

CHAPITRE V

NUTRITION HYDROCARBONÉE DES MICROBES

SOMMAIRE : Analogies entre la fermentation et la décomposition des substances explosives. — Destruction graduelle des corps en fermentation. — Aérobie et anaérobie. — Exemple du sucre. — Fermentations alcoolique et acétique. — Fermentations lactique et butyrique. — Maladies des vins et des bières.

La levure de bière est, nous l'avons vu, un ferment du sucre, mais elle n'est pas le seul ferment du sucre. Il y en a un autre que nous apprendrons à connaître sous le nom de *ferment lactique*; il y en a de moins connus que nous ne nommerons même pas; il y en a sûrement beaucoup d'inconnus que l'on découvrira plus tard. Et cette multiplicité des ferments n'est pas particulière au sucre. Toutes les substances organiques complexes peuvent, comme lui, nourrir simultanément ou successivement divers microbes, dont chacun lui fait subir un mode de destruction spécial. Il y a donc un nombre prodigieux de fermentations diverses. L'étude particulière, même abrégée, des plus connues ou des plus importantes d'entre elles nous amènerait trop loin. J'aime mieux m'appliquer à dégager les traits généraux de cette multitude de faits, en donner l'essence au lieu du détail, et, pour cela, je ne trouve

rien de mieux que de les envisager dans leurs relations avec la nutrition des microbes.

Souvenons-nous de ce que nous avons appris, dans notre avant-dernier chapitre, au sujet de la matière fermentescible. Nous avons montré que sa destruction par un ferment devait nécessairement donner naissance à un dégagement de chaleur, dont le ferment utilise une partie comme source de force, dont l'autre chauffe plus ou moins la masse en fermentation et finit par se perdre dans l'air. Lorsque de la poudre, de la nitroglycérine détonent, leurs molécules chimiques subissent, au milieu d'un fort dégagement de chaleur et de lumière, des groupements nouveaux, dont les uns restent comme résidu inerte, dont les autres, les gaz, s'échappent avec violence. A la puissance du phénomène près, un morceau de sucre en fermentation alcoolique nous donne le même spectacle. Ici encore, il y a dislocation d'une substance complexe, et production concomitante de chaleur, que tous les brasseurs s'appliquent à modérer. Ici encore, de cette dislocation résulte un résidu, l'alcool, et un gaz capable de surmonter tous les obstacles. Un bouchon sortant violemment du col d'une bouteille de vin de Champagne et un boulet chassé d'une pièce de canon sont mis en mouvement par la même force. La ressemblance va encore plus loin. Il ne faut qu'une toute petite étincelle pour mettre le feu à la plus grosse pièce; il ne faut de même qu'un globule de levure pour mettre en fermentation les plus grandes quantités de sucre. Dans les deux cas, une fois commencée, la décomposition continue en vertu de la chaleur qu'elle développe elle-même.

Au lieu du sucre et de la levure, nous aurions pu prendre une autre substance et un autre ferment. D'une manière générale, tout corps organique formé d'un groupement de molécules assez complexe pour qu'en se scindant en deux ou plusieurs groupements nouveaux, il donne naissance à un dégagement de chaleur capable de servir à l'existence d'un ferment, sera fermentescible pour ce ferment.

Cette définition étend considérablement le champ des cellules ferments, et nous avons vu que cette induction était confirmée par l'expérience. Mais elle rétrécit, en revanche, le champ des substances fermentescibles en montrant qu'il n'y a de telles que les substances capables de fournir de la chaleur par leur décomposition.

Cela bien établi, nous pouvons faire un pas en avant. Le sucre, en s'évanouissant comme sucre, laisse de l'alcool dans le liquide. Pourquoi laisse-t-il de l'alcool? Et, d'une manière plus générale, à quoi correspond ce résidu non fermentescible laissé par tous les ferments? Le résidu laissé par la poudre encreuse l'arme et ne peut plus brûler, parce qu'il ne renferme plus de chaleur intérieure. De même, le résidu alcool est laissé par la levure parce qu'il ne renferme plus de chaleur utilisable par le ferment. Les conditions physiologiques de l'être vivant, de même que les forces naturelles mises en jeu dans l'explosion de la poudre, font sortir de la substance en voie de décomposition toute la chaleur disponible dans les conditions où s'accomplit le phénomène, et, dans les deux cas, il n'y a de respecté que ce dont il n'y a plus rien à tirer. De là résultent un certain nombre de conséquences.

