Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 21 (1885)

Heft: 93

Artikel: Recherches sur l'amidon soluble et son rôle physiologique chez les végétaux

Autor: Dufour, Jean

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-260545

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

RECHERCHES
SUR
L'AMIDON SOLUBLE
et son rôle physiologique chez les végétaux,

PAR LE

Dr Jean DUFOUR
assistant au Polytechnicum.

Le titre du présent travail paraîtra peut-être, au premier abord, assez paradoxal. Le botaniste est habitué, en effet, à rencontrer constamment l'amidon sous la forme de granules microscopiques, organisés, insolubles dans l'eau et dans l'alcool. Cet amidon en grains est, on le sait, excessivement répandu dans les tissus végétaux; il constitue non-seulement le produit le plus ordinaire de l'assimilation des cellules à chlorophylle, mais, très fréquemment aussi, un matériel nutritif de réserve, emmagasiné dans certains organes : tubercules, rhizomes, bulbes, etc.

La substance que j'appelle, provisoirement du moins, *amidon soluble*, ne possède point cette grande dispersion. Sa présence constitue bien plutôt une exception; son rôle physiologique est certainement modeste. Le tissu épidermique de certains végétaux paraît être le siège principal de sa production.

Soluble dans l'eau et dans l'alcool, cette substance est caractérisée essentiellement par la curieuse propriété de former avec l'iode une combinaison bleue que l'on peut obtenir facilement, soit dans les cellules, soit en dehors de celles-ci, sous la forme de cristaux en aiguilles. D'autre part, « l'amidon soluble », isolé, possède également la faculté de revêtir une forme cristalline.

La littérature du sujet est peu considérable. Seules, quelques notices, assez anciennes déjà, mentionnent la présence « d'amidon sans forme » chez deux genres de Liliacées. Après un bref résumé de ces travaux, nous essayerons de décrire quelques-unes des propriétés physiques et chimiques de l'amidon soluble; ensuite, nous examinerons son mode de répartition dans les di-

vers tissus d'une même plante, puis sa dispersion chez un certain nombre d'espèces. Suivront enfin quelques observations sur le rôle physiologique probable de la substance.

I. Littérature.

La présence, dans le tissu épidermique, d'une substance non différentiée en granules et donnant avec l'iode un fin précipité bleu, a été signalée en premier lieu chez *Gagea lutea* Schult., par M. Sanio[1]. L'auteur reconnut que la coloration bleue produite par l'iode était bien due à un corps contenu dans le suc cellulaire et non à une simple réaction de la membrane. Il montra que lorsqu'on chauffe une préparation traitée par l'iode, la teinte bleue s'évanouit, pour apparaître de nouveau au refroidissement, mais cette fois en dehors des cellules.

Très peu de temps après, M. Schenk[2] publia une courte notice sur une observation semblable faite par lui quelques années auparavant, chez trois espèces d'*Ornithogalum*. Il déclare qu'il est pour lui hors de doute qu'il s'agit bien d'une substance analogue à l'amidon. Mais dans une seconde notice[3], parue la même année, il revient de cette opinion. S'appuyant sur le fait que la couleur bleue disparaît chez des fragments d'épiderme d'*Ornithogalum* traités par l'eau, il met maintenant en doute l'identité de la substance avec l'amidon ordinaire. Cette conclusion n'était cependant pas autorisée, comme le démontre, trois ans plus tard, M. Carl Nægeli[4].

Mais si ce dernier juge insuffisants les motifs allégués par M. Schenk, il ne s'en trouve cependant pas moins d'accord avec lui pour le fond de la question, c'est-à-dire qu'à ses yeux « l'amidon sans forme » ne constitue nullement un corps voisin de l'amidon ordinaire. D'après M. Nægeli, il n'est même pas absolument certain que la dite substance soit vraiment soluble dans l'eau; divers faits lui semblent démontrer le contraire. Quant à la

[1] Kurze Notiz über formlose Stärke. *Botanische Zeitung*, 1857, p. 420.

[2] Ueber formlose Stärke. *Bot. Zeit.*, 1857, p. 497. Cette observation fut confirmée, pour *Ornithogalum pyrenaicum*, par M. Trecul : Bull. de la Soc. bot. de France, 1858, p. 711.

[3] *Bot. Zeit.*, 1857, p. 555.

[4] Ueber das angebliche Vorkommen von gelöster oder formloser Stärke bei *Ornithogalum*. Beiträge zur wiss. Botanik, II, p. 187.

combinaison iodée, elle est sûrement insoluble. La propriété de « l'amidon soluble » de donner une réaction bleue avec l'iode est détruite par l'action de l'eau, de l'alcool, par la chaleur et par la dessication. C'est précisément cette faculté de se décomposer si facilement qui engage M. Nægeli à ne pas ranger « l'amidon sans forme » d'*Ornithogalum* parmi les hydrates de carbone. L'auteur serait plutôt disposé à le considérer comme appartenant au groupe des substances albuminoïdes.

Disons-le tout de suite, cette grande facilité de décomposition, attribuée par M. Nægeli à l'amidon soluble, ne s'est aucunement vérifiée dans nos recherches. La substance est en réalité dissoute et non modifiée par les divers réactifs. Je crois pouvoir attribuer la méprise de M. Nægeli en grande partie au fait que ce botaniste n'avait à sa disposition que l'*Ornithogalum umbellatum* L., plante où l'amidon soluble n'est pas très abondant. Si M. Nægeli avait vu la substance telle qu'elle se présente chez *Gypsophila perfoliata* L. ou *Saponaria officinalis* L., il serait certainement arrivé à de tout autres résultats.

Dans son grand ouvrage[1] sur les grains d'amidon, M. Nægeli disait d'ailleurs : « Dans la plante vivante, l'amidon à l'état » soluble existe sans aucun doute; cependant sa présence n'a » été démontrée jusqu'ici avec quelque probabilité que chez un » certain nombre de graines. » Je laisse de côté la description détaillée des faits rappelés ici par M. Nægeli. Ces observations se réduisent en résumé à ceci : Lorsqu'on écrase dans une goutte d'eau contenant un peu d'iode, des graines de diverses plantes (*Anagyris fœtida* L., *Peganum Harmala* L., etc.), on voit le liquide se colorer successivement en bleu, violet, puis finalement en jaune. La substance qui détermine ces colorations n'a du reste pas été isolée par M. Nægeli.

Depuis les publications de ce savant, « l'amidon sans forme » disparaît, pour ainsi dire, de la littérature botanique. Du moins, je n'ai réussi à trouver aucun travail s'occupant du rôle et de la nature de cette substance.

[1] *Die Stärkekörner*. Pflanzenphysiolog. Unters., von Nægeli und Cramer, Heft 2 (1858), p. 167 et suiv., puis p. 381.

Lors de la publication de cette classique monographie qui forme la base de nos connaissances actuelles sur l'amidon, M. Nægeli ne connaissait pas encore les observations de MM. Sanio et Schenk.

II. Propriétés physiques et chimiques de « l'amidon soluble ».

L'observation qui constitue le point de départ de ce travail est facile à répéter. Détachons un fragment d'épiderme foliaire de *Saponaria officinalis* ou de *Gypsophila perfoliata*, et plaçons-le dans une solution diluée de iodure de potassium iodé. Aussitôt nous voyons, à l'œil nu déjà, le tissu prendre une coloration violette intense. Examinées au microscope, les cellules paraissent remplies d'une substance violette, plus ou moins homogène, non différentiée en granules.

Prenons maintenant un second fragment d'épiderme, et ajoutons-lui, au lieu de iodure de potassium iodé, une goutte d'une simple solution alcoolique d'iode. Dans quelques cellules se montre une coloration bleue fugitive, souvent aucune réaction particulière n'apparaît. Mais attendons quelques minutes. Lorsque l'alcool commence à s'évaporer, un spectacle inattendu s'offre à nos yeux. Vers les bords du verrelet, souvent aussi dans l'intérieur de la préparation, apparaît de plus en plus distinct un *précipité bleu*, en partie amorphe, en partie formé de belles *aiguilles cristallines*.

Que s'est-il passé? L'iode s'est tout simplement *combiné* avec la substance amyloïde contenue dans les cellules, pour former un *iodure* bleu, soluble dans le liquide et qui se dépose lorsque l'alcool s'évapore.

Nous voilà donc en présence de deux corps différents dont il faut étudier les propriétés : d'abord la substance incolore, primitivement contenue dans les cellules, « l'amidon soluble »; puis son dérivé iodé bleu. Seulement, il n'est pas toujours facile de séparer nettement les descriptions de ces deux corps, puisque l'on constate l'existence du premier par la production du second.

§ 1. *La substance primitive.*

Elle existe en plus ou moins grande abondance dans l'épiderme foliaire des deux plantes déjà nommées, puis de *Hordeum* sp. div., *Arum italicum* Mill., *Bryonia dioica* Jacq., *Ornithogalum umbellatum* L., *Gagea lutea* Schult. et de quelques autres encore. La substance peut se trouver dans les cellules en compagnie d'amidon granuleux ordinaire, par exemple dans les stomates de plusieurs plantes, puis dans les pétales de *Sapona-*

ria, Gypsophila, etc. Elle peut se trouver aussi mélangée à du pigment rose, dissous comme elle dans le suc cellulaire (par exemple dans le calice de *Saponaria)*. Enfin il n'est pas rare de la rencontrer, en petite quantité il est vrai, dans des cellules parenchymateuses à chlorophylle *(Alliaria officinalis* Andrz. *Bryonia*, etc.).

Les observations qui suivent se rapportent plus particulièrement à *Saponaria officinalis*, mais les réactions principales ont été effectuées aussi chez d'autres plantes et montrent que la substance est probablement partout de même nature.

