

Généralités sur les lichens et leur détermination

Traduction par L. VAILLE (*) de la première partie (pp. 9-69)
de la flore rédigée en Esperanto par G. CLAUZADE et C.ROUX :
« *Likenoj de okcidenta eŭropo, ilustrita determinlibro* »

Cette traduction a été faite et publiée avec l'approbation des auteurs. Le texte original a été édité en Esperanto le 30-12-85, dans le Bulletin de la Société Botanique du Centre - Ouest - Nouvelle Série, Numéro Spécial : 7-1985. Les figures n'ont pas été reproduites et les références renvoient à celles de la flore.

Je suis absolument persuadé que celui qui voudra bien faire l'effort de lire le texte en Esperanto de cette première partie, en le comparant au texte français, acquerra rapidement une connaissance suffisante de la langue, et le vocabulaire nécessaire pour lire, sans difficulté aucune, la flore tout entière.

Je remercie Claude ROUX de ses conseils et Georges CLAUZADE d'avoir bien voulu revoir et corriger mon texte. J'espère ainsi ne pas les avoir trahis.

L.V.

(*) L.V. : MESNIL-ST-PÈRE - 10140 VENDEUVRE S/BARSE.

Généralités sur les lichens

I - Nature des lichens

Un lichen est un champignon supérieur en symbiose avec une algue, le terme d'algue étant pris au sens le plus large. Le champignon est presque toujours un ascomycète et le lichen est nommé ascolichen. Les basidiolichens (dont le champignon est un basidiomycète), sont rares ; on ne traitera ici que des ascolichens. De plus les basidiolichens sont habituellement étudiés avec les basidiomycètes non lichénisés. L'algue, le plus souvent, est un Chlorophyte (algue verte) : Chlorococcale, avec contenu cellulaire très vert, ou Trentepohlia (algue orange), avec cytoplasme contenant des gouttelettes d'huile, riches en caroténoïdes. Mais ce peut être aussi une Cyanophycée (algue bleue) avec contenu cellulaire vert bleuâtre ou vert brunâtre, entouré d'une enveloppe incolore, jaune brunâtre ou violet pourpre. Exceptionnellement chez quelques *Verrucaria* aquatiques, l'algue en symbiose est un Xanthophyte (algue jaune) avec contenu cellulaire vert jaune brunâtre.

II - Habitat

Les lichens croissent dans les biotopes les plus divers. Ils manquent seulement dans la mer à des profondeurs supérieures à 10 mètres, au centre des grandes villes, où la pollution atmosphérique est importante, et sur les tissus animaux vivants. Cependant, des parties non vivantes de ces derniers sont des substrats pour les lichens : carapaces et coquilles d'animaux marins et, seulement dans les régions chaudes et très humides, carapaces de tortues et élytres de coléoptères. En outre, des lichens peuvent se trouver sur les substrats les plus inhabituels : os, cuir, métaux, verre, papier goudronné, ...

Selon la nature du substrat, on distingue principalement les types mentionnés dans le tableau I. Quelque soit la nature du substrat, d'autres caractères du milieu sont aussi très importants, comme le montre le tableau 2.

III - Thalle

Très variés morphologiquement, les thalles des lichens le sont beaucoup moins en ce qui concerne leur structure microscopique.

A - Morphologie

Les thalles des lichens peuvent être classés en 6 types morphologiques fondamentaux, chacun pouvant comporter des aspects plus ou moins divers et parfois

Tableau 1 - Types de lichens selon la nature du substrat

Substrats		Lichens se développant		
		à l'intérieur ou sur le substrat (-cole)	sur le substrat (-épi)	à l'intérieur du substrat (endo-) ou (hypo-)
Plantes	partie quelconque de phanérogame	*	épiphyte	endophyte
	écorce d'arbre, d'arbuste, de buisson	corticole	épiphléode	hypophléode
	feuille de phanérogame	follicole	épiphylle	endophylle
	mousses	muscicole	*	*
	lichens	lichénicole	*	*
Bois		lignicole	*	*
Roches et rocailles (tuiles, mortier, fibro-ciment,...)	pierre, rocher ou pierrailles	rupicole	épilithique	endolithique
	seulement ou presque seulement sur rochers	saxicole	épilithique	endolithique
	seulement ou presque seulement sur pierres	lapidicole	épilithique	endolithique
Sols pas ou peu humides		terricole	épigé	hypogé
Humus, tourbe et débris végétaux		humicole	*	—
Débris végétaux		détriticole	*	—

(*) Pas d'équivalent en français, intraduisible sans une périphrase. (N.D.T.)

Tableau 2 - Principaux types de lichens selon les caractères du milieu

<i>Caractères du milieu</i>	<i>Lichens se développant seulement ou le plus souvent dans de tels milieux*</i>
acide	acidophile
neutre	neutrophile
basique	basophile
± riche en CaCO ₃	calcicole
± riche en minéraux de métaux lourds	« barymétallophile »
± riche en produits azotés (notamment en nitrates) **	nitrophile (p.ê. ornithocoprophile, dans un biotope riche en déjections d'oiseaux)
± riche en sel (le plus souvent sel marin) ***	halophile
± riche en poussière	coniophile
humide	hygrophile (aérohygrophile et substratohygrophile)
sec	xérophile (aéroxérophile et substratoxérophile)
mouillé	très hygrophile (pluie ou embruns)
inondé (constamment ou sporadiquement)	hygrophile (constamment ou sporadiquement)
avec averse ou aspersion fréquentes	ombrophile
ensoleillé	héliophile
éclairé	photophile
ombragé	sciaphile

(*) Si on est certain qu'un lichen a vraiment besoin d'un tel milieu (ce qui est difficile à prouver), on peut utiliser le terme exigeant ; si le lichen tolère seulement ce milieu, on peut utiliser le terme tolérant.

(**) Il s'agit ici de substances mal définies consistant surtout en mélange de diverses combinaisons azotées provenant principalement de la décomposition de déjections animales (principalement d'oiseaux), car les oiseaux séjournent souvent sur les sommets rocheux, où abondent les lichens ornithocoprophiles.

(***) Des espèces halophiles (toujours également ± nitrophiles) tolèrent des concentrations relativement élevées de NaCl ; concernant les lichens, ce sont le plus souvent des espèces maritimes ± submergées ou mouillées par les embruns.

des formes de transitions avec d'autres types.

1- *Thalles fruticuleux*

Jamais appliqués sur le substrat, mais n'adhérant à celui-ci que par une surface réduite, jouant le rôle de moyen de fixation, de crampon, ils sont dressés, pendants, ou étalés, et se présentent sous trois formes principales :

a) - Tiges à section ronde

1°) Plus ou moins ramifiées : ex . *Alectoria ochroleuca* (fig.1, p.14) ou *Usnea florida* (fig.2, p.14) ;

2°) Non ramifiées ou quelques ramifications : ex. *Thamnotia vermicularis* (fig.3, p.15).

b) - Lanières habituellement divisées, plates, cannelées ou canaliculées : ex. *Ramalina fraxinea* (fig.4, p.15).

c) - Tiges ramifiées, plus ou moins plates avec section anguleuse, intermédiaires entre les types a) et b) : ex. *Letharia vulpina* (fig.302, p.501).

2 - *Thalles foliacés*

Ils forment des lames le plus souvent lobées, facilement séparables du substrat, plus ou moins appliquées sur celui-ci ou bien plus ou moins redressées, avec la face inférieure le plus souvent garnie de fausses radicelles (rhizines) jouant le rôle de moyen de fixation.

a) - Thalles foliacés ombiliqués

En forme de lames non lobées ou de squames, très fragiles à l'état sec, ils adhèrent au substrat par une très petite surface (crampon) le plus souvent près du centre. Sur la face supérieure, au-dessus du crampon, on trouve une petite dépression dénommée ombilic. Les squames peuvent être :

1°) Isolées et couchées sur le substrat, dans les thalles monophylles : ex. *Umbilicaria grisea* (fig.5, p.16).

2°) Rapprochées et plus ou moins dressées dans les thalles polyphylles : ex. *Umbilicaria polyphylla* (fig.6, p.16)

b) - Thalles foliacés non ombiliqués

Ils sont formés de lames à lobes généralement radiés, avec la face inférieure fixée par de nombreux points ou même par toute la surface, quoique parfois sans rhizines. Les extrémités des lobes sont en général arrondies : ex. *Parmelia borrieri* (fig.7, p.17), mais parfois tronquées : ex. *Parmelia omphalodes* (fig.8, p.17)

3 - *Thalles crustacés*

Non séparables du substrat, du moins sous forme de fragments importants, car très adhérents à celui-ci et même inclus dans ce dernier, ils présentent deux types bien distincts, quoique reliés par des formes de transition :

a) - Thalles crustacés lobés au pourtour

Quand ils sont très typiques, par exemple chez *Fulgensia fulgens* (fig.9, p.18) et *Solenopsora candicans* (fig.10, p.18), ils ont l'aspect de petits thalles foliacés avec lesquels ils forment parfois transition.

b) - Thalles crustacés non lobés au pourtour

1°) Relations entre ce type de thalle et le substrat

Beaucoup d'entre eux sont entièrement ou presque entièrement enfoncés dans le thalle. Souvent mal délimités ou peu distincts, quand leur couleur offre peu de contraste avec celle du substrat, ces thalles sont principalement hypophléodes ou endolithiques. Les autres, de même que les thalles lobés au pourtour, s'étalent presque entièrement à la surface du substrat et, quoique très adhérents à celui-ci, ne le pénètrent que très superficiellement. Ce sont les thalles épiphléodes, épilithiques et épigés.

2°) Divers aspects des thalles crustacés non lobés

- Périphérie du thalle

Ces thalles crustacés non lobés peuvent être plus ou moins étendus ou réduits, plus ou moins épais ou minces, dispersés ou non, bien délimités ou non (par exemple, de nombreux thalles enfoncés dans le substrat, peu distincts, et des thalles étalés sur le substrat plus ou moins dispersés, sont mal délimités).

Une ligne plus ou moins sombre peut entourer (ex. *Rhizocarpon geographicum*, fig.11, p.19) ou non, un thalle bien délimité.

