

Frommeëlla mexicana, nouvelle rouille pour la flore belge, et trois hyperparasites vivant à ses dépens

par André FRAITURE¹ et Arthur VANDERWEYEN²

Résumé : La rouille *Frommeëlla mexicana* var. *indicae* (Uredinales) a été observée pour la première fois en Belgique, à Meise, Auderghem, Uccle et Belgrade (Namur). Elle se développait sur son hôte habituel, *Duchesnea indica* (Rosaceae). De nombreuses urédies du *Frommeëlla* étaient à leur tour attaquées par trois hyperparasites : (1) *Sphaerellopsis filum*, anamorphe de l'Ascomycète *Eudarluca caricis*, (2) un Hyphomycète correspondant probablement à *Lecanicillium muscarium*, et (3) des larves d'un insecte Diptère *Cecidomyiidae*, probablement du genre *Mycodiplosis*.

Samenvatting : De roestzwam *Frommeëlla mexicana* var. *indicae* (Uredinales) is voor de eerste keer gevonden in België, te Meise, Oudergem, Ukkel en Belgrade (Namen). Hij groeide op zijn gewone gast, *Duchesnea indica* (Rosaceae). De urediën van *Frommeëlla* waren zelf door drie hyperparasieten aangetast : (1) *Sphaerellopsis filum*, anamorph van de Ascomycete *Eudarluca caricis*, (2) een schimmel (Hyfomyceet) waarschijnlijk behorende tot *Lecanicillium muscarium*, en (3) larven van een insect, waarschijnlijk uit het geslacht *Mycodiplosis* (Diptera *Cecidomyiidae*).

Summary : The rust *Frommeëlla mexicana* var. *indicae* (Uredinales) has been observed for the first time in Belgium, at Meise, Auderghem, Uccle and Belgrade (Namur). It was growing on its usual host, *Duchesnea indica* (Rosaceae). Many uredinia of the *Frommeëlla* were themselves attacked by three hyperparasites : (1) *Sphaerellopsis filum*, anamorph of the Ascomycete *Eudarluca caricis*, (2) a Hyphomycete tentatively identified as *Lecanicillium muscarium*, and (3) larvae of a *Cecidomyiidae* (Diptera), probably belonging to the genus *Mycodiplosis*.

¹ Jardin Botanique National de Belgique, Domaine de Bouchout, B-1860 Meise.
E-mail : fraiture@br.fgov.be

² Avenue Cardinal Micara 9, B-1160 Bruxelles. E-mail : art.vanderweyen@gmail.com

Introduction

Ce 8 juin dernier, nous avons récolté au bord du chemin devant le bâtiment d'herbier du Jardin botanique national de Belgique (BR), quelques feuilles du « fraisier des Indes », espèce cultivée qui se répand ici et là le long des chemins du parc. En les retournant, nous avons constaté qu'elles étaient attaquées par une rouille.

La détermination fut facile à réaliser : il n'y a qu'une seule espèce de rouille sur cette plante (*Frommeëlla mexicana*) et elle n'attaque pas d'autres hôtes. L'examen au microscope confirma la détermination. Après quelques recherches, nous avons conclu que cette espèce n'avait très probablement jamais été signalée dans notre pays. Quelques jours plus tard, sans doute parce que notre attention était attirée sur elle, nous avons retrouvé cette espèce ailleurs dans le parc du Jardin Botanique, ainsi qu'à Auderghem, puis à Uccle. Enfin, notre collègue C. Gerstmans (BR) nous a amené quelques feuilles faiblement infectées qu'il avait récoltées à Belgrade (Namur).

Par la suite, en recherchant la forme parfaite du champignon sur des feuilles fraîchement récoltées, nous nous sommes aperçus que de nombreuses urédies de la rouille étaient fortement parasitées par le stade anamorphique d'un autre champignon, *Eudarlucia caricis*. D'autre part, plusieurs de nos échantillons montraient une attaque des urédies par une moisissure blanche. Enfin, nous avons observé à de nombreuses reprises de petites larves d'un insecte, qui « broutaient » les urédies et semblaient ne tirer leur subsistance que de cette source de nourriture. Nous décrivons brièvement, dans les lignes qui suivent, la plante-hôte, la rouille qui l'attaque et les trois organismes (deux champignons et un insecte) qui se nourrissent de cette dernière.

La plante-hôte : *Duchesnea indica*

Le genre *Duchesnea* est dédié à l'agronome français Antoine Nicolas Duchesne (1747-1827), qui s'intéressa beaucoup aux fraisiers. *Duchesnea indica* (Andrews) Focke est une plante herbacée de la famille des Rosaceae. Elle possède des fruits rouges et charnus qui ressemblent à s'y méprendre à des fraises (fig. 1). Toutefois, les fruits des fraisiers (*Fragaria*) sont produits par plusieurs, au bout de pédoncules courbés vers le sol alors que le fraisier des Indes ne porte qu'un seul fruit au sommet d'un pédoncule dressé. De plus, ce fruit est entouré d'un large calicule de bractées vertes, alors que le calicule est beaucoup plus discret chez nos fraisiers. Enfin, les fleurs des fraisiers sont blanches, celles des *Duchesnea* sont jaunes.