Examinées à sec ou dans l'eau, les cellules épidermiques qui contiennent de l'amidon soluble n'offrent en général rien de particulier; quelquefois cependant, on aperçoit dans les cellules des gouttes fortement réfringentes, de grandeur variable, qui disparaissent au bout de quelques minutes.

La substance primitive est soluble dans l'eau et dans l'alcool ordinaire, beaucoup moins dans l'alcool absolu, difficilement soluble dans l'éther, la benzine et le chloroforme. Les acides et les alcalis extraient rapidement l'amidon soluble, quelques-uns d'entre eux en le modifiant.

Pour obtenir une certaine quantité de la substance, j'ai employé les méthodes d'extraction suivantes :

a) *Extraction par l'eau.* Des feuilles entières de *Saponaria* (fraîches ou desséchées) sont soumises à l'ébullition dans de l'eau distillée, pendant 30 à 40 minutes. Le liquide, filtré et concentré au bain-marie, contient beaucoup d'amidon soluble. Un cristal d'iode s'y entoure presque instantanément d'une zone bleue.

Au lieu d'opérer sur des feuilles entières, on peut aussi faire macérer à froid, dans de l'eau distillée, des lambeaux détachés d'épiderme. Au bout de 12 à 15 heures, une bonne partie de la substance a diffusé hors des cellules. On l'obtient ainsi à un état relativement plus pur, mais naturellement en petite quantité, à moins de se livrer à un long travail préliminaire pour isoler l'épiderme.

b) *Extraction par l'alcool.* On traite des feuilles entières (fraîches) par l'alcool ordinaire, à froid ou à chaud, pendant quelques heures. Le liquide contient l'amidon soluble, plus de la chlorophylle et certainement aussi d'autres substances. On évapore au bain-marie. Le résidu vert est traité par l'éther qui

enlève une bonne partie de la chlorophylle, sans dissoudre la substance que l'on désire obtenir. Le résidu est repris ensuite par l'eau. La solution aqueuse (filtrée) ainsi obtenue est jaunâtre, à réaction neutre ou presque neutre.

Laissons maintenant ces méthodes d'extraction en gros, certainement bien incomplètes et qui ne peuvent avoir la prétention de livrer l'amidon soluble à l'état isolé.

La substance extraite de l'épiderme foliaire de *Saponaria* se présente sous deux formes différentes : à l'état amorphe ou à l'état cristallisé.

Une solution aqueuse ou alcoolique de la substance évaporée rapidement, sous l'influence de la chaleur, donne un résidu amorphe, une croûte jaune ou blanchâtre, plus ou moins homogène. Traité par l'iode, ce résidu se colore immédiatement en violet.

Lorsqu'on laisse une goutte d'une solution aqueuse se dessécher lentement sur une lame de verre, on voit apparaître de nombreux *sphérocristaux* jaunâtres, isolés ou réunis par groupes de deux à trois. C'est là la forme cristalline revêtue habituellement par l'amidon soluble.

Les sphérocristaux formés à l'air libre ont en général des contours réguliers. Ils sont souvent un peu allongés et présentent parfois des lignes radiales assez nettes. Par contre, je n'ai pas observé chez eux de stries concentriques régulières. Le centre du sphérocristal est souvent moins dense que la périphérie; il est même fréquemment occupé par une fente à branches radiales.

Lorsque la cristallisation s'est opérée lentement, sous verrelet, on obtient le plus souvent des agrégats à périphérie rendue irrégulière par l'inégalité de longueur des aiguilles composantes. Des transitions nombreuses nous mènent aux formes cristallines où les aiguilles apparaissent réunies en faisceaux, groupées encore autour d'un centre, mais très irrégulièrement. Enfin, on trouve quelquefois des aiguilles isolées. Une des plus belles formes cristallines revêtues par l'amidon soluble, tient le milieu entre les vrais sphérocristaux et les faisceaux d'aiguilles. Ce sont des agrégats d'aiguilles ramifiées de la plus grande délicatesse, groupés radialement autour d'un centre commun.

Les dimensions des sphérocristaux sont variables. Chez les plus gros, le diamètre atteint 120 à 150 μ. Chez les plus petits, il n'est que de 10 à 20 μ.

Les cristaux polarisent assez fortement. Lorsque l'arrange-

ment des éléments autour d'un centre est régulier et que l'épaisseur du sphérocristal n'est pas trop considérable, on voit apparaître nettement la croix caractéristique. Le rapport des axes optiques fut déterminé avec le secours obligeant de M. le professeur Cramer, au moyen d'une plaque de gypse donnant le rouge de premier ordre. D'après la disposition des couleurs d'addition et de soustraction, on peut conclure que le petit axe d'élasticité [1] est situé dans le sens de la longueur des aiguilles prises isolément. Le grand axe d'élasticité est perpendiculaire au petit axe. Par conséquent, si l'on considère le sphérocristal en entier, c'est le petit axe qui est radial.

Si nous comparons nos sphérocristaux avec des grains d'amidon ordinaire, nous trouvons que la disposition des axes est précisément inverse chez ces deux corps. Dans le grain d'amidon, les particules cristallines, les « micelles » de M. Nægeli sont orientées d'une façon telle que le grand axe soit radial. Cette différence d'orientation apparaît très nettement si nous plaçons l'un à côté de l'autre, dans le champ rouge du microscope, un sphérocristal et un grain d'amidon de pomme de terre. Tous deux se montrent divisés en quatre secteurs de couleur différente, séparés par la croix neutre rouge. Deux des secteurs sont bleus, les deux autres sont jaunes, mais leur orientation respective est précisément inverse chez les deux objets.

Les sphérocristaux sont solubles dans l'eau et dans l'alcool (plus lentement dans ce dernier liquide). L'acide sulfurique les transforme en un liquide jaune-brun. La réaction caractéristique de l'iode ne leur fait nullement défaut; il suffit d'exposer les sphérocristaux pendant quelques instants aux vapeurs de ce corps, pour leur voir prendre une teinte rose-violette. Cette dernière devient très nette par un lavage rapide à l'éther qui enlève l'excès du métalloïde. Une simple solution aqueuse ou alcoolique d'iode ne les colore pas; les sphérocristaux se dissolvent lentement, et lorsque l'évaporation se produit, on voit apparaître dans la préparation les cristaux bleus caractéristiques de la combinaison iodée. En revanche, si nous traitons nos sphérocristaux par une dissolution de iodure de potassium iodé, nous les voyons prendre instantanément une coloration violette intense. La réaction est très nette, même chez les faisceaux d'aiguilles cristallines isolées.

[1] D'après la nomenclature de M. Nægeli.

Les sphérocristaux ne sont certainement pas comparables à des grains d'amidon organisés, car ils ne possèdent pas la faculté de l'imbibition. Ni les alcalis, ni les acides ne provoquent chez eux de gonflement; il y a dissolution pure et simple. L'iodure de potassium iodé paraît, il est vrai, colorer les sphérocristaux en violet dans leur masse entière et non-seulement à la surface, mais je ne crois pas que ce phénomène ait de l'analogie avec ce qui se passe chez les grains d'amidon mis en présence de l'iode. Chez nos sphérocristaux, la substance paraît, non pas s'imbiber d'iode, mais changer subitement de nature chimique, entrer en combinaison avec le métalloïde, tout en conservant sa forme primitive.

Chauffés à sec, les sphérocristaux deviennent d'un jaune plus vif, perdent leur structure cristalline et se transforment en grosses gouttelettes, que l'iode colore cependant encore en violet. Si nous chauffons davantage, les gouttes cessent de donner la réaction violette, on voit apparaître dans leur intérieur de grosses bulles de gaz et leur coloration passe au brun-noir. Un résidu amorphe d'amidon soluble, chauffé à sec, brunit et charbonne en produisant une odeur *sui generis* qui n'est pas sans analogie avec celle dégagée dans ces conditions par les grains d'amidon.

§ 2. *La combinaison iodée.*

L'iode paraît avoir une grande affinité pour l'amidon soluble. Dès qu'on le met en présence de cette substance, il s'unit avec elle pour former une combinaison bleue ou violette.

Lorsque nous soumettons à l'action des vapeurs iodées un fragment d'épiderme de *Saponaria*, ou bien encore un résidu amorphe ou cristallisé d'amidon soluble, nous voyons apparaître au bout de peu d'instants la réaction violette. Si l'on place dans une solution aqueuse concentrée de notre substance, quelques petits cristaux d'iode, chacun d'eux s'entoure bientôt d'une zone bleue, puis, au bout de quelque temps, il se forme autour de chaque cristal une sorte d'enveloppe à demi solide, d'un bleu d'une intensité remarquable.

Tous les réactifs contenant de l'iode à l'état libre sont aptes à la production du composé. Mais, suivant le but que l'on se propose, il est préférable d'employer l'un ou l'autre de ces réactifs. Veut-on, par exemple, étudier la distribution de l'amidon soluble dans les tissus, veut-on s'orienter rapidement sur sa

présence ou son absence dans un cas donné, on prendra le iodure de potassium iodé[1] qui provoque instantanément la réaction dans les cellules. S'agit-il, au contraire, d'obtenir le composé bleu à l'état isolé, l'emploi de la solution alcoolique d'iode, pure ou additionnée d'eau, est tout indiqué. La substance diffuse alors rapidement hors des cellules et apparaît à l'état de précipité amorphe ou cristallin, lorsque le liquide s'est évaporé. Enfin, la méthode qui consiste à placer sur le fragment de tissu un petit cristal d'iode, puis à ajouter une goutte d'alcool ou de tout autre liquide, m'a constamment donné de bons résultats. On peut suivre ainsi d'une façon très nette l'action progressive du métalloïde.