1° D'abord, une même substance, surtout si elle est de constitution très complexe, pourra donner en se décomposant un certain nombre de groupements divers, c'est-à-dire subir un certain nombre de fermentations diverses. Ceux de ses ferments dont les besoins de chaleur sont les plus grands en pousseront la destruction plus loin et aboutiront à des résidus plus simples. Les autres laisseront la dislocation moins avancée et des résidus plus complexes.

2° Ces derniers résidus, inattaquables pour l'espèce dont ils proviennent, pourront être fermentescibles pour une autre, dont les besoins seront plus restreints. Ils pourront par conséquent être simplifiés par ces deux fermentations successives.

3° Tous les groupements résiduels auxquels on arrivera ainsi n'auront évidemment, avec le groupement initial, que des relations de structure assez éloignées. Quand un édifice se détruit, il peut le faire de cent façons diverses, et ses débris, de même que les portions restées debout, ne rappellent que très vaguement la structure et les dispositions de l'édifice initial. Il en va de même pour les composés chimiques. Le sucre peut donner de l'alcool ordinaire, des alcools propylique et butylique, des acides acétique, propionique, butyrique, lactique, oxalique, de la mannite, tous corps n'ayant entre eux, ni avec le sucre initial, aucune relation de constitution.

4° Ces résidus, dont les éléments sont en équilibre stable, devront d'ailleurs se retrouver les mêmes dans la destruction par fermentation d'un grand nombre de composés divers. Leur constitution est plus simple que celle des corps dont ils proviennent. Ils doivent, par

conséquent, être moins nombreux. Nous venons d'énumérer les produits les plus connus de la fermentation des sucres. On retrouve les mêmes produits avec toutes les substances hydrocarbonées fermentescibles; les mêmes encore avec les substances azotées, comme nous le verrons dans le prochain chapitre.

En somme, on voit que toutes les substances organiques, quelles qu'elles soient, donnent en fermentant des gaz toujours les mêmes, acide carbonique, hydrogène, quelquefois des carbures d'hydrogène et des résidus toujours à peu près les mêmes aussi. Que va-t-il arriver maintenant de ces résidus? Nous avons vu, en commençant cette étude, que le rôle des ferments était de ramener à l'état gazeux tous les matériaux de la nature organisée et vivante. Ce rôle n'est pas terminé tant qu'ils laissent, sans la gazéifier, une portion de la substance qu'ils avaient attaquée, et même une portion très sensible, car l'alcool représente, nous le savons, la moitié du poids du sucre. C'est ici que nous retrouvons la vie aérobie dont nous avons parlé. Les matériaux résiduels que nous venons d'apprendre à connaître, ne renfermant plus de chaleur intérieure, sont inattaquables pour une vie anaérobie; ils ne le sont pas pour une vie accomplie au contact de l'air, lui empruntant l'oxygène, et trouvant dans l'emploi de ce corps à l'état gazeux la source de force et de chaleur nécessaires. Grâce aux êtres aérobies, les résidus divers de la vie anaérobie vont passer à leur tour à l'état d'eau et d'acide carbonique. Ils le feront tantôt en une seule étape, tantôt en deux ou plusieurs fois, suivant la puissance comburante du microbe intervenu. Ces actions des êtres aérobies pourront d'ailleurs n'être

ni aussi isolées, ni aussi distinctes des actions de ferments que nous l'avons supposé dans notre exposé théorique. Il y aura souvent mélange, soit que la substance en fermentation, exposée à l'air, nourrisse des aérobies à sa surface, des ferments dans son intérieur; soit qu'elle alimente un être unique, à la fois aérobie et anaérobie. Quelques exemples, convenablement choisis, vont donner un corps à toutes ces considérations, et nous montrer en action le mécanisme de la destruction d'une masse organique de volume quelconque.

