

3<sup>e</sup> Espèces moins abondantes.

Pedicularis (Ederi) Vahl.	Primula scotica Hook.
Arctostaphylos alpina Spreng.	Viola biflora L.
Potentilla maculata Pour.	Cerastium arvense L.
Taraxacum Dens-leonis Desf.	Diapensia laponica L.
Arabis alpina L.	Alsine stricta Wohl.
Campanula rotundifolia L.	Draba rupestris R. B.
Luzula spicata DC.	Petasites niveus Baung.
Sedum Rhodiola DC.	Rumex acetosa. L. var. alpestris L.
Leontodon autumnale L.	Eriophorum Scheuchzeri Hoppe.
Lycopodium Selago L.	Hieracium alpinum (?).
— alpinum L.	Cardamine bellidifolia All.

## IV. — Au sommet (1800 mètres).

*Salix herbacea* L.

Ces quelques exemples font voir comment nous avons recueilli nos observations.

Nous insistons sur cette manière bien simple de procéder, parce qu'on ne saurait déduire rien de sérieux sur la distribution des végétaux, si l'on n'avait seulement à sa disposition que des listes de plantes récoltées en herborisation.

Une espèce représentée sur une même surface par mille individus n'y pourrait être distinguée d'une autre espèce qui ne serait représentée sur cette même surface que par un seul échantillon. Les indications générales et toujours plus ou moins vagues des flores sont également insuffisantes.

Pour faire des études sur la distribution des végétaux, il est essentiel de noter les conditions physiques du milieu et la *fréquence relative* des espèces.

Au sujet spécial de nos observations comparatives sur la Scandinavie, les Alpes et les Pyrénées, on trouvera les résultats de nos observations dans les *Annales des sciences naturelles* (1).

M. Van Tieghem fait la communication suivante :

SUR LA FERMENTATION DE LA CELLULOSE, par **M. Ph. VAN TIEGHEM.**

Le 18 mars 1850, Mitscherlich annonçait à l'Académie de Berlin que la cellulose fermente. L'expérience est fort simple. On met dans l'eau des tranches de pomme de terre. Après quelques jours, si les circonstances

(1) *Observations sur les modifications des végétaux suivant les conditions physiques du milieu*, t. VII, 6<sup>e</sup> série, 1879, p. 93.

et notamment la température sont favorables, les cellules du parenchyme se désagrègent d'abord, puis se dénudent ; la cellulose qui les unissait et les recouvrait a disparu ; l'amidon est tombé au fond avec les débris du protoplasma. On filtre, et dans le liquide on introduit des tranches nouvelles : elles se désagrègent plus vite que les premières ; et l'on peut recommencer souvent, car à chaque fois le ferment se multiplie. Le liquide actif ne contient trace d'aucun Champignon, mais il est tout rempli de Vibrions, et Mitscherlich ajoute : « Il se peut que ces Vibrions soient, ici aussi, l'agent du phénomène (1). »

En 1865, au cours de ses recherches sur les laticifères, pendant qu'il isolait ces organes par la macération des tissus qui les renferment, M. Trécul a découvert autour et à l'intérieur de ces tubes, autour et à l'intérieur des cellules du parenchyme environnant, des corpuscules amylofères qu'il a nommés *Amylobacter* et dont il a distingué trois genres d'après leur forme, qui est en cylindre (*Amylobacter* vrai), en fuseau (*Clostridium*), ou en têtard (*Urocephalum*). Suivant lui, ces corps naissent, tous à la fois et spontanément, dans les laticifères et les cellules closes, par une transformation directe du protoplasma (2).

Il y a près de deux ans (3), j'ai montré à la Société que loin de constituer trois genres distincts, les *Amylobacter* de M. Trécul ne sont autre chose que l'un des états successifs d'une seule et même espèce appartenant au genre *Bacillus* de la famille des Bactéries, dont j'ai suivi le développement depuis une spore primitive jusqu'aux spores nouvelles, et que j'ai appelée *Bacillus Amylobacter*. Avant de parvenir à sa phase amyloacée, pendant qu'il est encore en voie d'allongement et de division, ce Bacille peut pénétrer dans la cavité des cellules en traversant la membrane ; j'ai assisté à cette pénétration, qui ne surprendra personne tout à l'heure. Là il continue d'abord à s'allonger et à se diviser ; puis les nombreux articles ainsi produits et isolés se chargent d'amidon, tous à la fois et par une nutrition indépendante. En sorte que si, à l'exemple de M. Trécul, on ne les recherche que par les réactifs iodés, ils doivent paraître nés sur place, simultanément et spontanément. Du même coup j'ai ainsi expliqué très-simplément les faits observés par M. Trécul, et écarté un argument en faveur de la génération spontanée auquel personne jusqu'alors n'avait répondu.