Il existe toutes les transitions entre les thalles non lobés mais bien délimités et les thalles lobés à la périphérie. C'est ce qu'on trouve chez *Acarospora laqueata* (fig. 13, p.20) aux lobes plats, non ou rarement divisés, et chez de nombreux *Aspicilia* (ex. *Aspicilia cheresina*, fig.12, p.19) dont les aréoles ont une disposition plus ou moins radiée à la périphérie du thalle.

- Surface du thalle

Selon l'aspect de la surface du thalle, on distingue plusieurs types de thalles que voici :

- Thalles continus, presque seulement hypophléodes ou endolithiques (ex : *Acrocordia conoidea*, fig.14, p.20).

- Thalles fendillés, non profondément divisés par des fissures, qui ne séparent pas le thalle en petits compartiments (ex : *Aspicilia farinosa*, fig.15, p. 21).

- Thalles aréolés, profondément divisés par des fissures en compartiments (aréoles) le plus souvent plates et polygonales, mesurant le plus souvent moins de 1,5 mm de long (ex. *Rhizocarpon geographicum*, fig.11, p.19) ; les formes de transition entre les thalles aréolés et fendillés sont nommées fendillés-aréolés (formés d'aréoles non profondément séparées) ; les formes de transition entre les thalles aréolés et verruqueux sont nommées verruqueux-aréolés (formés d'aréoles convexes).

- Thalles verruqueux, formés de compartiments plus ou moins arrondis et convexes de 0,5 - 1,5 mm de diamètre (ex. *Lecanora frustulosa*, fig.16, p.21).

- Thalles glébulieux (en forme de petite motte de terre), formés de compartiments verruqueux, superficiellement creusés d'anfractuosités, qui sont généralement formés de plusieurs granules agglomérés (ex. *Rinodina confragosa* v. *glebulosa*, fig. 17, p. 22).

- Thalles granuleux, analogues aux thalles verruqueux, mais formés de compartiments convexes d'au plus 0,5 mm de diamètre (ex. *Lecidella carpathica*, fig. 18, p. 22).

- Thalles lépreux (pulvérulents ou granulo-pulvérulents), formés de petits granules (0,1 - 0,2 mm) avec surface non lisse (différente de celle des granulations des thalles granuleux qui est lisse), isolés ou juxtaposés en groupes, très généralement stériles, excepté chez *Lecanora conizaeoides* (fig. 19, p. 23).

4 - *Thalles squamuleux*

Les thalles squamuleux typiques (par exemple celui de *Psora decipiens*, fig. 20, p. 23) sont formés de compartiments (squamules) à face supérieure plane ou concave, dispersés ou rapprochés ou contigus ou même imbriqués, avec bord non adhérent au substrat.

Mais on regarde aussi comme squamuleux, ceux (par exemple *Toninia tristis*, fig. 319, p. 751, et *Toninia tumidula*, fig. 21, p. 24) qui sont formés de compartiments très convexes de plus de 1,5 mm de diamètre, facilement détachables du substrat, bien qu'ils adhèrent à celui-ci par toute leur face inférieure.

Il existe toutes les transitions entre thalles squamuleux et crustacés, non seulement avec les verruqueux, mais aussi avec les aréolés, car de grandes aréoles ont tendance à se détacher à la périphérie : on parle alors de thalles squamuleux-aréolés (par exemple *Verrucaria zamenhofiana*, fig. 395, p. 802) ou aréolés-squamuleux (par exemple de nombreux *Acarospora*, entre autres, *A. complanata*, fig. 110, p. 151).

Enfin, chez certains lichens, par exemple *Psora lurida* (fig. 22, p. 24) ou *Squamarina cartilaginea*, les squamules (plus ou moins imbriquées) ont une disposition plus ou moins rayonnante à la périphérie du thalle. Il est alors difficile de faire la distinction entre thalle squamuleux lobé à la périphérie, ou thalle foliacé ; de même chez *Rhizoplaca chrysoleuca* (fig. 353, p. 679), *R. melanophthalma* et *R. peltata*, dont le thalle (classé soit comme squamuleux, soit comme foliacé) adhère à la roche seulement au centre de la face inférieure, comme dans les thalles foliacés-ombiliqués.

5 - *Thalles complexes*

Particuliers aux *Cladonia* et *Stereocaulon*, ils sont formés de deux parties bien distinctes :

a) - Thalle primaire, crustacé, squamuleux ou plus rarement foliacé, plus ou moins étalé sur le substrat.

b) - Thalle secondaire, fruticuleux, formé d'éléments se développant plus ou moins perpendiculairement au substrat. Ceux-ci proviennent de la prolifération de la base de l'apothécie (podétions, spéciaux aux *Cladonia*, en fait homologues du pédoncule d'une apothécie, fig. 23, p. 25), ou d'une excroissance du thalle primaire (pseudopodétions, propres aux *Stereocaulon*, fig. 24, p. 25).

Tandis que les pseudopodétions des *Stereocaulon* sont constamment buissonnants et presque toujours couverts de squamules, les podétions sont de formes très diverses : tiges simples ou plus ou moins ramifiées, avec sommet pointu ou plus ou moins dilaté, entonnoirs (nommés scyphes) plus ou moins allongés ou plus ou moins ouverts.

6 - *Thalles gélatineux*

Chez beaucoup de lichens à cyanophycées, le thalle est noir ou noirâtre (parfois aussi bleuâtre à cause de la pruine) ; le plus souvent rigide et fragile à l'état sec, il gonfle et devient pulpeux sous l'action de l'eau, un peu semblable à la gélatine ; aussi est-il nommé gélatineux.

Les thalles gélatineux sont de morphologies très diverses. Les plus typiques ont l'aspect de thalles foliacés non ombiliqués (ex. *Collema subnigrescens*, fig. 25, p. 26) ou bien ombiliqués (ex. : *Thyrea nigrifella*, fig. 26, p. 27). Les autres sont analogues aux thalles squamuleux, squamuleux-aréolés (*Thyrea plectospora*, fig. 27, p.

27), crustacés lobés à la périphérie (*Placynthium filiforme*, fig. 28, p. 28), ou non lobés (*Psorotichia diffracta*, fig. 29, p. 28), ou aussi à de petits thalles fruticuleux (*Synalissa ramulosa*, fig. 30, p. 29).

Enfin quelques thalles gélatineux (thalles filamenteux, ex. *Ephebe lanata*, fig. 31, p. 29) sont formés de très minces filaments analogues, mais en beaucoup moins épais, aux branches de thalles fruticuleux en forme de barbe de nombreux *Alectoria*.

B - Structure

Les thalles filamenteux sont caractérisés par une structure très simple produite par l'algue. Chaque filament est formé d'un filament d'algue (*Scytonema* chez *Ephebe lanata*) entouré d'un réseau d'hyphes fongiques.

Tous les autres types de thalles présentent une structure très différente, et on peut distinguer deux catégories fondamentales de structures.

1 - Structure homéomère

Homogène (ou presque) dans toute l'épaisseur du thalle, elle existe dans trois groupes de lichens très différents :

a) - chez divers lichens gélatineux, plus spécialement les *Collema*, dont le thalle est formé d'une masse mucilagineuse incolore ou jaune clair, contenant des chaînes de *Nostoc* et des filaments fongiques (fig. 32, p. 31).

b) - chez les lichens lépreux, dont les petits granules pulvérulents sont formés chacun d'une seule hyphe enroulée contenant quelques cellules algales.

c) - chez quelques genres de lichens, passant facilement inaperçus car très petits (*Moriola*, *Speheconisca* et *Vezeadaea*, le thalle, crustacé, souvent peu visible, est formé en grande partie de petits granules (10 à 100 μm de diamètre) nommés algocystes (goniocystes)*, correspondant à un amas d'algues (cyanophycées à cellules munies d'une enveloppe gélatineuse dans *Moriola* et *Speheconisca*, Chlorophytes du genre *Leptosira* dans *Vezeadaea*) entourés chacun d'une gaine d'hyphes continue ou discontinue. Le reste du thalle est formé seulement d'hyphes reliant les algocystes (goniocystes)* entre eux et aux ascocarpes

2 - Structure hétéromère

Bien plus fréquente, elle se distingue de la précédente par la différenciation de plusieurs couches superposées, bien visibles sur une coupe transversale (fig. 33, p. 31) :

- Cortex supérieur, constitué seulement d'hyphes très denses, formant parfois un faux tissu cellulaire (para- ou proso-plectenchyme : fig. 36, p. 33).

- Couche algale, formée d'un réseau d'hyphes moins dense, dont les mailles contiennent les algues.

- Médulle, formée seulement d'hyphes en général très lâches, sauf dans la partie axiale du thalle des Usnées, où elles sont au contraire très serrées, parallèles à l'axe du thalle et constituent le cordon axial.

(*) « Algocyste » est un néologisme, transposition en français de l'Espéranto « algocisto » employé par CLAUZADE et ROUX dans leur flore. Il semble bien préférable à « goniocyste » utilisé jusqu'ici par les lichénologues, surtout depuis que ceux-ci ont banni le terme de « goni-die ». (N.D.T.).

La transition entre structure homéomère et hétéromère est observable dans certains thalles gélatineux, ex : *Leptogium*, dont la structure se distingue de celle de *Collema* par la présence, sur les deux faces ou seulement sur la face supérieure, d'un cortex entièrement celluleux (fig. 301, p. 494) bien visible sur un simple écrasement d'un fragment de thalle.

Outre ces structures de transition, on peut observer deux types de structures stratifiées :

a) Structure radiée (fig. 34 & 35, p. 32)

Elle existe sur la plupart des thalles fruticuleux et est facilement identifiable sur une coupe transversale par sa couche algale (fermée) entourant la médulle et par la présence d'un seul cortex entourant la couche algale. Exceptionnellement, le cortex manque dans les podétions de certains *Cladonia* (s.g. *Cladina*) mais nous avons vu que ceux-ci devaient être regardés comme des pédoncules d'apothécies. Chez les Usnées, la médulle se différencie en zone externe constituée d'hyphes lâches, et partie axiale (cordon axial) formé d'hyphes très serrées.

b) Structure stratifiée

Dans la plupart des thalles foliacés, chez de rares lichens fruticuleux en lanières (*Evernia prunastri*, *Pseudevernia furfuracea*) et quelques thalles squamuleux ou crustacés, on observe sur une coupe transversale, un cortex supérieur, une couche algale, une médulle, et un cortex inférieur, qui peut donner naissance à des rhizines (fig. 36, p. 32).

