

est parvenu à dissoudre par les alcalis, et à éliminer totalement la substance animalisée, sans produire sur ces organes, la moindre déchirure perceptible au microscope ; d'où il faut bien conclure que si cette substance accompagne partout et toujours les jeunes tissus des plantes, elle n'en fait cependant point partie intégrante (1). Ainsi, la matière animalisée semble garder une sorte d'indépendance vis-à-vis des organes qui la sécrètent, qui la contiennent ou qui la conduisent ; en un mot, elle paraît conserver une sorte de mobilité qui permet son déplacement. Il faut bien qu'il en soit ainsi ; car vers l'époque de la maturité, on voit la substance azotée se porter plus particulièrement vers les organes de la génération, et se condenser pour ainsi dire dans les semences. J'ai eu plusieurs fois l'occasion de m'assurer que le trèfle, la betterave, le navet, contiennent bien moins d'azote après avoir rendu leurs graines ; et tous les cultivateurs savent que, dans cette condition, les plantes fourragères sont de fort mauvais aliments pour le bétail.

Le *cambium*, cette matière globulo-cellulaire qu'on retrouve constamment là où le végétal tend à former du ligneux, renferme, suivant MM. de Mirbel et Payen, le même principe azoté de nature animale, mélangé avec des substances ternaires, dont la composition, comme nous le verrons bientôt, se représente, à très-

(1) M. Payen, *Mémoire sur les développements des végétaux*, p. 42.

peu près, par du carbone et de l'eau (1). A mesure que le tissu cellulaire se développe aux dépens du cambium, les matières animalisées tendent à s'éloigner de l'organe consolidé. Le départ de ces matières lors de l'accroissement des cellules explique très-bien comment le bois de cœur, dans les vieux arbres, contient à peine quelques millièmes d'azote, quand tous les organes récemment développés en renferment une proportion s'élevant quelquefois à plusieurs centièmes. A l'aide de l'analyse chimique, il est possible de suivre l'apparition ou l'éloignement de la matière azotée : ainsi, dans l'aubier et le bois, on la voit diminuer de la périphérie au centre ; on constate encore cette diminution dans les branches, en allant de leur extrémité jusqu'à leur point de jonction avec le tronc.

#### § 2. — Principes immédiats à composition ternaire.

##### DE L'AMIDON.

L'amidon est renfermé dans les cavités des cellules végétales, sous la forme de petits grains blancs, qui n'offrent aucune structure cristalline.

Dès l'année 1716, Leuwenhoeck reconnut que ces grains se présentent sous la forme de globules plus ou moins réguliers. Il crut apercevoir pour chaque globule une enveloppe, une espèce de sac différenciant par sa nature de la matière qui s'y trouvait con-

(1) De Mirbel et Payen, *Compte rendu de l'Académie des Sciences*, t. XVI, p. 98.

dant, à ce degré de température, on aperçoit encore des grains de fécule qui n'ont point atteint leur maximum de gonflement, et dont pour ce motif la substance n'est pas encore disséminée dans le liquide; ce n'est qu'entre 72° et 100° cent. que le maximum d'expansion devient général, et c'est alors que l'empois acquiert de la consistance (1).

J'ai exposé précédemment comment on peut extraire l'amidon et le gluten de la farine de froment. La méthode du lavage est passée depuis quelques années dans l'industrie. Aujourd'hui, en malaxant de la pâte dans de l'eau lentement renouvelée, on prépare à la fois, l'amidon dont il se fait une si grande consommation dans les arts, et le gluten qui est maintenant recherché comme un aliment précieux.

Quand on ne se propose pas d'extraire le gluten, on moud grossièrement le grain, que l'on délaye ensuite, dans de grandes cuves; on a soin d'ajouter une certaine quantité d'eau sûre provenant des opérations précédentes. La matière ainsi délayée éprouve bientôt la fermentation putride, le gluten de froment est détruit, la liqueur devient acide, et l'amidon se dépose. Au bout d'une quinzaine de jours, on décante le liquide acide, que l'on remplace par de l'eau fraîche, et l'on agite. Dès que la fécule s'est déposée, on décante de nouveau. On passe alors l'amidon à travers un tamis de crin,

(1) Payen, Mémoire cité, p. 96

qui retient le son le plus grossier. Après que le nouveau dépôt est opéré, on enlève l'eau qui le recouvre; le son fin que le tamis a laissé passer se trouve à la surface de la couche d'amidon; il est facile de l'enlever. On délaye encore la matière, et on la jette sur un tamis de soie qui retient les parties les plus ténues du son. On moule en pains l'amidon ainsi purifié, on le fait sécher à l'air; et quand il a acquis une consistance convenable, on le concasse en petits fragments pour faciliter sa complète dessiccation.

