

(ébauche, version 2022-1a)

Simplification d'un système réel utilisé dans le cadre du cours IFT 187.

Plusieurs éléments critiques ne sont pas pris en compte.

Ce système ne doit pas être utilisé en pratique.

Cette description est incomplète (parfois ambiguë) et doit être affinée tout au long du développement du logiciel.

La société MultiBroue conçoit, fabrique, installe et entretient la gamme complète des équipements requis pour la fabrication des bières artisanales. Le contrôle continu de la qualité (CCQ) en cours de fabrication est un procédé essentiel pour assurer les qualités gustatives de la bière et les propriétés la rendant propre à la consommation humaine. Le CCQ est également indissociable de la traçabilité des produits exigée par les lois et règlements relatifs à la production brassicole puisqu'il fournit la plus grande partie des informations requises. Pour assurer un bon contrôle de qualité, il faut notamment recourir à des capteurs intégrés aux équipements de production. Ce que fait MultiBroue.

En plus de fournir les équipements eux-mêmes, MultiBroue désire offrir à ses clients un système CCQ (commercialisé sous le nom de QualiBroue) permettant aux brasseurs de collecter l'ensemble des mesures des capteurs et de les organiser adéquatement de sorte à permettre autant le contrôle de la qualité des produits que la traçabilité de leur fabrication a posteriori. La fondation d'un tel système est la base de données permettant de conserver toutes les données requises, notamment les mesures provenant des capteurs et les informations relatives à chacun des produits utilisés au cours de la fabrication. La traçabilité de chaque contenant de bière produit est assurée en l'associant à sa cuvée. Une cuvée est documentée par la recette utilisée, la chronologie effective des étapes et sous-étapes du processus effectivement réalisé lors de la production, des ingrédients utilisés ainsi que de l'ensemble des données collectées (avec leur chronologie) durant le processus de fabrication. En particulier, cela comprend le début et la fin de l'étape ainsi que des mesures spécifiques à chaque étape (ou sous-étape), prises tout au long de l'étape. Chaque ingrédient est documenté par sa provenance et par les numéros de lot dont il provient.

En pratique, trois procédés principaux sont en cause : le procédé de fabrication de la bière, le procédé du traitement de l'eau utilisée par le procédé de fabrication et le procédé de préparation des contenants. Ces trois procédés (génériques) sont sommairement décrits ci-après.

1 Procédé de fabrication de la bière

Le procédé de la fabrication de bière comprend plusieurs étapes et sous-étapes. Les étapes ne sont pas nécessairement toutes effectuées et certaines peuvent être effectuées plus d'une fois si nécessaire. Le procédé est généralement mis en oeuvre grâce aux équipements illustrés à la Figure 1.

Tout au long des étapes (incluant les sous-étapes), des tests de contrôle sont effectués et les mesures produites conservées. La nature, la fréquence et les seuils de contrôle de ces tests sont consignés dans la « recette » de même que la description et le séquençement des étapes et des sous-étapes. Une recette est donc en quelque sorte un « programme » décrivant la fabrication de la bière.

Aux seuils de contrôle sont associées des actions telles que l'envoi de messages, la suspension du processus, voire son arrêt. Ces seuils sont toutefois indépendants des seuils et des actions liées à la sécurité et à la sûreté qui sont gérées par les équipements eux-mêmes.

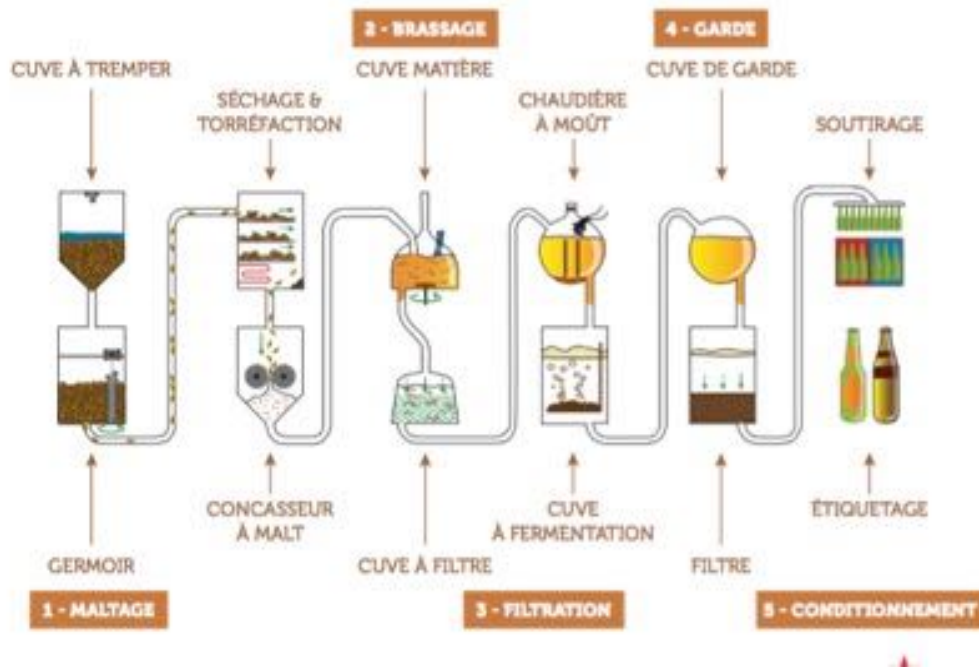


Figure 1 — Schéma typique des équipements de fabrication de la bière [MAP]

