-21 x 6-7,5 µm.

*Écologie*: Nous avons récolté cette espèce trois fois sur des pierres en Grès de Luxembourg partiellement submergées dans un ruisseau, et une fois sur un rocher en calcaire coquillier dans un ruisseau périodiquement à sec. Elle est accompagnée de *Nectria indigens* dans ses trois stations sur grès, espèce apparemment fongicole spécialisée sur *N. saxicola* (voir ci-dessous, sub *N. indigens*).

*Naetrocymbe saxicola* est généralement considéré comme un lichen, dont le thalle contient des cyanobactéries et des algues du type *Trentepohlia* (p. ex. Purvis et al. 1992). Dans les récoltes luxembourgeoises, nous avons observé une croûte brunâtre ou blanchâtre composée de plusieurs espèces d'algues vertes et de cyanobactéries, entre lesquelles se développent les périthèces. Nous sommes d'avis que *N. saxicola* n'est pas lichénisé, et que ces ascomes sont vraisemblablement algicoles. Notons encore qu'à l'étranger, l'espèce est signalée comme saxicole, mais pas comme aquatique (p. ex. Purvis et al. 1992, Santesson 1993: 185).

*Répartition*: Nous avons trouvé ce taxon dans le Lauterbornerbaach près de Echternach, le Rollingerbaach près de Mersch, le Manzebaach près de Larochette et le Kelsbaach près de Grevenmacher. Comme la taille extrêmement petite de ses ascomes le fait facilement passer inaperçu, il est probable qu'il soit assez commun dans les ruisseaux du Gutland.

A l'étranger, il est signalé des Îles Britanniques (Purvis et al. 1992), de Suisse et d'Italie (localités types de *N. massalongiana* et de *N. saxicola* cités par Harris 1995!), de Suède (Santesson 1993: 185) et d'Allemagne (Wirth 1995: 140).

*Discussion*: Harris (1995) distingue provisoirement deux espèces voisines, *N. massalongiana* et *N. saxicola*, sur base des dimensions des asques et des ascospores des spécimens type, mais il précise que des études supplémentaires seront nécessaires pour déterminer si ces deux taxons sont vraiment distincts. Le tabl. 1 donne les mesures indiquées par Harris (1995) et Purvis et al. (1992, sub *Pyrenocollema saxicola*), comparées à celles de trois récoltes luxembourgeoises. Le matériel luxembourgeois a des ascospores nettement plus larges que celles du type de *N. saxicola*, et des asques plus petits que ceux du type de *N. massalongiana*. D'après Harris, le type de *N. saxicola* aurait des asques piriformes, et celui de *N. massalongiana* des asques moins piriformes; les asques du matériel luxembourgeois sont plutôt claviformes. A notre avis, il est prudent d'accepter pour le moment un concept assez large pour cette espèce, et de nommer les spécimens luxembourgeois *N. saxicola* s. l.

Wirth (1995: 140) décrit des spores étroites de 18-24 x 4-5 µm, mais il précise que les paraphyses sont absentes (gélatinisées) à maturité. Comme les filaments hamathéciaux sont bien présents et abondants à maturité dans tous nos spécimens (ils sont fortement anastomosés!, voir aussi Purvis et al., 1992), il est possible que le matériel étudié par Wirth appartienne à une autre espèce.

*Spécimens examinés*: GUTLAND: E Rollingen (Mersch), dans le Rollingerbaach près de la source 'Dréiburen' (L8.35.24/KA.90.10), pierres en grès, sur des algues, 29 mai 1995, *F. Molitor* 19; Echternach, dans le Lauterbornerbaach, près du parking du lac (L9.12.42/LA.10.20), pierres en grès périodiquement inondées, 5 mai 1996, *P. Diederich* 12411 (dupl. in LG); Larochette, dans le Manzebaach (L8.27.14/KA.95.15), pierres en grès dans un ruisseau, 14 mai 1996, *P. Diederich* 12421 p. p. (sub *Nectria indigens*); SW Grevenmacher, Kelsbaach (L9.53.13/ LA.10.00), rocher en calcaire coquillier, dans un ruisseau, 6 août 1994, *F. Molitor* 20.

Tabl. 1. Dimensions des asques et des ascospores des types de *Naetrocymbe massalongiana* et de *N. saxicola*, d'après Harris (1995), de *N. saxicola*, d'après Purvis et al. (1992), et de trois récoltes luxembourgeoises.

| | Asques (en µm) | Ascospores (en µm) |
|---|---|---|
| *N. massalongiana* (type) | 75-85 x 20-25 | 18-25 x 6-7(-8) |
| *N. saxicola* (type) | 50 x 20 | 16-20 x 4-5 |
| Purvis et al. (1992: 518) | 65-85 x 17-23 | (19-)20-25 x 4,5-7 |
| *P. Diederich* 12411 | 49-60 x 11,5-14 | 19-20,5 x 6,5-7,5 |
| *F. Molitor* 19 | 50-61 x 14-16 | 20-21 x 6-7,5 |
| *F. Molitor* 20 | 49-53 x 16,5-21 | 17-20 x 6-7 |

## *Nectria indigens* (Arnold) Rehm

Hawksworth (1986: 501-503) a donné une description détaillée de cette espèce, à laquelle nous n'avons rien à ajouter. Les asques, dans le matériel luxembourgeois, contiennent 5-8 spores mesurant 13-19 x 7-10 µm.

*Écologie*: Ce champignon est généralement considéré comme lichénicole, croissant sur des Verrucariaceae. En Écosse il a été signalé sur des thalles moribonds de *Polyblastia cupularis* A. Massal., en Autriche sur des thalles pyrénocarpes morts (Hawksworth 1986), en Slovaquie sur *Polyblastia* sp. (Vězda 1970), en France sur un thalle de Verrucariaceae indéterminable (Roux 1976), en Allemagne, en Italie et en Suisse sur des roches couvertes de traces de croûtes lichéniques.

Nous avons soigneusement étudié l'écologie du matériel luxembourgeois. Dans le Lauterbornerbaach, l'espèce croit sur la roche en présence de quelques algues; dans le voisinage immédiat se trouvent également des croûtes d'algues vertes et de cyanobactéries sur lesquelles se développent les ascomes de *Naetrocymbe saxicola*, espèce considérée comme algicole, et non pas lichénicole, dans ce travail; comme aucune espèce de lichens n'a été observée dans cette localité (absence de thalles stériles!), *N. indigens* est avec certitude non lichénicole, mais pourrait donc bien être algicole. Dans le Rollingerbaach, *N. indigens* a été observé sur de nombreuses pierres, dont certaines portent *N. saxicola*, *Thelidium minutulum* ou *Verrucaria elaeomelaena*, mais toujours en des endroits quasiment dépourvus de thalles lichéniques. Dans le Manzebaach, où nous avons récolté *V. aquatica*, *V. elaeomelaena*, *T. minutulum* et *T. zwackhii*, la seule pierre portant *N. indigens* est dépourvue de croûtes lichéniques; entre les périthèces de *N. indigens*, nous avons cependant observé quelques ascomes jeunes, mais typiques, de *N. saxicola*.

Dans les trois localités luxembourgeoises l'espèce n'est donc pas lichénicole, mais elle pourrait être algicole. La présence, dans ces trois localités, de *Naetrocymbe saxicola* dans le voisinage immédiat du *Nectria* nous amène cependant à énoncer l'hypothèse que *N. indigens* serait plutôt une espèce fongicole, obligatoirement associée à *N. saxicola*. Comme *N. saxicola* est une espèce extrêmement peu apparente (thalle absent, ascomes minuscules), elle a bien pu passer inaperçue dans les récoltes

non luxembourgeoises du *Nectria*. Il est bien évident que des observations supplémentaires dans d'autres pays seront nécessaires pour affirmer ou révoquer notre hypothèse.

*Répartition*: Nous avons récolté cette espèce dans trois ruisseaux luxembourgeois sur Grès de Luxembourg (Rollingerbaach près de Mersch, Lauterbornerbaach près de Echternach et Manzebaach près de Larochette), et il semble bien que l'espèce soit fréquente dans ce type de milieu.