Mais il est une précaution essentielle à prendre dans les recherches de cette nature, c'est d'opérer toujours avec des réactifs fraîchement préparés et conservés à l'obscurité. Pour les expériences un peu délicates, il est bon de laver d'abord les cristaux d'iode dans de l'alcool ou de l'eau distillée, afin d'enlever la mince couche d'acide iodhydrique qui se forme souvent à leur surface.

L'iodure de potassium employé seul ne provoque aucune réaction bleue chez l'amidon soluble. Mais, si l'on ajoute au tissu imbibé de iodure une goutte d'eau chlorée qui met l'iode en liberté, la coloration caractéristique apparaît instantanément dans les cellules. On sait que l'amidon ordinaire, en grains, se prête à une réaction analogue.

Pour observer la formation de la combinaison iodée *dans les cellules*, il est donc préférable de se servir de iodure de potassium iodé. Lorsque l'amidon soluble existe en abondance, toutes les parties du suc cellulaire prennent une coloration violette plus ou moins homogène, tandis que le protoplasma et le noyau se teignent en jaune[2]. Ailleurs, une partie seulement de la cellule donne la réaction, surtout lorsque l'iode pénètre lentement à travers la membrane. On dirait que les molécules d'amidon so-

[1] J'ai toujours employé la solution indiquée par Behrens dans son excellent *Hilfsbuch zur Ausführung mikroskopischer Untersuchung im bot. Laboratorium* (1883), p. 258. Le réactif contient 3 grammes d'iodure de potassium, plus 1 gramme d'iode métallique, sur 60 c.c. d'eau distillée. Il est employé pur ou dilué *ad libitum*.

[2] Le corps protoplasmique devient particulièrement net par l'action de l'acide acétique dilué. On peut aussi provoquer sa contraction à l'aide d'une solution de sucre.

luble se précipitent sur l'iode pour s'unir avec lui et former un nuage floconneux bleu ou violet, limité à un coin de la cellule.

Dans la règle, les cellules intactes seules présentent la réaction violette ; celles des bords du fragment, déchirées par le rasoir, ne se colorent pas. C'est le cas principalement lorsqu'on place les fragments d'épiderme d'abord dans l'eau, puis ensuite dans la solution iodée. Mais lorsqu'on place le lambeau de tissu directement dans une goutte du réactif iodé un peu concentré, la plupart des cellules endommagées présentent également une coloration violette.

On peut faire agir l'iode en dissolution dans la benzine, dans l'éther, le sulfure de carbone, le chloroforme ou la glycérine, on obtient également la combinaison iodée dans l'intérieur des cellules, sous la forme d'une substance rouge, violette ou bleue, amorphe. On voit souvent aussi apparaître dans les cellules un précipité floconneux ou filamenteux, ou de fines aiguilles cristallines.

Les procédés employés pour obtenir la combinaison iodée *en dehors des cellules,* reviennent en somme à ceci : ajouter de l'iode à une solution aqueuse ou alcoolique de la substance amyloïde, puis soumettre le tout à l'évaporation. On obtient ainsi soit une croûte amorphe rouge ou bleue, soit un précipité formé de fines aiguilles cristallines. Ces deux types sont reliés par de nombreuses formes intermédiaires, précipités floconneux, filamenteux, etc. J'ai obtenu quelquefois de magnifiques aiguilles bleues en procédant de la façon suivante : quelques fragments d'épiderme foliaire de *Hordeum vulgare* L. sont traités par l'iodure de potassium iodé et placés dans une goutte d'eau, puis on chauffe légèrement. La combinaison iodée se dissout bientôt et le tissu devient incolore. Au refroidissement, on voit alors surgir de toutes parts de belles aiguilles cristallines. Mais ce procédé réussit rarement ; on obtient en général seulement un délicat réseau filamenteux violet.

Les *aiguilles cristallines bleues* sont parfois isolées, le plus souvent réunies en faisceaux ou en agrégats ramifiés de la plus grande délicatesse. Souvent on voit des aiguilles se grouper radialement autour d'un centre commun, mais on n'obtient jamais de sphérocristaux parfaits, comme chez la substance primitive. Les dimensions des aiguilles varient beaucoup : pour la longueur, de 2-3 μ jusqu'à 300-400 μ ; pour l'épaisseur, de 6 μ à des frac-

tions de μ. La majorité des aiguilles présentent une longueur de 50 à 100 μ.

Ces cristaux polarisent nettement, et les axes paraissent avoir la même orientation que chez les sphérocristaux précédemment décrits, c'est-à-dire le petit axe disposé suivant la longueur de l'aiguille. Si l'on examine avec un appareil de polarisation les précipités filamenteux (violets ou bleus), presque toujours abondants dans les préparations obtenues par dessication lente, on trouve un passage insensible des filaments qui ne possèdent pas de propriétés cristallines à ceux qui réagissent faiblement, puis aux vrais cristaux.

Lorsqu'on laisse s'évaporer lentement un mélange d'acide acétique, d'iode et d'amidon soluble, on obtient en général des aiguilles bleues magnifiques qui surpassent en longueur celles préparées au moyen d'alcool ou d'eau. J'en ai observé qui mesuraient près d'un millimètre de longueur.

Si, au lieu d'acide acétique, nous prenons de l'acide chlorhydrique dilué, nous trouvons ensuite dans la préparation une foule de petits cristaux bleus, fusiformes, présentant une longueur moyenne de 10 à 25 μ seulement.

J'ai parlé jusqu'ici des cristallisations obtenues *en dehors des cellules*. Mais il est facile aussi de provoquer la formation d'aiguilles bleues *dans* les cellules elles-mêmes. Il suffit pour cela de ralentir l'action des réactifs iodés (iodure de K iodé ou solution alcoolique ou aqueuse d'iode), soit en faisant agir un minimum seulement de ces derniers, soit en ajoutant au liquide une goutte de glycérine. Il arrive aussi fréquemment que l'épaisseur des membranes à traverser se charge de mettre un obstacle à la pénétration trop rapide des réactifs dans la cellule et permet aux cristaux de se former. C'est le cas, par exemple, chez les cellules épidermiques du calice de *Gypsophila repens* L. et d'autres Caryophyllées.

Le fait de la formation du composé iodé dans les cellules ou en dehors de celles-ci, n'a, du reste, qu'une importance secondaire; la différence provient essentiellement de la quantité relative de liquide employée pour provoquer la réaction.

La combinaison iodée peut être conservée à l'air libre pendant longtemps sans se décomposer. Dans des préparations datant de trois mois, je trouve encore la majorité des cristaux avec leur aspect normal; à quelques places cependant, le composé s'est

décoloré partiellement. Il se peut donc qu'à la longue la combinaison iodée finisse par s'altérer.

Les cristaux bleus se dissolvent dans l'alcool, l'eau, la glycérine (en excès), les acides et les alcalis. Ils sont difficilement solubles dans l'éther, la benzine et le chloroforme. L'ammoniaque et la potasse caustique communiquent aux cristaux, pendant la dissolution, une teinte jaune passagère. L'acide sulfurique les transforme en une substance brune puis noire, souvent finement granuleuse. Enfin, sous l'influence de l'acide azotique, les cristaux se dissolvent très rapidement, mais en donnant naissance à un corps brun-noir, tantôt finement granuleux, tantôt en petites aiguilles ressemblant beaucoup aux cristaux sublimés d'iode.

Une solution aqueuse de la combinaison iodée peut être soumise à l'ébullition sans se décomposer. A l'évaporation, le résidu bleu apparaît comme à l'ordinaire. Une ébullition prolongée pendant quelques heures semble cependant détruire ou modifier le composé.

Des cristaux bleus chauffés lentement, à sec, pâlissent et se décolorent au bout de peu d'instants. En même temps, la structure cristalline se détruit, les cristaux semblent fondre, tout en conservant à peu près leur forme. Si nous chauffons davantage, la substance passe au brun, puis au noir. Les mêmes phénomènes s'observent avec les résidus amorphes de la combinaison iodée. La chaleur les fait bientôt passer au jaune-pâle, puis au jaune-brun. A cet état, la combinaison n'est point encore détruite, car il suffit de lui ajouter une goutte d'eau pour lui voir reprendre instantanément une coloration bleue intense. Mais si nous continuons à chauffer, le résidu brunit de plus en plus et perd alors sa propriété de repasser au bleu par l'addition d'eau.

Etudions maintenant de plus près une des propriétés les plus curieuses de la combinaison iodée : sa faculté de revêtir *plusieurs colorations différentes*. Deux facteurs peuvent exercer, indépendamment l'un de l'autre, une influence décisive sur la coloration de la combinaison :

a) La quantité d'iode en contact avec l'amidon soluble ;

b) La présence ou l'absence d'eau.

Suivant l'action de ces deux facteurs, la combinaison iodée passe à volonté du rouge au violet, du violet au bleu, ou inversément.

Plaçons un fragment d'épiderme de *Saponaria* dans une goutte d'eau, puis ajoutons-lui un minimum de iodure de potassium iodé. Au bout de peu de temps, les cellules atteintes en premier lieu par le réactif se colorent rapidement en bleu; les cellules plus éloignées prennent des tons violets et rouges, suivant la quantité du réactif qui leur est parvenue. Nous obtenons ainsi, sur une même surface, toutes les nuances possibles du rose pâle au bleu pur. J'ajouterai que ces teintes graduées sont parfaitement visibles à l'œil nu. Mais, tous ces tons différents, on peut les voir apparaître successivement dans une seule et même cellule, si l'on suit au microscope l'action progressive du réactif. Lorsque ce dernier agit lentement, chaque cellule parcourt la gamme complète des nuances du rose au bleu pur.

Les mêmes phénomènes s'observent plus nettement encore, lorsqu'on place sur un fragment de tissu, immergé dans l'eau, un petit cristal d'iode. Dans l'entourage immédiat de ce dernier, toutes les cellules sont d'un bleu magnifique; puis arrive une zone où les cellules sont partiellement colorées, les unes en violet ou bleu violet, les autres en rose.