*Fécule de pommes de terre.* — On râpe les tubercules, après les avoir nettoyés par des lavages, afin de les débarrasser de la terre adhérente. On jette la pulpe sur un tamis, dans lequel arrive un courant d'eau; on remue continuellement jusqu'à ce que le liquide devienne limpide. La fécule entraînée se dépose dans des cuves placées au-dessous du tamis. On enlève l'eau, et l'on effectue encore deux ou trois lavages par décantation. L'amidon est soumis ensuite à la dessiccation. On pose d'abord les pains de fécule humide sur une aire absorbante, ordinairement formée avec du plâtre. Dans les grandes fabriques, la dessiccation se termine à l'étuve. Les eaux de lavages se putréfient promptement à cause de la matière azotée qu'elles renferment. Ce liquide fétide présentait jusqu'à ces derniers temps un grave inconvénient; on ne savait comment s'en débarrasser dans les féculeries, lorsque M. Dailly, un de nos praticiens les plus éclairés, eut l'heureuse idée de l'utiliser comme engrais.

*Amidon du manihot.* — Le manihot donne des racines très-volumineuses et très-riches en amidon. On les sort de terre peu de temps après que la plante a fleuri ; plus tard la féculé est moins abondante. Pour en extraire l'amidon, on suit exactement le procédé appliqué à la pomme de terre ; mais dans certains cas, il est prudent de multiplier les lavages, car il y a des racines de jatropha dont le suc est des plus vénéneux. Dans l'Amérique méridionale, on distingue le manioc en *yuca dulce* (douce) et *yuca brava* (méchante) ; cette dernière épithète s'appliquant au jatropha à suc vénéneux. Les deux *yuca* ne sont cependant qu'une seule et même espèce ; du moins un habile botaniste, M. Goudot, qui a résidé pendant de longues années en Amérique, n'a pu reconnaître aucune distinction spécifique entre ces deux variétés. Le principe nuisible de la *yuca brava* doit être très-volatil, ou facilement destructible par la chaleur, car on peut manger impunément la racine après qu'elle a été rôtie ; mais les animaux qui la consomment quand elle est crue, ne tardent pas à éprouver les plus graves accidents.

On prépare rarement de l'amidon avec le jatropha, bien que, dans les régions chaudes, cette racine soit fréquemment employée comme nourriture. C'est de la *yuca brava* que les Indiens retirent la *cassave*, qui remplace le pain dans leur alimentation. Dans les missions de Rio Meta, un des principaux affluents de l'Orénoque, j'ai vu préparer la cassave de la manière suivante : des femmes déchiraient les racines de manioc,

sur une râpe formée avec des fragments de silex, enchâssés à la surface d'un tronc d'arbre ; la pulpe était mise ensuite à égoutter dans une longue passoire, en forme de boyau, et faite avec l'écorce entière provenant du dépouillement d'une espèce de ficus ; le suc égoutté, on ajoutait un peu d'eau pour achever le lavage ; le liquide sortait à peu près clair, sans entraîner une quantité notable d'amidon. Pour cuire la pulpe lavée, et en former des galettes de cassave, on l'étendait sur un plat de terre placé sur le feu ; l'opération était terminée, lorsque la cassave était sèche, et légèrement rôtie à l'extérieur. Le pain de cassave est peu agréable, mais il jouit de la propriété de se conserver pendant longtemps malgré la chaleur et l'humidité ; aussi, quand on navigue sur les grands fleuves, cet aliment est une provision indispensable.

*Amidon de palmiers.* — Aux Moluques, aux Philippines, dans les plaines de l'Apure, la moelle de certains palmiers donne une sorte de féculé ; elle est desséchée, et tamisée en forme de grains : c'est le sagou du commerce.

