

de chasser ensuite tout l'air contenu, non-seulement dans l'appareil, mais encore dans les cellules du bois et qui s'échappe par un orifice ménagé à cet effet. Ce résultat obtenu, on ferme l'orifice d'échappement et on arrête l'arrivée de la vapeur; on laisse celle-ci se condenser dans l'appareil, que l'on remplit alors avec la solution de sulfate de cuivre. A l'aide d'une pompe refoulant dans le cylindre une certaine quantité de cette même solution, on y produit une pression de dix atmosphères, que l'on soutient pendant une heure. Les bois ainsi préparés contiennent par mètre cube environ 6 à 7 kilogrammes de sulfate de cuivre.

C'est de cette manière que l'on injecte encore aujourd'hui les poteaux de soutien des lignes télégraphiques. Mais pour les traverses des chemins de fer, depuis quelques années, on a remplacé le sulfate de cuivre par l'huile lourde provenant de la distillation des goudrons des usines à gaz; cette huile, connue vulgairement sous le nom de *créosote*, doit contenir environ 8 pour 100 d'acide phénique et posséder une densité de 1030 à 35°. Son emploi présente l'avantage d'assurer la conservation des bois pendant un temps plus considérable que le sulfate de cuivre. En outre, avec des traverses injectées de créosote, il n'est plus nécessaire de se servir, pour la pose de la voie, de tirefonds galvanisés, comme on devait le faire lorsque ces traverses étaient imprégnées de sel de cuivre.

On fait usage, pour la préparation de ces traverses, d'un appareil, imaginé en 1831 par Bréant et perfectionné en 1838 par Béthel. Il est tout à fait analogue à celui que nous avons indiqué précédemment et qu'ont adopté MM. Léger et Fleury-Pironnet, lesquels n'ont apporté à l'appareil de Béthel que des modifications de détail. Ainsi, le cylindre qui doit contenir les pièces de bois à injecter n'a pas besoin d'être en cuivre lorsqu'on fait usage de créosote, on le construit en tôle de fer. En outre, pour faire le vide dans ce cylindre, au lieu d'employer un courant de vapeur qui aurait l'inconvénient de laisser de l'eau de condensation dans les cellules du bois, et par suite de gêner la pénétration du goudron, on se sert de pompes aspirantes. Pour le même motif, les traverses, avant d'être soumises à l'injection, sont placées pendant vingt-quatre heures au moins dans une étuve à air chaud, à la température de 60 à 80°.

La quantité de créosote absorbée dans ces conditions est d'environ 220 litres par mètre cube de bois, et la durée de conservation des traverses préparées par ce procédé est en moyenne de quinze années.

L'huile lourde de goudron est également employée pour l'injection des bois qui doivent être employés dans les constructions maritimes, car elle jouit de la propriété de les préserver de l'attaque

des tarets et des autres mollusques, résultat qui n'a pu être obtenu avec le sulfate de cuivre.

#### Cellulose animale. — Tunicine. — Chitine.

On rencontre dans le manteau des mollusques tuniciens et des ascidies, ainsi que dans l'enveloppe d'un grand nombre d'articulés, une substance résistante à l'action de l'acide chlorhydrique et d'une solution de potasse caustique à la température de l'ébullition, se colorant en bleu violacé sous l'influence de l'iode après un contact de quelques instants avec l'acide sulfurique, enfin se dissolvant dans ce dernier acide en se transformant en glucose. Ce sont là les caractères que nous avons donnés pour reconnaître la cellulose.

Cette matière paraît donc, sinon identique, du moins très-analogue à la cellulose que nous fournit le règne végétal. D'où le nom de *cellulose animale* donné à ce produit; toutefois on l'appelle généralement *tunicine*, lorsqu'il est extrait des enveloppes des tuniciens, et *chitine*, quand il provient des articulés. Pour l'extraire, on traite les enveloppes dont nous venons de parler à plusieurs reprises par l'acide chlorhydrique bouillant, puis par une solution de potasse également bouillante.

Il est fort difficile d'obtenir la chitine exempte d'azote; aussi, certains chimistes considèrent cette substance comme résultant de l'association d'un principe ternaire, la cellulose, avec un principe azoté analogue aux matières cornées.