Les fruits sont très appétissants mais celui qui les goûte est bien déçu ! Ils sont pratiquement insipides et on rapporte parfois qu'ils pourraient même causer quelques désordres digestifs, heureusement sans gravité. Pour l'anecdote, signalons qu'aux yeux du botaniste les fraises, de même que les « fruits » des *Duchesnea*, ne sont pas des fruits mais des faux-fruits. En effet, pour les scientifiques, les véritables fruits de ces espèces sont les petits grains verdâtres qui sont dispersés en grand nombre à la surface du réceptacle. Ce dernier, après la floraison, se met à gonfler pour devenir une masse charnue et rouge très attractive.

Comme son nom vernaculaire l'indique, le fraisier des Indes est originaire de l'Asie méridionale et orientale (probablement du Népal). Il ne fait pas partie de notre flore indigène. Il peut toutefois s'échapper des cultures et on le trouve à l'état subsponané, voire naturalisé, dans les anciens parcs, les abords des jardins et les cimetières. On peut le considérer comme assez rare à rare et en extension, surtout dans l'ouest du territoire de la flore (Lambinon et al. 2004).

Le champignon parasite : *Frommeëlla mexicana* var. *indicae*

Frommeëlla mexicana est une rouille (Uredinales) de la famille des Phragmidiaceae. Contrairement à beaucoup d'autres champignons de ce groupe, qui développent leurs différents stades en alternance sur deux hôtes différents, cette espèce passe toute son existence sur un seul hôte, *Duchesnea indica*. Par ailleurs, il semble que ce soit la seule rouille connue sur cette plante.

A l'œil nu, les urédies se présentent comme de petites pustules de couleur ocre orangé, atteignant un diamètre de 0,2 à 0,6 mm (fig. 2). Elles se développent principalement à la face inférieure du limbe des folioles mais on peut également les trouver sur le pétiole, sur le pédoncule portant le fruit, ainsi que sur les bractées du calicule. Après quelques jours, de petites taches d'un rouge violacé apparaissent à la face supérieure du limbe, au-dessus de l'endroit où se trouvent les urédies. Au moment de nos observations, les urédospores étaient libres, non recouvertes par l'épiderme.

Sous le microscope, les urédospores sont de forme variable, ovoïde à presque ronde (fig. 5A) et de surface échinulée, c'est-à-dire munie de fines excroissances assez serrées, la distance de centre à centre de ces échinulations étant de 1,3 μm et la distance séparant leur base de 0,8 à 1,0 μm . Les dimensions des urédospores sont de 15-18-21 x 12-14-16 μm (60 urédospores mesurées). A titre de comparaison, les mesures faites sur un spécimen ramené d'Allemagne (leg. M. Scholler) sont de 15-18-21 x 13-14-15 μm . Dans l'urédie, les urédospores sont souvent, mais pas toujours, entourées ou entremêlées de paraphyses hyalines (fig. 5B) mesurant environ 34-46 x 7-9 μm .

Le 22 juillet 2007, nous avons pu observer, parmi les plantes affectées à Auderghem, la présence de téléutosores, en petit nombre. Ils sont situés à la face inférieure des feuilles, répartis entre les urédies, dont ils se distinguent par une couleur plus foncée et une dimension généralement un peu inférieure. Les téléutospores (fig. 3) sont formées de 3 ou 4 cellules (environ les deux tiers des téléutospores comportent 4 cellules, le tiers restant n'en compte que 3) et mesurent 45-62-83 x 22-25-27 μm . Les pores germinatifs, un par cellule, sont situés à l'apex de la cellule apicale et près du septum supérieur des autres cellules.

On trouvera des descriptions plus détaillées dans les publications d'Arthur (1912: 185-186, sub *Kuehneola duchesneae*), Hennen et al. (2005: 87), Mains (1939, sub *Frommea mexicana*), McCain & Hennen (1990) et Sydow & Sydow (1915 : 93, sub *Phragmidium duchesneae*).

Le champignon possède deux variétés qui, selon McCain & Hennen (1990: 254), se distinguent sur base des caractères suivants :

Frommeëlla mexicana var. *mexicana* : téléutospores un peu plus courtes et un peu plus larges, de 42-57-68 (-79) x 25-27-31 μm , formées de 2-4 cellules. Urédospores non accompagnées de paraphyses.

Frommeëlla mexicana var. *indicae* : téléutospores un peu plus longues et plus étroites, de 50-80 x 19-26 μm , formées de 3-5 cellules. Urédospores accompagnées de paraphyses peu nombreuses.

La présence de quelques paraphyses dans les urédies, ainsi que les dimensions des téléutospores permettent de conclure que nos récoltes appartiennent à la var. *indicae*.

Distribution

Frommeëlla mexicana a été signalé dans de nombreuses régions du monde. La liste ci-après n'est pas exhaustive. **AMERIQUE** : U.S.A. (Arthur 1912, McCain & Hennen 1990), Mexique (Mains 1939, McCain & Hennen 1990), Colombie (Buriticá & Pardo-Cardona 1996), Argentine (McCain & Hennen 1990, Berndt 2002), Brésil (Hennen et al. 2005). **ASIE** : Chine (Tai 1979). **OCEANIE** : Nouvelle-Zélande (McKenzie 1998). **EUROPE** : France (Viennot-Bourgin 1954, 1956), Allemagne (commun dans les Länder du sud du pays, M. Scholler, comm. pers.), République Tchèque (Müller 2003), Autriche (Poelt & Zwetko 1991), Açores et Madère (Gjaerum 2001).