La féculé amyliacée, obtenue par les procédés que je viens d'indiquer, n'est pas d'une pureté absolue ; en supposant même que de fréquents lavages l'aient débarrassée de toutes les substances solubles qui peuvent s'y trouver, elle doit encore retenir des matières grasses, des principes azotés, des substances colorantes. On purifie l'amidon en faisant suivre les lavages à l'eau, par l'action de l'alcool, de l'acide acétique et de l'ammoniaque. L'amidon, à son plus grand

état de pureté, et desséché à 100° cent., contient, d'après les analyses de M. Jacquelain :

|                |           |
|----------------|-----------|
| Carbone.....   | 44,9      |
| Hydrogène..... | 6,3       |
| Oxygène.....   | 48,8      |
|                | <hr/>     |
|                | 100,0 (1) |

Par une légère torréfaction, la fécule amylicée subit une notable modification; elle devient soluble dans l'eau et présente alors les propriétés de la gomme (2). Ainsi torréfiée elle la remplace même dans plusieurs applications; cependant on ne saurait la confondre avec la gomme, sous le rapport chimique. Les acides agissent avec plus ou moins d'énergie sur l'amidon, en donnant naissance à divers produits; l'acide nitrique, quand il est affaibli par l'eau, se borne à le dissoudre; mais à un certain état de concentration, il exerce une action destructive. Dans cette réaction il se forme plusieurs acides, au nombre desquels se rencontre l'acide oxalique. En employant de l'acide sulfurique très-dilué, Kirchhoff est parvenu à changer l'amidon en une matière sucrée analogue à celle qui fait partie du moût de raisin (3). L'opération peut s'exécuter dans une bassine de plomb, d'argent, ou ce qui est préférable, dans des vases de bois, dans lesquels la masse

(1) Jacquelain, *Annales de chimie et de physique*, t. LXXIII, p. 181, 2<sup>e</sup> série.

(2) Vauquelin et Bouillon Lagrange, *Bulletin de Pharmacie*, t. III, p. 54.

(3) Kirchhoff, *Journal de Physique*, t. LXIV, p. 226.

liquide est chauffée par la vapeur. On délaye la fécule dans l'eau aiguisée par de l'acide sulfurique. Pour un kilog. d'amidon, on prend 4 kilog. d'eau, contenant 20 grammes d'acide du commerce. On fait bouillir pendant 36 heures, en ayant soin de remplacer l'eau à mesure qu'elle s'évapore; on agite continuellement avec une spatule, de manière à favoriser la dissolution; cette précaution est surtout nécessaire au commencement de l'opération. Lorsque l'ébullition est terminée, on sature l'acide par une addition de craie en poudre; on filtre la liqueur à travers une chausse de laine; on concentre jusqu'à consistance de sirop clair, et on laisse refroidir. Par le refroidissement, il se dépose du sulfate de chaux; on l'enlève, et l'on continue la cuite du sirop jusqu'à ce qu'il ait acquis une consistance convenable. En augmentant la dose d'acide sulfurique, on accélère la transformation de la fécule; sept à huit heures suffisent quand l'eau contient 1/10 d'acide.

On n'a pas encore donné une explication satisfaisante de la transformation de l'amidon en matière sucrée. L'acide employé ne paraît subir aucune modification, on le retrouve tout entier après l'opération. De Saussure croit que la réaction a pour résultat la fixation de l'eau; ainsi, 100 parties de fécule lui ont donné 110,40 parties de sucre (1).

Le gluten exerce sur l'amidon une réaction analogue à celle produite par les acides. Kirchhoff a

(1) Saussure, *Bibliothèque britannique*, t. LVI, p. 333.

tenue. M. Raspail confirma par ses recherches les observations de Leuwenhœck ; de plus il chercha à apprécier le diamètre des globules, et arriva à cette conclusion que leur enveloppe est insoluble, et que la partie interne peut seule se dissoudre dans l'eau (1). Depuis, MM. Payen et Persoz ont établi que si réellement les globules d'amidon sont entourés d'un tégument, ce tégument n'existe qu'en quantité à peine appréciable, ne dépassant pas  $\frac{1}{1000}$  du poids de la matière amylacée. Ces premiers travaux furent continués par M. Payen avec un zèle et une persévérance qui doivent lui assurer la reconnaissance des chimistes et des physiologistes. Il a soumis à l'examen microscopique un très-grand nombre de féculs ; les grains les plus gros qu'il ait observés, sont ceux d'une variété de pomme de terre, du *menispermum palmatum* et de la *canna gigantea*.

Les globules d'amidon ont souvent une forme d'apparence polyédrique, résultant de la pression qu'ils exercent réciproquement les uns sur les autres, dans les cellules des végétaux. Malgré une grande analogie de forme, les grains d'amidon d'espèces végétales diverses portent cependant une physionomie particulière ; mais un caractère commun au plus grand nombre des féculs, c'est de présenter des contours arrondis, lorsque leurs grains se baignent librement

(1) En 1812, Villars, dans un mémoire sur la structure de la pomme de terre, avait déjà évalué le volume des globules de différentes féculs.

dans un suc aqueux, lorsqu'ils ne sont pas accumulés, comprimés dans plusieurs cellules contiguës.