#### AMIDON. — FÉCULE, $C^{12}H^{10}O^{10}$ ou $(C^{12}H^{10}O^{10})_n$

Les végétaux renferment dans l'intérieur des cellules constituant plusieurs de leurs organes, des granules blancs, très-petits, formés d'une substance isomère de la cellulose, qu'on appelle *matière amylacée*. Ces granules, examinés au microscope, diffèrent d'aspect et surtout de dimensions suivant les végétaux d'où ils proviennent.

La matière amylacée que l'on extrait des céréales et des graines des légumineuses a reçu le nom d'*amidon*, et celle fournie par les pommes de terre et diverses racines tuberculeuses le nom de *fécule*. Ce sont là les deux sources les plus importantes de cette substance; cependant on peut citer: le *sagou*, fécule que l'on rencontre dans diverses espèces de palmiers; l'*arrow-root*, retirée



des racines du *maranta arundinacea*, et la féculé que l'on extrait des racines du *manioc*. Cette dernière, jetée sur des plaques chaudes, se boursoufle, s'agglutine et forme le *tapioca*.

**Extraction de la féculé.** — Pour extraire la féculé des pommes de terre, on râpe celles-ci au-dessus d'un tamis à mailles



Fig. 24.

très-fines (fig. 24), puis on fait arriver un filet d'eau sur la pulpe ainsi obtenue. Les grains de féculé, par suite de leurs faibles dimensions, sont entraînés par l'eau et traversent la toile du tamis, tandis que la plus grande partie des cellules restent à sa surface. On arrête le lavage dès que l'eau qui s'écoule du tamis n'est plus blanche. La féculé, dont la densité est supérieure à celle de l'eau, se réunit au fond de ce liquide et peut être facilement recueillie.

Industriellement, on emploie de préférence pour cette extraction des variétés de pommes de terre riches en féculé, telles que la *patraque jaune* ou la *tardive d'Islande*, qui en renferment jusqu'à 23 pour 100. Les tubercules sont d'abord débarrassés de la terre fixée à leur surface par un lavage mécanique dans un cylindre débourbeur animé d'un mouvement de rotation. Ils sont ensuite soumis à l'action d'une râpe cylindrique formée de lames analogues à celles d'une scie, implantées suivant les génératrices du cylindre. Cette râpe, animée d'une grande vitesse, déchire les cellules qui recèlent la féculé et peut réduire à l'état de pulpe 15 hectolitres de pommes de terre par heure. La pulpe se rend direc-

tement dans un tamis où, sous l'action d'un filet d'eau continu, la féculé se sépare des débris du tissu de ces tubercules. Les tamis dont on fait usage sont des cylindres revêtus de toile métallique, contenant dans leur intérieur des palettes qui divisent la pulpe et des brosses qui nettoient incessamment la surface de la toile métallique.

La féculé, entraînée par l'eau, est reçue dans des cuves où elle se dépose; on fait écouler le liquide surnageant, puis on brasse à plusieurs reprises le dépôt avec de la nouvelle eau, jusqu'à ce que celle-ci s'écoule tout à fait incolore. Ce résultat obtenu, on enlève la féculé que l'on introduit dans des paniers légèrement coniques, garnis de toile, où elle achève de s'égoutter. On la porte alors dans un séchoir à air libre, on la sort des paniers sous forme de pains que l'on dispose sur une aire de plâtre, laquelle absorbe encore une portion de l'eau qu'elle renferme. Au bout de douze heures, la féculé contient encore de 30 à 45 pour 100 d'eau; à cet état, on la connaît sous le nom de *féculé verte*. Pour l'obtenir moins chargée d'eau, les pains sont divisés en plusieurs morceaux que l'on place sur des étagères et que l'on abandonne à la dessiccation spontanée encore pendant trois ou quatre jours; ensuite ces pains sont écrasés avec un rouleau de bois, et la féculé, ainsi divisée, est portée dans une étuve traversée par un courant d'air chaud dont la température doit être très-ménagée. Au sortir de l'étuve, la féculé dite *féculé sèche* ne contient plus que 18 pour 100 d'eau ou 4 équivalents.