En même temps j'ai montré que ce Bacille est anaérobie, et qu'il possède la propriété remarquable de dissoudre la cellulose et de la faire fermenter avec dégagement de gaz. Qui s'étonnera maintenant s'il perce çà et là la

(1) *Monatsberichte der Berliner Akademie*, 18 mars 1850.

(2) *Comptes rendus*, 1865, t. LXI, p. 456 et p. 436. — *Ibid.* 1867, t. LXV, p. 513.

(3) *Bulletin de la Société botanique*, séance du 23 mars 1877.

membrane d'une cellule pour aller poursuivre et terminer son développement dans sa cavité? L'*Amylobacter* est le ferment figuré de la cellulose. C'est lui le Vibrion, que Mitscherlich a vu pulluler dans le liquide et qu'avec raison il a supposé « devoir être, ici aussi, le principe actif ».

Ainsi se sont trouvées rattachées l'une à l'autre, comme exprimant deux aspects différents d'un seul et même phénomène, l'expérience de Mitscherlich et l'observation de M. Trécul (1).

J'ai poursuivi ces recherches. Parmi les résultats nouveaux que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à la Société, il en est plusieurs qui, intéressant la définition même du sujet, doivent nous occuper tout d'abord.

Toutes les membranes des cellules végétales sont-elles indifféremment attaquées par l'*Amylobacter*? En aucune façon. A vrai dire, je ne connais qu'un seul état où toutes les cellules de toutes les plantes aient leurs membranes, si épaissies qu'elles puissent être, également dissoutes par lui : c'est l'état d'embryon (2). Dès que la plante, en se développant, a spécialisé et solidifié ses tissus, on y remarque de profondes différences. Pour les apprécier, la méthode la plus sûre est de placer dans l'eau en vase clos, et à l'étuve vers 30 à 35 degrés, le tissu à essayer découpé en tranches minces, avec un fragment d'un tissu très altérable quelconque et des spores d'*Amylobacter*. Celui-ci se développe toujours tout d'abord aux dépens du tissu altérable et pullule dans le liquide ; mais, selon les cas, il désagrège ou laisse intact le tissu essayé. Pour éviter autant que possible l'intrusion dans ces cultures d'organismes différents apportés par l'eau, l'air, le vase ou les tissus, lesquels, en nuisant à l'*Amylobacter*, pourraient fausser le résultat, on utilise la propriété de résister à la température de 100 degrés que les spores d'*Amylobacter* partagent avec celles de quelques autres

(1) La cellulose étant une des substances les plus insolubles que l'on connaisse, ces premières recherches nous ont introduit dans un ordre général de phénomènes peu exploré jusque-là : la fermentation des matières insolubles produites par les êtres vivants. Question plus complexe encore que celle des fermentations ordinaires, puisque le ferment doit exécuter ici un double travail : transformer d'abord la matière insoluble en une substance soluble, en un mot la digérer ; puis décomposer, faire fermenter cette substance soluble. Le *B. Amylobacter*, par exemple, digère d'abord la cellulose, comme l'embryon du Blé, ou mieux du Caféier et du Dattier digère à la germination la cellulose accumulée pour lui dans l'albumen ; mais ensuite il fait fermenter le principe soluble obtenu, ce que ne fait pas cet embryon qui se l'assimile en entier. Jusqu'à quel point ces deux phases du phénomène, la digestion et la fermentation proprement dite, accomplies successivement par le même organisme, sont-elles distinctes dans le temps et peuvent-elles être isolées ? Jusqu'à quel point la première peut-elle être rattachée à la sécrétion d'une diastase ? Ce sont des questions sur lesquelles nous aurons à revenir plusieurs fois dans cette longue suite de recherches qui m'occupent activement. Tenons-nous-en aujourd'hui à la cellulose et à l'*Amylobacter*.

(2) Précédée d'un gonflement considérable, la dissolution attaque d'abord la lamelle moyenne qui unit les cellules en tissu ; puis, dans chacune des cellules ainsi dissociées, elle s'opère progressivement de dedans en dehors. La marche de ce phénomène sera décrite en détail dans mon mémoire.

Bacilles; on les sème dans le liquide bouillant qu'on laisse ensuite refroidir à la température de l'étuve. On y gagne à la fois en pureté et en rapidité.