Bien qu'elle y ait déjà été observée à plusieurs reprises, cette rouille n'est pas indigène en Europe, son hôte ne l'est d'ailleurs pas non plus. Il s'agit donc de deux espèces introduites et en voie de naturalisation dans nos régions.

En ce qui concerne notre pays, nous n'avons pas trouvé trace de l'espèce lors d'un dépouillement rapide de la littérature de floristique mycologique. Elle ne se trouvait pas non plus dans les herbiers du Jardin botanique national de Belgique (BR), ni dans l'herbier du Département de Botanique de l'Université de Liège (LG). Enfin, aucune donnée belge concernant cette espèce ne figure dans les bases de données FUNBEL (KAMK, E. Vandeven comm. pers.) et MYCOBEL (Cercle de Mycologie de Bruxelles, D. Ghyselincx comm. pers.), ni dans les notes personnelles de Daniel Thoen et d'Albert Marchal. Nos récoltes sont donc très probablement les premières à être signalées en Belgique. Gageons toutefois qu'elles ne seront pas les dernières. Il semble en effet que le parasite suive la progression de son hôte et il nous paraît possible qu'il devienne relativement commun dans quelques années.

Spécimens examinés : A. Vanderweyen F 560 (AV, KR 18456), leg. A. Fraiture, Meise, 08.VI.2007, sur *Duchesnea indica*. – A. Vanderweyen F 561 (AV, BR), Auderghem, 10.VI.2007, sur *Duchesnea indica*. – A. Fraiture 3068 (BR), Meise, 12.VI.2007, sur *Duchesnea indica*. – A. Fraiture 3070 (BR), Uccle, au bord du Chemin des Tumuli, 27.VII.2007, sur *Duchesnea indica*. – A. Vanderweyen F 567, leg. C. Gerstmans, Belgrade (Namur), 23.VI.2007, sur *Duchesnea indica*.

Hôte signalé : II, III sur *Duchesnea indica*.

Problèmes de nomenclature

Lorsque Arthur décrit comme nouvelle espèce *Kuehneola duchesneae*, il a eu l'occasion d'en examiner plusieurs spécimens (il mentionne la présence de l'espèce dans huit états des U.S.A.). Il a bien eu en main le stade III, puisqu'il le décrit de façon détaillée. Malheureusement, il semble (fide McCain & Hennen 1990) que le spécimen qu'il choisit comme type ne porte que le stade II (urédospores). Arthur cite deux autres spécimens : « Rav. Fungi Am. 732 » et « Barth. Fungi Columb. 3050 » mais ces derniers sont cités comme « exsiccati » et pas comme « type ». De plus, McCain & Hennen ont également revu le spécimen de Bartholomew (isotype) et ils n'y ont vu, ici aussi, que le stade II. Ils en concluent que, suivant l'Art. 59 du Code de nomenclature (McNeill et al. 2006), le nom « *Kuehneola duchesneae* Arthur » ne peut pas être utilisé pour désigner l'espèce (holomorphe) et ne peut s'appliquer qu'à l'anamorphe. Plusieurs auteurs ont réalisé dans la suite des combinaisons diverses de l'épithète « *duchesneae* », mais sans citer de spécimen contenant le stade III. Ces noms doivent donc tous être considérés comme des noms d'anamorphes.



Figure 1. – *Duchesnea indica* (photo Marc Peeters, BR).



Figure 2. – *Frommeëlla mexicana*, urédies à la face inférieure d'une feuille de *Duchesnea indica* (photo A. Vanderweyen, spécimen A. Fraiture 3068).

En 1939, Mains avait décrit, sous le nom de *Frommea mexicana*, une rouille mexicaine assez semblable mais poussant sur un hôte différent : *Fragaria mexicana*. Le stade III est bien décrit et il est contenu dans le spécimen type. Toutefois, il est apparu dans la suite que l'hôte avait été mal déterminé et qu'il s'agissait en fait de *Duchesnea indica*. McCain & Hennen (1990) considèrent que la rouille d'Arthur et celle de Mains sont très proches et ne forment que deux variétés d'une même espèce. Ils redécrivent donc le *Kuehneola duchesneae* d'Arthur sous le nom de *Frommeëlla mexicana* var. *indicae*, comme s'il s'agissait d'un nouveau taxon.

Voici la synonymie de l'espèce et de ses variétés :

***Frommeëlla mexicana* (Mains) J.W. McCain & J.F. Hennen, *Mycotaxon* 39: 250 (1990).**
Basionyme : *Frommea mexicana* Mains, *Bull. Torrey Bot. Club* 66 (9): 618 (1939).

Frommeëlla mexicana* var. *mexicana

***Frommeëlla mexicana* var. *indicae* J.W. McCain & J.F. Hennen, *Mycotaxon* 39: 251 (1990).**

Anamorphe : *Kuehneola duchesneae* Arthur, *N. Amer. Flora* 7 (3): 185 (1912) [invalidé, Art. 59.2 et 3, specimen type ne contenant pas le stade III].