A l'étranger, l'espèce est signalée d'Allemagne, d'Autriche, de France, de Grande-Bretagne, d'Italie, de la Slovaquie et de la Suisse (Hawksworth 1986: 501-503, Keissler 1930: 278-279, Roux 1976: 27 et Vězda 1970: 224).

*Spécimens examinés*: GUTLAND: E Rollingen (Mersch), dans le Rollingerbaach près de la source 'Dréiburen' (L8.35.24/KA.90.10), pierres en grès, 29 mai 1995, *F. Molitor* 18; Echternach, dans le Lauterbornerbaach, près du parking du lac (L9.12.42/LA.10.20), pierres en grès périodiquement inondées, 5 mai 1996, *P. Diederich* 12414; Larochette, dans le Manzebaach (L8.27.14/KA.95.15), pierres en grès dans un ruisseau, 14 mai 1996, *P. Diederich* 12421.

## ***Pyrenidium hetairizans*** (Leight.) Arnold

Hawksworth (1986: 504-505) a donné une description détaillée de cette espèce, basée sur l'unique spécimen connu à l'époque. Comme notre spécimen est assez réduit, et qu'il est en train d'être étudié par les Drs P. Navarro-Rosinès (Barcelone) et C. Roux (Marseille), nous renonçons ici à une description de notre récolte.

*Écologie*: Champignon lichénicole que nous avons récolté une seule fois sur le thalle de *Staurothele fissa*. Le type de l'espèce est sur *Verrucaria hydrela* (Hawksworth 1986: 505).

*Répartition*: Nous avons récolté cette espèce dans l'Our près de Heinerscheid (Kasselslay). A l'étranger, elle est uniquement connue du spécimen type provenant de Grande-Bretagne. Keissler (1933: 391) signale une récolte supplémentaire (sous '? *Phaeospora hetairizans* Arn.'), mais la description donnée par cet auteur est en discordance avec la description de Hawksworth (1986) (absence de paraphyses, ascospores bien plus courtes).

*Spécimen examiné*: OESLING: E Heinerscheid, Kasselslay (J8.45.23/KA.90.50), face verticale schisteuse plus ou moins inondée au bord d'une rivière, sur *Staurothele fissa*, 4.7.1985, *P. Diederich* 4943.

## ***Staurothele fissa*** (Taylor) Zwackh

Thalle olivâtre à brun noirâtre, fissuré irrégulièrement, parfois seulement autour des périthèces, parfois en entier et devenant alors aréolé. Périthèces enfoncés dans des protubérances thallines, la région autour de l'ostiole étant seule visible, noirs; involucrellum peu développé; excipulum d'un diam. de (0,15)0,25-0,3 mm, incolore ou brun clair. Ascospores muriformes, d'un brun parfois foncé, à taille variable, de (30)33-52(60,5) x (13)15,5-22(24) µm. Algues hyméniales vertes, la plupart globuleuses à cubiques ou cylindriques, parfois disposées en paires, d'un diam. de 3-4,5 µm.

*Écologie*: Nous avons récolté cette espèce sur des roches siliceuses au bord d'une rivière (0-10 cm au-dessus de l'eau), en des endroits ombragés.

*Répartition*: Espèce trouvée au Luxembourg une seule fois près de Heinerscheid (Kasselslay) dans l'Our.

*Discussion*: *Staurothele fissa* se distingue facilement des *Verrucaria* aquatiques par la présence d'algues vertes hyméniales et des spores muriformes.

Une autre espèce aquatique à spores muriformes, *Polyblastia cruenta* (Körb.) P. James & Swinscow, non connue du Luxembourg, a des spores et périthèces plus grands que *S. fissa* et ne contient pas d'algues hyméniales (Purvis et al. 1992: 483).

*Spécimens examinés*: OESLING: E Heinerscheid, Kasselslay, dans l'Our (J8.45.23/ KA.90.50), face verticale schisteuse plus au moins inondée, 4.7.1985, *P. Diederich* 4939; ibid., 20.7.1994, *F. Molitor* 11.

## ***Stigmidium rivulorum*** (Kernst.) Roux & Nav.-Ros. (Fig. 2)

Syn. (?): *Tichothecium hygrophilum* (Arnold) Jatta var. *minor* Bagl. et Carest., *T. minor* ['*minus*'] (Bagl. et Carest.) Jatta.

Ascomes globuleux, de (45)50-65(75) µm, noirs, nombreux sur le thalle de *Verrucaria*, dispersés, à demi enfoncés ou presque entièrement saillants. Paroi

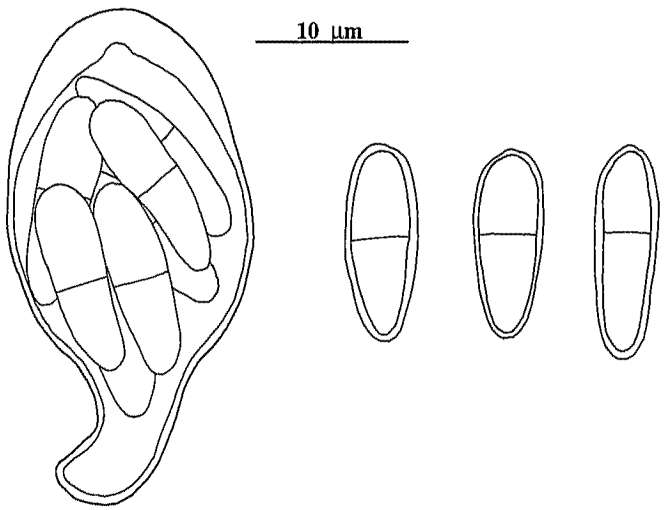



Fig. 2. *Stigmidium rivulorum* (Kernst.) Roux & Nav.-Ros. (*P. Diederich* 12471). Asque et ascospores observés dans l'eau.

ascomatale d'environ 6-12 µm d'épaisseur, brun sombre dans sa partie supérieure, s'éclaircissant et s'amençant vers le bas, brun clair dans le tiers inférieur, formée de cellules à paroi brun sombre dans la moitié supérieure, brun pâle dans la moitié inférieure, de 4-7 x 1,5-3,5 µm dans le plan vertical. Paraphysoïdes absentes; périphyses présentes dans la région ostiolaire; pseudoparaphyses formées de deux cellules très inégales à maturité ('type a' de Roux & Triebel 1994). Asques d'environ 30-40 x 12-15 µm, ellipsoïdales à claviformes. Ascospores par 8, incolores, de (11)12-15,5 x 4-5 µm (rapport longueur/largeur: 2,7-3,2), ellipsoïdales ou oblongues, à extrémités arrondies, non ou indistinctement pseudotétrablastiques, à paroi mince, non verruqueuse, à périspore mince, ne formant pas de halo, à cellule inférieure légèrement amincie, mais non pointue. Pycnides non observées. Hyphes végétatives brun pâle à proximité des ascomes, de (1,5)2-3 µm de diamètre.

*Écologie*: Ce champignon lichénicole a été récolté en abondance sur des thalles de *Verrucaria aquatilis*, *V. hydrela* et *V. praetermissa*. Des thalles avoisinants de *V. elaeomelaena*, *V. margacea* et *V. rheitrophila* n'ont pas été infectés.

*Répartition*: Nous avons récolté cette espèce dans le Schlënnerbaach près de Hoscheid, l'Ammeschterbaach près de Stolzembourg, le Manzebaach près de Larochette et le Rouderbaach près de Grevenmacher. Nous avons étudié en plus une récolte d'Allemagne. À l'étranger l'espèce n'est connue avec certitude que d'Italie.