Par cette méthode, ce qui résiste, c'est d'abord toute membrane où, par les progrès de l'âge, la cellulose s'est transformée ou incrustée: cutifiée, par exemple (cuticule) (1), ou subérifiée (liège, périderme, endoderme), ou lignifiée (fibres et vaisseaux du bois, cellules scléreuses), ou minéralisée (cellules à membrane siliceuse ou calcaire). Cependant quand elle est gélifiée (*Ascococcus*, *Nostoc*), la matière gélatineuse peut être dissoute et décomposée par l'*Amylobacter*. Ce qui résiste encore, ce sont plusieurs tissus où la cellulose s'est pourtant conservée pure, comme les fibres du liber (on extrait les fibres textiles par le rouissage, c'est-à-dire par l'action en grand des *Amylobacter*), comme les laticifères (on les sépare par la macération, qui est encore l'œuvre des *Amylobacter*), comme la moelle des tiges à partir d'un certain âge, etc. Ce qui est dissous, au contraire, dans une plante phanérogame aérienne, outre l'embryon, l'albumen et les jeunes extrémités des tiges et des racines qui disparaissent en entier, c'est le parenchyme séveux de l'écorce, de la moelle jeune, des feuilles, des fleurs et des fruits; ce sont les divers éléments du bois mou, du liber mou et du cambium; c'est le parenchyme de réserve des tubercules, rhizomes et bulbes, etc. Mais il n'en est plus de même dans les Phanérogames aquatiques submergées; ici la cellulose de tous les éléments de la tige et des feuilles résiste aux *Amylobacter*, et c'est là, pour cette sorte de plantes, une nécessité d'existence. Parmi les Cryptogames, il en est de même des Characées et des Algues, et l'*Amylobacter*, qui est une Algue, en donne un frappant exemple. La cellulose des Champignons demeure aussi le plus souvent inaltérée; cependant elle est dissoute dans les tissus de réserve des sclérotés. Celle des Mousses, des Sphaignes, des Hépatiques et des Lycopodes, celle des feuilles des Fougères, résiste, tandis que le parenchyme du rhizome des Fougères et de la tige des Prêles est dissous.

Au point de vue de la digestibilité par l'*Amylobacter*, il y a donc, comme on voit, de grandes différences dans une même plante suivant les tissus, dans un même tissu suivant les plantes. Sous ce rapport, il y a cellulose et cellulose, comme M. Fremy l'a montré depuis longtemps par l'action de divers réactifs, auxquels il convient désormais d'ajouter l'*Amylobacter*. Par là le sujet de ce travail se trouve mieux défini, restreint qu'il est maintenant à la cellulose digestible. Mais, en outre, il découle de ces résultats deux applications que je ne puis qu'indiquer ici: l'une physiolo-

(1) M. Brongniart a isolé la cuticule en faisant macérer des feuilles de Chou, c'est-à-dire, on le sait maintenant, en les livrant en proie aux *Amylobacter*.

gique, relative aux divers degrés de digestibilité de la cellulose des différents végétaux pour l'homme et pour les animaux, degrés dont l'*Amylobacter* donne peut-être la mesure; l'autre paléontologique, relative aux chances inégales de fossilisation dans l'eau que présentent les diverses plantes suivant leur nature, chances qui, toutes choses égales d'ailleurs, sont d'autant plus grandes que la cellulose résiste mieux à l'*Amylobacter* et que l'eau est moins propre à son développement.

Quelle est maintenant l'action de ce Bacille sur les matières insolubles qui sont contenues dans les cellules dont il a dissous la membrane? Prenons pour exemple une cellule de réserve placée dans l'eau à l'état de vie latente, et renfermant des substances albuminoïdes insolubles avec de la matière grasse ou avec des grains d'amidon. L'*Amylobacter* ne touche, ni aux grains d'amidon (on les retire des tissus amylicés par fermentation, c'est-à-dire après l'action des *Amylobacter*), ni à la matière grasse, ni aux substances albuminoïdes. Il laisse donc le corps de la cellule inaltéré dans sa forme et dans sa structure; il le dénude, et voilà tout (1).

Dans les cultures d'*Amylobacter*, on ne peut donc pas, comme aliment carboné, substituer à la cellulose l'amidon en grains, ni la matière grasse, et il faudra également fournir l'aliment azoté à l'état de dissolution. Mais l'amidon soluble convient parfaitement; en y ajoutant des nitrates et des sels minéraux, on réalise un milieu artificiel où l'*Amylobacter* se développe aux dépens de l'amidon, qu'il fait fermenter avec dégagement de gaz. On obtient le même résultat avec la dextrine, la glycose et le sucre de Canne. A vrai dire, l'*Amylobacter* transforme d'abord l'amidon soluble en dextrine et la dextrine en glycose; il intervertit d'abord le sucre de Canne par une diastase qui agit en dehors de lui: c'est toujours, en définitive, la glycose qui fermente. Il en est de même quand c'est la cellulose qui fournit à l'*Amylobacter* son aliment carboné; elle est d'abord amenée à l'état de dextrine, puis de glycose, et c'est encore en réalité la glycose qui fermente. Les produits de cette fermentation spéciale et nouvelle de la