Phragmidium duchesneae (Arthur) P. Syd. & Syd., *Monogr. Ured.* 3 (1): 93 (1912) [basé sur un type sans stade III].

Frommea duchesneae (Arthur) Arthur, *Bull. Torrey bot. Club* 44: 504 (1917) [basé sur un type sans stade III].

Frommea obtusa var. *duchesneae* (Arthur) Arthur, *Manual Rusts U.S. and Canada*: 93 (1934). [pas vu ; apparemment publié sub "*Frommea obtusa duchesneae* (Arth.) n. comb."] [basé sur un type sans stade III].

Frommeëlla duchesneae (Arthur) Yohem, Cummins & Gilb., *Mycotaxon* 22 (2): 452 (1985) [basé sur un type sans stade III].

Frommeëlla obtusa-duchesneae (Arthur) Buriticá, in Buriticá & Pardo-Cardona, *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 20 (n°77): 225 (1996). [Basé sur un basionyme qui n'existe probablement pas ; voir *Frommea obtusa* var. *duchesneae*].

Note : plusieurs auteurs (notamment McCain & Hennen 1990, Hennen et al. 2005 et la base de données en ligne du CABI) citent comme anamorphe le nom et la référence suivants : *Uredo duchesneae* (Arthur) Sacc. & Trotter, in Sacc., *Sylloge Fungorum* 23: 827 (1925). Il s'agit toutefois d'une erreur, nous n'avons pas trouvé trace de ce binôme sur cette page du *Sylloge Fungorum*, ni ailleurs dans cet ouvrage.

Le pyrénomycète hyperparasite : *Eudarluca caricis*

Téléomorphe : ***Eudarluca caricis* (Fr.: Fr.) O.E. Erikss., *Bot. Not.* 119 (1): 35 (1966).**

Basionyme : *Sphaeria caricis* Fr.: Fr., *Systema Mycologicum* 2 (2): 435 (1823).

Synonymes : De nombreux synonymes sont donnés par Eriksson (1966).

Anamorphe : *Sphaerellopsis filum* (Biv.: Fr.) Sutton, *Mycological Papers* **141**: 196 (1977).

Basionyme : *Sphaeria filum* Biv., *Stirp. rar. Sicilia* **3**: 12, tab. 3, 3 (1815) [pas vu].

Synonymes : *Phoma filum* (Biv.: Fr.) Fr., *Systema mycologicum* **2**: 547 (1823).

Darluca filum (Biv.: Fr.) Castagne in Berk., *Outl. Br. Fungol.*: 318 (1860).

De nombreux autres synonymes anamorphiques sont cités par Nag Raj (1993).

Les genres *Eudarluca* (Pleosporales, Ascomycetes) et *Darluca* (anamorphe du précédent) sont dédiés à Michel Darluc, docteur en médecine français décédé en 1783 et auteur d'une « Histoire naturelle de Provence ». *Eudarluca caricis* et ses anamorphes constituent une espèce cosmopolite. Une idée de sa distribution est donnée par Eriksson (1966: 60-65) et par la liste des spécimens examinés par Nag Raj (1993). Ce champignon vit toujours en parasite d'Uredinales (les « rouilles »). Comme ces dernières sont elles-mêmes des parasites, l'*Eudarluca* est donc un parasite de parasite, c'est-à-dire un « hyperparasite ». Il a été observé sur un très grand nombre d'espèces de rouilles. Bien que publiée il y a plus de 25 ans déjà, la liste de Kranz & Brandenburger (1981) ne répertorie pas moins de 369 espèces de rouilles parasitées par *Eudarluca caricis* et ses anamorphes ! *Frommeëlla mexicana* n'y figure pas. En ce qui nous concerne, nous avons déjà observé cet hyperparasite en Belgique, sur *Melampsora* sp. (Vanderweyen F 343), *Puccinia sessilis* J. Schröt. (Vanderweyen F 428) et *Kuehneola uredinis* (Link) Arthur (Vanderweyen F 462 et F 548).

Le champignon forme de petits points noirs, plus ou moins sphériques, insérés sur ou dans les pustules de la rouille. Ils sont à peine visibles à l'œil nu puisque leur diamètre n'atteint que 0,1 à 0,2 mm (fig. 4). Il s'agit, suivant le cas, des périthèces du stade parfait (téléomorphe, produisant les asques et les spores) ou des pycnides du stade imparfait (anamorphe, produisant les conidies). Nos récoltes contiennent presque toutes ce parasite, mais toujours au stade imparfait (anamorphe). Ce n'est pas étonnant puisqu'il semble que le téléomorphe n'ait guère été trouvé jusqu'ici que sur des *Puccinia* croissant sur graminées et cypéracées (Yuan et al. 1998). Après quelques jours, on observe souvent que les pycnides portent un long fil blanchâtre, irrégulièrement ondulé. Il s'agit de « cirrhes », entièrement composées par la masse des conidies secrétée par la pycnide. Des illustrations et de nombreuses informations sur le stade parfait du champignon (*Eudarluca caricis*) sont données par Eriksson (1966). Une bonne description de l'anamorphe (*Sphaerellopsis filum*), accompagnée de dessins, est donnée par Nag Raj (1993: 898-902). Nos observations correspondent bien avec cette description, notamment la taille des conidies que nous avons mesurées : 12-18 x 3,0-5,0 µm (fig. 5C).