Nous ne pouvons pour cela trouver de meilleur terrain d'études que le suivant. Voici un hectolitre, cent hectolitres de moût de bière, renfermant des quantités correspondantes de sucre, de dextrine, de matières azotées. Demandons-nous par quel mécanisme cette masse organique va faire retour à l'atmosphère ambiante, en reprenant l'état d'eau et d'acide carbonique. Nous examinerons dans le prochain chapitre les voies de décomposition de la matière azotée. Parlons seulement aujourd'hui du sucre et des autres substances hydrocarbonées.

Nous avons trouvé jusqu'ici, dans ce que nous avons appelé la levure, le plus puissant agent de destruction du sucre. Le moment est venu de préciser cette notion. Il n'y a pas qu'une levure, il y en a plusieurs, peut-être une centaine, peut-être davantage, longtemps confondues, parce qu'elles se ressemblent beaucoup, mais que nous savons distinguer aujourd'hui. Et ce n'est pas seulement dans le monde des levures qu'on trouve des espèces nombreuses, mor-

phologiquement et physiologiquement très voisines, aussi différentes pourtant les unes des autres que les divers pommiers ou les divers poiriers. Ce fait est général. Partout, dans l'étude des fermentations comme dans celle des maladies virulentes, on se trouve conduit à distinguer, dans le groupe des êtres ayant à peu près la même forme et les mêmes fonctions, des propriétés restées jusqu'ici le privilège des êtres supérieurs, des propriétés de genre, d'espèce, d'individu, et même des propriétés héréditaires, comme une sorte d'atavisme. Il est impossible de passer devant ce fait capital sans s'y arrêter.

Nulle part cette distinction n'est plus nette que chez les levures. Elles vivent toutes aux dépens du sucre. Elles sont toutes aérobies, c'est-à-dire qu'elles peuvent toutes être cultivées dans un liquide en grande surface et en faible profondeur. Elles se reproduisent alors activement, et transforment intégralement en eau et en acide carbonique le sucre qu'elles n'utilisent pas pour la construction de leurs tissus. Elles peuvent toutes mener une vie anaérobie dans laquelle elles se reproduisent peu et donnent une fermentation alcoolique avec ses caractères ordinaires. Voilà les propriétés de genre. Elles sont caractéristiques. Mais la distinction des espèces repose sur des caractères non moins nets.

J'ai dit que toutes les levures décomposaient le sucre : c'est la glucose que j'aurais dû dire, car on en trouve sans action sur le sucre candi. Première et sérieuse distinction dont le chapitre prochain nous montrera l'importance. Puis toutes les levures pouvant vivre aux dépens des deux sucres ne le font pas de la

même façon et ne se ressemblent pas. Toutes choses égales d'ailleurs, elles ont une végétation plus ou moins luxuriante pendant leur vie aérobique, et un même