Le thalle foliacé de *Peltigera* et la plupart des thalles squamuleux et crustacés n'ont pas de cortex inférieur et en général, des hyphes de la médulle fixent le thalle au substrat.

Cependant, dans de nombreux thalles crustacés, le cortex inférieur est remplacé par un hypothalle formé d'hyphes parallèles au substrat, habituellement de couleur sombre et donnant naissance à des filaments fixateurs (hyphes fixatrices).

Enfin, dans les thalles crustacés très minces, plus spécialement dans les thalles hypophléodes et endolithiques, l'hypothalle et le cortex inférieur manquent, le cortex supérieur et la médulle s'amincissent ; en conséquence la structure tend à devenir homéomère.

IV - Organes portés par le thalle et ne donnant pas de spores

Outre les organes donnant des spores, traités dans le paragraphe suivant, le thalle porte divers organes le plus souvent superficiels, dont certains jouent aussi un rôle dans la reproduction.

A - Poils, cils et rhizines (fig. 37 à 41, p. 36 à 38)

Sauf quand ils sont très denses et forment un tomentum, les poils sont visibles seulement avec une forte loupe, car ils sont formés par l'extrémité libre des hyphes superficielles. Les cils (toujours dispersés sur la face supérieure ou au bord du thalle) et les rhizines (éparses ou plus ou moins serrées sur la face inférieure) sont au contraire bien visibles à l'œil nu, car ils sont formés d'un faux tissu fibreux d'hyphes agglomérées.

Les rhizines jouent habituellement le rôle d'organes de fixation, sauf dans quel-

ques cas, principalement chez certains *Umbilicaria* (les rhizines non fixatrices des *Umbilicaria* sont souvent nommées « rhizomorphes »). Dans tous ces cas, comme les cils et les poils, elles favorisent les échanges gazeux et aqueux, en augmentant la surface du thalle. Enfin, quand les rhizines et les poils forment un revêtement dense, ils jouent aussi un rôle de protection.

B - Fibrilles, papilles, nodules, tubercules, spinules, (fig. 383 & 384, p. 772)

Chez les Usnées, sur les principales ramifications du thalle, on trouve le plus souvent de minces et courtes ramifications (nommées fibrilles) ; généralement simples, de quelques millimètres de long, un peu analogues aux cils, mais de même couleur que le reste du thalle, elles contiennent un cordon axial. En outre, entre les fibrilles, la surface du thalle est rarement lisse ; elle est habituellement ponctuée de petites saillies ; les unes, nommées papilles, seulement visibles à la loupe, sont coniques, avec une hauteur souvent plus grande que le diamètre de la base, et sont constituées seulement de cortex ; les autres (nodules), visibles à l'œil nu, plus ou moins tronconiques, ont une hauteur moins grande que le diamètre de la base (fig. 383, p. 772), contiennent des hyphes médullaires et donnent souvent naissance à des soralies.

Tandis que les fibrilles sont observables presque seulement chez les Usnées et quelques *Alectoria*, les papilles et les nodules existent chez de nombreux lichens.

On ne confondra pas les nodules de plus de 1 mm d'épaisseur (nommés tubercules) avec les céphalodies (traitées plus loin) et les gales (provoquées par certains champignons parasites).

Enfin, les spinules (semblables aux cils et aux papilles, mais bien visibles à l'œil nu) existent entre autres, chez *Cetraria islandica* et *Coelocaulon aculeatum*.

Toutes ces productions thallines, recouvertes d'un cortex et contenant une couche algale, favorisent les échanges gazeux et aqueux.

C - Isidies et soralies

1 - Isidies (fig. 42-46, p. 39-41)

Ces excroissances du thalle de quelques dixièmes de millimètre, de même structure que les papilles et les nodules, se distinguent de ces deux derniers par :

- leur répartition plus dense et plus irrégulière,
- leurs formes plus variées,
- leur tendance à se détacher à l'état sec.

Ainsi, outre l'importance pour les échanges gazeux et la protection du thalle, elles jouent surtout un rôle dans la multiplication végétative. Souvent de la même couleur que la région du thalle qui l'entoure, elles sont assez fréquemment au moins au sommet, un peu plus sombres que celui-ci. A cause de leur grande diversité, on distingue les principaux types que voici :

- cylindrique (ex. *Parmelia tiliacea*),
- sphérique ou globuleuse (ex. *Parmelia conspersa* ssp. *tinctina*),
- en massue, ou claviforme (ex. *Parmelia exasperula*),
- squamuliforme (ex. *Collema flaccidum*),
- coralliforme ou coralloïde (ex. *Lasallia pustulata*).

Enfin, il existe toutes les transitions entre d'une part les papilles, les nodules, les tubercules et d'autre part les isidies, et aussi entre celles-ci et les lobes thallins, par

exemple chez *Xanthoria parietina* ssp. *calcicola*.

2 - Soralies (fig. 47-52, p. 42)

Elles consistent en une réunion de petites granulations (sorédies) de 25 à 100 μm de diamètre, qui ont une très grande importance dans la multiplication végétative des lichens. Les sorédies ont la même structure que les granules des thalles pulvérulents, que l'on peut considérer comme entièrement sorédiés. Les thalles recouverts seulement en partie de sorédies peuvent porter des soralies mal délimitées (soralies diffuses) ou bien délimitées. Ces dernières peuvent être classées selon leur forme et leur localisation :

a) - Soralies superficielles, situées sur la face supérieure du thalle.

1°) Maculiformes, plates et rondes (ex. *Pertusaria amara*).

2°) Capitiformes, globuleuses ou hémisphériques (ex. *P. hemisphaerica*).

3°) Rimiformes, en forme de fentes allongées (ex. *Parmelia sulcata*).

b) - Soralies terminales, situées à l'extrémité des lobes des thalles foliacés.

1°) Capitiformes ou globuleuses (ex. *Hypogymnia tubulosa*).

2°) Labriformes, situées entre les deux lèvres que forment les deux cortex séparés, et dont la supérieure est redressée (ex. *Hypogymnia physodes*).

3°) Linguiformes (sur la face inférieure) provenant de l'extension des soralies labriformes sur la face inférieure du thalle (ex. *Physcia vitii*, fig. 325, p. 596).

4°) Forniciformes, cachées par l'extrémité du lobe qui se recourbe en capuchon (ex. *Physcia adscendens*, fig. 326, p. 596).

5°) Maniciformes, en forme de manchette, à l'extrémité de petits lobes redressés du thalle (ex. *Menegazzia terebrata*).

c) - Soralies marginales, situées sur le bord des lobes des thalles foliacés, où elles forment un bourrelet (ex. *Cetraria pinastri*).

Naturellement, il existe toutes les transitions entre les thalles munis de soralies diffuses et les thalles entièrement sorédiés, et aussi entre les différents types de soralies, par exemple entre les soralies bien délimitées et les soralies diffuses.

3 - Isidies soralifères

L'extrémité de certaines isidies, nommées isidies soralifères, donne naissance à de petites soralies (soralies d'origine isidiales), par exemple chez *Pertusaria coccodes* et *P. coronata*.

4 - Soralies isidifères

Sur certaines soralies (soralies isidifères) prennent naissance des isidies (isidies d'origine sorédiales) par suite de la réunion de sorédies, qui se couvrent ensuite de cortex. De telles isidies se rencontrent principalement chez les *Usnea* (ex. *U. subfloridana*, fig. 53, p. 43).

D - Cyphelles et pseudocyphelles

Ce sont des dépressions arrondies ou allongées (de quelques dixièmes de millimètre) de la même couleur que la médulle, qui existent presque exclusivement sur les thalles fruticuleux et foliacés et jouent le même rôle que les lenticelles de plantes vasculaires, dans les échanges gazeux.

Les cyphelles existent seulement à la face inférieure du thalle des *Sticta*, et leur fond est recouvert d'un cortex lâche, perméable aux gaz.

Les pseudocyphelles sont beaucoup plus fréquentes : la médulle y affleure sur le fond dépourvu de cortex (fig. 196, p. 285).

En outre, chez de nombreux lichens, existent aussi des « pores respiratoires » jusqu'à maintenant encore sans nom particulier. Par exemple, les saillies du cortex supérieur de *Parmelia exasperata* (autrefois considérées par erreur comme des isidies verruciformes), en forme de verrues, qui ne se désagrègent pas et sont percées d'un pore au sommet (fig. 54, p. 43).

E - Céphalodies

Certains lichens à chlorophytes, contiennent aussi des cyanophycées, dont les cellules sont réunies par des Hyphes dans des céphalodies. Celles-ci peuvent se trouver à la partie inférieure de la couche algale, çà et là, ou sur toute l'étendue de celle-ci. Dans ce cas (céphalodies internes), elles sont visibles seulement au microscope (ex. *Solorina*).

Mais le plus souvent les cellules de cyanophycées se trouvent dans des céphalodies externes, bien visibles à l'œil nu, qui se présentent sous deux formes :

- chez *Lobaria amplissima*, elles ont l'aspect d'un petit lichen fruticuleux thallicole, nommé *Dendriscoaulon umhausense* (fig. 55, p. 44) ;
- chez les autres lichens, elles ont l'aspect de petites verrues plus ou moins saillantes, de couleur différente de celle du thalle (ex. *Peltigera leucophlebia*, fig. 56, p. 44).

On considère souvent les céphalodies comme des espèces de galles (alcoceciidies). En tout cas elles ne nuisent apparemment pas aux lichens, au contraire, les cyanophycées jouent un rôle dans la nutrition : synthèse chlorophyllienne et utilisation de l'azote (N₂) de l'air pour la synthèse des protéines.

V - Organes sporifères

Chez les lichens, le champignon seul produit des spores. Celles-ci prennent naissance :

- chez les ascolichens qui sont les plus nombreux, dans des asques (fig. 72a, p. 56) groupées à l'intérieur d'ascocarpes.
- chez les basidiolichens (qui sont peu nombreux) à l'extrémité des basides (fig. 72b, p. 56) que portent les basidiocarpes.

De nombreux ascolichens donnent aussi naissance à d'autres types de spores sur des filaments situés dans des organes creux nommés pycnides (ou conidianges).