La moisissure parasite : *Lecanicillium muscarium*

Lors de l'examen attentif de nos récoltes, une moisissure blanche a été plusieurs fois observée sur certaines urédies de la rouille, mais elle semblait toujours être stérile. Nous avons finalement pu trouver deux échantillons sur lesquels des conidiophores étaient développés.

Voici une brève description de ce champignon. Colonies blanches, couvrant les urédies de la rouille et pouvant s'étendre un peu à la surface du limbe de la plante (fig. 6). Conidiophores dressés, blancs, lisses, larges de 1,5-2,5 μm , portant des phialides verticillées par 2-4 (-6), au sommet desquelles les conidies restent agglomérées en un petit globule muqueux. Phialides hyalines, lisses, de 18-35 (-40) x 1,5-2,5 μm , subcylindriques, progressivement rétrécies de la base vers l'extrémité, rectilignes ou faiblement courbées. Conidies hyalines, lisses, sans appendices, étroitement ellipsoïdes à cylindriques, non courbées, de 4-6,5 (-7,5) x 1,0-1,5 μm , non cloisonnées ou, très rarement, avec une cloison (fig. 5D).

Quelques dizaines d'espèces de champignons conidiens s'attaquent aux Uredinales (Hawksworth 1981). Les caractères du champignon que nous avons observé correspondent au genre *Verticillium* s.l., groupe qui a été beaucoup étudié par Gams et ses collaborateurs (Gams 1971, Gams & Van Zaayen 1982, Zare & Gams 2001). L'absence de chlamydospores, la reproduction par conidies étroitement elliptiques produites par des phialides et le parasitisme sur champignon permettent de ranger notre récolte dans le genre *Lecanicillium*. Ce genre est un de ceux qui ont été formés par la désagrégation de la sect. *Prostrata* du genre *Verticillium* (Zare & Gams 2001). Il contient une quinzaine d'espèces, qui vivent pour la plupart en parasites d'insectes, d'acariens et de champignons mais qu'on peut aussi trouver dans le sol, sur les écorces, etc... Lorsqu'ils sont connus - ce qui est loin d'être toujours le cas - les stades parfaits (téléomorphes) appartiennent aux genres *Torrubiella* et *Cordyceps*.

En raison de ses conidies non courbées, notre récolte correspond plus précisément au groupe de *Lecanicillium lecanii* (= *Verticillium lecanii*). Des descriptions des quatre espèces qui constituent ce groupe peuvent être trouvées dans Zare & Gams (2001, 2003a, 2003b et 2003c). Au sein de ce groupe, c'est finalement à *L. muscarium* (Petch) Zare & W. Gams que la détermination conduit. Il s'agit d'une espèce qui a été trouvée dans le monde entier mais qui est nettement plus fréquente en régions tempérées. Elle se développe sur une large gamme d'hôtes, principalement des insectes, mais aussi des acariens et des champignons, notamment des urédinales. Cette double écologie s'explique probablement par la présence de chitine (composant bien connu de la cuticule des insectes) dans la paroi des hyphes de nombreux champignons, dont les basidiomycètes.

Notre récolte présente également une certaine ressemblance avec deux autres espèces. Il s'agit tout d'abord de *Lecanicillium longisporum* (Petch) Zare & W. Gams, mais cette espèce possède des conidies plus larges (1,5-2,5 µm) et son mycélium a tendance à se colorer de jaune soufre au cours du développement ; de plus, elle a une distribution préférentiellement tropicale et semble s'attaquer uniquement aux insectes (Zare & Gams 2003b). *L. longisporum* et *L. muscarium* sont d'ailleurs tous deux utilisés pour la fabrication d'insecticides biologiques, respectivement le « Vertalec » et le « Mycotal ».

La seconde espèce ressemblante est *Verticillium fungicola* (Preuss) Hassebrauk (voir Brady & Gibson 1976, Gams & Van Zaayen 1982: 61-65, Gray & Morgan-Jones 1980: 402). Toutefois, ses conidies sont un peu plus larges. D'autre part, elle n'a jamais été signalée sur les urédinales et est connue pour parasiter diverses espèces de champignons supérieurs, appartenant aux genres *Agaricus* (c'est l'agent de la « môle » des agarics cultivés), *Russula*, *Laccaria* et *Coltricia*. Elle est actuellement classée dans la sect. *Albo-erecta* du genre *Verticillium* (Gams & Van Zaayen 1982) mais des études moléculaires récentes ont montré qu'elle était proche des *Lecanicillium* et elle devra probablement être transférée dans ce genre à l'avenir.

L'insecte : *Mycodiplosis* sp.