**Extraction de l'amidon.** — L'amidon se trouve dans le blé associé à une substance azotée que l'on nomme *gluten*. Les blés durs sont plus riches en gluten et moins riches en amidon que les blés tendres. Ces deux principes peuvent être séparés facilement. Si l'on prend, en effet, de la farine de blé et qu'après l'avoir pétrie avec une petite quantité d'eau de manière à en former une pâte consistante, on la malaxe sous un mince filet d'eau (fig. 23), cette eau entraînera peu à peu l'amidon et bientôt il ne restera plus qu'une matière grisâtre, filante et élastique, qui est le gluten.

Dans l'industrie, on emploie deux procédés différents pour séparer l'amidon du gluten. Le premier, qui est le plus ancien, consiste à soumettre les farines à une longue fermentation: le gluten, beaucoup plus altérable que la matière amylacée, se décompose, donne naissance à des produits solubles, et l'amidon reste comme résidu. Dans le second procédé, on réalise en grand l'opération que nous avons décrite plus haut.

Nous examinerons d'abord la première méthode. On délaye les grains, grossièrement moulus, dans quatre à cinq fois leur volume d'eau à laquelle on ajoute une petite quantité des liquides acides



provenant de précédentes opérations, et que l'on nomme *eaux sures*. Au contact de ces eaux, le gluten contenu dans le grain ne tarde pas à éprouver la fermentation putride, et après une macération de quinze à trente jours, suivant la saison, il s'est complètement transformé en produits gazeux (acide carbonique, acide

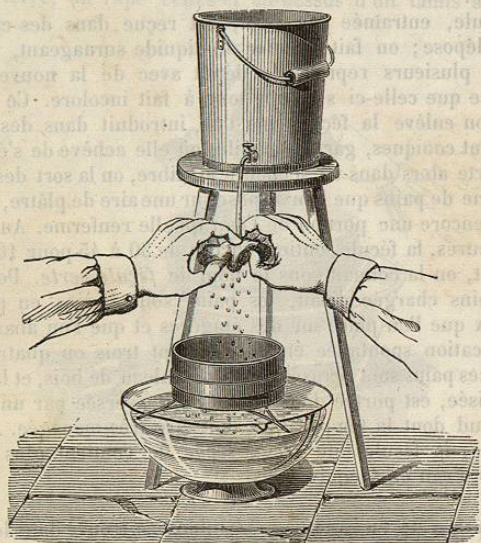


Fig. 23.

sulfhydrique, ammoniacque) qui se sont dégagés et en divers produits solubles, tandis que l'amidon insoluble s'est déposé au fond du bassin où la fermentation s'est effectuée.

On lave à plusieurs reprises le dépôt, jusqu'à ce que l'eau de lavage soit claire et incolore, puis on le jette sur un tamis qui retient la partie corticale du grain et laisse passer l'amidon. Ce dernier est recueilli, comme la fécule, dans des paniers garnis de toile, où il prend la forme de pains. Lorsque l'eau est égouttée, on porte ces pains dans un séchoir sur une aire de plâtre épaisse, puis on achève la dessiccation de l'amidon d'abord à la température ordinaire, puis dans une étuve dont on élève progressivement la température de 46 à 80°. Pendant ce séchage, l'amidon, par suite du retrait qu'il éprouve, se divise en formant des sortes de prismes irréguliers; sous cette forme, il est connu sous le nom d'*amidon en aiguilles*.

Ce mode d'extraction présente des inconvénients graves. La décomposition du gluten est accompagnée d'émanations fétides et insalubres qui font repousser avec raison les amidonneries loin de toute habitation; de plus, le rendement en amidon est toujours au moins de 10 pour 100 au-dessous de ce qu'il devrait être: le blé, au lieu de donner 50 pour 100 d'amidon, n'en fournit que 40 pour 100. Cette perte est due à ce qu'une partie de l'amidon s'est altérée en même temps que le gluten. Enfin, en opérant ainsi, on n'utilise pas le gluten.