Comme les basidiolichens sont très peu nombreux et sont habituellement étudiés avec les basidiomycètes, sont traités ici seulement les ascocarpes et les pycnides.

A - Ascocarpes

La plupart des ascomycètes lichénisés sont des ascohyméniaux, pyrénomycètes et surtout discomycètes ; c'est pourquoi leurs ascocarpes sont des périthèces (fig. 14, p. 20) ou des apothécies (fig. 19 et 20, p. 23).

Cependant quelques lichens (ex. *Arthopyrenia*) sont des ascoloculaires, tandis que d'autres (ex. *Arthonia*, *Opegrapha*, *Lecanactis*, *Dirinia*, *Rocella*) sont actuellement regroupés en un groupe de transition entre les ascohyméniaux et les ascoloculaires (Le tableau n° 3, p. 46, illustre la différence entre les ascohyméniaux et les ascoloculaires).

Or, bien que les deux groupes de lichens soient très différents l'un de l'autre par le développement des ascocarpes, il existe une convergence étonnante de la morphologie et de la structure entre, d'une part, les ascocarpes des lichens non ascohyméniaux, et d'autre part, les apothécies et les périthèces. Ainsi les ascocarpes de *Arthopyrenia* ressemblent étrangement aux périthèces et pour cette raison sont parfois nommés pseudopérithèces, tandis que *Dirina* et *Lecanactis* ont des pseudoapothécies très analogues aux apothécies de *Lecanora* et *Lecidea*.

C'est pourquoi, concernant la morphologie et la structure des ascocarpes, d'un point de vue pratique, il est possible de distinguer simplement deux types fondamentaux, périthèces et apothécies. Cependant des formes de transition existent entre les deux types, entre autres chez *Pertusaria*, *Thelotrema*, *Thelocarpon* et *Lichina*.

1 - Périthèces

a) - Structure générale (fig. 57, p. 47)

Plus ou moins globuleux, coniques ou aplatis, ils s'ouvrent seulement par un pore (ostiole) et comprennent :

1° Une couche protectrice dure comme du cuir (excipulum ou pyrénium), et, sauf de rares exceptions, de couleur sombre, au moins au sommet.

2° Une espèce de couvercle (involucrellum) plus ou moins grand entourant la partie supérieure (rarement la totalité) de l'excipulum, et encore plus dure et plus sombre que celui-ci.

3° A l'intérieur de l'excipulum, et de haut en bas :

- L'ensemble des péripyses, filaments généralement courts, couvrant la partie interne de l'ostiole.

- L'hyménium, formé de l'ensemble des asques et des paraphyses (paraphyse étant utilisé ici au sens large et comprenant non seulement les paraphyses véritables, mais aussi les paraphysoïdes et les pseudo-paraphyses : v. tableau 4, et parfois (chez *Staurothele* et *Endocarpon*) des algues hyméniales, cellules de l'algue symbiotique, qui pénètrent dans l'hyménium, notablement transformées (dimensions et contenu chlorophyllien plus réduits).

Entre la base de l'hyménium et l'excipulum se trouve généralement une couche mince et incolore (subhyménium) où prennent naissance les asques et les paraphyses.

b) - Aspects divers (fig. 58, p. 47)

1° Les périthèces peuvent être plus ou moins saillants, enfoncés dans le thalle ou le substrat, recouverts de thalle ou non ; plus ou moins globuleux, coniques, ou aplatis, le plus souvent isolés mais parfois plus ou moins groupés, rarement réunis en périthèces composés.

2° L'involucrellum peut être plus ou moins développé, ou réduit, ou bien absent.

3° L'excipulum se diversifie entre autres, selon l'épaisseur et la couleur : il peut être épais dans sa totalité, seulement très mince à la base ou entièrement très mince ; entièrement de couleur sombre, incolore seulement à la partie inférieure ou bien entièrement (le plus souvent presque entièrement) incolore (la partie supérieure de l'excipulum est presque toujours plus ou moins sombre).

Tableau 3 - Différences entre les champignons ascoloculaires et ascohyméniaux (chez les lichens, les différences sont moins nettes, d'autant plus qu'il existe des groupes intermédiaires).

<i>Ascoloculaires</i>	<i>Ascohyméniaux</i>
Ascogones (organes reproducteurs femelles) apparaissant après l'ébauche de l'ascocarpe (celle-ci nommée « stroma », se creuse en donnant naissance à des cavités ou « locules » où apparaîtront les ascogones)	Ascogones apparaissant avant l'ébauche de l'ascocarpe
Sans vraies paraphyses, mais avec des pseudoparaphyses	Avec de vraies paraphyses
Asques bituniquées (2 tuniques clivables), avec à maturité, une paroi se séparant selon la longueur en deux couches	Asques unituniquées (à une tunique non clivable), avec à maturité une paroi ne se séparant pas selon la longueur en deux couches

Tableau 4 - Différents types de paraphyses

	<i>Paraphyses vraies</i>	<i>Pseudoparaphyses</i>	<i>Paraphysoides</i>
Origine	engendrées par le subhyménium, se développant de bas en haut	produites par le plafond des locules se développant de haut en bas	reliant le toit au plancher de l'ébauche de l'ascocarpe
Aspect	souvent simples (sans ou avec peu de ramifications et d'anastomoses)	généralement réticulées, car abondamment ramifiées-anastomosées	généralement réticulées, car abondamment ramifiées-anastomosées
Répartition chez les lichens	chez presque tous les discolichens, mais manquent chez beaucoup de pyrénolichens même ascohyméniaux	chez <i>Arthopyrenia japonica</i> et certaines Verucariacées (Janex, 1971)	dans l'ébauche de nombreux discolichens, persistant plus rarement dans les ascocarpes mûrs (ex. Graphidales)

Mais concernant la détermination de la plupart des espèces on considérera trois types d'excipulum :

- entièrement noir ou de couleur sombre,
- incolore à la base,
- entièrement ou presque entièrement incolore.

2 - Apothécies

a) - Structure générale (fig. 59 et 60, p. 50)

Les apothécies sont caractérisées par un hyménium non entièrement enfermé dans une couche protectrice, mais au contraire des périthèces, plus ou moins largement exposé au milieu extérieur par une surface plus ou moins grande (disque de l'apothécie) le plus souvent entouré d'une bordure d'origine thalline (bord thallin) ou d'origine discale (rebord propre).

Les apothécies sont de formes très diverses : en forme de disque, hémisphériques, plus ou moins sphériques ou plus ou moins allongées. Les ascocarpes de forme allongée de par leur génotype (à ne pas confondre avec les apothécies de forme allongée par compression mutuelle) sont nommées lirelles ; celles-ci sont de formes très diverses : droites, recourbées, ou même sinueuses, ramifiées ou non (ex. *Graphis*, fig. 270, p. 373).

Une apothécie est généralement constituée par :

1°) Une couche externe (amphitécium) d'origine thalline et contenant des algues, ou bien d'origine discale et sans algue.

2°) Une couche interne consistant en :
 - Hypothécium, à la partie inférieure de l'apothécie,
 - Parathécium, à la partie périphérique de l'apothécie.

3°) Un hyménium (= thécium), formé par l'ensemble des paraphyses et des asques, sous lequel se trouve un subhyménium souvent difficile à distinguer de l'hypothécium ou de l'hyménium et fréquemment inclus dans le premier ou le second.

4°) Un épithécium.

Les lichénologues considèrent en général comme épithécium, la partie supérieure de l'hyménium formée par l'extrémité supérieure des paraphyses, souvent plus ou moins colorée et parfois recouverte d'une couche gélatineuse (epipsamma) ou remplie de granulations (cristallines ou non).

b) - Différents aspects ;

1°) Forme : voir le paragraphe a) ci-dessus.

2°) Insertion sur ou dans le thalle (fig. 61, p. 51).

Les apothécies peuvent être plus ou moins enfoncées dans le thalle ou dans le substrat, plus ou moins saillantes et même pédonculées (ex. chez *Calicium*, *Baeomyces* ; ce dernier genre d'ailleurs très voisin de *Cladonia*, dont les podétions ne sont que des pédoncules d'apothécies particulièrement grands et souvent plus ou moins ramifiés).

3°) Groupement.

Les apothécies peuvent être dispersées, groupées ou même réunies, cependant les apothécies composées (ex. *Acarospora scabra*, fig. 65, p. 52) sont très rares.

4°) Marge : Différents types d'apothécies.

- Bord thallin

Entier, crénelé, granuleux, plus ou moins sinueux ou plus ou moins épais, il peut persister jusqu'à la fin de la croissance de l'apothécie, ou disparaître sous celle-ci, repoussé en dessous par le développement des autres tissus de l'apothécie. Dans ce cas, plus ou moins tôt, plus ou moins tard, l'apothécie semble dépourvue de bord thallin.

Celui-ci n'existe que dans deux types d'apothécies :

- les apothécies zéorines, facilement reconnaissables, car entourées d'un bord thallin à l'extérieur (correspondant à l'amphithécium) et d'un rebord propre (correspondant au parathécium) : (fig. 62, p. 51) ;
- les apothécies lécanorines, avec bord thallin mais sans rebord propre, car leur parathécium ou bien n'atteint pas la surface du disque entre l'hyménium et le bord thallin ou bien ne se distingue pas à l'œil nu de celui-ci (fig. 59, p. 50).

Dans les apothécies aspiciliennes (= cryptolécanorines), (ex. *Acarospora*, *Aspicilia*), qui sont enfoncées dans le thalle, le bord thallin est plus ou moins indiscernable du thalle et n'est pas nettement séparé de celui-ci. C'est pourquoi on peut identifier ces apothécies seulement par la présence d'une couche algale immédiatement sous l'hypothécium, visible sur une coupe perpendiculaire au disque (fig. 64, p. 51).

Le bord thallin manque complètement dans les apothécies lécidéines (y compris les apothécies biatorines avec marge et parfois même disque ni brun sombre ni noir), chez lesquelles aucune algue n'est visible immédiatement sous l'hypothécium.

Cependant, certaines apothécies appliquées sur le thalle, d'aspect lécidéines (ex. *Acarospora badiofusca*, plusieurs *Caloplaca*, quelques *Rinodina*...) contiennent des algues dans leur rebord propre : ce sont les apothécies pseudolécanorines (fig. 63, p. 51).