(1) Mais ce que l'*Amylobacter* est impuissant à faire, d'autres êtres microscopiques ont pouvoir de l'accomplir; comme je le montrerai ultérieurement. Il y a un organisme qui dissout les grains d'amidon; un autre transforme et saponifie la matière grasse; un autre encore attaque et rend solubles les substances albuminoïdes: à chacun son œuvre. Et il faut le concours, simultané ou successif, de ces quatre organismes pour venir à bout d'une cellule de réserve plongée dans l'eau à l'état de vie latente, si elle contient à la fois sous sa membrane de cellulose, des substances albuminoïdes, de la matière grasse et des grains d'amidon. Entre ces quatre êtres, il y a donc, au moins en ce qui concerne la première phase de leur action sur ces quatre sortes de substances, une spécialisation, une division du travail analogue à celle que l'on observe le long du tube digestif d'un animal supérieur. Encore ne sait-on rien, chez les animaux supérieurs, sur le mécanisme de la digestion de la cellulose, ni sur la région du tube digestif où elle s'opère et qui correspond aux *Amylobacter*.

glycose par le *Bacillus Amylobacter*, où se ramènent, comme on voit, celles de la cellulose, de l'amidon soluble, de la dextrine et du sucre de Canne, feront l'objet d'un travail spécial. Disons seulement qu'il s'y dégage de l'acide carbonique et de l'hydrogène, et qu'il s'y produit un acide qu'il faut neutraliser par le carbonate de chaux au fur et à mesure qu'il se forme, sous peine de voir l'acidité croissante du milieu empêcher bientôt le développement de l'*Amylobacter*.

Dans une pareille fermentation de glycose en activité, si l'on introduit quelques tranches minces d'un organe très altérable, d'un Radis, par exemple, le résultat est assez surprenant. Tant qu'il y a du sucre, les tranches de Radis ne sont pas attaquées. Elles, si altérables dans l'eau pure, peuvent se conserver intactes plusieurs semaines durant au sein d'un liquide où pullulent les *Amylobacter*, si dans ce liquide on a mis beaucoup de sucre et si la fermentation est lente. Mais attend-on la fin, ou vient-on à un moment quelconque à enlever le liquide sucré et à le remplacer par de l'eau ordinaire, elles disparaissent en quelques heures. En présence de ces deux matières, le sucre et la cellulose, l'*Amylobacter*, puisant sa nourriture à la source la plus accessible, ne s'attaque d'abord qu'au sucre. Celui-ci épuisé, il porte son effort sur la cellulose, qui exige plus de travail.

Cette expérience va nous permettre de décider si l'*Amylobacter* agit sur la cellulose par l'intermédiaire d'une diastase, qu'il formerait en excès et répandrait au dehors. Car, s'il en est ainsi, cette diastase de cellulose se formera tout aussi bien quand le ferment vit et se développe dans la glycose, de même que la diastase inversive se produit tout aussi bien dans ces conditions, malgré qu'il n'y ait pas de sucre à intervertir; elle s'accumulera même dans le liquide, s'y trouvant sans emploi. De fines tranches de Radis plongées dans une fermentation de glycose en train depuis plusieurs jours, devront donc disparaître, ou tout au moins offrir au microscope quelque marque de dissolution. On vient de voir qu'il n'en est rien. Il ne paraît donc pas qu'il y ait une diastase de cellulose formée en excès par l'*Amylobacter* et agissant à distance en dehors de lui. Comme le montrent d'ailleurs les observations microscopiques, c'est au contact direct de l'*Amylobacter* avec la cellulose que se produit l'action dissolvante du premier corps sur le second. Si l'hypothèse d'une diastase s'offre naturellement à l'esprit pour expliquer cette première phase de la fermentation de la cellulose et en général des matières insolubles produites par les êtres vivants, il faut convenir que, dans ces conditions, elle est difficilement vérifiable.

M. Prillieux présente à ce sujet les observations qui suivent :



Van Tieghem, Phillippe Édouard Léon. 1879. "Sur La Fermentation De La Cellulose." *Bulletin de la Société botanique de France* 26, 25–30.

<https://doi.org/10.1080/00378941.1879.10825719>.

**View This Item Online:** <https://www.biodiversitylibrary.org/item/8649>

**DOI:** <https://doi.org/10.1080/00378941.1879.10825719>

**Permalink:** <https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/159636>

**Holding Institution**

Missouri Botanical Garden, Peter H. Raven Library

**Sponsored by**

Missouri Botanical Garden

**Copyright & Reuse**

Copyright Status: Public domain. The BHL considers that this work is no longer under copyright protection.

This document was created from content at the **Biodiversity Heritage Library**, the world's largest open access digital library for biodiversity literature and archives. Visit BHL at <https://www.biodiversitylibrary.org>.