*Discussion*: Plusieurs espèces de *Stigmidium* (ou de *Pharcidia*) sont connues des thalles de *Verrucaria* (Clauzade et al. 1989, Etayo 1994, Roux & Navarro-Rosinès 1994): *S. marinum* (Deak.) Swinsc. se développe sur des *Verrucaria* maritimes, et se distingue du matériel luxembourgeois notamment par la présence d'un involucrellum; *Pharcidia verrucariarum* (Arnold) Sacc. et *P. maritima* B. de Lesd. possèdent des ascospores plus grandes, respectivement de 21-23 x 3-4 µm, et de 21-22 x 6-9 µm; *S. clauzadei* Roux & Nav.-Ros. possède des ascomes de 80-130 µm, des paraphysoïdes du 'type b' et des ascospores de 12,5-17,5 x 5-6,5 µm; *S. tetrasporum* Etayo a été récolté sur un thalle stérile appartenant peut-être à une Verrucariaceae, et se distingue par ses ascomes plus grands, de 80-150 µm et ses asques à 4 ascospores. *P. hygrophila* (Arnold) Wint. a été signalé par erreur sur le thalle de *V. hydrela*: comme l'a montré Triebel (1989: 92), ce nom doit être considéré comme un synonyme d'*Endoccus perpusillus* Nyl.

*S. rivulorum* (Kernst.) Roux & Nav.-Ros., espèce récoltée initialement sur le lichen aquatique *V. pachyderma* Arnold, possède, tout comme le matériel luxembourgeois, des pseudoparaphyses du 'type a' (Roux & Navarro-Rosinès 1994), mais, d'après la description originale (Arnold 1893), a des ascospores légèrement plus longues et distinctement plus larges, de 15-16 x 5-6 µm. Vouaux (1912-14: 232), en se basant sur Arnold, donne des mesures différentes, de 12,5-14,3 x 5,4-6,3 µm, et il précise que les ascospores sont 'parfois avec 4 gouttelettes d'huile', donc pseudotétrablastiques. Roux & Navarro-Rosinès (1994) disent que *S. rivulorum* a des ascospores plus petites que celles de *S. clauzadei* (qui mesurent 12,5-17,5 x 5-6,5 µm).

*Tichothecium minor* a été décrit d'Italie sur un thalle de *Verrucaria hydrela*. Ses ascospores auraient de 12-16 x 4-6 µm (Jatta 1909-1911: 841). Vouaux (1912-14: 231) donne des mesures légèrement différentes: 12-16 x 4 µm. Malheureusement, le spécimen type n'a pu être retrouvé (FI-, PAD-, POR-, TO-, pas de réponse de AWH, GE, PC).

Dans le matériel luxembourgeois, toutes les ascospores examinées ont une largeur de 4-4,5 µm, ce qui le rapproche de la description originale de *T. minor*. Dans la récolte

allemande citée ci-après, qui appartient manifestement à la même espèce, la largeur constatée est de 4,5-5 µm. Ceci nous suggère que les dimensions des ascospores sont assez variables chez cette espèce, et qu'en l'absence de matériel authentique de *T. minor*, il est prudent de considérer les deux taxa *S. rivulorum* et *T. minor* comme des synonymes. Le nom à utiliser pour ce taxon est *S. rivulorum* (décrit en 1893, comme *Arthopyrenia rivulorum*), et non pas *T. minor* (décrit en 1881 comme une variété de *T. hygrophilum*, et élevé au rang spécifique seulement en 1911).

*Spécimens examinés*: OESLING: W Hoscheid, Schlënnerbaach (K8.24.23/KA.85.35), pierres en schistes sur la berge du ruisseau, sur *Verrucaria aquatilis*, 15.8.1994, *F. Molitor* 28 (dupl. in LG); ibid., sur *V. hydrela*, *F. Molitor* 22 (dupl. in LG); ibid., sur un thalle réduit (*Verrucaria* sp. ?), *F. Molitor* 23; Stolzembourg, Ammeschterbaach (K8.26.12/KA.95.35), schistes dans un ruisseau, sur *V. hydrela*, 16.4.1994, *P. Diederich* 12470, 12471 (dupl. in LG); E Heinerscheid, Kasselslay, dans l'Our (J8.45.23/KA.90.50), face verticale schisteuse plus ou moins inondée, sur *V. praetermissa*, 4.7.1985, *P. Diederich* 4942.

GUTLAND: Larochette, Manzebaach (L8.27.14/KA.95.15), pierres en grès dans le ruisseau, sur *V. aquatilis*, 14.5.1996, *P. Diederich* 12419; W Grevenmacher, Rouderbaach (L9.52.22/LA.10.05), pierres en calcaire coquillier dans le ruisseau, sur *V. aquatilis*, 16.4.1996, *P. Diederich* 12379.

ALLEMAGNE: Niedersachsen, Südharz, auf Silikatgeröll im Steinabach 3 km oberhalb von Steine, alt. 400 m, sur *V. aquatilis*, 4.8.1979, *H. Ullrich* (LG).

## *Thelidium minutulum* Körber

Thalle vert olivâtre à vert foncé, d'une épaisseur d'environ 40 µm et subgélatineux, ou plus mince et formé de goniocystes; prothalle et couche basale noire absents. Périthèces nombreux, émergés ou à moitié enfoncés, d'un brun plus ou moins foncé, ou noirs; involucrellum absent; excipulum brun noirâtre dans la partie supérieure, plus pâle dans la partie inférieure, d'un diam. de 0,11-0.16 mm. Ascospores hyalines, à 1 cloison, exceptionnellement à 3 cloisons, de 15-21(24) x 6-8 µm.

*Écologie*: Nous avons récolté cette espèce plusieurs fois sur des roches et pierres calcaires du Grès de Luxembourg, submergées ou temporairement émergées dans des ruisseaux en milieu ombragé, et une fois sur des pierres en calcaire coquillier dans un ruisseau temporairement à sec. Elle semble être assez fréquente dans des petits ruisseaux non ou peu pollués sur roche calcaire. Selon Purvis et al. (1992: 594), l'espèce est présente sur des roches calcaires, grès, mica-schistes, briques et cailloux, généralement dans des endroits ombragés et rarement sur le sol, mais ils n'indiquent pas de préférence pour des milieux aquatiques. Récemment, Gilbert (1996a) a signalé la présence de *T. minutulum* sur des pierres dans un réservoir d'eau.

*Répartition*: Au Luxembourg, cette espèce a été trouvée dans le Rollingerbaach près de Mersch, le Manzebaach près de Larochette, le Kaasselterbaach près de Lorentzweiler, et le Kelsbaach près de Grevenmacher.

*Discussion*: Nos récoltes provenant du Grès de Luxembourg ont un thalle plus épais et souvent continu, et des périthèces foncés à noirs, tandis que le matériel du calcaire coquillier présente un thalle très mince, souvent discontinu, ayant l'aspect de minuscules goniocystes, et des périthèces plus pâles. Le Dr A. Orange, qui a aimablement accepté de revoir du matériel provenant de ces deux couches géologiques, a confirmé qu'il s'agit deux fois de la même espèce, et que les thalles plus minces ont tendance à se dissocier en goniocystes plus ou moins isolés.

Wirth (1995: 583) distingue deux espèces voisines, *T. minutulum* et *T. parvulum* Arnold, mais les caractères utilisés pour les distinguer sont tellement vagues qu'il nous est impossible d'attribuer le matériel luxembourgeois à l'une ou à l'autre des ces deux espèces.

Une espèce voisine, connue également du Luxembourg, *T. zwackhii*, ressemble macroscopiquement à *T. minutulum*, mais possède des ascospores plus grandes à 3 cloisons (voir ci-dessous).

*Spécimens examinés*: GUTLAND: E Rollingen (Mersch), Rollingerbaach près de la source 'Dréiburen' (L8.35.24/KA.90.10), pierres en grès submergées, 13.2.1994, *P. Diederich* 4937; ibid., 29.5.1995, *F. Molitor* 17; N Lorentzweiler, Kaasselterbaach (L8.46.11/ KA.90.10), pierres en grès partiellement submergées, 17.8.1995, *P. Diederich* 12318; Larochette, Manzebaach (L8.27.14/KA.95.15), pierres en grès partiellement submergées, 14.5.1996, *P. Diederich* 12422; SW Grevenmacher, Kelsbaach (L9.53.13/LA.10.00), rocher en calcaire coquillier, sur la berge d'un ruisseau à sec, 16.4.1996, *P. Diederich* 12404.