- Rebord propre

Il a différents aspects comme le bord thallin. Entre autres, dans beaucoup d'apothécies lécidéines, le rebord propre est refoulé sous l'apothécie, qui paraît à l'œil nu et à la loupe sans rebord. Dans les apothécies lécidéines, l'amphithécium et le parathécium sont souvent difficiles à distinguer. On dénomme souvent l'ensemble excipulum. En fait l'excipulum et le bord thallin ne manquent que dans peu de genres, notamment chez *Arthonia* et *Micarea*, dont les ascocarpes sont par conséquent toujours dès le début sans rebord (fig. 66, p. 52).

5°) Disque

Sa surface peut être lisse ou rugueuse, umbonée (avec une ou plusieurs saillies nommées umbo), sillonnée ou plissée. Si les plis sont groupés selon des cercles ou des ellipses concentriques (ex. *Umbilicaria cylindrica*, *Rhizocarpon oederi*) ou sont très sinueux, le disque est dit gireux. Les umbos et les plis proviennent de l'excroissance du parathécium à l'intérieur de l'hyménium, ainsi divisé en plusieurs parties, parfois complètement isolées les unes des autres (apothécies composées).

6°) Hypothécium et excipulum

Contrairement à l'excipulum en général coloré, l'hypothécium est très souvent incolore. Dans les apothécies lécidéines, il peut se trouver en continuité (ex. *Porpidia*, fig. 290 h, p. 440) ou non (ex. *Farnoldia*, fig. 290i, p. 440), avec l'excipulum, tandis que dans les apothécies lécanorines il est en continuité avec le parathécium.

7°) Hyménium

Habituellement persistant et incolore, plus rarement pourpre (*Tephromela*, *Lecidea sarcogynoides*), bleu verdâtre (chez certains *Lecidea*) ou jaunâtre..., l'hyménium disparaît à un stade précoce (avant la maturité des spores) chez la plupart des Cali-

ciales (*Calicium* et genres affines), donnant naissance à une masse d'abord gélatineuse, ensuite pulvérulente (Mazédium), dans laquelle se trouvent dispersées les spores.

8°) Paraphyses (fig. 67-70, p. 52-53)

Les paraphyses sont toujours pluriseptées (mais les cloisons ne sont parfois visibles qu'après coloration par exemple au bleu coton) et peuvent donner naissance à des ramifications et des anastomoses qui réunissent entre elles les paraphyses voisines. Par suite, on distingue selon leur structure les différents types de paraphyses que voici :

- sans ou presque sans ramifications et/ou anastomoses (paraphyses simples), ex. *Lecidella*, *Lecanora*, *Lecidea ultima*... ;
- avec peu de ramifications et peu d'anastomoses, les premières situées généralement à l'extrémité supérieure des paraphyses (ex. *Caloplaca*) ;
- avec nombreuses ramifications et peu d'anastomoses (ex. *Trapelia coarctata*) ;
- avec nombreuses anastomoses mais peu de ramifications (ex. *Farnoldia*) ;
- avec nombreuses ramifications et nombreuses anastomoses (ex. *Opegrapha*, *Porpidia* et *Rhizocarpon*).

De plus, quand on écrase une apothécie dans de l'eau, les paraphyses peuvent soit rester adhérentes entre elles par leurs anastomoses ou par une substance gélatineuse et/ou gluante (paraphyses cohérentes), soit se séparer (paraphyses non cohérentes).

Enfin, les paraphyses se différencient non seulement par leurs cloisons visibles ou non, mais aussi par la forme des cellules.

Exemple :

- dans les paraphyses moniliformes (en chapelet), toutes les cellules sont nettement épaissies dans leur milieu (ex. *Caloplaca lactea*, fig. 179, p. 248),
- dans les paraphyses capitiformes, la cellule terminale est nettement plus grosse que les autres cellules (ex. *Catillaria chalybeia*, fig. 193b, p. 274).

B - Pycnides (= Conidianges) : fig. 71, p. 56

Leur aspect est celui d'un très petit périthèce avec chacun un pore, à travers lequel sont libérées les spores (pycnidiospores ou conidies) très minces (0,5 - 2 μm), plus ou moins longues (3 - 40 μm), de formes diverses (ellipsoïdes, en forme de bâtonnet ou bacilliformes, plus ou moins courbes ou sinueuses) très rarement septées et toujours incolores (fig. 76, p. 57).

Chez quelques lichens (ex. Caliciales, certains *Porina*), des pycnides croissant sur le même thalle et apparemment semblables, donnent en fait naissance à deux sortes de spores différentes :

- les unes, pycnidiospores ou conidies, semblables à celles décrites ci-dessus,
- les autres, macroconidies, plus longues et surtout plus épaisses, analogues aux ascospores (mais non enfermées dans un asque) souvent brunes ou pluriseptées.

Enfin, chez *Peltigera*, les pycnides produisent seulement des spores incolores et unicellulaires cependant assez grandes (jusqu'à 25 \times 11 μm), c'est pourquoi elles sont souvent classées parmi les macroconidies.

VI - Asques

L'asque est la cellule terminale de l'hyphe (prenant naissance dans le sous-hyménium et se développant dans l'hyménium) dans l'intérieur de laquelle prennent naissance des spores (généralement 8, parfois moins ou au contraire beaucoup plus). Les asques (fig. 73, p. 56) sont le plus souvent en forme de massue, plus rarement cylindriques (*Sphaerophorus*, *Schaereria*, *Acrocordia*), piriformes (*Arthonia*) ou en forme de bouteille (*Thelocarpon*).

Ils mesurent habituellement 40-100 μm de long et 10-30 μm de large ; leur paroi est formée d'une ou deux couches (respectivement asques unituniqués ou bituniqués) et présentent souvent à leur extrémité supérieure un épaississement plus ou moins évident (tholus), I- ou I+ (bleu) ; dans ce cas, le tholus montre souvent une structure interne spécifique qui joue un grand rôle en systématique (fig. 74, p. 57).

Sauf chez la plupart des Caliciales, chez lesquels la paroi de l'asque est entièrement détruite, les spores sont en général libérées par rupture du sommet de l'asque (déhiscence). Chez les asques bituniqués, la couche interne se dégage de l'externe en entraînant les spores (fig. 75, p. 57).

VII - Ascospores

Les ascospores sont beaucoup plus utiles que les pycnidiospores pour la détermination des lichens, c'est pourquoi on donne habituellement aux premières le nom en raccourci de spores, tandis qu'on dénomme plus précisément les secondes pycnidiospores.

A - Nombre de spores dans chaque asque

Le plus souvent les asques contiennent chacun 8 spores, plus rarement plus ou moins que 8. Par exemple, chez *Pertusaria*, les spores sont souvent par 1, 2 ou 4 dans l'asque ; chez *Candellariella vitellina* par 12 à 32 ; chez *Acarospora* presque toujours par plusieurs centaines.

Pour les asques contenant de très nombreuses spores, les lichénologues ne mentionnent pas le nombre véritable, mais le nombre évalué seulement d'après les deux dimensions de l'asque visibles sur un écrasement ou une coupe d'apothécie. Par suite le nombre de spores dans un asque est très sous-estimé. Par exemple, chez *Acarospora fuscata*, ce nombre jusqu'ici estimé entre 100 et 200, est en fait autour de 1500-2000 ! Cependant nous continuerons à mentionner le nombre de spores dans un asque, visible sur un écrasement de l'apothécie, car cela est plus facile à évaluer.

B - Forme des spores

Habituellement ellipsoïdales, les spores sont cependant de formes très diverses (fig. 76, p. 58) : globuleuses, subglobuleuses, cylindriques ou subcylindriques, rarement presque cubiques, en forme de citron, de clou, de massue, de fuseau, de rein, de bâtonnet (ou de bacille), d'aiguille.

Les spores allongées peuvent être droites, courbes ou sinueuses (vermiformes) ; les spores pluricellulaires peuvent être resserrées ou non au niveau des cloisons, plus rarement (chez quelques *Pyrenula*) au milieu de chaque cellule.

C - Couleur des spores

Les spores à maturité peuvent être incolores ou colorées : d'un brun plus ou moins clair ou sombre (parfois même presque noires), jaunâtres, verdâtres ou rougeâtres. Les spores qui sont colorées à maturité, sont toujours à un stade précoce (au moins au tout début) incolores et ensuite prennent des couleurs de plus en plus sombres pendant leur maturation ; par exemple, celles qui sont sombres à maturité, passent auparavant par un stade vert brunâtre.

D - Constitution des spores

Selon leur constitution, les spores peuvent être classées ainsi (fig. 76, p. 58) :

- 1 - Spores unicellulaires, ou non cloisonnées, spores simples.
- 2 - Spores cloisonnées (avec cellules plus ou moins égales entre elles ou non).
 - a) - Spores unicloisonnées ou à deux cellules.

Habituellement la cloison et les parois des cellules sont minces ; mais il existe deux exceptions importantes.

- Chez *Caloplaca*, les jeunes spores sont non cloisonnées, mais très tôt se produit un épaissement équatorial qui se développe à l'intérieur et isole deux cellules réunies par un petit canal, cloisonné seulement à la fin de l'évolution en son milieu. Parce que le cloison est difficilement visible, jusqu'il y a peu de temps, on croyait le canal non cloisonné et on regardait par erreur l'épaississement comme une cloison.

- Chez de nombreuses Pyxinacées, entre autres chez *Physcia*, *Physconia* et de nombreux *Rinodina*, le cloisonnement de la spore précède l'épaississement de la paroi ; c'est pourquoi la cloison occupe tout l'équateur et est bien visible. Selon la localisation et l'importance des ou de l'épaississement, la présence éventuelle d'un anneau noir équatorial nommé *tore*, ou bien d'une zone sombre autour des pôles, on distingue divers types de spores (voir l'introduction au genre *Rinodina*).

- b) - Spores à plusieurs cloisons et plusieurs cellules :

- 1°) à cloisons transversales.

Souvent avec trois cloisons ; rarement avec cloisons et parois épaissies (ex. *Graphis*).

- 2°) à cloisons transversales et longitudinales (souvent aussi obliques).

Les cellules de telles spores prennent l'aspect d'un mur de pierres ou de briques et, à cause de cela, sont nommées spores murales. Si le nombre de cloisons longitudinales et obliques est égal ou inférieur à deux, on parle de spores submurales.