M. Nægeli [1] a montré de la manière la plus concluante, pour l'amidon ordinaire, que la quantité d'iode fixée par les grains influe seulement sur l'intensité et non sur la nature de la coloration. Si l'on fait agir très lentement de l'iode en solution aqueuse sur les grains d'amidon (de pomme de terre, par exemple), on voit dès le début apparaître une coloration bleue, pâle d'abord, puis de plus en plus intense. Mais pour cela, il faut que l'eau dans laquelle se trouve l'amidon soit absolument pure. Des traces de sels dissous dans le liquide qui entoure les grains peuvent modifier la coloration et donner naissance à des teintes roses ou violettes. Il est possible que ce dernier facteur ne soit pas sans influence sur les colorations de notre substance. Les sels divers, contenus certainement dans le suc cellulaire, jouent peut-être un certain rôle dans la production des nuances roses et violettes. Nous signalerons cependant plus loin des faits qui semblent démontrer l'importance de la quantité d'iode fixée, indépendamment d'autres facteurs.

[1] *Botanische Mittheilungen,* I, p. 277.

Si l'on expose aux vapeurs iodées un résidu amorphe et complètement desséché d'amidon soluble, on obtiendra seulement une coloration jaune ou rougeâtre. Ajoutons une goutte d'eau, et le composé passe immédiatement au bleu.

Fraîchement préparée, la combinaison iodée est bleue ; mais peu à peu elle se dessèche et prend une coloration violette, puis finalement rouge. Pour faire réapparaître la coloration bleue, on n'a qu'à plonger rapidement le verre de montre contenant la substance dans l'eau. Laissons le composé se dessécher de nouveau, il redevient violet ou rouge; mouillons-le, et le bleu se manifeste.

La combinaison iodée se comporte de la même façon à l'état cristallisé que sous la forme amorphe. Dans une préparation complètement desséchée, les aiguilles sont rouges; elles repassent rapidement au bleu par l'adjonction d'eau. On peut observer ce fait, de la manière la plus nette, chez les plus fines aiguilles cristallines.

Un certain nombre de liquides font passer la combinaison iodée du rouge au bleu, de même que l'eau. Je citerai, par exemple : la glycérine, l'acide acétique, l'acide azotique et l'acide sulfurique. Ces deux derniers dissolvant très rapidement la substance, ne produisent qu'un changement de couleur très passager. L'alcool, la benzine, le chloroforme, l'éther n'ont pas la faculté de provoquer le changement de coloration du rouge au bleu. Ils peuvent, en revanche, faire passer immédiatement au rouge les cristaux bleus fraîchement préparés.

Mais nous ne sommes pas encore au bout des phénomènes singuliers offerts par la combinaison iodée.

Nous avons là, dans un verre de montre, un résidu bleu, fraîchement préparé, de la substance. Lavons-le à l'éther, il devient rouge. Ajoutons maintenant à ce même éther un petit cristal d'iode : le résidu repasse au bleu. Même phénomène lorsqu'on emploie, au lieu d'éther, l'alcool ou la benzine. Quelques gouttes d'alcool ajoutées à un résidu bleu le font passer au rouge, puis au jaune-pâle, et la substance se dissout rapidement. Faisons intervenir un cristal d'iode et bientôt apparaît, aux environs de ce dernier, une belle teinte bleue. Le seul facteur nouveau introduit dans l'expérience, c'est-à-dire l'iode (ou peut-être l'acide iodhydrique?), a donc provoqué le passage du rouge au bleu.

Ces faits pourraient, à première vue, faire croire à l'existence

de deux combinaisons différentes : l'une rouge, contenant moins d'iode, l'autre bleue, en contenant davantage. Par la dessication prolongée, une partie de l'iode se sublimerait et l'on obtiendrait le composé rouge. Mais comment expliquer alors le fait que la combinaison desséchée rouge, lavée encore à plusieurs reprises par l'éther seul, pour enlever toutes les traces d'iode libre, puisse repasser instantanément au bleu par la simple adjonction d'eau ?

Prenons maintenant une solution aqueuse, jaunâtre, « d'amidon soluble » extrait des feuilles de *Saponaria*, et laissons-y tomber goutte à goutte de la teinture alcoolique d'iode. Des nuages bleus apparaissent, puis se dissolvent rapidement, dès qu'on agite le liquide. Ajoutons un excès d'iode, et les nuages bleus persistent ; mais le liquide est trouble et filtre jaune. Si, au lieu de filtrer, nous chauffons légèrement, le précipité bleu se dissipe et le liquide redevient clair, mais jaune ; à froid, les nuages bleus réapparaissent et si l'on a affaire à une solution un peu concentrée d'amidon soluble, on obtient finalement une masse bleue d'apparence gélatineuse. Ainsi, même en ajoutant un excès d'iode, on n'arrive pas à se procurer un liquide bleu et absolument limpide.

Je veux donner encore, pour montrer l'influence de l'eau sur la coloration, une série de résultats obtenus en faisant agir un réactif iodé plus ou moins concentré sur le tissu épidermique de quelques plantes. Comme point de départ, je prends la solution de iodure de potassium iodé, dans les proportions indiquées par Behrens (comp. note p. 9). Les cellules épidermiques, contenant de l'amidon soluble, prennent les colorations suivantes :

I. Iodure, d'après Behrens (solut. A).

1. *Arum italicum* : violet sale (excès d'iode dans le protoplasma).
2. *Orobus vernus*[1] : bleu.
3. *Saponaria off.* : violet sale.
4. *Gypsophila perf.* : violet sale.

II. Un vol. solut. A + deux vol. H^2O.

1. *A.* : violet.
2. *O.* : bleu.
3. *S.* : violet.
4. *G.* : violet ou bleu-violet.

[1] *Orobus vernus* contient peu d'amidon soluble.

III. Un vol. solut. A + dix vol. H^2O.

1. *A.* : bleu, bleu-violet.
2. *O.* : bleu.
3. *S.* : bleu.
4. *G.* : bleu intense.

Il ne faut pas oublier, dans l'étude comparative au microscope des teintes communiquées par l'iodure de potassium iodé, que ce réactif colore en jaune intense protoplasma et noyau, puis la membrane. Nous voyons donc la combinaison iodée au travers de plusieurs couches jaunes, y compris la couche capillaire constituée par le réactif entre le tissu et le verrelet.

Lorsque l'on fait agir une solution d'iode sur un mélange de diverses substances, le métalloïde se porte toujours en premier lieu et avec le plus d'énergie sur les corps pour lesquels il éprouve le plus d'affinités. L'iode délaissera même un fragment d'albumine coloré par lui en jaune pour venir se fixer sur des grains d'amidon.

Examinons ce qui se passe avec l'amidon soluble. Plaçons un cristal d'iode sur un fragment de tissu épidermique de *Saponaria,* et suivons pas à pas, au microscope, la marche de la réaction dans chaque cellule. En tout premier lieu, l'amidon soluble contenu dans le suc cellulaire se colore en bleu ; en second lieu seulement, le protoplasma et le noyau absorbent de l'iode et se colorent en jaune. Enfin, la membrane prend une teinte jaune d'intensité variable. Par conséquent, l'affinité de l'iode est plus grande pour l'amidon soluble que pour les substances albuminoïdes de la cellule. M. Nægeli indique le contraire dans son travail de 1860, mais je ne puis partager son opinion. Dans une foule de cas très nets, j'ai toujours vu la teinte bleue ou violette *précéder*, souvent de plusieurs secondes, la coloration jaune du corps protoplasmique.

Voyons maintenant quelles sont les affinités relatives de l'iode pour l'amidon soluble et l'amidon ordinaire, et prenons pour cela un fragment d'épiderme d'un jeune pétale de *Saponaria*. A une certaine période de leur développement, on y trouve en effet, dans les mêmes cellules, des grains d'amidon en abondance et de l'amidon soluble. Or, en faisant agir très lentement l'iodure de potassium iodé, j'ai pu constater qu'une coloration violette pâle des grains *précède,* de quelques secondes ou

fractions de seconde, l'apparition de la réaction dans le suc cellulaire.

Mais nous pouvons étudier les affinités de l'iode à l'aide d'une méthode un peu différente. Prenons un résidu de la combinaison iodée bleue; ajoutons-lui une goutte d'eau distillée, puis une pointe de couteau d'amidon ordinaire, par exemple d'amidon de pomme de terre. Au bout de peu d'instants, les grains d'amidon se colorent en bleu. A la dessication, nous trouvons sur le porte-objet, outre les grains, une mince couche amorphe, incolore, que l'iodure de K iodé fait rapidement passer au violet. Mais de cristaux bleus, pas de traces.

J'ai expérimenté ces réactions avec diverses sortes d'amidon en grains : fécule de pomme de terre, de *Triticum vulgare* Vill., *Maranta indica* Juss., *Batatas edulis* Chois., *Canna edulis* Edw., etc. Partout j'ai obtenu les mêmes résultats.

Or je ne puis m'expliquer ces faits qu'en admettant l'intervention des phénomènes suivants : La combinaison iodée, soluble dans l'eau, est détruite, dissociée par la présence de l'amidon solide; l'iode, devenu libre, se fixe sur les grains et provoque la réaction bien connue; quant à la substance primitive, l'amidon soluble, elle reste en dissolution dans l'eau et forme à la dessication la croûte incolore mentionnée plus haut. Je ne vois pas comment expliquer les faits autrement. On pourrait supposer peut-être que la combinaison iodée est imbibée comme telle par les grains d'amidon et produit de cette façon leur coloration bleue. Mais nous savons que les grains d'amidon, à l'état normal, n'ont pas la faculté d'absorber des substances colorantes et restent parfaitement incolores dans du rouge d'aniline ou du tournesol [1]. Si, du reste, nous laissons quelque temps exposés à l'air les grains d'amidon bleuis au contact de la combinaison iodée, leur coloration se dissipe bientôt, comme cela arrive pour les grains traités par l'iode à l'état libre. Nous savons en revanche que la combinaison iodée elle-même reste longtemps inaltérable à l'air.