## *Thelidium zwackhii* (Hepp) Massal.

Thalle et périthèces comme ceux de *T. minutulum* (voir ci-avant). Ascospores hyalines, à 3 cloisons transversales, exceptionnellement submuriformes, développant une ou deux cloisons longitudinales, de 29-38 x 13-15,5 µm.

*Écologie*: La seule récolte luxembourgeoise de cette espèce a été faite dans un ruisseau sur des pierres en Grès de Luxembourg partiellement submergées, en compagnie de *T. minutulum*, *Naetrocymbe saxicola*, *Verrucaria aquatilis* et *V. elaeomelaena*.

*Répartition*: Cette espèce a été récoltée une seule fois au Luxembourg dans le ruisseau du Manzebaach près de Larochette, en compagnie notamment de *T. minutulum*.

*Discussion*: Macroscopiquement, nous n'avons pas réussi a distinguer les rares thalles de *T. zwackhii* des nombreux thalles de *T. minutulum*, récoltés dans la même localité. Microscopiquement les deux espèces se distinguent facilement, puisque *T. zwackhii* possède des ascospores particulièrement grandes à 3 cloisons, tandis que les ascospores de *T. minutulum* sont bien plus petites, et ne développent normalement qu'une seule cloison.

*Spécimen examiné*: GUTLAND: Larochette, Manzebaach (L8.27.14/KA.95.15), pierres en grès partiellement submergées, 14.5.1996, *P. Diederich* 12416.

## *Verrucaria aquatilis* Mudd (Fig. 3)

Thalle noirâtre, subgélatineux, non fissuré, d'une épaisseur de 0,05 mm; prothalle absent; couche basale noire parfois présente. Périthèces enfoncés partiellement ou complètement dans le thalle; involucrellum élargi latéralement, d'un diam. de 0,3 mm; excipulum d'un diam. de 0,1 mm. Ascospores largement ellipsoïdales à subglobuleuses, arrondies aux 2 extrémités, de 7-9 x 4,5-6,5 µm.

*Écologie*: Nous avons récolté cette espèce sur des roches et pierres de schistes, de grès ou de calcaire coquillier, immergées ou au bord des ruisseaux (0-10 cm au-dessus de l'eau). Cette espèce est souvent considérée comme silicicole (p. ex. Wirth

1995), mais Purvis et al. (1992: 634) la signalent comme vivant exceptionnellement sur des pierres calcaires.

*Répartition*: Cette espèce a été trouvée une seule fois en Oesling près de Hoscheid (Schlënnerbaach), et plusieurs fois au Gutland: Mamer (Kielbaach), Larochette (Manzebaach) et Grevenmacher (Rouderbaach).

*Discussion*: L'espèce est caractérisée par son thalle noirâtre et subgélatineux, et par ses ascospores très petites. On pourrait la confondre macroscopiquement avec d'autres espèces de *Verrucaria* aquatiques, dont les thalles peuvent devenir noirâtres avec l'âge. Dans la plupart de nos récoltes, les thalles de *V. aquatilis* sont minuscules, et peuvent facilement passer inaperçus.

*Spécimens examinés*: OESLING: W Hoscheid, Schlënnerbaach (K8.24.23/KA.85.35), pierres en schistes sur la berge du ruisseau, 15.8.1994, *F. Molitor* 1.

GUTLAND: Larochette, Manzebaach (L8.27.14/KA.95.15), pierres en grès dans le ruisseau, 14.5.1996, *P. Diederich* 12420; Mamer, Thillsmillen, Kielbaach, près du pont (M8.14.11/KA.85.00), rocher en grès dans le ruisseau, 21.8.1995, *P. Diederich* 12319; W Grevenmacher, Rouderbaach (L9.52.22/LA.10.05), pierres en calcaire coquillier dans le ruisseau, 16.4.1996, *P. Diederich* 12378.

## *Verrucaria elaeomelaena* (Massal.) Arnold (Fig. 3)

Thalle d'un vert clair pâle à gris olivâtre, d'une épaisseur de 0,3-0,4 mm, subgélatineux, rarement fissuré; prothalle peu distinct; couche basale noire parfois présente. Algues disposées en colonnes verticales. Périthèces souvent nombreux, superficiels, noirs, parfois entièrement recouverts par le thalle, parfois dénudés; involucrellum d'un diam. de 0,35-0,45 mm, non élargi latéralement, plutôt mince, mais bien présent; excipulum brun clair, d'un diam. de 0,2-0,35 mm. Ascospores allongées, ellipsoïdales, arrondies aux extrémités, de (20)23-28,5 x 11-14(15) µm.

*Écologie*: Cette espèce a été récoltée sur des roches et pierres calcaires (calcaire coquillier et Grès de Luxembourg), immergées ou au bord de ruisseaux, ou dans une source. Il s'agit de la seule espèce européenne vivant exclusivement sur substrat calcaire (voir p. ex. Purvis et al. 1992: 636, Nimis 1993: 738 et Wirth 1995: 626).

*Répartition*: Au Luxembourg, cette espèce a été trouvée près de Grevenmacher (Kelsbaach et Rouderbaach), Syren (dans la source de la Syr), Larochette (Manzebaach), Rollingen près de Mersch (Rollingerbaach) et Lorentzweiler (Kaasselterbaach).

*Discussion*: L'espèce est caractérisée par un thalle subgélatineux, des périthèces et des ascospores relativement grands et un involucrellum qui ne s'étend pas latéralement.

Elle a souvent été confondue avec *V. funckii* (Sprengel) Zahlbr. (p. ex. Swinscow 1968: 45-46). Cette erreur a été redressée par Hawksworth (1989) qui a noté que *V. funckii* possède des spores plus petites et n'existe guère sur des roches calcaires. *V. hydrela* et *V. margacea* possèdent un involucrellum s'étendant latéralement.

En des conditions écologiques peu favorables (dans le Manzebaach), nous avons observé des thalles sorédiés.

*Spécimens examinés*: GUTLAND: Syren, source de la Syr (M8.37.14/KV.95.90), pierres en grès submergées, 20.5.1982, *P. Diederich* 3741; E Rollingen (Mersch), Rollingerbaach près de la source 'Dréiburen' (L8.35.24/KA.90.10), pierres en grès dans le ruisseau, 29 mai 1995,

*F. Molitor* 15, 16; Lorentzweiler, Kaasselterbaach (L8.46.11/KA.90.10), pierres en grès dans le ruisseau, 17.8.1995, *P. Diederich* 12426; Larochette, Manzebaach (L8.27.14/KA.95.15), pierres en grès dans le ruisseau, 14.5.1996, *P. Diederich* 12417; S Grevenmacher, Kelsbaach (L9.53.13/LA.10.00), pierres en calcaire coquillier au bord du ruisseau, 16.4.1996, *P. Diederich* 12397; Grevenmacher, Rouderbaach (L9.52.22/LA.10.05), pierres en calcaire coquillier dans un ruisseau, 16.4.1996, *P. Diederich* 12380.

## *Verrucaria hydrela* Ach. (Fig. 3)

Thalle vert olivâtre, d'une épaisseur d'environ 0,1 mm, subgélatineux; prothalle brun foncé parfois visible; couche basale noire souvent bien développée. Algues en colonnes irrégulières. Périthèces enfoncés dans des protubérances thallines hémisphériques avec seulement la région autour de l'ostiole visible; involucrellum élargi latéralement, d'un diam. de 0,3-0,4 mm; excipulum d'un diam. de 0,2-0,25 mm. Ascospores ellipsoïdales, de 20-27,5 x 8-12(13) µm.

*Écologie*: Nous avons trouvé cette espèce sur des roches siliceuses (schistes), à 0-10 cm au-dessus de l'eau. Purvis et al. (1992: 637), Swinscow (1968: 49) et Nimis (1993: 740) la signalent sur des substrats constamment submergés, mais également sur des roches humides au-dessus du niveau de l'eau dans des endroits ombragés (p. ex. dans des forêts).

*Répartition*: Au Luxembourg, cette espèce a été trouvée près de Hoscheid (Schlënnerbaach), Stolzembourg (Ammeschterbaach), Troisvierges - Cinqfontaines (Béilsbech), Heinerscheid - Kasselslay (Our), Troine (Sporbech) et Bigonville - Moulin de Bigonville (Sûre).