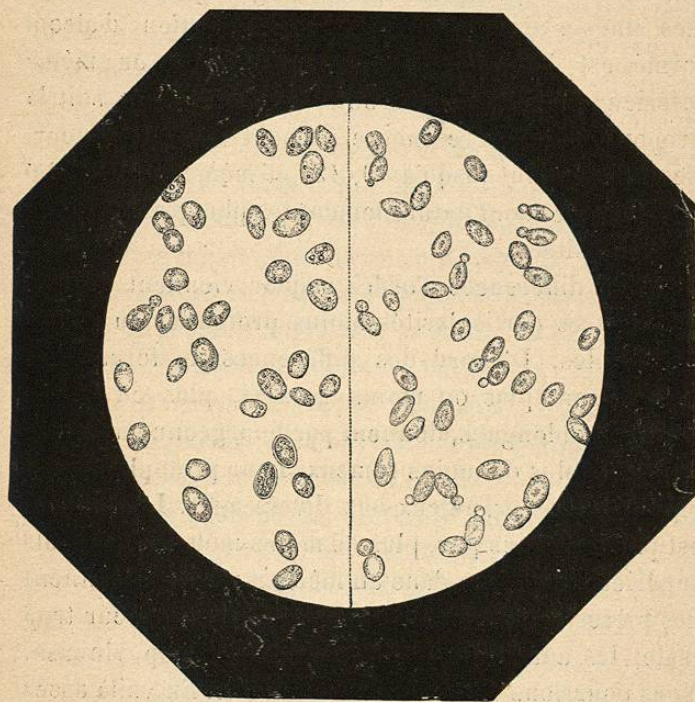


Fig. 7.

LEVURE BASSE

vieille.

rajeunie dans un moût
sucré.

poids de sucre en fournit des quantités inégales. Dans leur vie anaérobie, elles ne donnent pas non plus absolument les mêmes proportions d'alcool et d'acide carbonique. Si on les sème toutes dans une même

liqueur sucrée et acide, elles ne se développent pas également. Pour les unes il faudra diminuer les doses d'acide, pour les autres l'augmenter. L'alcool qu'elles produisent les gêne toutes, mais les gêne plus ou moins. Les unes s'arrêtent lorsque la proportion d'alcool formé est de 2 pour 0/0, par exemple, ou même inférieure, et restent alors inertes, quelle que soit la proportion de sucre encore présent dans la liqueur. Les autres vont jusqu'à 10, 12, et même 15 pour 0/0 d'alcool, et ce sont naturellement les plus précieuses et les plus usitées.

A ces différences d'ordre majeur viennent s'ajouter d'autres particularités moins profondes ou moins saisissables. D'abord des différences de forme. Ces levures sont plus ou moins grosses, plus ou moins ovales ou oblongues, donnent par bourgeonnement des chapelets plus ou moins rameux. Leur protoplasma est plus ou moins granuleux aux divers âges. Leur alcool est plus ou moins pur, plus ou moins mélangé d'alcools supérieurs. Semées dans un même moût, elles donnent des bières de goûts différents, les unes de saveur trop plate, les autres de saveur relevée et trop vineuse. Nous pourrions continuer sur ce thème. En voilà assez pour prouver l'existence d'un grand nombre d'espèces dans le genre levure. L'étude de deux d'entre elles va nous permettre d'arriver à la notion de variations dans les propriétés physiologiques individuelles.

Les levures étant, comme nous venons de le voir, de valeur et de puissance très inégales, chaque industrie de fermentation est arrivée naturellement à sélectionner et s'attache à conserver aussi pures que possible celle ou celles qu'elle a appris à préférer. L'industrie

de la bière, par exemple, a depuis longtemps fait son choix. A l'exception d'un petit nombre de brasseries, de celles de Burton, par exemple, où paraît exister une levure spéciale, donnant la vineuse *ale*, on peut dire que toutes les brasseries d'Europe et d'Amérique n'ont d'autres levures que les deux que voici.

1° *Levures basses*. — Elles servent à produire les bières allemandes, autrichiennes et en général ces *bières basses*, peu alcooliques, peu nutritives, mais fines de goût, et éminemment rafraîchissantes, dont l'usage se répand de plus en plus sur le continent. La fermentation de ces bières se fait toujours à basse température, et pendant qu'elle se produit, la levure reste immergée dans les profondeurs du liquide. Au microscope, les levures basses ont l'aspect représenté par la figure 7. Vieilles, elles ont un contenu granuleux, de larges vacuoles intérieures et une forme en général un peu allongée. Rajeunies, on les reconnaît surtout à ce que le bourgeon formé sur un globule mère s'en détache aussitôt qu'il en a atteint la grosseur, et avant de proliférer à son tour. On n'a donc sous les yeux, dans du moût en *fermentation basse*, que des globules isolés ou des globules doubles en voie de bourgeonnement.