Le second procédé, que l'on doit à M. Émile Martin, est moins long; il n'est pas insalubre comme le précédent, et de plus il permet de retirer de la farine une quantité d'amidon plus considérable.

Voici en quoi il consiste: on forme avec la farine une pâte consistante qui est pétrie au moyen d'un cylindre cannelé tournant dans une auge demi-cylindrique. Cet appareil, qui a reçu le nom d'amidonnière, porte à sa partie supérieure un tuyau percé de trous par lesquels coule constamment de l'eau. Cette eau entraîne l'amidon au travers d'une toile métallique fine, tandis que le gluten reste dans le cylindre. Comme l'amidon contient toujours de petites quantités de gluten qui ont pu traverser le tamis, on s'en débarrasse en le mélangeant avec des eaux sures et le laissant fermenter pendant vingt-quatre heures. L'amidon est ensuite lavé, puis desséché, comme nous l'avons indiqué précédemment.

Par cette seconde méthode, le froment donne au moins 50 pour 100 d'amidon de bonne qualité, tandis que la précédente en fournissait à peine 40. Elle présente en outre un grand avantage; c'est de permettre d'isoler le gluten, qui constitue l'élément nutritif des farines et qu'on peut employer, en le mélangeant à de la farine ordinaire, à la fabrication des pâtes, telles que semoule, vermicelle, macaroni, etc.

Le procédé de M. Émile Martin est aujourd'hui le plus suivi. Cependant la méthode par fermentation n'est pas complètement abandonnée; elle est la seule praticable lorsqu'on veut extraire l'amidon des blés avariés, dans lesquels le gluten a perdu ses propriétés agglutinatives et ne pourrait pas être retenu dans l'amidonnière.

**Propriétés.** — L'amidon est une poudre blanche formée par des granules d'apparence organisée et de forme ovoïde. Leur diamètre varie de 2 à 185 millièmes de millimètre: les grains de fécule de la pomme de terre sont les plus gros (0<sup>mm</sup>,140 à 0<sup>mm</sup>,185); ceux de l'amidon du blé n'ont que 0<sup>mm</sup>,050 de diamètre; l'amidon des légumineuses a des dimensions intermédiaires; enfin, l'amidon du maïs et surtout celui de la graine de betteraves se présentent sous forme de grains beaucoup plus petits.



Non-seulement les dimensions varient dans les diverses espèces d'amidon, mais il en est de même de la forme; et l'examen microscopique des grains d'amidon peut servir souvent à reconnaître le mélange de diverses espèces de farines.

La figure 24 représente différents grains d'amidon vus au microscope; la figure 25 montre de même des grains de fécule de pomme de terre.

Ces grains sont formés de couches concentriques superposées.

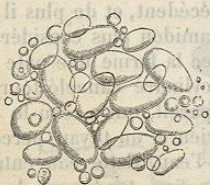


Fig. 24.

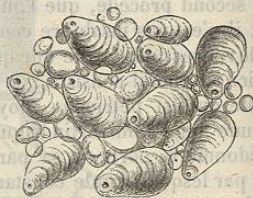


Fig. 25.

Les couches qui sont à l'extérieur des grains paraissent s'être produites les premières, du moins leur cohésion est plus forte que celle des parties centrales. Sous le microscope, les granules présentent généralement en un point l'apparence d'une dépression que l'on appelle le *hile*, et qui semble due à un espace vide qui existerait dans leur milieu.

Payen est parvenu à rendre facilement visible la structure interne du grain d'amidon, en plongeant dans de l'alcool aqueux de l'amidon préalablement chauffé à 180°, puis l'abandonnant à lui-même; l'alcool s'évaporant plus vite que l'eau, il reste sur chaque grain d'amidon une petite goutte d'eau qui perfore les couches sous-jacentes. Si l'on porte alors l'amidon ainsi perforé dans de

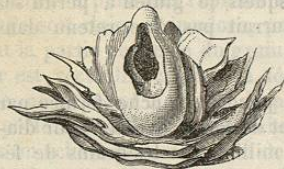


Fig. 26.

l'eau alcoolisée, les couches internes du grain se dilatent sous l'influence de l'eau avec plus de facilité que les couches externes; le grain d'amidon s'ouvre alors en quelque sorte comme une fleur, ainsi que le représente la figure 26.