*Discussion*: L'espèce est caractérisée par un thalle mince subgélatineux, les dimensions des périthèces et des ascospores, et un involucrellum qui s'étend latéralement.

*V. funckii* se distingue par un involucrellum qui ne s'étend pas latéralement. *V. margacea* a des spores plus grandes (23-33,5 x 9-14 µm), l'involucrellum atteint 0,7 mm de diam, et le thalle est souvent fissuré autour des périthèces. *V. elaeomelaena* possède des spores souvent (mais pas toujours!) plus grandes (23-28,5 x 11-14 µm), l'involucrellum ne s'étend guère latéralement et l'espèce est liée à des substrats calcaires. Selon Swinscow (1968: 49), une confusion avec *V. aethiobola* Wahlenb. est possible, lorsque le thalle de *V. hydrela* est plus épais et fissuré autour des périthèces.

Le spécimen *P. Diederich* 12467 représente une forme albinos. Le thalle et les périthèces sont d'un orange pâle, et l'involucrellum est hyalin et peu apparent ou absent; les ascospores mesurent 19-22 x 7-8 µm. Le thalle, qui est relativement petit, se trouve mélangé avec *V. hydrela* typique (rare et mal développé), *V. margacea*, *V. praetermissa* (particulièrement abondant) et *V. rheitrophila*. *V. margacea* et *V. rheitrophila* se distinguent facilement par les dimensions de leurs ascospores. *V. praetermissa* se distingue par des thalles présentant de nombreuses fissures, sauf dans les parties les plus jeunes; le spécimen albinos a un thalle subgélatineux ne présentant aucune fissure. Quelques minuscules thalles apparemment reliés au thalle albinos présentent quelques périthèces à involucrellum foncé; un seul périthèce a été étudié: les ascospores trouvées sont semblables à celles des périthèces pâles, mais légèrement plus petites (16,5-19 x 6-7 µm), et l'involucrellum s'étend latéralement. Nous en concluons que le spécimen albinos appartient à *V. hydrela*.

Salisbury (1975) a créé un nouveau genre et une nouvelle espèce, *Leucocarpopsis devensis* G. Salisb., pour un spécimen britannique ressemblant à notre récolte. Ces thalles se développaient sur des pierres régulièrement submergées dans un ruisseau, en compagnie de plusieurs espèces de Verrucariaceae. Comme *V. praetermissa* aurait été particulièrement abondant, et que les deux espèces ont des périthèces et des ascospores de dimensions semblables, Purvis et al. (1992: 359) suggèrent que *L. devensis* pourrait représenter une forme albinos de *V. praetermissa*. Récemment, Gilbert (1996b) a mis ces deux noms en synonymie, mais l'auteur ne précise pas s'il a étudié le type de *L. devensis*.

*Spécimens examinés*: OESLING: N Troine, Sporbech (J8.31.43/GR.05.50), pierre en schistes dans le ruisseau, 5.9.1982, *P. Diederich* 3742; S Troisvierges, Cinqfontaines, Béilsbech (J8.33.21/KA.85.55), schistes submergés dans le ruisseau, 2.6.1985, *P. Diederich* 6103; E Heinerscheid, Kasselslay, dans l'Our (J8.45.23/KA.90.50), face verticale schisteuse plus ou moins inondée, 4.7.1985, *P. Diederich* 4941; 11 km WSW Esch-sur-Sûre, Moulin de Bigonville, dans la Sûre (K7.47.42/GR.00.25), roche schisteuse dans la rivière, 2.5.1992, *M. Brand* 27218 (herb. Brand); W Hoscheid, Schlënnerbaach (K8.24.23/KA.85.35), pierres en schistes au bord du ruisseau, 15.8.1994, *F. Molitor* 24; Stolzembourg, Ammeschterbaach (K8.26.12/KA.95.35), schistes dans un ruisseau, 16.4.1994, *P. Diederich* 12467, 12469, 12477 (dupl. in LG).

## *Verrucaria margacea* (Wahlenb.) Wahlenb. (Fig. 3)

Thalle vert olivâtre, brun, ou gris, d'une épaisseur d'environ 0,05 mm, subgélatineux, parfois fissuré autour des périthèces, prothalle et couche basale noire généralement absents. Cellules d'algues en colonnes verticales irrégulières. Périthèces enfoncés dans des protubérances thallines, avec seulement la région autour de l'ostiole visible; involucrellum élargi latéralement, d'un diam. de 0,45-0,7 mm; excipulum d'un diam. de 0,2-0,3 mm. Ascospores ellipsoïdales, de 23-35 x (7,5)9-14 µm.

*Écologie*: Cette espèce a été trouvée sur des schistes situés à 0-20 cm au-dessus de l'eau, et sur un rocher schisteux (Esch-sur-Sûre). Purvis et al. (1992: 639), Wirth (1995: 628) et Swinscow (1968: 48) disent que l'espèce préfère des zones submergées en permanence.

*Répartition*: Espèce trouvée au Luxembourg près de Stolzembourg (Ammeschterbaach et Stolzemburger Akeschterbaach) et près de Esch-sur-Sûre (rocher suintant).

*Discussion*: L'espèce est caractérisée par un thalle subgélatineux, mais parfois fissuré autour des périthèces, la taille élevée des ascospores et des périthèces, et un involucrellum qui s'étend latéralement.

Une espèce fort semblable est *V. hydrela*. Les deux espèces ont en commun un thalle mince subgélatineux, des périthèces enfoncés dans des protubérances thallines et un involucrellum qui s'étend latéralement. *V. margacea* possède un involucrellum et des spores plus grandes que *V. hydrela*. Une distinction nette entre ces deux espèces est parfois problématique (voir Swinscow 1968: 481). Selon cet auteur, des confusions avec *V. elaeomelaena* et *V. aethiobola* seraient également possibles. Une autre espèce, *V. latebrosa* Körber, a des spores de taille comparable à celles de *V. margacea*; le thalle non subgélatineux, l'involucrellum qui ne s'étend guère latéralement, et les périthèces partiellement dénudés de *V. latebrosa* évitent cependant toute confusion (Swinscow 1968: 48, Purvis et al. 1992: 638).