E - Surface des spores

La paroi externe des spores (épispore) peut être lisse, plus ou moins rugueuse (p. e. verruqueuse) ou même ornementée (p. e. ornement spiralé chez quelques *Calicium*). En outre chez certains genres (*Bellemerea*, *Porpidia*, *Rhizocarpon*...) les spores sont entourées d'une couche gélatineuse (halo ou périspore) provenant du cytoplasme de l'asque (fig. 77-29, p. 58).

Détermination des lichens

I - Instruments nécessaires

A - Instruments optiques

1 - Loupe de poche ($\times 6$ et 12)

Au moyen de cet instrument bon marché, on ne peut malheureusement déterminer que la presque totalité des lichens foliacés et fruticuleux.

2 - Loupe binoculaire ($\times 6$ jusqu'à $\times 60$)

Elle donne des informations plus fiables que la loupe de poche et elle est nécessaire dans de nombreuses occasions, non seulement pour l'observation des lichens crustacés, mais aussi pour examiner des détails chez les lichens foliacés et fruticuleux (pseudocyphelles, poils, feutrages, papilles des *Usnea*...)

3 - Microscope (au moins $\times 600$, si possible $\times 1000$).

Cet instrument est surtout nécessaire pour l'étude des lichens crustacés et squamuleux, dont la détermination est basée sur les spores, entre autres leurs couleur, forme, dimension et structure. C'est pourquoi le microscope doit être équipé d'un micromètre. En outre, chez quelques genres (ex. *Acarospora*, *Calicium*) et les *Rhizodina* saxicoles, la détermination ne peut être certaine, sans l'usage de l'objectif à immersion.

B - Instruments mécaniques

- Petites pinces (de préférence avec des extrémités pointues et fines).
- Aiguilles.
- Lames de rasoir (pour faire des coupes).

C - Réactifs chimiques (v. tab. 5)

Le thalle et les apothécies de nombreux lichens se colorent sous l'action de plusieurs réactifs chimiques. Par exemple KOH (hydroxyde de potassium), NaOCl (hypochlorite de sodium)...

Ces réactions colorées jouent un grand rôle dans la détermination des lichens, et le lichénologue se sert de celles-ci, non seulement en laboratoire, mais aussi sur le terrain.

II - Méthodes d'étude

Avant de déterminer un lichen, il est préférable d'étudier d'abord soigneusement celui-ci (étude de prédétermination) et de noter sur une fiche les caractères micros-

copiques et les réactions colorées que l'on utilisera ensuite dans la détermination.

A - Etude du thalle

Outre la couleur et la nature du thalle (fruticuleux, foliacé...) on notera encore pour chacun :

1 - Présence éventuelle d'organes non sporogènes (isidies, soralies...).

2 - Structure.

L'étude est nécessaire seulement chez quelques lichens gélatineux (*Collema*, *Lep-togium*) et quelques lichens foliacés (*Anaptychia*, *Physconia*, *Physcia*). Il suffit d'une simple coupe faite à la main (à condition qu'elle soit suffisamment mince), sous la loupe binoculaire.

3 - Nature de l'algue.

Une détermination précise de l'algue n'est pas nécessaire. On notera seulement qu'il s'agit d'une algue verte (ex. algues protococcoïdes), d'une algue orange (*Trentepohlia*) ou d'une algue bleue (*Nostoc*, *Gloeocapsa*...). C'est seulement en de peu nombreuses occasions qu'on devra utiliser la clé de détermination des algues (premier appendice).

4 - Réactions colorées

On sectionne obliquement le thalle (afin de mettre à nu la médulle), ensuite on met une goutte de réactif sur le cortex et la médulle (les réactions de ceux-ci sont souvent différentes l'une de l'autre). Si le thalle est petit, on l'économise en utilisant successivement I, K et C sur la même partie du thalle ; mais dans tous les cas, il faut choisir une autre partie du thalle pour tester P. Quelquefois, principalement chez *Lecidea* s.l., il est préférable de contrôler au microscope la réaction de la médulle avec I. En outre, principalement si le thalle est de couleur sombre, la couleur de la réaction peut ne pas être très nette. Dans ce cas, on peut absorber le réactif ayant agi, sur un papier-filtre blanc. Sur celui-ci la couleur est mieux visible.

B - Etude des ascocarpes

Outre la couleur, la forme, le groupement, les dimensions, on étudie aussi les réactions et la structure des ascocarpes (cette étude cependant n'est pas nécessaire pour la détermination de la plupart des lichens fruticuleux et foliacés).

Pour observer les réactions d'une coupe d'ascocarpe, on met une goutte du réactif à un coin de la lamelle et on pose un fragment de papier filtre au coin opposé, en conséquence le réactif s'écoule d'un coin au coin opposé à travers les tissus de l'ascocarpe. Avec C, on observe attentivement au microscope, déjà un peu avant que le réactif n'atteigne la coupe, car la réaction est très fugace.

En ce qui concerne la structure des ascocarpes, nous traiterons séparément les apothécies et les périthèces, car ils sont très différents les uns des autres.

1 - Apothécies

a) Epithécium : couleur, éventuellement présence de cristaux (bien visibles à la lumière polarisée), réaction avec K, C, N et P.

b) Hyménium : hauteur, couleur, présence de gouttelettes d'huile ou de cristaux, réaction avec I.

c) Hypothécium et éventuellement subhyménium : couleur, plus rarement

Tableau 5 - Réactifs chimiques

Réactif	Formule	Abréviation	Présentation	Forme d'utilisation	Durée d'utilisation	Précaution de stockage et d'utilisation	Lichens-tests
Potasse	K^+, OH^-	K	Pastilles	Solution aqueuse saturée	1 an	Conserver à l'abri de l'air, (fermer le flacon après usage)	<i>Aspicilia subcircinata</i> calcicole : thalle K^+ (jaune puis rouge)
Hypochlorite de Sodium	Na^+, OCl^-	C	Solution concentrée du commerce en flacon plastique (eau de javel)	1/2 de solution concentrée + 1/2 d'eau	1 mois	Conserver à l'abri de l'air, renouveler régulièrement	<i>Diploschistes scruposus</i> thalle C^+ (rouge)
Solution iodo-iodurée (Lugol)	I_2^+ K^+, I^-	I	Paillettes d'iode (I_2) et cristaux d'iodure de potassium	Solution aqueuse saturée de K^+, I^- , à laquelle on ajoute I_2 (5-10 g/l, coloration brun acajou)	variable	Conserver à l'abri de la lumière (flacon brun) contrôler la couleur de la solution et éventuellement ajouter I_2 quand elle est devenue trop claire	<i>Rhizocarpon geographicum</i> médulle I^+ (indigo)
Acide nitrique	H^+, NO_3^-	N	Solution du commerce non fumante	1/3 de solution du commerce + 2/3 d'eau	plusieurs années	Eviter les contacts avec la peau et les objectifs	<i>Aspicilia coronata</i> thalle et épithécium N^+ (très vert)
Acide chlorhydrique	H^+, Cl^-	H	Solution du commerce	1/2 de solution du commerce + 1/2 d'eau	nombreuses années		
Paraphénylène diamine base	NH_2  NH_2	P	Cristaux de paraphénylène diamine base (et non chlorhydrate de paraphénylène diamine)	Solution alcoolique préparée extemporanément (environ 1cg de P dans 1 cm ³ d'alcool) ; on peut utiliser l'alcool à brûler dénaturé	quelques heures	Conserver les cristaux à l'abri de la lumière ; renouveler souvent la solution ; éviter le contact avec la peau ; éventuellement laver soigneusement celle-ci	<i>Cladonia pyxidata</i> thalle primaire et podétions P^- (rouge orangé)

hauteur.

d) Excipulum (parathécium, amphithécium) : caractères, principalement couleur, de la partie externe (cortex) et interne (médulle) ; réactions avec K, C, N, I, plus rarement P ; chez *Lecidea* s.l., on notera si l'excipulum et l'hypothécium sont en continuité ou non.

L'épithécium, l'hyménium et l'hypothécium peuvent être étudiés sur simple écrasement d'une apothécie, mais la structure de l'excipulum (qu'il faut étudier entre autres chez *Lecidea* s.l.) est seulement visible sur une coupe. Comme pour le thalle, on fera la coupe d'une apothécie de préférence, sous la loupe binoculaire.

2 - Périthèces

On notera les caractères de l'excipulum (ou pyrenium) et éventuellement ceux de l'involucrum. Une coupe de périthèces est beaucoup plus difficile à réaliser que celle d'une apothécie, surtout chez les lichens saxicoles. Aussi faut-il absolument utiliser une lame de rasoir neuve (il est commode de rompre la lame en quatre morceaux et de les utiliser successivement) et faire la coupe sous la loupe binoculaire. Si cet appareil est suffisamment puissant ($\times 60-80$), dans de nombreux cas il est possible, aussitôt après la coupe, d'observer les principaux caractères des périthèces. Si cela ne suffit pas, on devra examiner la coupe au microscope. Mais il arrive souvent, que ces coupes soient trop épaisses et pas assez transparentes. Alors il est préférable d'éclairer la préparation par dessus et d'utiliser la lumière polarisée. Chez les lichens calcicoles endolithiques, on peut aussi décalcifier la coupe par l'acide chlorhydrique dilué (HCl).

C - Étude des paraphyses

Avec un simple écrasement d'un ascocarpe (ou une coupe épaisse d'ascocarpe), on peut savoir, par l'examen microscopique, si les paraphyses sont cohérentes (les paraphyses ne se dissocient pas entre elles) ou non cohérentes (les paraphyses se dissocient plus ou moins facilement). Mais pour savoir si les paraphyses sont ramifiées et anastomosées, il est préférable d'utiliser une coloration (bleu coton en solution dans le lactophénol).

D - Étude des asques

Outre la forme et les dimensions, on note aussi la présence ou l'absence de tholus. C'est seulement en de rares occasions que l'étude de la structure du tholus, difficile pour les débutants, est nécessaire pour la détermination. Cependant, en utilisant cette méthode, on peut s'en servir en de multiples occasions, entre autres pour distinguer avec certitude des genres très semblables par d'autres caractères (ex. certains *Lecanora* des *Aspicilia*, *Lecidea* de *Lecidella*...).