L'amidon, après avoir été lavé, puis placé sur un corps poreux capable d'absorber l'eau qui le mouille, contient, ainsi que nous l'avons dit, de 35 à 45 pour 100 de son poids d'eau. Placé à l'air, dans des magasins secs, il en retient encore 18 pour 100, ou

4 équivalents. Dans le vide sec, à la température ordinaire, il perd la moitié de cette eau et n'en renferme plus que 2 équivalents. Enfin, il abandonne entièrement son eau lorsqu'on le soumet tout à la fois à l'action du vide sec et d'une température de 120°; sa composition est alors représentée par la formule  $C^{12}H^{10}O^{10}$ .

La densité de l'amidon est 1,53.

Il est insoluble dans l'eau froide, l'alcool et l'éther; cependant, lorsqu'on le broie avec de l'eau, le liquide filtré bleuit par l'iode.

**Action de la chaleur et de l'eau.** — L'amidon, maintenu longtemps à 100°, se transforme en *amidon soluble*.

L'amidon soluble se dissout très-facilement dans l'eau; il est précipité de sa dissolution par l'alcool, dans lequel il est insoluble, ainsi que par le tannin. Il a d'ailleurs la même composition que l'amidon ordinaire. Sa solution dévie vers la droite le plan de polarisation de la lumière d'un angle de 211°.

L'amidon soluble se prépare plus facilement en mélangeant à froid 2 parties d'amidon et 3 parties d'acide sulfurique. Au bout d'une demi-heure, l'amidon est complètement dissous; on verse alors le produit dans une grande quantité d'alcool. L'amidon soluble se précipite sous forme d'une poudre blanche.

Si l'amidon est porté à une température comprise entre 160 et 200°, cette dernière étant nécessaire lorsque la matière amylicée a été préalablement déshydratée, il se change en *dextrine*, produit soluble dans l'eau, isomère de l'amidon et déviant vers la droite le plan de polarisation de la lumière.

Au contact de l'eau chauffée vers 60°, les grains d'amidon absorbent ce liquide, se gonflent en prenant un volume 30 fois plus considérable, et ensuite s'exfolient. Lorsque la quantité d'eau employée n'est pas supérieure à 15 fois le poids de l'amidon, les grains gonflés arrivent au contact les uns des autres, se soudent et forment une masse épaisse et translucide, à laquelle on a donné le nom d'*empois*.

On peut détruire par un refroidissement énergique l'empois que la chaleur a produit; si, en effet, on soumet l'empois à l'influence d'un mélange réfrigérant, l'amidon se contracte et le produit reprend sa fluidité première.

Les alcalis ont la propriété de déterminer, même à froid, ce gonflement des grains d'amidon et de produire de l'empois; il suffit d'ajouter à de l'eau 0,02 de soude caustique pour que de la fécule de pomme de terre, introduite dans ce liquide, augmente de 75 fois son volume.

Si l'on fait bouillir l'amidon avec une grande quantité d'eau pendant un certain temps, les grains, après s'être gonflés, se désagrègent complètement et leurs fragments sont assez ténus pour



rester en suspension dans le liquide et même pour traverser les filtres. En même temps, une partie de la matière amyliacée est passée à l'état d'amidon soluble.

L'empois d'amidon est coloré à froid en bleu intense par la teinture d'iode; l'amidon soluble donne lieu à la même réaction. Si on ajoute à la liqueur bleue ainsi obtenue quelques gouttes d'une solution de sulfate de soude ou de chlorure de calcium, on détermine la précipitation de la matière colorante sous forme de flocons bleus : on a donné à cette substance bleue le nom d'*iodure d'amidon*.

Une solution d'iodure d'amidon, chauffée à une température supérieure à 66°, se décolore, puis reprend sa couleur par le refroidissement. On peut reproduire à plusieurs reprises ces colorations et décolorations successives; cependant, au bout d'un certain temps, la couleur bleue n'apparaît plus, soit parce que l'iode s'est volatilisé, soit parce qu'il s'est changé en acide iodhydrique.