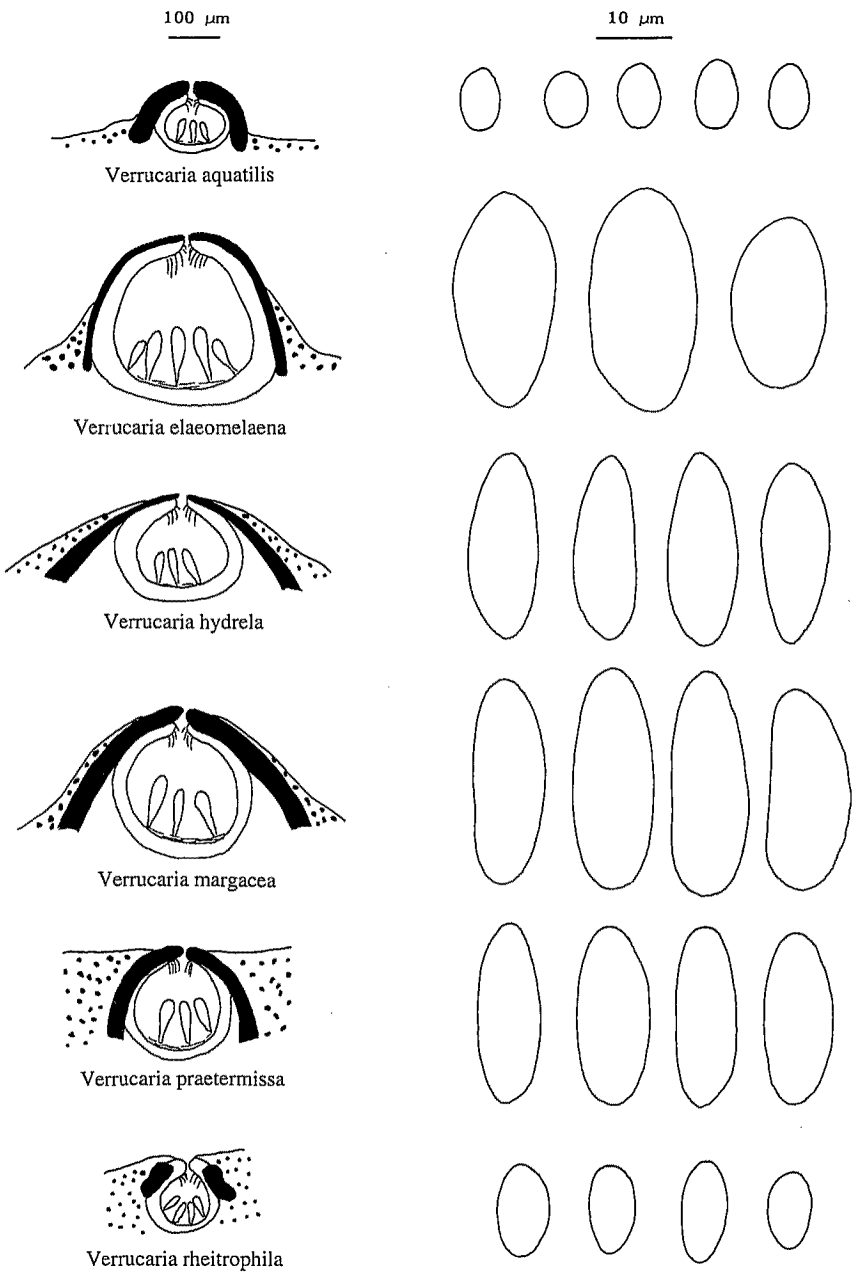



Fig. 3. Coupes schématiques à travers des périthèces, et ascospores des six espèces aquatiques de *Verrucaria* connues au Luxembourg.

*Spécimens examinés*: OESLING: 1 km E Esch-sur-Sûre, au-dessus du tunnel (K8.32.41/ GR.10.30), rocher schisteux, 2.5.1992, *A. Aptroot* 28905 (herb. Aptroot, herb. Diederich) & *M. Brand* 27173 (herb. Brand); W Stolzembourg, Ammeschterbaach (K8.26.12/KA.95.35), rochers schisteux sur la berge d'un ruisseau, 16.4.1994, *P. Diederich* 12472 (dupl. in LG, herb. Aptroot) & *F. Molitor* 19; N Stolzembourg, Stolzemburger Akeschterbaach (K8.16.32/ KA.95.40), pierre en schistes dans le ruisseau, 19.5.1985, *P. Diederich* 5700.

## *Verrucaria praetermissa* (Trevisan) Anzi (Fig. 3)

Thalle blanchâtre, ou d'un gris ou brun pâle, d'une épaisseur de 0,1-0,25 mm, non subgélatineux, fissuré (sauf thalles jeunes), à aréoles d'un diam. de 0,35-0,75 mm; prothalle brun foncé généralement présent; couche basale noire présente. Périthèces souvent nombreux, noirs, enfoncés dans le thalle; involucrellum épais, brun foncé, non élargi latéralement, d'un diam. de 0,2-0,4 mm; excipulum plus ou moins incolore, d'un diam. 0,15-0,2 mm. Ascospores ellipsoïdales à fusiformes, de (14)17-24(26,5) x (6,5)7-11(12) µm.

*Écologie*: Nous avons trouvé cette espèce aussi bien sur des roches siliceuses (schistes), que sur des roches calcaires (Grès de Luxembourg, calcaire coquillier), généralement au bord de ruisseaux et de rivières, à 0-20 cm au-dessus de l'eau. A Mamer, elle colonise également le mortier d'un mur au bord d'un ruisseau (jusqu'à 1 m au-dessus de l'eau). Dans le Kelsbaach (Grevenmacher), nous l'avons observée sur des poteaux en fer enfoncés dans le lit du ruisseau, en compagnie de *Bacidia arnoldiana* Körber. Selon Purvis et al. (1992: 640), Swinscow (1968: 43) et Wirth (1995: 628), l'espèce est souvent immergée ou temporairement émergée sur des roches siliceuses, ou rarement calcaires.

*Répartition*: Espèce assez fréquente au Luxembourg, trouvée dans l'Oesling près de Heinerscheid - Kasselslay (Our), Hoscheid (Schlënnerbaach), Stolzembourg (Ammeschterbaach), et dans le Gutland près de Grevenmacher (Kelsbaach et Rouderbaach), Mamer (Kielbaach) et Mersch - Hunnebur (source d'un ruisseau).

*Discussion*: Cette espèce est caractérisée par un thalle très pâle et fissuré, un involucrellum ne s'étendant pas latéralement, des périthèces enfoncés et des spores fusiformes de dimensions moyennes. Il s'agit de l'espèce de *Verrucaria* aquatiques la plus facile à identifier dans nos régions.

Des thalles très vieux devenant presque noirs, mais à périthèces produisant toujours de nouvelles ascospores, ont été observées à plusieurs reprises.

*Spécimens examinés*: OESLING: W Hoscheid, Schlënnerbaach (K8.24.23/KA.85.35), pierres en schistes au bord du ruisseau, 15.8.1994, *F. Molitor* 3; E Heinerscheid, Kasselslay, dans l'Our (J8.45.23/KA.90.50), face verticale schisteuse plus ou moins inondée au bord d'une rivière, 4.7.1985, *P. Diederich* 4940; ibid., 20.7.1994, *F. Molitor* 12; W Stolzembourg, Ammeschterbaach (K8.26.12/KA.95.35), rochers schisteux au bord du ruisseau, 16.4.1994, *P. Diederich* 12478 & *F. Molitor* 18; ibid., 18.6.1994, *F. Molitor* 13, 14 (dupl. in LG).

GUTLAND: Mamer, Thillsmillen, Kielbaach (M8.14.11/KA.85.00), rocher en grès sur la berge de la rivière, 21.8.1995, *P. Diederich* 12320; ibid., sur un mur près de la berge de la rivière, *P. Diederich* 12321 (dupl. in LG); S Mersch, Hunnebur (L8.35.33/KA.90.10), rocher en grès dans une source, 13.4.1996, *P. Diederich* 12395; S Grevenmacher, Kelsbaach (L9.53.13/ LA.10.00), roches et pierres en calcaire coquillier dans le ruisseau à sec, 6.8.1994, *F.*

*Molitor* 7; ibid., 16.4.1996, *P. Diederich* 12399; 1 km W Grevenmacher, Rouderbaach (L9.52.22/ LA.10.05), pierres en calcaire coquillier, 16.4.1996, *P. Diederich* 12377.

### *Verrucaria rheitrophila* Zsch. (Fig. 3)

Syn.: *Verrucaria kernstockii* Zsch.

Thalle vert olivâtre, d'une épaisseur d'environ 0,05 mm, subgélatineux, non fissuré, parfois ornementé de multiples points noirs d'un diamètre de 30 µm, prothalle noir souvent présent, couche basale noire généralement absente. Cellules d'algues réparties irrégulièrement ou indistinctement en colonnes verticales. Périthèces minuscules, complètement enfoncés dans le thalle, avec seulement la région noire autour de l'ostiole visible; involucrellum élargi ou non latéralement, d'un diam. de 0,15-0,2 mm, ne descendant que jusqu'à un tiers ou la moitié de la profondeur du périthèce; excipulum d'un diam. de 0,09-0,15 mm. Ascospores ellipsoïdales, de 10,5-13 x 5,5-7 µm.

*Écologie*: Cette espèce à été trouvée sur des schistes partiellement submergés, ou situés quelques centimètres au-dessus de l'eau. Purvis et al. (1992: 639), Wirth (1995: 628) et Swinscow (1968: 48) disent que l'espèce préfère des zones submergées en permanence.

*Répartition*: Espèce trouvée dans l'Oesling près de Stolzembourg (Ammeschterbaach) et près de Hoscheid (Schlënnerbaach).