La plupart des feuilles de *Duchesnea* infectées par le *Frommeëlla* portaient des larves d'insecte (fig. 7), appartenant apparemment toutes à la même espèce. De très petite taille, aux environs de 0,75 x 0,35 mm, elles sont nettement segmentées (nous avons compté 11 segments, tête non comprise). Il ne fait pas de doute qu'elles se nourrissent de la rouille : on les trouve généralement la tête plongée dans une urédie et le corps parsemé de nombreuses urédospores. Leur couleur semble varier au cours du développement : d'abord d'un beige très pâle, elles montrent ensuite des taches rougeâtres irrégulières qui correspondent probablement au système digestif vu par transparence. Les larves plus âgées sont plus foncées, entièrement d'un orange rosé. Cette couleur proviendrait de la couleur des urédospores dont elles se nourrissent (Powell 1971).

De nombreux insectes tirent leur subsistance des champignons. Les espèces qui s'attaquent aux rouilles sont cependant peu nombreuses. Une famille de Diptères (mouches, moustiques, ...), les Cécidomyiidés, comporte de nombreuses espèces mycophages. Au sein de cette famille, le genre *Mycodiplosis* contient plusieurs espèces qui se nourrissent de rouilles. On peut citer notamment *M. puccinae*, *M. melampsorae*, *M. gymnosporangii* et *M. impatientis* (Coutin 2005, Powell 1971). Ce dernier auteur donne une liste de 18 taxons d'Urédinales attaqués par les larves de *Mycodiplosis*. On y trouve les genres *Chrysomyxa*, *Coleosporium*, *Cronartium*, *Endocronartium*, *Gymnosporangium*, *Melampsora*, *Puccinia* et *Pucciniastrum*. Les

larves que nous avons observées correspondent très bien aux larves de *Mycodiplosis*. Elles appartiennent certainement à ce genre mais il ne nous est pas possible de préciser l'espèce.

Nous avons également observé cette larve sur *Kuehneola uredinis* parasitant des feuilles de ronce (*Rubus cf. fruticosus*).

Discussion

Il est intéressant de remarquer que les cinq organismes décrits ci-dessus forment en fait un microcosme, un petit écosystème dans lequel ils se répartissent aux divers étages de la « pyramide alimentaire ». A la base de la pyramide se trouve le végétal chlorophyllien (*Duchesnea*). Grâce à la photosynthèse, il peut élaborer de la matière organique. C'est le « producteur » sur lequel repose la survie de l'ensemble. Vient ensuite le consommateur primaire. Il ne peut réaliser la photosynthèse et doit absorber de la matière organique déjà élaborée, ce qu'il fait en mangeant des tissus végétaux. Ce rôle, tenu dans la nature par les herbivores et les parasites des végétaux, est joué ici par le *Frommeëlla*.

Enfin, nous avons les consommateurs secondaires, qui se nourrissent aux dépens du consommateur primaire. Dans la nature, le consommateur secondaire « classique » est le carnivore qui se nourrit d'herbivores, mais il y a aussi les parasites des herbivores et les organismes qui parasitent les parasites de végétaux. C'est dans cette dernière catégorie, celle des hyperparasites, que se rangent les trois dernières espèces que nous avons traitées ici (*Eudarluca*, *Lecanicillium* et *Mycodiplosis*). Le cas est intéressant mais il en existe d'autres, où la chaîne des « parasites parasités » est encore plus longue.

Remerciements

Le Dr Markus Scholler a attiré notre attention sur la présence de *Frommeëlla* sur les *Duchesnea* du jardin du Musée d'Histoire naturelle de Karlsruhe (KR, Allemagne), ce qui a facilité nos déterminations. Emile Vandeven a consulté pour nous la base de données FUNBEL (KAMK) et Daniel Ghyselincx la base de données MYCOBEL (Cercle de Mycologie de Bruxelles). Daniel Thoen et Albert Marchal ont fait de même avec leurs notes personnelles. Cyrille Gerstmans (BR) nous a donné une récolte de *Frommeëlla*. La photo du *Duchesnea* a été réalisée par Marc Peeters (BR) et plusieurs photos des hyperparasites ont été prises par Damien Ertz (BR). Le laboratoire MUCL et le laboratoire de Phytopathologie de l'UCL nous ont procuré certaines références bibliographiques qui nous manquaient. Nous leur adressons à tous nos vifs remerciements.