Je ne veux point invoquer comme preuve décisive d'une dissociation le fait que l'on trouve, dans la préparation obtenue après évaporation d'un mélange d'eau, d'amidon ordinaire et de cristaux bleus, une croûte incolore ayant toutes les apparen-

[1] Comp. Walter Nægeli. *Beitræge zur næheren Kenntniss der Stærkegruppe.* (Engelmann) 1874, p. 77.

ces de la substance primitive. Un résidu analogue (amorphe ou cristallisé) existe déjà, assez fréquemment, dans les préparations de la combinaison iodée prises comme point de départ pour cette dernière réaction. Il doit son origine à une saturation incomplète de la substance primitive par le métalloïde.

Le fait principal qui m'engage à adopter l'idée d'une dissociation du composé iodé, c'est qu'après avoir été en contact avec l'amidon ordinaire, il paraît ne plus exister comme tel. A la dessication, on ne trouve plus ni cristaux bleus, ni résidu amorphe de cette couleur.

Il est facile d'ailleurs de suivre les phénomènes au microscope. On voit les cristaux bleus se dissoudre peu à peu, et, dans leurs environs seulement, les grains d'amidon prendre en même temps une coloration bleue de plus en plus intense. Lorsque les cristaux se sont complètement évanouis, on trouve les grains qui étaient dans leur proximité immédiate colorés d'un bleu noir, tandis qu'à d'autres places de la préparation l'amidon est resté complètement incolore. Si l'on opère avec une fécule à grains assez gros, par exemple *Solanum tuberosum* ou *Canna edulis,* on remarque souvent des grains qui bleuissent sur l'une de leurs faces seulement, celle qui est voisine d'un groupe de cristaux en dissolution.

Pour que l'expérience soit décisive, il faut naturellement opérer avec des résidus de la combinaison iodée qui ne contiennent *pas trace d'iode libre.* Sans cela, il est évident que le bleuissement des grains d'amidon ne serait rien moins que concluant. Les cristaux bleus utilisés dans ces recherches ont toujours été exposés à l'air pendant deux ou trois semaines au moins, puis lavés ensuite à plusieurs reprises avec de l'éther. Les préparations traitées ainsi peuvent difficilement contenir encore de l'iode à l'état libre.

L'expérience de la dissociation m'a réussi également en opérant en gros, de la manière suivante : 50 gr. d'une solution [1] aqueuse de la combinaison iodée et 20 gr. d'amidon de pomme de terre furent mélangés intimément ; on laissa le tout reposer quelques heures, puis on filtra. Le liquide obtenu fut soumis

[1] Cette solution contenait un peu d'iode à l'état libre, car il s'agissait, cette fois, non d'observer le bleuissement des grains d'amidon, mais de voir quel serait l'effet de ceux-ci sur une solution saturée de la combinaison iodée.

ensuite à l'évaporation, à la température ordinaire. Or, comme je m'y attendais, le résidu laissé n'était pas bleu, mais incolore; ce n'était plus la combinaison iodée, mais bien la substance primitive, l'amidon soluble. Des vapeurs iodées la firent rapidement passer au violet.

Si mes observations se vérifient, nous serions là en présence d'un fait assez curieux, en regard des considérations suivantes: L'iodure d'amidon soluble constitue certainement une vraie *combinaison chimique,* puisqu'il peut être obtenu à l'état cristallisé. Le fait qu'il peut se conserver longtemps à l'air, qu'il peut être chauffé jusqu'à ébullition, traité même par certains acides, sans perdre sa propriété de donner des cristaux bleus à l'évaporation, prouve que l'affinité de l'iode pour l'amidon soluble ne peut être rompue très facilement. D'autre part, l'opinion que l'amidon ordinaire, en grains, ne forme pas avec l'iode de combinaison véritable est très généralement répandue [1]. La coloration bleue communiquée par l'iode aux grains d'amidon est en effet fort peu constante; ainsi elle disparaît au bout de quelque temps lorsqu'on laisse les grains exposés à l'air, ou bien encore lorsqu'on les traite abondamment par l'eau. On se représente la coloration bleue comme provenant plutôt d'une diffusion, d'un mélange moléculaire intime de l'iode et des particules d'amidon.

Or nous verrions, dans nos essais, l'iode quitter un corps avec lequel il forme une vraie combinaison chimique pour entrer dans un mélange moléculaire. L'amidon en grains serait capable de rompre une combinaison cristallisable pour se procurer de l'iode.

Qu'on me permette de citer encore, en terminant, des organes qui se prêtent d'une manière remarquable à l'étude des propriétés diverses de l'amidon soluble. Ce sont les poils du calice de *Saponaria officinalis.*

Ces poils, assez longs, non glanduleux, sont décomposés par des cloisons transversales en une série de 6 à 15 cellules placées bout à bout. Le tout est revêtu d'une cuticule assez épaisse, qui

[1] Comp. Carl Nægeli, *Die Stärkekörner,* p. 188, et Walter Nægeli, *Beiträge zur näheren Kenntniss*, etc., p. 62.

empêche les réactifs d'entrer directement dans l'intérieur des cellules par les parois latérales. Le poil leur est accessible par sa base seulement. Le liquide iodé passe de cellule en cellule, au travers des cloisons transversales, et arrive finalement jusqu'au sommet du poil. On voit alors de la manière la plus nette, réparties sur la longueur du poil, toutes les phases transitoires de l'action de l'iode. On assiste à la saturation progressive des cellules par le métalloïde; on voit la réaction se manifester dans l'amidon soluble d'abord, puis dans le protoplasma et le noyau; on voit se succéder toutes les colorations, du rose au bleu intense. En outre, on observe ici que le précipité ne se répand pas dans tout l'espace cellulaire, mais reste confiné dans la moitié inférieure de chaque cellule, grâce à la lenteur de pénétration du réactif.

§ 3. *Nature chimique de « l'amidon soluble ».*

Les pages qui précèdent démontrent l'existence, dans les cellules épidermiques de quelques plantes, d'une substance incolore, soluble, qui possède la propriété de s'unir à l'iode pour former un composé bleu, cristallisable. Nous avons appelé jusqu'ici cette substance : *amidon soluble.* Il convient de se demander si cette dénomination est exacte, si la substance en question constitue bien un hydrate de carbone du groupe de l'amidon. Disons-le tout de suite, ce travail ne prétend en aucune façon apporter la preuve de la nature amyloïde de la substance. Il est nécessaire que notre « amidon soluble » soit soumis par un chimiste à une analyse moléculaire. Alors seulement sa véritable constitution sera élucidée. Nous pouvons cependant faire dès maintenant différentes hypothèses sur la nature intime de la substance. Essayons de voir, en procédant par élimination, si les quelques données chimiques que nous possédons sur elle engagent à donner la préférence à l'une ou l'autre de ces suppositions [1].

[1] Les réactions qui vont être décrites ont été faites généralement à double : par voie microchimique sur des fragments d'épiderme de *Saponaria*, puis en opérant en gros, sur une solution aqueuse de la substance. (Cette solution a été obtenue par les procédés d'extraction précédemment décrits.) Mais une circonstance vient entraver l'exactitude des opérations : il est évident que cette solution n'est pas pure. Elle contient certainement beaucoup d'amidon soluble, comme on peut s'en assurer en y jetant

Substance albuminoïde? M. Nægeli se demande déjà, dans son travail de 1860 [1], si « l'amidon sans forme » ne serait pas peut-être une substance protéique? Je crois pouvoir répondre négativement, en me basant sur les propriétés suivantes que j'ai reconnues à la substance :

a) D'abord ses propriétés physiques, sa faculté de cristalliser et sa grande solubilité. Nous avons vu que l'on pouvait extraire la substance des feuilles à l'aide d'alcool. Or les corps protéiques sont très généralement insolubles dans ce liquide (à part la gliadine et la mucédine). D'autre part, les substances albuminoïdes solubles passent facilement à leur forme insoluble, soit par l'action de la chaleur, soit par l'intervention des acides, en particulier de l'acide acétique, soit enfin spontanément, au contact de l'air. « L'amidon soluble » (en solution aqueuse ou alcoolique) ne paraît subir aucune modification appréciable lorsqu'on le soumet à une ébullition, même prolongée. Mis ensuite en contact avec l'iode, il donne comme d'habitude naissance à la combinaison bleue.

L'acide acétique ne provoque également aucune coagulation. J'ai essayé à plusieurs reprises de traiter les feuilles de *Gypsophila* et de *Saponaria* directement par l'acide acétique plus ou moins concentré, à chaud et à froid : la substance est extraite assez rapidement, mais ne paraît pas modifiée dans ses propriétés vis-à-vis de l'iode. J'ai, du reste, signalé plus haut le fait qu'une solution acétique « d'amidon soluble », traitée par l'iode, donne, après évaporation, des cristaux bleus qui surpassent en longueur ceux obtenus à l'aide d'eau et d'alcool.

L'acide picrique ne donne pas de précipité.

Les résultats obtenus en faisant agir d'autres acides sur une solution aqueuse de la substance, sont en revanche assez contradictoires. L'acide chlorhydrique donne en général, au bout de quelque temps, un précipité floconneux, grisâtre, plus ou moins abondant. Si l'on chauffe, le précipité apparaît plus rapidement et présente une couleur brune. L'acide sulfurique communique à la solution aqueuse une coloration brune; un précipité gris-

quelques petits cristaux d'iode, mais d'autres substances ont été très probablement extraites en même temps des feuilles de *Saponaria*. Il faudrait donc, avant tout, arriver à purifier complètement la substance par des méthodes exactes. Ce travail est du ressort d'un chimiste de profession.