Pour cette étude, un objectif à immersion et un éclairage suffisant sont nécessaires. On colore l'écrasement d'un ascocarpe par du lugol dilué à moitié ; si la coloration est trop forte, on ajoute un peu d'eau (à un angle de la lamelle) jusqu'à obtention du résultat désiré.

E - Étude des spores

On mesure les spores dans l'eau, mais le détail de leur structure doit souvent être étudié en présence de K : par ex. le nombre de cloisons (principalement si les cellu-

les des spores contiennent des gouttelettes d'huile qui gênent l'observation), la présence d'épaississement chez *Rinodina*...

F - Étude des pycnidiospores

La principale difficulté réside en la découverte des pycnides, qui ont l'aspect de petits périthèces colorés ou non, généralement enfoncés dans le thalle et malheureusement assez souvent absentes. Leur étude a une importance dans quelques genres, par exemple *Aspicilia* et *Opegrapha*.

Après humidification du thalle, on explore principalement les parties sans ascocarpes, car celles qui ont des fructifications sont généralement sans pycnides. Les pycnidiospores sont le plus souvent petites et par conséquent mesurables seulement si on dispose d'un objectif à immersion.

Appendice I

Les algues des lichens

Actuellement on compte 28 genres d'algues lichéniques, mais tous n'existent pas en Europe occidentale, entre autres le genre *Petroderma*, dont une espèce *P. maculiformis* (seule algue brune connue chez les lichens) se rencontre chez un seul *Verrucaria* maritime du littoral pacifique d'Amérique du Nord. Ces genres sont très inégalement répandus chez les lichens, et selon AHMADJIAN (1967), les algues de 90 % des lichens appartiennent à seulement trois genres : *Trebouxia*, *Trentepohlia* et *Nostoc*.

La détermination exacte de la plupart des algues est possible (pas toujours avec certitude) seulement après culture en laboratoire. Mais pour déterminer les lichens, une détermination précise de leur algue n'est pas nécessaire. En effet, il suffit, par un simple examen des cellules algales contenues dans le lichen, de déterminer seulement le genre, la famille, ou même le groupe de familles auquel l'algue appartient.

Cependant il faut prêter attention au fait que, outre l'algue en symbiose logée dans la couche algale, il peut aussi exister :

- une ou des algues dans des céphalodies ;
- des algues se développant sur des lichens (entre autres des cyanophycées du genre *Gloeocapsa* et des chlorophytes du genre *Palmella* (ce dernier genre ne fournissant pas d'algues de lichens).

Evidemment, pour la détermination des lichens on devra prendre en considération seulement les algues en symbiose et éventuellement les algues des céphalodies. C'est pourquoi, d'un point de vue pratique, il est préférable d'observer d'abord une coupe du thalle pour contrôler quelle algue se trouve dans la couche algale (et éventuellement dans les céphalodies), ensuite si nécessaire, écraser la coupe pour observer en détail les cellules algales.

Enfin, si possible, il est préférable d'observer les cellules algales de thalles frais, principalement dans le cas des *Trentepohlia*.

Détermination des algues

11 Contenu cellulaire très vert, avec (sur thalle frais) des grains d'amidon I + (indigo).

Chlorophytes

(à l'exception des Trentepohliacées)

222 Cellules la plupart subcylindriques, parfois subfusiformes ou réniformes, extrémités rondes ou plus rarement pointues, parfois groupées en courtes chaînettes, sans pyrénocyste, mais avec chloroplaste pariétal pas très grand. Seulement chez les Caliciales.

Stichococcus Näg.

22 Cellules ± allongées (ellipsoïdes ± déformées ou en croissant) parfois entourées d'une enveloppe gélatineuse, principalement à la fin du développement, sans pyrénocyste, mais avec chloroplaste pariétal très grand. Chez *Peltigera*, *Solorina*, *Nephroma*, *Baeomyces*, *Icmadophila*, *Epigloea*, « *Coriscium* », « *Botrydina* ».

Coccomyxa Schmilde

2 Cellules le plus souvent sphériques, ovoïdes ou ellipsoïdales courtes.

33 Cellules isolées ou en petits groupes situés dans un amas gélatineux rond ou polyédrique, à chloroplaste pariétal, en forme de coupe, et pyrénocyste basal. Seulement chez *Gloeocystis*.

Gloeocystis Näg.

3 Cellules non situées dans des amas gélatineux.

« Algues protococcoïdes »

44 Cellules (le plus souvent isolées mais par 2-32 quand elles se sont divisées), avec chloroplaste grand, central, ± entier ou profondément divisé, avec de 1 à 3 pyrénocystes bien visibles.

55 Paroi cellulaire avec surface extérieure lisse. La plus répandue des algues des lichens. Syn. : *Cystococcus* Treboux non Näg.

Trebouxia De Puym.

5 Paroi cellulaire avec surface extérieure rugueuse chez *Polyblastia amota*

Trochiscia granulata Tscherm.-W.

4 Cellules avec chloroplaste pariétal.

55 Cellules agglutinées par une enveloppe gélatineuse mince.

66 Chloroplastes en forme de coupe, avec pyrénocystes. Cellules groupées en petites colonies ± sphériques. - Chez *Lecidea plana* et *L. lapicida*.

Synonyme : *Chlorosarcina m.* Gerneck -

Chlorosarcinopsis minor (Gerneck) Herndon.

6 Chloroplaste non en forme de coupe, sans pyrénocyste. Cellules isolées ou réunies en groupes ± irréguliers.

77 Chez *Verrucaria nigrescens* et *Lecidea humosa*.

Coccobotrys Chodat

7 Chez *Thrombium epigaeum*.

Leptosira thrombii Tscherm.-W.

5 Cellules isolées ou réunies en groupe mais non agglutinées par une enveloppe gélatineuse. Chez *Lecidea*, *Psora*, *Catillaria*, *Biatorella*, *Dermatocarpon*, *Staurothele*, *Verrucaria*.

Myrmecia Printz, *Chlorella* Beijerinck, *Desmococcus* Brand.

(La synonymie des genres *Pleurococcus* et *Protococcus* est tellement confuse que les auteurs récents (BOURELLY, 1970) se servent d'un nouveau nom, *Desmococcus*).

1 Contenu de la cellule algale non ou pas très vert, sans grains d'amidon, l-.

222 Cellules contenant toujours des gouttelettes d'huile orangée (à cause d'un caroténoïde), presque toujours sans pyrénolide.

Trentepohliacées.

33 Cellules réunies en amas aplatis, rarement partiellement isolées, parfois donnant naissance à des filaments, ou bien réunies en filaments rayonnants. Chez les *Strigula* foliicoles.

Cephaleuros Kunze

3 Cellules isolées ou réunies en filaments, avec chloroplaste pariétal, rubané, se fragmentant à un stade ± précoce, ou bien caché par de grosses gouttelettes d'huile pigmentée, ou bien ± visibles si les gouttelettes d'huile sont peu nombreuses et petites.

Chez *Catinaria*, *Ionopsis*, *Cystocoleus*, *Racodium* et de nombreux lichens de l'ordre des Ostroporales (Graphidacées, Thélotrémacées...), Caliciales, Gyalectales, Arthoniales, Sphérialiales, (*Pyrenula*, *Porina*...) et Pléosporales (*Arthopyrenia*...)

Trentepohlia Mart.

22 Cellules (allongées) sans gouttelettes d'huile ni pyrénolide, avec de 2 à 7 chloroplastes pariétaux vert-jaunâtre, isolés ou réunis en filaments très courts. Ex. chez *Verrucaria elaeomelaena*. La seule algue jaune connue chez les lichens.

Heterospora caespitosus Vischer.

2 Cellules sans chloroplaste, ni gouttelette d'huile pigmentée, ni pyrénolide, ni grain d'amidon, avec cytoplasme contenant un pigment diffus bleu-vert (parfois ± brunâtre).

Cyanophycées

33 Cellules réunies en filaments entourés d'une enveloppe ± gélatineuse incolore ou presque.

44 Filaments ramifiés, formés de plusieurs rangées de cellules entourées chacune d'une enveloppe épaisse. Cellules toujours pigmentées. Chez *Ephebe* et *Spilonema*.

Stigonema Agardh.

4 Filaments formés seulement d'un seul rang de cellules, entourés chacun d'une enveloppe mince.

55 Cellules toujours pigmentées, longuement cylindriques, réunies en filaments ramifiés. Chez *Arthopyrenia halodytes*.

Hyella Born. et Flah.

5 Outre les cellules pigmentées, il existe aussi des cellules non pigmentées (hétérocystes) un peu plus grandes que les autres, peu nombreuses, isolées le long des filaments qui sont tous non ramifiés.

66 Cellules cylindriques courtes, avec la plus grande dimension presque toujours de plus de 5 µm. Filaments souvent munis de fausses

ramifications formées par des filaments appliqués par la base à de plus longs filaments, et divergeant à partir de ceux-ci.

77 Filaments aux extrémités pointues. Hétérocystes situés à la base des filaments. Chez *Lichina*, *Placynthium* et *Porocyphus*.

Rivulariacées.

Calothrix Agardh., ***Dichothrix*** Zanard, ***Rivularia*** Roth.

7 Filaments aux extrémités non pointues. Hétérocystes non situés à la base des filaments. Chez *Petractis clausa*, *Coccocarpia*, *Erioderma*, *Heppia*, *Koerbera*, *Polychidium*, *Thermutis*, *Zahlbrucknerella*,...

Scytonema Agardh.

6 Cellules sphériques, de moins de 6 μm de diamètre. Hétérocystes non situés à la base des filaments. Filaments en chaînettes, entourés d'une abondante masse gélatineuse. Chez les Peltigéracées, Panariacées, Collématacées,...

Nostoc Vaucher.

3 Cellules non réunies en filaments, isolées ou se réunissant en amas.

44 Cellules \pm sphériques ou difformes, sans enveloppes gélatineuses colorées et emboîtées les unes dans les autres.

55 Cellules d'un beau vert bleu avec la plus grande dimension de moins de 6 μm , parfois dispersées dans une masse gélatineuse \pm sphérique.

Nostoc

5 Cellules souvent \pm brunâtres avec la plus grande dimension presque toujours de plus de 6 μm .

Scytonema et **Rivulariacées.**

4 Cellules entourées d'enveloppes gélatineuses, emboîtées les unes dans les autres, devenant pourpres ou jaune brunâtre à la surface et près de la surface.