2° *Levures hautes*. Celles-ci servent surtout à produire les bières anglaises que leur bouquet, leur richesse en alcool et en matières nutritives rendent très bonnes à consommer pendant les repas. Tandis que les levures basses sont surtout utilisées entre 5° et 6° c., celles-ci le sont de préférence entre 15° et 18° c. Le dégagement d'acide carbonique les entraîne à la surface, où elles forment une mousse abondante. Enfin, au microscope (fig. 8), on les reconnaît : vieilles, à ce que

leurs globules sont plus ronds que les levures basses; jeunes, aux chapelets rameux dont elles remplissent le liquide, les globules de générations différentes restant unis pour proliférer.

Contrairement à une opinion répandue chez les brasseurs, ces deux levures sont différentes. On élèverait la température d'une fermentation basse qu'on ne donnerait pas à la bière produite le goût de bière haute, et, inversement, on pourrait faire agir la levure haute vers 5 ou 6 degrés sans lui faire produire de la bière basse: à une double condition pourtant, c'est que les deux levures employées soient pures toutes deux. Si, comme c'est l'ordinaire, elles sont mélangées en proportions très différentes; le changement dans la température peut donner le pas à l'une ou à l'autre, la faire dominer dans un mélange où elle passait inaperçue, et faire croire à une transformation d'espèces là où il n'y a qu'une évolution normale et une substitution d'une espèce à une autre. Cela posé, voici où nous allons retrouver les variations dans les propriétés individuelles d'une même cellule. Considérons une bière, haute ou basse, en fermentation. Le dégagement de gaz se ralentit peu à peu. Une partie de la levure monte à la surface et s'élimine sous forme de mousse, que le brasseur enlève de son mieux. Une autre partie reste au fond des vases à l'état de dépôt. Finalement, le liquide, où le repos est devenu presque absolu, prend un état de limpidité, parfois très grand, dont le brasseur profite pour le soutirer.

A ce moment, il ne fermente plus ou quasi plus. Il contient pourtant encore du sucre. Pourquoi ce sucre n'a-t-il pas fermenté, puisqu'il y avait de la levure?

C'est que cette levure était affaiblie. Un long séjour dans l'acide carbonique lui déplaît; nous l'avons vu. Elle a besoin de prendre de temps en temps un bain

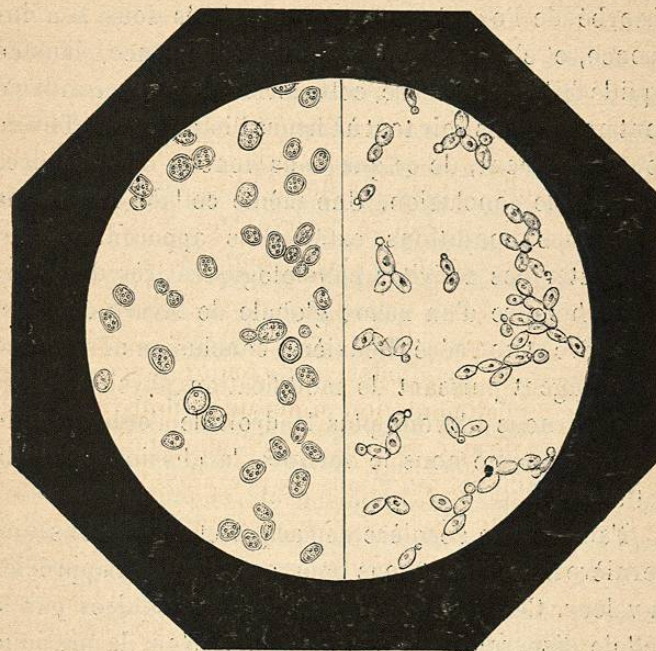


Fig. 8.

LEVURE HAUTE

vieille.

rajeunie dans un moût
sucré.

d'oxygène, bain régénérateur, après lequel elle commence plus activement et poursuit plus profondément son rôle de ferment alcoolique. C'est pour avoir perdu le bénéfice de son aération originelle que la levure restait inerte dans le vase, à l'état de dépôt de fond en