[1] Loc. cit., p. 192.

verdâtre se produit fréquemment. Soumise à l'ébullition avec l'acide azotique pendant 15 à 20 minutes, la solution reste souvent parfaitement limpide, sans changement de couleur. Parfois apparaît un léger précipité grisâtre.

On le voit, ces résultats sont peu concluants, et l'on est toujours en droit de se demander si les précipités sont dus à l'amidon soluble ou à d'autres substances extraites en même temps des feuilles.

En faisant agir ces divers acides directement, sur un fragment de tissu épidermique de *Saponaria,* je n'ai observé aucune formation de précipité dans les cellules.

b) L'adjonction d'une dissolution de tannin ne provoque aucune coagulation de « l'amidon soluble. »

c) Le réactif de Millon (dissolution de mercure dans l'acide azotique) communique, il est vrai, lorsqu'on chauffe, une coloration rose ou rouge plus ou moins intense à la solution aqueuse de notre substance. Cependant, l'intensité de cette coloration ne me paraît pas en relation avec la quantité d'amidon soluble contenue dans le liquide et pourrait peut-être se rapporter à d'autres substances extraites. J'obtiens en effet un résultat absolument négatif en faisant agir le réactif de Millon directement, sur les cellules épidermiques de *Saponaria* et *Gypsophila.* Il en est de même avec la réaction « sucre et acide sulfurique. » Le liquide de la préparation ne se colore point en rouge.

d) Je n'ai pas pu constater d'absorption ou de condensation particulière des couleurs d'aniline par le contenu des cellules épidermiques des deux plantes susnommées (employé bleu de méthylène et mélange de Hanstein, en ajoutant très peu de liquide à la préparation, pour ne pas faire diffuser la substance hors des cellules).

e) L'iode colore généralement les substances protéiques en jaune et non en bleu.

Je crois pouvoir conclure de ces réactions que la substance qui nous occupe n'est probablement pas de nature albuminoïde.

Huile, graisse, etc.? Les propriétés physiques de la substance, en particulier la solubilité facile dans l'eau, difficile dans l'éther, la benzine, etc., parlent évidemment contre cette supposition.

Glycoside? Il est possible que « l'amidon soluble » soit simplement un glycoside. Les méthodes microchimiques actuelles ne suffisent pas pour caractériser convenablement ces corps.

Tannins? Des colorations roses sont provoquées chez certains tannins par l'iodure de K iodé. Mais, à ma connaissance, il n'existe pas de tannins donnant avec l'iode des teintes bleues pures. Les réactifs du tannin : molybdate d'ammoniaque, chlorure de fer, bichromate de potasse, donnent tous avec notre substance un résultat négatif. Si l'on ajoute à de l'amidon soluble une dissolution de gélatine, aucun précipité n'apparaît.

Nous arrivons maintenant aux *hydrates de carbone,* et, dès le début, nous nous trouvons fort embarrassés. Si nous prenions en considération seulement la coloration bleue communiquée par l'iode, la place du composé serait toute trouvée dans le groupe complexe de l'amidon. Mais si nous mettons en regard sa grande solubilité dans l'eau et dans l'alcool, l'analogie avec l'amidon ordinaire devient très douteuse.

Notre substance n'est probablement pas identique avec l'amidon soluble des chimistes [1], car, à notre connaissance, on n'a jamais obtenu avec ce dernier corps une combinaison iodée cristallisable. Quelques essais entrepris dans cette direction ne m'ont donné jusqu'ici que des résultats négatifs. J'espère, du reste, pouvoir reprendre plus tard l'étude de ce point spécial.

J'ai obtenu encore, avec la solution aqueuse de la substance extraite de *Saponaria,* les réactions suivantes qui ne parlent certainement pas contre la possibilité de la rattacher au groupe des hydrates de carbone : 1° précipité blanc-jaunâtre, floconneux, assez abondant, avec l'eau de baryte; 2° précipité analogue avec l'eau de chaux; 3° id. avec l'acétate de plomb; 4° réduction assez prononcée de la liqueur de Fehling après une courte ébullition. Enfin, 5° l'alcool absolu donne naissance à un

[1] Pour la préparation et les propriétés de cette substance, obtenue en soumettant l'amidon ordinaire à l'action de certains dissolvants, par exemple des acides chlorhydrique ou sulfurique, comp. Carl Nægeli, *Stärkekörner,* p. 174; Walter Nægeli, *Beiträge,* p. 21 et suiv., où l'historique de la question de la solubilité de l'amidon ordinaire est très soigneusement traité; puis Ebermayer, *Physiolog. Chemie der Pflanzen,* p. 204; Beilstein *Organ. Chemie,* p. 592; Musculus, *Comptes rendus*, 1870, p. 857, et *Bot. Zeitung,* 1879, p. 345.

précipité floconneux dans l'extrait des feuilles de *Saponaria*. Mais ces réactions sont-elles bien provoquées par l'amidon soluble? Sont-elles peut-être dues à d'autres substances extraites également des feuilles? Voilà ce que je dois laisser en suspens. Notons encore, comme indication négative, la non-précipitation de la substance par le tannin.

Le nom « d'amidon soluble », appliqué à la substance renfermée dans l'épiderme de *Saponaria, Gypsophila,* etc., reste donc *provisoire,* cela est bien entendu. Il se base essentiellement sur la réaction bleue obtenue par l'action de l'iode. Si je le conserve ici, c'est à défaut d'une dénomination plus précise et parce que la création d'un nouveau nom pour une substance aussi mal déterminée me paraît inopportune.

III. Répartition de la substance dans les tissus.

Dans la plupart des plantes qui contiennent de l'amidon soluble, cette substance occupe en première ligne l'*épiderme* des deux faces de la feuille, celui de la tige et des organes floraux. C'est là son siège principal, c'est là qu'elle existe parfois en abondance.

La production de l'amidon soluble n'est cependant pas limitée exclusivement au tissu épidermique. Dans les tiges de *Saponaria offic.* et de *Gypsophila perfol.,* la réaction caractéristique apparaît aussi dans les deux ou trois couches de cellules sous-jacentes; çà et là, quelques cellules appartenant à des couches plus profondes de l'écorce herbacée réagissent encore. Dans les feuilles de *Saponaria, Alliaria officinalis, Bryonia dioica,* etc., j'ai observé fréquemment la substance, en petite quantité il est vrai, dans les cellules vertes du parenchyme. Elle est plus abondante sur le parcours des nervures, dans un certain nombre des cellules allongées qui entourent les faisceaux vasculaires.

Dans les parties souterraines de la tige et dans les racines, la substance paraît manquer totalement.

Chez *Arum italicum,* la partie verte, aérienne, du pétiole contient de l'amidon soluble dans l'épiderme, tandis que la partie blanche, souterraine de cet organe en est dépourvue.

L'épiderme des organes floraux est en général riche en amidon soluble *(Sapon.* et *Gypsoph.).* Toutefois, chez les pétales de *Saponaria,* la distribution de la substance est assez singulière.

Elle existe en abondance dans le tissu épidermique des deux faces du limbe, mais on n'en trouve que très peu dans l'onglet.

Il y a enfin bon nombre de végétaux où la production de l'amidon soluble semble être l'apanage exclusif de certains organes, ou même de cellules déterminées. Ainsi, chez plusieurs Caryophyllées : *Tunica Saxifraga Scop.*, *Gypsophila paniculata* L., *G. repens* L., je ne trouve en général pas trace de la substance dans la tige et les feuilles ; les organes floraux seuls en contiennent. Chez *Hordeum trifurcatum* Schl., la substance existe dans l'épiderme des feuilles, sur les deux faces et dans toute l'étendue du limbe. En revanche, je n'en ai trouvé ni dans les cellules épidermiques de la gaîne, ni dans celle de la tige.

Voici encore deux cas assez curieux de distribution irrégulière de la substance :

Orobus vernus L. En faisant agir du iodure de potassium iodé sur l'épiderme de la face inférieure des feuilles, je constate l'apparition d'un précipité bleu, plus ou moins homogène, revêtant souvent la forme de nuages floconneux ou finement granuleux, mais occupant presque exclusivement les cellules qui entourent les stomates. Ces derniers contiennent de l'amidon en grains et quelquefois des traces d'amidon soluble. Du reste, toutes les cellules qui sont dans le voisinage immédiat des stomates ne se colorent pas ; la réaction varie passablement suivant les feuilles étudiées. Lorsqu'elle réussit, l'effet de contraste produit par la coloration inégale des cellules est remarquable.

Bromus erectus Huds. On sait que l'épiderme de la plupart des Graminées se compose de deux sortes de cellules : les unes très allongées, parallèlement à l'axe de la feuille, les autres beaucoup plus petites, alternant avec les premières. Or, chez *Br. erectus*, le réactif iodé fait apparaître une coloration bleue, mais dans les petites cellules seulement. Ici encore, la réaction est assez inconstante et ne se produit pas chez toutes les feuilles.

L'amidon soluble apparaît de très bonne heure dans les tissus. On le rencontre déjà en abondance dans les bourgeons, dans les organes floraux en développement, enfin chez les plantules, peu de temps après la germination.