Chroococcacées

55 Cellules \pm sphériques.

66 Cellules (15-40 μm) généralement par 2-4. Enveloppes gélatineuses des cellules relativement minces, et habituellement \pm pourpres à la surface ou au voisinage de la surface. Chez *Phylliscum* et probablement aussi *Lichinella*.

Chroococcus Näg.

6 Cellules de moins de 10 μm de diamètre, généralement par 2-8. Enveloppes gélatineuses de cellules épaisses, pourpres ou jaune brunâtre à la surface ou au voisinage de celle-ci. Chez *Gonohymenia*, *Gloeoheppia*, *Psorotichia*, *Forssellia*, *Peccania*, *Synalissa*, *Thyrea*, *Anema*.

Gloeo capsa Kütz.

5 Cellules subcylindriques ou longuement ellipsoïdales, généralement par 2-8. Enveloppes gélatineuses des cellules pas très épaisses, \pm jaune brunâtre. Chez *Arthopyrenia areniseda* et *A. subareniseda*.

Gloeothece Näg.

Appendice 2

Étude chimique des lichens

Les réactions colorées du thalle provoquées par les réactifs dont nous avons déjà parlé, se produisent sous l'effet de diverses substances chimiques dénommées acides lichéniques. Dans certains cas (p. ex. chez *Parmelia* et *Cladonia*) la détermination de variétés chimiques ou même d'espèces n'est pas possible au moyen des seules réactions colorées, car les acides lichéniques, par lesquels se différencient ces espèces et variétés, donnent la même réaction colorée avec les réactifs.

Actuellement, existent des méthodes de laboratoire pour la détermination des acides lichéniques, basées sur les principes de la chromatographie ou de la spectrophotographie. Mais, sauf dans de rares cas particuliers, elles sont seulement utilisables par le spécialiste. D'autres méthodes, basées sur les tests microchimiques, sont utilisables par les non spécialistes, mais malheureusement, moins fiables que les précédentes.

I - Tests microchimiques

A - Méthodes

On met un morceau de thalle sur une lame de microscope et, goutte après goutte, on laisse tomber sur lui de l'acétone, en attendant que chaque goutte soit évaporée avant de laisser tomber la suivante ; après quelques minutes, et moins si on utilise une plaque chauffante, autour du fragment apparaissent des anneaux blanchâtres ou jaunâtres, pulvérulents ou gommeux : c'est l'extrait acétonique, qui contient les acides lichéniques à tester.

Alors, on enlève le fragment de thalle, on ajoute une goutte du réactif cristallo-gène (voir paragraphe B), on met une lamelle sur la lame et on chauffe modérément la préparation, jusqu'à ce que l'extrait du thalle soit entièrement solubilisé ou que de petites bulles apparaissent.

Enfin, après 5 à 10 minutes de repos à la température ambiante, on observe au microscope ($\times 100$) la forme et la couleur des cristaux qui se forment principalement au bord de la lamelle et autour des particules de l'extrait qui ne sont pas dissoutes.

B - Principaux réactifs cristallo-gènes

GAc : glycérol et acide acétique (1:1),
 GEA : glycérol, éthanol et eau (2:1:1),
 GEAn : glycérol, éthanol et aniline (2:2:1),
 GEK : glycérol, éthanol et quinoléine (2:2:1),
 GET : glycérol, éthanol et orthotolidine (2:2:1).

Comme nous prenons rarement en considération les acides lichéniques dans les clés de détermination, nous donnerons des précisions dans chaque cas particulier.

II - Méthode simplifiée de chromatographie pour l'identification des acides lichéniques (par J.-C. BOISSIÈRE).

Il existe une méthode simple et codifiée pour identifier les différentes substances chimiques des lichens (CULBERSON et KRISTINSSON 1970), dans laquelle on utilise une plaque chromatographique du commerce, trois solvants et une cuvette chromatographique. Après chromatographie des extraits lichéniques obtenus successivement par les trois solvants, on identifie les substances lichéniques grâce à leur migration sur la plaque sous l'action des solvants. Cette méthode nécessite un minimum de matériel qu'on trouve habituellement en laboratoire mais pas à domicile. C'est pourquoi nous en proposons une méthode simplifiée.

A - Matériel nécessaire (entre parenthèses : prix approximatif en francs français 1984 ; pour les liquides, prix du litre)

1 - Liquides : acétone (16 FF), acide acétique (28 FF), dioxane (30 FF), benzène (18,5 FF), acide formique (18 FF), n-hexane (41,5 FF), toluène (16 FF), acide sulfurique (13 FF), oxyde de diéthyle (40 FF)

2 - Gel de silice 60F254 sur feuille d'alumine 20 × 20 cm² Merck, réf. 5554 (25 feuilles pour 413 FF).

3 - Cent petits tubes à prélèvement de 5 µl (« microcaps », référence 030 100 07, 93 FF).

4 - Tube à prélèvement et éprouvettes graduées pour mesurer les quantités de liquide.
5 - Quelques verres de montre (récipient en verre et en forme de calotte) et un compte gouttes.

6 - Cinq bocaux de forme élevée, de 37 cl, propres et secs, avec couvercle étanche (p.e. pot à confiture)

7 - Vaporisateur pour nébuliser finement les liquides.

8 - Four électrique, dont la température (après préchauffage) est stabilisée à 100-110° C.

B - Méthode

Note : Il faut absolument que la verrerie soit sèche et propre.

1 - Préparation de la plaque

Partager la plaque chromatographique 20 × 20 cm² en 8 rectangles de 5 × 10 cm² sans toucher de la main le gel de silice. A la pointe d'un crayon HB tracer deux lignes : l'une à 10 mm du bord inférieur, la ligne de départ, sur laquelle on marque à égale distance six petits traits numérotés (sauf l'endroit du test indiqué par P) ; l'autre à 5 mm du bord supérieur de la ligne d'arrivée (fig. 78a, p. 69).

2 - Extraction

Prélever environ 1 cm² du lichen, le déposer dans un verre de montre et verser sur ce fragment 3 gouttes d'acétone.

3 - Dépôt des extraits

Plonger l'extrémité du tube à prélèvement dans l'extrait acétonique, celui-ci s'élève par capillarité ; presser la poire pour faire tomber une goutte sur la marque 1 de la plaque. La tache ainsi formée ne doit pas dépasser 4 mm de diamètre ; à ce moment, il est nécessaire d'attendre que l'acétone se soit évaporée, pour éventuellement ajou-

ter 1 à 3 gouttes de plus au même endroit. Laver le tube à prélèvement et le récipient avec de l'acétone avant de déposer l'extrait du deuxième lichen sur la marque 2. Sur la marque P on déposera l'extrait de deux lichens tests : *Platismatia glauca* et *Parmelia acetabulum*, qui contiennent le premier de l'atranorine (A), le deuxième de l'acide norstictique (N) et un peu d'atranorine.

4 - Préparation (juste avant l'usage) de l'un des trois solvants.

A : Benzène (36 ml), dioxane (9 ml) et acide acétique (1 ml) ;

B : Hexane (13 ml), éther éthylique (10 ml) et acide formique (2 ml) ;

C : Toluène (20 ml) et acide acétique (3 ml).

5 - Séparation des substances lichéniques sous l'action de l'un des trois solvants

Verser 18 à 20 ml de la solution dans un bocal, fermer celui-ci et attendre 10 minutes pour atteindre la saturation de vapeur.

a) Solvant A : mettre la plaque dans le bocal de solvant et fermer celui-ci.

b) Solvant B : d'abord mettre la plaque au-dessus de la solution d'acide formique (à 60 %) enfermée dans le flacon. Après 5 minutes, retirer rapidement la plaque et la placer dans le bocal de solvant et fermer celui-ci.

c) Solution C : d'abord placer la plaque au-dessus de quelques ml d'acide acétique enfermée dans un bocal. Après 5 minutes, retirer rapidement la plaque et l'enfermer dans le bocal de solvant et refermer celui-ci.

Dans les trois cas, on vérifie l'arrivée du front de solvant à la ligne supérieure ; quand cela a lieu, on retire la plaque et on la laisse sécher.

6 - Mise en évidence par un révélateur de substances lichéniques

Nébulliser sur la plaque de l'acide sulfurique en solution à 10 % (le révélateur), placer ensuite la plaque dans un four préchauffé à 100-110° C. Après chauffage de 15 minutes, des taches colorées apparaissent.

7 - Interprétation

Une substance lichénique peut être identifiée par la hauteur qu'elle atteint comparativement avec la ligne supérieure et les lignes N et A (hauteurs atteintes respectivement par le front de solvant, acide norstictique et atranorine : paragraphe 3). Le rapport hauteur atteinte par la substance et hauteur atteinte par le front du solvant, nommé « front de référence » (Rf) caractérise la substance ; sa valeur dépend malheureusement de la température, de la quantité d'eau dans la solution, du pH...

Numéroter 1 la ligne de départ et tirer quatre lignes horizontales : une au niveau de N (numéroté 4), une autre au niveau de A (7), deux autres à égale distance respectivement de 1 et 4 et de 4 et 7. Enfin numéroter 2, 3, 5, et 6 les intervalles entre ces lignes et 8 l'intervalle entre 7 et la ligne d'arrivée. Ainsi la hauteur atteinte par chaque substance sera désignée par un chiffre de 1 à 8 (fig. 78b, p. 69).

Pour choisir entre deux taxons morphologiquement indéterminables ou très difficilement déterminables, une seule chromatographie suffit le plus souvent (fig. 78b) ; mais l'identification d'une substance nécessite parfois l'utilisation des trois solvants, car chaque substance lichénique est caractérisée par 3 Rf (un pour chaque solvant, de A à C). Pour l'identification de la substance, il faut utiliser aussi les réactions avec K, C, KC et P et noter sa couleur avant et après action de l'acide sulfurique (*).

(Voir le tableau 6 p. 68 ; ce tableau n'est pas complet ; pour plus d'information, voir la méthode originale de CULBERSON C.F. et KRISTINSSON H.D., 1970. A standardized method for the identification of lichens products, *Journal of Chromatography*, 46 : 85-93).

(*) Erreur des auteurs, ici corrigée.