Bibliographie

- ARTHUR J.C. (1912) – Uredinales : Aecidiaceae (continuatio). *North American Flora* **7** (3): 161-187 et 211-268.
- BERNDT R. (2002) – Additions to the rust fungi of Argentina. *Mycologia* **94** (3): 523-534.
- BRADY B.L.K. & GIBSON I.A.S. (1976) – *Verticillium fungicola*. *CMI Descriptions of pathogenic Fungi and Bacteria* **50** (n°498): 2 p.
- BURITICÁ P.C. & PARDO-CARDONA V.M. (1996) – Flora Uredineana Colombiana. *Revista Acad. Colombiana Cienc. exactas, Fís. Nat.* **20** (n°77): 183-236.
- CABI Bioscience, CBS & Landcare Research – Base de données *on-line* reprenant la plupart des noms de champignons publiés et correspondant avec l'*Index of Fungi* publié par le CABI. Accessible à l'adresse www.indexfungorum.org
- COUTIN R. (2005) – Insectes mycophages. *Insectes* **2005** (3 = n°138): 3-8. [disponible sur internet : <<http://www.inra.fr/opie-insectes/pdf/i138coutin1.pdf>>]
- ERIKSSON O. (1966) – On *Eudarluca caricis* (Fr.: Fr.) O. Eriks., comb. nov., a cosmopolitan urediniculous Pyrenomycete. *Bot. Not.* **119** (1): 33-69 + pl. 2-5 h.t.
- GAMS W. (1971) – *Cephalosporium*-artige Schimmelpilze (Hyphomycetes). G. Fischer, Stuttgart, x, 262 p.
- GAMS W. & VAN ZAAYEN A. (1982) – Contribution to the taxonomy and pathogenicity of fungicolous *Verticillium* species, I – Taxonomy. *Netherl. J. Pl. Pathol.* **88**: 57-78.
- GJAERUM H.B. (2001) – Additions to the rust flora of Macaronesia. *Lidia* **5** (5): 153-155.
- GRAY D.J. & MORGAN-JONES G. (1980) – Notes on Hyphomycetes, XXXIV - Some mycoparasitic species. *Mycotaxon* **10** (2): 375-404.
- HAWKSWORTH D.L. (1981) – A survey of the fungicolous conidial fungi. In : Cole G.T. & Kendrick B. (eds), *Biology of Conidial Fungi*, vol. 1: 171-244. Academic Press, New York, London.
- HENNEN J.F., FIGUEIREDO M.B., DE CARVALHO A.A.JR & HENNEN P.G. (2005) – Catalogue of the species of plant rust fungi (Uredinales) of Brazil. [disponible sur internet, à l'adresse : <http://www.jbrj.gov.br/publica/uredinales/Brazil_Catalogue1drevisado.pdf>]
- KRANZ J. & BRANDENBURGER W. (1981) – An amended host list of the rust parasite *Eudarluca caricis*. *Z. PflKrankh. PflSchutz [= J. Pl. Dis. Protect.]* **88**: 682-702.
- LAMBINON J., DELVOSALLE L., DUVIGNEAUD J. et coll. (2004) – Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines (Ptéridophytes et Spermatophytes), 5e éd. Jardin Botanique National de Belgique, Meise, cxxx, 1167 p.
- MAINS E.B. (1939) – New and unusual species of Uredinales. *Bull. Torrey bot. Club* **66** (9): 617-621.

- MCCAIN J.W. & HENNEN J.F. (1990) – Taxonomic notes on *Frommeëlla* (Uredinales) - 1. *Mycotaxon* **39**: 249-256.
- MCKENZIE E.H.C. (1998) – Rust fungi of New Zealand - An introduction, and list of recorded species. *N. Z. J. Bot.* **36** (2): 233-271.
- MCNEILL J., BARRIE F.R., BURDET H.M., DEMOULIN V., HAWKSWORTH D.L., MARHOLD K., NICOLSON D.H., PRADO J., SILVA P.C., SKOG J.E., WIERSEMA J.H. & TURLAND N.J. (2006) – International Code of Botanical Nomenclature (Vienna Code). *Regnum Vegetabile* **146**: xviii, 568 p. A.R.G. Gantner Verlag KG.
- MÜLLER J. (2003) – Rost-, Brand- und Falsche Mehltaupilze neu für Mähren und tschechisch Schlesien. *Czech Mycol.* **55** (3/4): 277-290.
- NAG RAJ T.R. (1993) – Coelomycetous anamorphs with appendage-bearing conidia. Waterloo, Mycologue Publications, 1100 p.
- POELT J. & ZWETKO P. (1991) – Über einige bemerkenswerte Funde von entweder adventiven oder apophytischen Rostpilzen in der Steiermark. *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark* **121**: 65-72.
- POWELL J.M. (1971) – Additional records of *Mycodiplosis* larvae (Diptera : Cecidomyiidae) feeding on rust fungi. *Can. Plant Dis. Surv.* **51** (2): 86-87.
- SYDOW P. & SYDOW H. (1915) – *Monographia Uredinearum* **3** (1): 1-192.
- TAI F.L. (1979) – Sylloge Fungorum Sinicorum. Pékin, Academia Sinica, 1527 p.
- VIENNOT-BOURGIN G. (1954) – Notes mycologiques (sér. IV). *Rev. Pathol. vég. Entomol. agric. France* **33**: 31-45. [non consulté]
- VIENNOT-BOURGIN G. (1956) – Mildious, oïdiums, caries, charbons, rouilles des plantes de France. *Encyclopédie mycologique XXVI-XXVII*. Editions Paul Lechevalier, Paris, 350 p., 98 pl.
- YUAN Z.W., PEI M.H., HUNTER T. & ROYLE D.J. (1998) – *Eudarluca caricis*, the teleomorph of the mycoparasite *Sphaerellopsis filum*, on blackberry rust *Phragmidium violaceum*. *Mycol. Res.* **102** (7): 866-868.
- ZARE R. & GAMS W. (2001) – A revision of *Verticillium* section *Prostrata*, IV – The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium* gen. nov. *Nova Hedw.* **73** (1/2): 1-50.
- ZARE R. & GAMS W. (2003a) – *Lecanicillium lecanii*. *IMI Descriptions of Fungi and Bacteria* **157** (n°1565): 2 p.
- ZARE R. & GAMS W. (2003b) – *Lecanicillium longisporum*. *IMI Descriptions of Fungi and Bacteria* **157** (n°1566): 2 p.
- ZARE R. & GAMS W. (2003c) – *Lecanicillium muscarium*. *IMI Descriptions of Fungi and Bacteria* **157** (n°1567): 6 p.