Voici quelques indications plus précises à ce sujet :

Saponaria officinalis. Ouvrons un bourgeon terminal de cette plante, et examinons, à l'aide du réactif iodé, toutes les petites

feuilles qui le composent. La grande majorité contient déjà de l'amidon soluble. J'en ai trouvé, par exemple, chez des feuilles qui mesuraient, du point d'insertion au sommet du limbe : 33, 26, 19, 10^{mm}. Chez de très jeunes feuilles de : 6, 4, 1.5, 1^{mm}, apparaissaient déjà des traces de la substance. Quant au point végétatif lui-même, il prend sous l'action du réactif une coloration d'un jaune-brun et ne paraît pas contenir d'amidon soluble. Il en est de même pour les premières paires de feuilles, qui se montrent comme de petits mamelons sur le cône végétatif.

En pratiquant dans les bourgeons des coupes transversales que l'on traite ensuite au iodure, on peut se convaincre que, même chez les jeunes feuilles, l'amidon soluble a déjà essentiellement son siège dans l'épiderme. Les jeunes organes contiennent, du reste, très fréquemment de l'amidon en grains et il faut se garder de confondre les réactions bleues.

Chez *Gypsophila perfoliata*, on peut constater également la présence de l'amidon soluble dans les jeunes feuilles, jusque tout près du point végétatif. Ainsi j'obtiens une réaction violette évidente chez des mamelons foliaires de : 15, 9, 8, 5, 3, 1, 0.6^{mm}.

Mêmes résultats généraux chez *Bryonia dioica*.

Dans les pétales de *Saponaria*, le développement de l'amidon soluble est aussi très précoce. La substance existe déjà en petite quantité chez des pétales de 6 à 8^{mm}.

Enfin, si nous prenons des plantules élevées dans les conditions normales, nous voyons également l'amidon soluble apparaître dans l'épiderme des cotylédons et des premières feuilles, peu de jours après la germination *(Hordeum vulgare, Gypsophila perfol., Saponaria)*.

Lorsque l'on suit le développement de la substance chez certains organes, par exemple dans les pétales ou dans les cotylédons, on trouve assez fréquemment que l'amidon soluble se montre, à un moment donné, chez de jeunes cellules épidermiques qui contenaient d'abord exclusivement de l'amidon en grains. Je me suis demandé tout naturellement s'il existait une relation quelconque entre les deux corps, si l'on pourrait trouver peut-être des états intermédiaires rendant probable une transformation des grains en amidon soluble. L'examen microscopique ne m'a donné jusqu'ici aucun résultat positif à l'appui de cette supposition. Du reste, rien ne prouve que la substance se soit vraiment formée dans l'épiderme. Ses éléments constituants proviennent probablement des tissus sous-jacents, et

l'amidon soluble pourrait simplement être déposé dans l'épiderme, de même que certains produits excrétoires (huiles essentielles, mucilages, résines, etc.) vont s'emmagasiner dans des réservoirs spéciaux. Comme nous le verrons plus loin, la substance qui nous occupe rentre probablement dans la catégorie de ces matières inutiles à la nutrition de la plante.

IV. Répartition de l'amidon soluble chez les végétaux.

La présence de l'amidon soluble est, nous le savons, très exceptionnelle chez les végétaux. La substance apparaît en somme chez un très petit nombre de plantes, appartenant, il est vrai, aux familles les plus diverses. Mes recherches ont porté sur environ 1300 espèces différentes, soit indigènes [1], soit exotiques, et cependant je puis ajouter seulement une vingtaine d'exemples nouveaux aux deux genres signalés autrefois par MM. Sanio et Schenk comme renfermant de « l'amidon sans forme. »

Je me suis constamment servi, dans ces recherches, du iodure de potassium iodé. Une cinquantaine d'espèces ont été étudiées dans toutes leurs parties, à l'aide de ce réactif. Chez les autres, je me suis borné à l'examen de l'épiderme des feuilles, après avoir reconnu que ce tissu est très généralement le siège de la substance.

Il est une précaution utile à prendre, dans ce genre de recherches, c'est d'examiner les fragments de tissus sans tarder, aussitôt après les avoir mis dans une goutte du réactif iodé. Lorsque l'amidon soluble existe en petite quantité seulement dans les cellules, la réaction est en effet très passagère, car la combinaison iodée diffuse rapidement hors du tissu.

Signalons aussi l'apparition fréquente d'une coloration bleue plus ou moins intense de la membrane externe des cellules épidermiques, coloration due à l'action du réactif. Ce phénomène peut facilement devenir une cause d'erreur et m'a quelquefois fait croire, au premier moment, à la présence d'amidon soluble chez des plantes qui n'en contenaient pas trace. Cette coloration bleue homogène de la membrane survient, soit tout de suite,

[1] Je dois en particulier à l'obligeance de mon ami, M. le prof. Schröter, d'avoir pu étudier bon nombre de plantes peu communes, provenant de ses excursions.

soit seulement au bout de quelques heures, chez un assez grand nombre de plantes (*Ornithogalum pyrenaicum* L. et *O. umbellatum* L., *Isatis tinctoria* L,. *Muscari atlanticum* B. et R., plusieurs Orchidées, etc.). Il est facile de s'assurer que cette coloration bleue appartient à la membrane et non à l'intérieur de la cellule. Sur des coupes transversales, on voit distinctement les couches internes, cellulosiennes de la membrane colorées en bleu, tandis que la cuticule apparaît en jaune.

Chez quelques autres plantes, on voit se produire dans les cellules épidermiques, par l'action du iodure, des colorations roses, violettes, jaunes, etc., dues à la présence de diverses substances, entre autres de tannins. Je citerai ici comme exemples : *Sweertia perennis* L., *Dianthus barbatus* L., *Medicago* sp. div., etc.

Deux caractères peuvent indiquer, dans les cas douteux, si l'on a vraiment affaire à de l'amidon soluble : la formation de cristaux bleus lors de l'évaporation du liquide de la préparation, puis le passage de la coloration du rose ou du violet au bleu pur, par addition d'eau.

Voici maintenant la liste des plantes où j'ai pu constater la présence de la substance :

CARYOPHYLLÉES. *Saponaria officinalis* L., *Gypsophila perfoliata* L., *G. scorzonerifolia* (?), *G. repens* L., *G. paniculata* L., *G. elegans* Bieb., *Tunica Saxifraga* Scop. Ces quatre dernières espèces en contiennent presque exclusivement dans leurs organes floraux. En portant son attention spécialement sur ces parties de la plante, on trouvera probablement la substance chez d'autres espèces encore.

CRUCIFÈRES. *Alliaria officinalis* Andrz. Réaction variable. Am. sol. abondant chez certaines feuilles, assez rare chez d'autres.

RENONCULACÉES. Dans sa notice de 1857, M. Sanio dit avoir observé une fois, chez *Ficaria ranunculoides* Roth., que le contenu des cellules épidermiques se colorait en violet par le chloroiodure de zinc. J'ai étudié un grand nombre de feuilles de cette plante, avec l'iodure de K iodé , mais sans obtenir de coloration particulière.

POLÉMONIACÉES. *Gilia achilleaefolia* Benth. Am. sol. peu abondant. Réaction inconstante. Les cellules prennent souvent

en premier lieu une coloration homogène jaune-pâle, dans le sein de laquelle apparaît le précipité bleu. Beaucoup de cellules restent toutefois colorées en jaune-pâle, sans que le précipité bleu se produise.

PAPILIONACÉES. *Orobus vernus* L. Dans certaines cellules épidermiques de la feuille.

MALVACÉES. *Hibiscus syriacus* L. Traces de la substance dans les cellules du stygmate. Rien trouvé dans les feuilles.

CUCURBITACÉES. *Bryonia dioica* Jacq. Am. sol. assez abondant. Les jeunes feuilles me paraissent, au moins relativement, plus riches en am. sol. que les organes qui ont atteint leur longueur définitive. Dans les feuilles âgées, on voit une partie des cellules prendre, par l'action du réactif iodé, une coloration lilas-pâle, homogène, tandis que chez d'autres apparaît, vers le centre de chaque cellule, une tache violette, de grandeur variable, dont les sinuosités reproduisent fidèlement les contours des parois cellulaires latérales. Il n'y a pas là, cependant, une contraction générale du plasma de la cellule, car on voit des grains de chlorophylle en dehors de la tache violette.

COMPOSÉES. *Centaurea paniculata* W. Dans les stomates. Réaction inconstante.

Dans un travail sur la présence de la chlorophylle dans l'épiderme des feuilles, M. Stöhr [1] dit avoir trouvé quelquefois une substance amorphe, bleuissant par le chloroiodure de zinc, dans les jeunes cellules épidermiques de *Bellis perennis, Hepatica triloba* et *Solanum Pseudocapsicum*. J'ai examiné un grand nombre de jeunes feuilles de *B. perennis* L., mais sans obtenir nulle part de réaction nette d'amidon soluble. Je ne veux, du reste, absolument pas mettre en doute l'observation de M. Stöhr, étant donnée l'inconstance des réactions de la substance.

LILIACÉES. *Gagea lutea* Schultz. M. Sanio a découvert l'amidon soluble chez cette plante, en 1857. Je ne puis que confirmer ici ses observations sur la présence et la répartition de la substance.

Ornithogalum umbellatum L. C'est la plante étudiée par M. Nægeli. J'ai soumis à l'observation des fragments d'épiderme de la hampe, des pédoncules floraux et des parois de l'ovaire. Dans nombre de cas, aucune réaction n'apparut. Ailleurs je

[1] *Sitzungsber. der Wiener Academie,* vol. LXXIX, 1879, p. 87.

trouvai dans les cellules (après traitement au iodure) une coloration bleue homogène ou un précipité floconneux bleu-violet. J'ai obtenu des cristaux bleus bien formés, de sorte que je n'ai aucune raison de mettre en doute l'identité de la substance étudiée par MM. Schenk et Nægeli, avec celle trouvée par moi dans d'autres plantes.