On a déduit de recherches microscopiques et chimiques, que l'amidon est homogène dans ses propriétés, comme dans sa composition ; que ses globules sont formés de couches concentriques, la couche externe offrant exactement les mêmes caractères que les couches internes (1). A l'état normal, l'amidon est insoluble dans l'eau, comme dans l'alcool ; il est très-extensible, et présente sous l'influence de certains agents une contractilité des plus remarquables.

Les féculs amylacés retiennent l'eau avec beaucoup de force ; la quantité d'eau retenue varie d'ailleurs avec la température à laquelle a été effectuée la dessiccation. Ainsi, la fécule de pomme de terre, humide, poreuse, fortement comprimée, conserve encore 45 pour 0/0 d'eau : c'est la *fécule verte* des fabricants. L'amidon sec est très-hygométrique : lorsque après une dessiccation préalable on le laisse séjourner dans une atmosphère saturée à 20° centigrades, il contient alors près de 36 p. 0/0 d'eau, et son volume apparent s'accroît dans le rapport de 1 à 1 1/2 : sous cet état l'amidon est d'une blancheur éclatante, et ses grains ont une telle adhérence, qu'ils offrent par leur réunion une masse assez plastique pour recevoir l'empreinte d'un cachet ; cependant cet amidon, comprimé sur du papier, ne lui cède pas une trace d'eau visible ; il est trop adhérent pour

(1) Fritzsche, *Annales de Poggendorf*, t. XXXII, p. 129.

être tamisé ; et quand on le jette sur une plaque chauffée à 125°, ses particules se réunissent aussitôt. La fécule du commerce contient 18 p. 0/0 d'eau ; elle est pulvérulente, bien qu'en la comprimant légèrement dans la main, il soit possible de la réunir en pelote. Après une dessiccation opérée à la température ordinaire, dans le vide sec, l'amidon ne retient plus que 10 p. 0/0 d'humidité, et il ne faut pas moins qu'une chaleur de 140° pour le dessécher complètement ; l'eau qu'il conserve à cette température appartient à sa constitution, et on ne peut la lui enlever qu'en le combinant avec les bases (1).

MM. Collin et Gaultier de Claubry ont découvert un caractère important de l'amidon, celui de donner une belle couleur bleue ou violette, par son union avec l'iode (2). Selon M. Payen, la couleur est d'autant plus intense, plus rapprochée du bleu pur, plus stable, que l'amidon est mieux agrégé ; l'effet de la désagrégation est de lui communiquer par l'action de l'iode, des nuances violettes virant de plus en plus au rouge. On voit la même fécule, au premier degré de son agrégation dans les plantes, prendre en présence de l'iode des nuances rougeâtres d'abord, violettes ensuite, et enfin d'un bleu bien déterminé (3).

M. Lassaigne a reconnu une propriété fort cu-

(1) Payen, Mémoire cité, p. 88.

(2) Collin et Gaultier de Claubry, *Annales de Chimie*, tome XC, p. 92.

(3) Payen, Mémoire cité, p. 105.

rieuse à la combinaison d'iode et d'amidon ; c'est que si après avoir déterminé la couleur bleue dans une liqueur amylicée, on vient à la chauffer à la température de 89° à 90°, la solution se décolore complètement pour reprendre sa teinte primitive par l'effet du refroidissement (1).

Cette propriété que possède l'amidon de bleuir au contact de l'iode, fait que l'un de ces deux corps devient un excellent réactif pour déceler la présence de l'autre. Toutefois, comme pour réagir dans cette circonstance l'iode doit se trouver à l'état libre, il est convenable, lorsque la couleur bleue ne se manifeste pas dans une solution où l'on soupçonne de l'iode, et dans laquelle on a introduit de l'amidon, d'ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique pour décomposer l'acide hydriodique dans le cas où il pourrait exister.

On sait que si l'on délaye de l'amidon dans de l'eau bouillante, il en résulte de l'empois. Suivant M. Payen, ce changement dans l'état de la fécule est dû à un gonflement, une rupture, une désagrégation de ses grains. En chauffant, par exemple, 1 gramme d'amidon délayé dans 15 grammes d'eau, on reconnaît, à l'aide du microscope, que vers 60° cent. les grains les plus jeunes, ceux qui sont doués d'une moindre cohésion, ont absorbé beaucoup d'eau, et que l'expansion des parties internes a produit le déchirement d'un certain nombre de globules ; cepen-

(1) Lassaigne, *Journal de Chimie médicale*, t. IX, p. 510.