Figure 3. – *Frommeëlla mexicana*, téléutospores (photo A. Vanderweyen, spécimen A. Vanderweyen F 561).



Figure 4. – *Eudarluca caricis*, pycnides du stade anamorphique (*Sphaerellopsis filum*) dans les urédies de *Frommeëlla mexicana* (photo D. Ertz, spécimen A. Fraiture 3068).

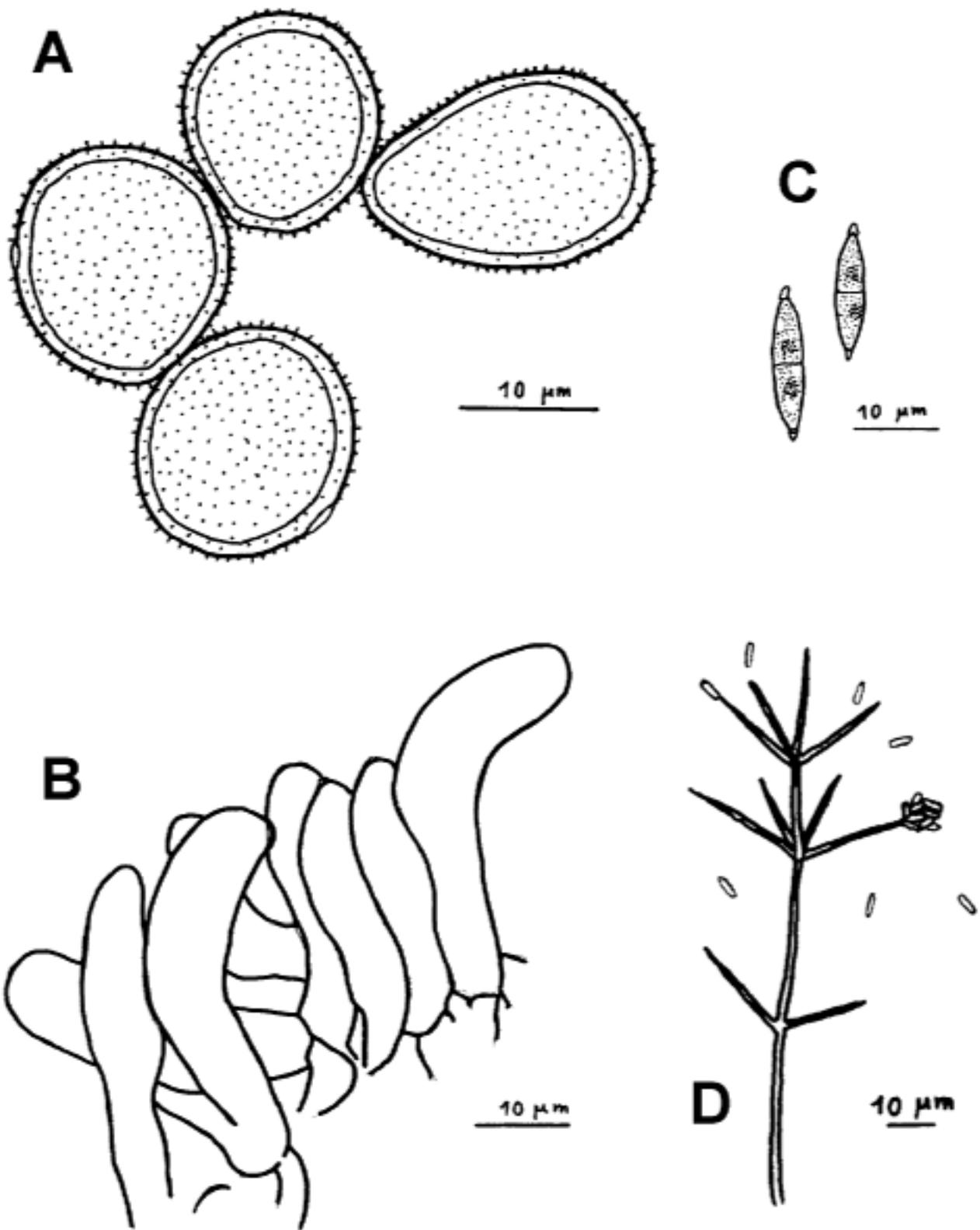


Figure 5. – **A** : *Frommeëlla mexicana*, urédospores (spécimen A. Vanderweyen F 561). **B** : *F. mexicana*, paraphyses provenant d'une urédie (spécimen A. Fraiture 3068). **C** : *Eudarluca caricis*, conidies du stade anamorphique *Sphaerellopsis filum* (spécimen A. Vanderweyen F 560). **D** : *Lecanicillium muscarium*, conidiophore et conidies (spécimen A. Fraiture 3070).



Figure 6. – La moisissure *Lecanicillium muscarium* sur les urédies de *Frommeëlla mexicana* (photo D. Ertz, spécimen A. Fraiture 3070).



Figure 7. – Larve du diptère *Mycodiplosis* sp. (photo D. Ertz, spécimen A. Vanderweyen F 560).