D'après M. Schenk, la substance existe aussi chez *O. nutans, O. lanceolatum* et *O. longebracteatum.*

AROIDÉES. Am. sol. abondant chez *Arum italicum* Mill., moins fréquent chez *A. maculatum* L. Je n'en ai pas trouvé chez d'autres Aroïdées.

ORCHIDÉES. Les cellules épidermiques et les stomates de nos Orchidées sont remarquables par leurs grandes dimensions et se recommandent à plusieurs égards à l'étude microscopique. Ainsi les stomates sont souvent dépourvus d'amidon, temporairement je pense (ex. *Listera ovata* R. Br., *Orchis maculata* L., etc.), et les noyaux des cellules qui avoisinent les stomates sont fréquemment groupés d'une manière toute particulière autour de ces derniers.

Chez *Anacamptis pyramidalis* Rich., *Listera ovata* R. Br., *Orchis Traunsteinerri* Saut., j'obtiens par le traitement au iodure une coloration partielle bleue, dans quelques cellules de l'épiderme des feuilles et de la tige; mais divers indices me font douter que nous ayons affaire ici à de l'amidon soluble ordinaire.

Chez *Cypripedium Calceolus* L., les cellules épidermiques des feuilles prennent parfois, sous l'influence du réactif, une coloration homogène qui varie du jaune-rouge au bleu-violet. Ailleurs, principalement sur le trajet des nervures, j'observe des nuages bleus occupant une partie des cellules seulement, condensés autour de corps arrondis, colorés en bleu foncé par l'iode. On dirait, au premier abord, des grains d'amidon en train de se transformer en amidon soluble! Si l'on ajoute de l'alcool, tout se décolore rapidement et les corps susdits paraissent se dissoudre, au moins en partie. Malgré de nombreux essais, je n'ai pas réussi à obtenir chez *Cypripedium* les cristaux bleus caractéristiques.

GRAMINÉES. *Bromus erectus* Huds., contient de l'amidon soluble dans certaines cellules de l'épiderme, mais en très petite quantité. La substance est abondante, en revanche, chez la plu-

part des espèces du genre *Hordeum*[1]. Je citerai, par exemple : *H. vulgare* L., *H. hexastichum* L., *H. distichum* L., *H. cœleste* Vib., *H. trifurcatum* Schl. Chez *H. murinum* L., je trouve la substance en petite quantité seulement, dans les feuilles et dans les arêtes.

V. Rôle physiologique de l'amidon soluble.

Nous avons étudié la substance en elle-même, ses propriétés physiques et chimiques, sa répartition dans les tissus de quelques plantes; nous avons passé en revue les végétaux, peu nombreux, qui contiennent de « l'amidon soluble »; essayons maintenant de déterminer le rôle de notre substance dans l'économie de la plante.

Les données recueillies jusqu'ici permettent déjà de supposer que « l'amidon soluble » ne joue pas dans le végétal un rôle particulièrement important. Sa grande rareté, sa propension à occuper principalement, sinon exclusivement, le tissu épidermique n'autorisent guère à lui attribuer une haute fonction physiologique. Quelques expériences fort simples montrent de plus que l'amidon soluble paraît rentrer dans la catégorie des produits excrétés, sans valeur pour le végétal.

Des plantes de *Saponaria* et de *Hordeum vulgare* furent placées à l'obscurité, après avoir acquis un certain développement à la lumière. Dans ces conditions nouvelles, les plantes cessent naturellement d'assimiler, et, comme elles continuent à s'accroître et à respirer, elles consomment peu à peu toutes les substances nutritives accumulées dans leurs tissus. Au bout d'un temps plus ou moins long, elles périssent infailliblement, étiolées et épuisées. J'ai expérimenté, soit avec des plantes élevées en pot et transportées dans une armoire obscure, soit au jardin, en recouvrant d'une caisse de bois de jeunes pieds de *Saponaria*. Le résultat fut partout le suivant : le contenu en amidon soluble ne subit pas de diminution appréciable; les plantes meurent sans que la substance disparaisse de l'épiderme.

Si l'on adapte sur des feuilles en pleine activité de minces lames d'étain, la fonction chlorophyllienne cesse dans les par-

[1] M. le prof. Cramer qui avait observé, il y a déjà nombre d'années, des réactions semblables chez diverses Graminées, mais ne les avait pas publiées, m'a rendu attentif à l'examen de cette famille.

ties obscurcies et l'amidon ordinaire en disparaît complètement au bout de peu de jours. C'est l'expérience bien connue de M. Sachs. J'ai répété ces expériences chez *Saponaria*, *Gypsophila perfoliata*, *Hordeum vulgare* et *H. trifurcatum*, pour voir comment se comporterait l'amidon soluble dans ces conditions déterminées. Ici encore, les faits observés montrent de la façon la plus évidente que la substance n'a, physiologiquement parlant, rien de commun avec l'amidon en grains. L'amidon soluble demeure, en effet, sans changement apparent, dans les cellules obscurcies. Ainsi, pour donner un exemple, des lames d'étain restèrent adaptées aux feuilles (*Saponaria* et *Gypsophila*) du 15 juin au 31 juillet. Au bout de ce temps, les parties recouvertes étaient devenues presque complètement blanches et cependant la réaction violette y apparaissait aussi abondante que dans les feuilles normales.

Suivons enfin le sort de l'amidon soluble dans la plante. La substance apparaît de très bonne heure dans les jeunes organes, reste sans subir de modifications appréciables pendant toute la durée de la croissance du végétal et, fait important pour nous : on la retrouve en abondance dans l'épiderme des feuilles jaunies et desséchées, vers la fin de la période végétative. Ainsi, j'obtiens une belle réaction violette dans les feuilles desséchées d'*Hordeum trifurcatum*, *H. distichum*, *Saponaria*, *Bryonia*, *Alliaria*, etc. Il n'est même pas nécessaire d'isoler l'épiderme; les feuilles placées telles quelles dans le iodure prennent, au bout de peu de temps, une coloration violette intense. L'examen microscopique et la production des cristaux bleus caractéristiques confirment la présence de l'amidon soluble dans les cellules épidermiques.

Enfin, je trouve également des quantités relativement considérables de la substance dans les organes floraux desséchés de *Saponaria* et de *Gypsophila*.

Or, nous savons que la plante est tout autrement économe pour les substances dont elle peut encore tirer parti. Vers la fin de la période de végétation, l'amidon ordinaire, la chlorophylle et même les matières minérales précieuses, comme la potasse et l'acide phosphorique, repassent habituellement des feuilles âgées dans la tige. Ces substances serviront à l'accroissement ultérieur du végétal; chez les plantes annuelles, elles contribuent principalement à la maturité des graines.

Ainsi, toutes les observations recueillies jusqu'ici concordent

pour attribuer à « l'amidon soluble » un rôle physiologique absolument différent de celui, si important, joué par l'amidon ordinaire. Elles nous engagent à considérer ce composé comme un produit secondaire, excrété par la plante.

Signalons encore, en terminant, le fait que l'amidon soluble peut se former dans l'obscurité. Des plantules de *Saponaria* et de *Hordeum*, élevées à l'abri de la lumière, contiennent de petites quantités de la substance dans l'épiderme des premières feuilles et des cotylédons.

Résumé.

I.

Il existe chez quelques plantes, dans les cellules épidermiques des feuilles et de la tige, une substance incolore, soluble dans l'eau, qui peut être facilement extraite et obtenue à l'état de *sphérocristaux* microscopiques. Cette substance, que nous désignons provisoirement sous le nom d'*amidon soluble*, possède la curieuse propriété de former avec l'iode une vraie combinaison cristallisable, dont la couleur varie du rouge au bleu, suivant l'action de certains facteurs, entre autres suivant les quantités relatives d'eau et d'iode mises en contact avec elle. La combinaison iodée peut être obtenue à volonté dans l'intérieur des cellules ou en dehors du tissu ; elle est assez stable et peut être conservée longtemps à l'air libre, subir même l'action de divers acides sans se décomposer; elle paraît être cependant dissociée (en solution aqueuse) par la simple présence de grains d'amidon.

Diverses réactions chimiques permettent de supposer que la substance que nous appelons « amidon soluble » appartient bien au groupe des hydrates de carbone; cependant, il est réservé à une analyse moléculaire de nous renseigner exactement sur sa constitution intime.

II.

« L'amidon soluble » est en somme très rare chez les végétaux. Sur environ 1300 plantes étudiées, une vingtaine d'espèces seulement en contenaient. Il est limité en général au tissu épidermique; parfois même, il se rencontre exclusivement dans les

organes floraux. Il apparaît de très bonne heure dans les jeunes feuilles et chez les plantules en germination.

III.

Le rôle physiologique de « l'amidon soluble » paraît être absolument différent de celui que joue dans la plante l'amidon ordinaire. Toutes nos observations concordent pour nous engager à le considérer comme un produit secondaire, excrété par le végétal dans le cours de sa croissance.

RÉSUMÉ

des travaux les plus récents faits dans le domaine de l'Astronomie et de la Physique du Globe.

Communication faite à la Soc. vaud. des Sc. nat., le 20 mai 1885, par M. Ch. DUFOUR, professeur.

M. Ch. Dufour, professeur à Morges, à qui le comité de la Société vaudoise des sciences naturelles avait demandé un résumé des travaux les plus récents faits dans le domaine de l'astronomie et de la physique du globe, présente la communication suivante :

1. Au nombre des phénomènes astronomiques importants des dernières années, il faut compter, au premier rang, les passages de Vénus du 8 décembre 1874 et du 6 décembre 1882. Ces passages étaient d'autant plus précieux que le prochain aura lieu seulement le 7 juin de l'an 2004, et qu'ils devaient servir à déterminer avec une haute précision la parallaxe du soleil, et par conséquent la distance de cet astre. Il est fort probable que ce résultat sera atteint. Toutefois, les calculs ne sont pas encore