*Discussion*: Cette espèce est caractérisée par des ascospores relativement petites, des périthèces minuscules complètement enfoncés dans un thalle subgélatineux d'un vert olivâtre, et l'involucrellum assez réduit. La présence sur le thalle de minuscules points noirs permet souvent une identification particulièrement aisée, mais dans nos récoltes seulement 20% environ des thalles possèdent ces points.

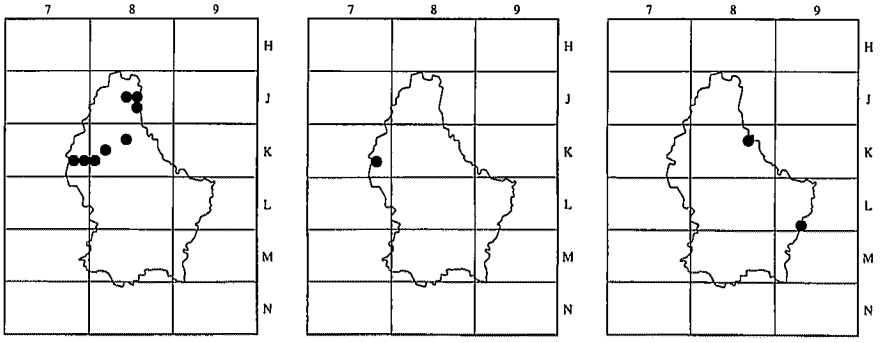
L'espèce pourrait être confondue avec *V. aquatilis*, dont le thalle est plus foncé et ne possède jamais ces points noirs stériles, et qui a des ascospores plus courtes, et avec *V. hydrela*, dont les périthèces sont partiellement superficiels et plus grands, l'involucrellum mieux développé, et les ascospores plus grandes.

De même que pour *V. hydrela*, nous avons récolté un spécimen albinos à périthèces d'un orange pâle, se développant entre d'autres thalles typiques (mais vieux, et de ce fait en mauvaise condition).

*Spécimens examinés*: OESLING: W Stolzembourg, Ammeschterbaach (K8.26.12/KA.95.35), rochers schisteux submergés, 16.4.1994, *P. Diederich* 12473, 12476 (dupl. in LG) & *F. Molitor*; W Hoscheid, Schlënnerbaach (K8.24.23/KA.85.35), rochers schisteux sur la berge du ruisseau, 15.8.1994, *F. Molitor* 21, 25.

## Discussion et conclusions

1. Nous avons récolté 17 espèces de pyrénolichens aquatiques, et de champignons lichénicoles vivant sur ces lichens. Leur répartition au Luxembourg est donnée par la fig. 4. Plusieurs de ces espèces ne sont pas strictement aquatiques, mais elles supportent néanmoins bien d'être submergées périodiquement; ce sont *Endocarpon pusillum*, *Naetrocymbe saxicola*, *Nectria indigens*, *Thelidium minutulum* et *T. zwackhii*.



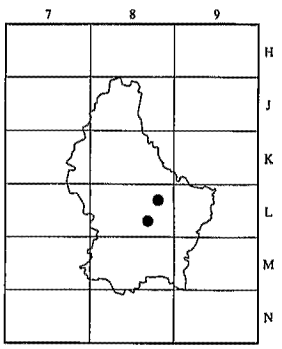

Dermatocarpon luridum



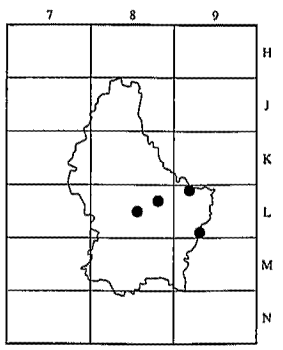

Endocarpon pusillum



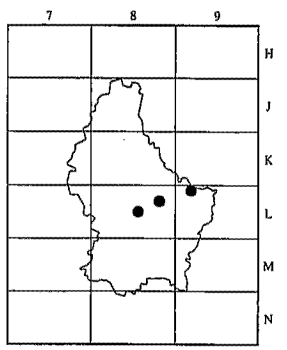

Lichenopeltella hydrophila



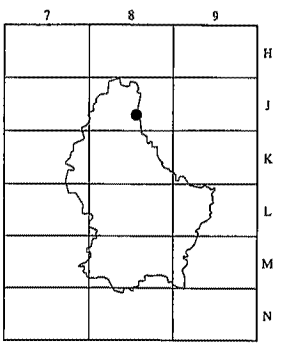

Lichenopeltella thelidii



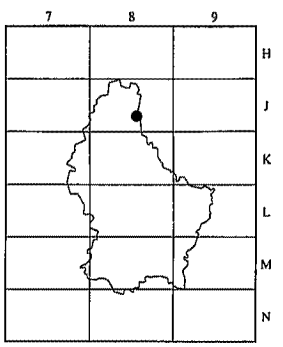

Naetrocymbe saxicola



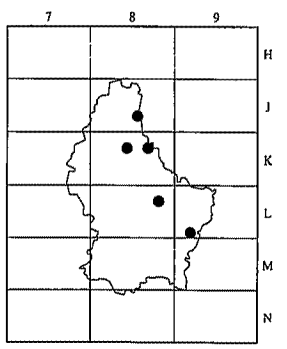

Nectria indigens




Pyrenidium hetairizans

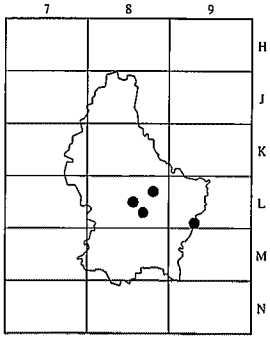



Staurothele fissa

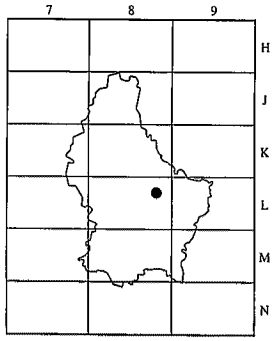



Stigmidium rivulorum

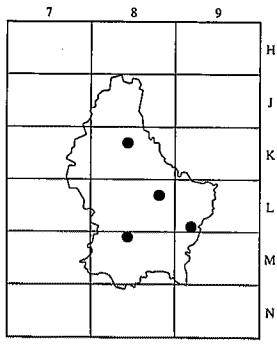
Fig. 4. Répartition au Luxembourg des pyrénolichens aquatiques et de leurs champignons lichénicoles, suivant le système de cartographie de l'I.F.B.L. (chaque carré mesurant 4x4 $km^2$).



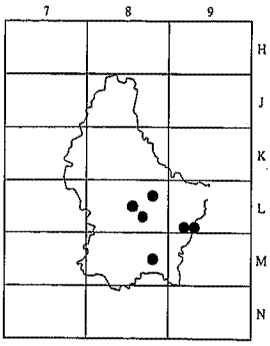

Thelidium minutulum



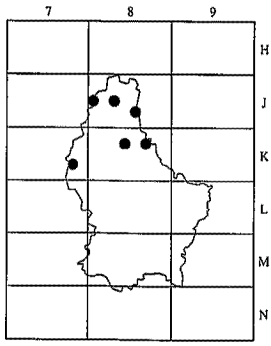

Thelidium zwackhii



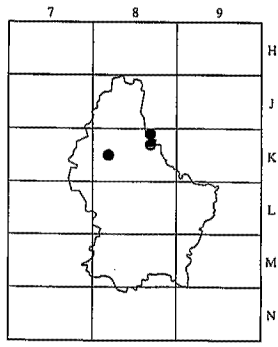

Verrucaria aquatilis



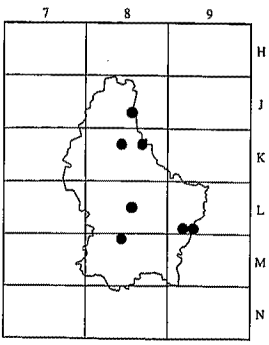

Verrucaria elaeomelaena



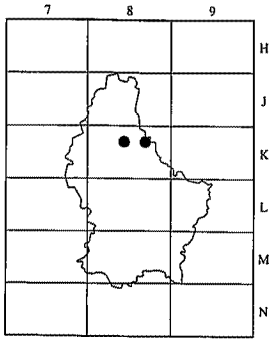

Verrucaria hydrela




Verrucaria margacea




Verrucaria praetermissa




Verrucaria rheitrophila

Fig. 4 (suite)

2. En ce qui concerne leur biologie, 11 espèces sont lichénisées (les espèces de *Dermatocarpon*, *Endocarpon*, *Staurothele*, *Thelidium* et *Verrucaria*), 4 espèces sont lichénicoles (les espèces de *Lichenopeltella*, *Pyrenidium* et *Stigmidium*), une espèce est considérée comme algicole (*Naetrocymbe saxicola*) et une espèce comme fongicole sur *N. saxicola* (*Nectria indigens*).