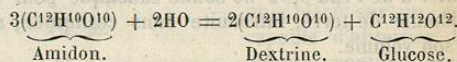
L'amidon paraît pouvoir s'unir à certaines bases; on obtient des combinaisons insolubles en précipitant une solution chaude d'empois par l'eau de chaux, l'eau de baryte ou l'acétate de plomb basique. C'est l'étude de ces combinaisons qui a conduit à admettre pour l'amidon la formule  $C^{12}H^{10}O^{10}$ .

**Action des acides.** — L'amidon, traité à froid par l'acide sulfurique concentré, s'unit avec cet acide en formant un acide conjugué.

L'acide azotique monohydraté dissout l'amidon; la liqueur, étendue d'eau, laisse déposer une poudre blanche, insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, à laquelle on a donné le nom de *xyloïdine* ou *pyroxam*. Ce corps, qui, chauffé à 180°, s'enflamme avec explosion, a une composition entièrement semblable à celle des celluloses nitriques.

Si l'on emploie l'acide azotique en excès et que l'on chauffe, il se dégage des vapeurs rutilantes et le liquide évaporé laisse déposer de l'acide oxalique.

Lorsqu'on chauffe l'amidon avec les acides minéraux étendus, il se dissout et donne naissance à de la dextrine et à du glucose. Suivant M. Musculus, l'amidon, dans ces conditions, se changerait en amidon soluble, lequel se dédoublerait ensuite en dextrine et glucose, conformément à l'équation suivante :



Comme la dextrine elle-même se change en glucose sous l'influence des acides étendus, il est impossible d'obtenir rigoureu-

sement ce dédoublement; mais il en résulte que, si l'on prolonge assez longtemps l'action des acides, l'amidon se trouvera transformé complètement en glucose.

La teinture d'iode permet de suivre la marche de la réaction : en effet, elle donne une coloration bleue tant qu'il reste dans la liqueur de l'amidon soluble; la coloration est rougeâtre avec la dextrine, et enfin, lorsqu'il n'y a plus que du glucose dans le liquide, l'iode ne le colore plus.

L'amidon est également transformé en dextrine et en glucose, lorsqu'on le met en suspension dans une infusion d'orge germée chauffée entre 65 et 70°; cette modification est due à la présence d'une sorte de ferment contenu dans l'orge germée, auquel on a donné le nom de *diastase*. Cette matière azotée, découverte par Payen et Persoz, se produit pendant la germination des grains d'orge, d'avoine, de blé, etc. Pour l'isoler, on traite l'orge germée, lorsque la gemmule a acquis une longueur égale à celle du grain, par deux fois son volume d'eau à 30°, qui dissout la diastase. On filtre sur un linge, on porte l'infusion à 75° afin de coaguler les matières albuminoïdes qu'elle renferme, puis, après une nouvelle filtration, on précipite la diastase en ajoutant de l'alcool. La diastase est blanche, amorphe, très-soluble dans l'eau; son action sur l'amidon croît avec la température jusqu'à 70° et disparaît vers 85° : 1 partie de diastase peut opérer la dissolution de 2000 parties d'amidon.

La salive, le suc pancréatique paraissent agir sur l'amidon comme la diastase.

#### Farines. — Pain.

On donne le nom de *farines* aux produits de la mouture de différentes graines débarrassées par un tamisage des parties corticales qu'on appelle *son*.

C'est la farine de froment qui est principalement employée dans la préparation du pain, en raison de la forte proportion de gluten qu'elle contient.

Cette farine est ainsi composée en moyenne : eau, 10 pour 100; amidon, 71; gluten, 10,9; glucose, 4,7; dextrine, 3,3, et en outre, une petite quantité de matières grasses et de matières minérales, telles que phosphate de chaux, silice, sels de potasse et de soude.

Pour faire le pain, on commence par mélanger la farine avec 60 pour 100 d'eau, à laquelle on ajoute du sel marin et de la levûre de bière ou du *levain*. Sans cette dernière addition, le pain serait lourd et difficile à digérer; pour le rendre léger, il faut provoquer dans l'intérieur de la pâte le dégagement d'un gaz qui