3. Nous avons récolté des lichens aquatiques sur 3 couches géologiques distinctes: le lias (Grès de Luxembourg) et le trias (Muschelkalk) au Gutland, et le dévonien (schistes et quartzites) dans l'Oesling. Les roches du Grès de Luxembourg contiennent un ciment calcareux qui est parfois dissout et enlevé par l'eau, résultant en une roche siliceuse non calcaire. Ces rochers sont ainsi parfois colonisés par des lichens liés aux roches calcaires, mais parfois exclusivement par des espèces liées aux roches siliceuses. Les pierres de Grès de Luxembourg récoltées dans les ruisseaux du Gutland contiennent toutes suffisamment de calcaire pour permettre l'installation d'une végétation lichénique liées aux roches calcaires, et les espèces retrouvées sont en fait les mêmes que celles des rochers du Muschelkalk (voir tabl. 2).

Tabl. 2. Espèces trouvées sur les différentes couches géologiques.

| | Roches calcaires | | Roches siliceuses |
|---|---|---|---|
| | Muschelkalk | Grès de Luxembourg | Schistes et quartzites |
| *Lichenopeltella thelidii* | | + | |
| *Naetrocymbe saxicola* | + | + | |
| *Nectria indigens* | | + | |
| *Thelidium minutulum* | + | + | |
| *Thelidium zwackhii* | | + | |
| *Verrucaria elaeomelaena* | + | + | |
| *Lichenopeltella hydrophila* | + | | + |
| *Stigmidium rivulorum* | + | + | + |
| *Verrucaria aquatilis* | + | + | + |
| *Verrucaria praetermissa* | + | + | + |
| *Dermatocarpon luridum* | | | + |
| *Endocarpon pusillum* | | | + |
| *Pyrenidium hetairizans* | | | + |
| *Staurothele fissa* | | | + |
| *Verrucaria hydrela* | | | + |
| *Verrucaria margacea* | | | + |
| *Verrucaria rheitrophila* | | | + |

## Remerciements

Nous voudrions remercier chaleureusement les conservateurs des herbiers FI, PAD, POR, TO et WRSL pour leurs renseignements concernant les types de *Sagedia parvipuncta* et *Tichothecium hygrophilum* var. *minor*, le Dr Alan Orange pour la confirmation de notre détermination de *Thelidium minutulum*, le conservateur de l'herbier de LG, le Dr André Aptroot, M. Pieter van den Boom et M. Maarten Brand pour la mise à notre disposition de leurs spécimens d'herbier, et finalement le Dr Emmanuël Sérusiaux pour ses commentaires précieux sur notre manuscrit.

## Références

Aptroot, A., P. Diederich, E. Sérusiaux & H. Sipman, 1997. - Lichens and Lichenicolous Fungi from New Guinea. - Bibliotheca Lichenologica 64: 220 pp.

Arnold, F., 1893. - Lichenologische Ausflüge in Tirol. XXV. Der Arlberg. - Verhandlungen der k. k. zoologisch- botanischen Gesellschaft in Wien 1893: 360-407.

Clauzade, G., P. Diederich & C. Roux, 1989. - Nelikeniĝintaj fungoj likenloĝaj. Ilustrita determinlibro. - Bull. Soc. linn. Provence, num. spéc. 1: 142 pp.

Boom, P. van den, M. Brand, P. Diederich, A. Aptroot & E. Sérusiaux, 1994. - Report of a lichenological field meeting in Luxembourg. - Bull. Soc. Nat. luxemb. 95: 145-176.

Etayo, J., 1994. - Líquenes y hongos liquenícolas de los Pirineos occidentales, III. - Candeollea 49: 245-249.

Gilbert, O., 1996a. - A neglected habitat: Reservoir drawdown zones. - British Lichen Society, Bulletin 78: 41.

Gilbert, O. L., 1996b. - The occurrence of lichens with albino fruit bodies (ascomata) and their taxonomic significance. - Lichenologist 28: 94-97.

Harris, R. C., 1995. - More Florida lichens, including the 10¢ tour of the Pyrenolichens. - Published by the author, New York, 192 pp.

Hawksworth, D. L., 1986. - Notes on British lichenicolous fungi: V. - Notes RBG Edinb. 43: 497-519.

Hawksworth, D. L., 1989. - Notes on aquatic species of *Verrucaria* in the British Isles. - Lichenologist 21: 23-28.

Jatta, A., 1909-11. - Flora Italica Cryptogama, pars III. Lichenes. - Tip. Cappelli, Rocca di S. Casciano, 958 pp.

Keissler, K. von, 1933. - Zusammenstellung einiger interessanter Flechtenparasiten. - Beih. bot. Zbl. 50: 380-394.

Koltz, J.-P.-J., 1885. - Prodrome de la flore du Grand-Duché de Luxembourg. Seconde partie (suite). Plantes cryptogames ou Acotylédonnées. - Rec. Mém. Trav. Soc. Bot. G.-D. Luxemb. 9-10 (1883-1884): 25-99.

McCarthy, P. M., 1991. - The lichen genus *Endocarpon* Hedwig in Australia. - Lichenologist 23: 27-52.

Nimis, P. L., 1993. - The lichens of Italy. An annotated catalogue. - Museo Regionale di Scienze Naturali Torino, Monografia 12: 897 pp.

Purvis, O. W., B. J. Coppins, D. L. Hawksworth, P. W. James & D. M. Moore, 1992. - The lichen flora of Great Britain and Ireland. - Natural History Museum Publications, London, ix + 710 pp.

Roux, C., 1976. - Champignons lichénisés ou lichénicoles intéressants pour la flore française méridionale. - Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille 36: 19-27.

Roux, C. & P. Navarro-Rosinès, 1994. - *Stigmidium clauzadei* sp. nov., nelikeniĝinta fungo likenloĝa (Ascomycetes). - Bull. Soc. linn. Provence 44: 443-450.

Roux, C. & D. Triebel, 1994. - Révision des espèces de *Stigmidium* et de *Sphaerellothecium* (champignons lichénicoles non lichénisés, Ascomycètes) correspondant à *Pharcidia epicymatia* sensu Keissler ou à *Stigmidium schaereri* auct. - Bull. Soc. linn. Provence 45: 451-542.

Salisbury, G., 1975. - *Leucocarpopsis*, a new lichen genus. - Nova Hedwigia 26: 351-352.

Santesson, R., 1993. - The lichens and lichenicolous fungi of Sweden and Norway. - SBT-förlaget, Lund, 240 pp.

Swinscow, T. D. V., 1968. - Pyrenocarpous lichens: 13. Fresh-water species of *Verrucaria* in the British Isles. - Lichenologist 4: 34-54.

Triebel, D., 1989. - Lecideicole Ascomyceten. Eine Revision der obligat lichenicolen Ascomyceten auf leicideoiden Flechten. - Bibliotheca Lichenologica 35: 278 pp.

Vězda, A., 1970. - Příspěvek k poznání lichenikolních hub v Československu III. - Česká Mykologie 24: 220-229.

Vouaux, L., 1912-14. - Synopsis des champignons parasites de lichens. - Bull. trimestr. Soc. mycol. Fr. 28: 177-256, 29: 33-128, 399-494, 30: 135-198, 281-329.

Wirth, V., 1995. - Flechtenflora, 2. Auflage. - Ulmer, Stuttgart, 661 pp.