Maltage

Le maltage est composé de quatre sous-étapes. Le produit résultant (le malt) peut être conservé durant un an. Il n'est donc pas nécessairement exploité directement après sa production.

Trempage (cuve à tremper)

Le trempage consiste à humidifier le grain en le trempant dans l'eau. Cette étape est d'une durée typique de 24 h à 48 h. Le trempage est constitué de deux à trois périodes qui s'alternent où les grains sont « sous-eau » et ensuite « sous-air ». Le grain doit arriver dans les périodes sous-eau à un taux d'humidité compris entre 42 % et 45 % typiquement. Dans les périodes « sous-air », l'humidité dans le grain doit demeurer entre 12 % et 14 % typiquement.

Germination (germoir)

La germination consiste à laisser le grain germer pour qu'il produise des enzymes. Cette étape dure de quatre à six jours. Le grain, après cette étape, est appelé « malt vert ».

Touraillage (séchoir) ou torréfaction (torréfacteur)

Le touraillage est l'étape où le malt vert est séché à l'air chaud. La température de l'air est montée progressivement, sa température finale varie selon le type de malt que l'on veut obtenir. La température finale est maintenue de 3 h à 4 h typiquement, cette sous-étape est appelée le « coup de feu » (la température doit être contrôlée à deux degrés près et le temps, à la minute près). Le « malt vert » est appelé simplement « malt » à la fin de l'étape. Pour certaines bières, le touraillage est remplacé par la torréfaction qui expose le grain à un feu direct. La température et le temps de cuisson doivent alors être contrôlés beaucoup finement (au degré et à la seconde près).

Dégermage, appelé aussi concassage (concasseur)

Le dégermage consiste à enlever les radicules du malt, le concassage à briser les coques du malt afin de faciliter et d'accélérer la fermentation. Les radicules sont des petites racines secondaires qui peuvent s'être formées durant l'étape de la germination.

Brassage

Saccarification (cuve matière)

Durant la saccarification, le sucre complexe du malt est transformé en sucre simple. Pour cela, il faut tout d'abord concasser le grain et ensuite l'hydrater avec de l'eau. Le produit est alors appelé « maische ». La température de la maische est d'environ 45 C. Pour la prochaine étape, il existe trois techniques : la décoction, l'infusion par palier et l'infusion simple. Le résultat de cette étape s'appelle « mout primitif ».

Décoction

Lors de la décoction, plusieurs « trempes » sont effectuées. Une « trempe » est l'action de retirer une partie de la maische du « brassin » et on porte le restant du brassin à ébullition. Le brassin est la cuve où l'on brasse la bière. Ensuite, la maische retirée est réincorporée au brassin. Les différentes trempes sont effectuées en augmentant progressivement la température de l'eau. Le temps d'attente entre les différentes trempes est de 30 à 45 minutes typiquement.

Infusion simple

L'infusion simple consiste tout simplement à maintenir la maische à une température de 68 C pour produire la dégradation de l'amidon pour qu'elle se transforme en sucre simple.

Infusion par palier

L'infusion par palier est le mélange des deux techniques ci-dessus. Le malt est mélangé à de l'eau chaude, comme pour une décoction. Puis les différents paliers sont atteints en ajoutant de l'eau bouillante au brassin afin d'obtenir la température désirée. On effectue rarement plus que 3 paliers.

Filtration initiale (cuve à filtre)

Avant le houblonnage, le mout primitif est généralement filtré, mais l'étape peut être omise dans le cas de certaines bières dites « rustiques ».

Houblonnage (chaudière à mout)

Le houblonnage consiste à porter le mélange à ébullition en incorporant des épices et le houblon afin de préparer le brassin pour la fermentation.

Fermentation (cuve à fermentation)

La fermentation est l'étape la plus cruciale dans la fabrication de la bière. Elle comprend en fait une à trois fermentations (le plus souvent deux). La fermentation principale est typiquement d'une durée de trois à dix jours à une température entre 18 C et 26 C. Il existe plusieurs techniques pour la fermentation secondaire, dont la fermentation basse et la fermentation haute :

Fermentation basse

Cette technique consiste à maintenir la température du brassin entre 5 C et 14 C durant environ dix jours. À cette température, la levure descend dans le fond de la cuve, d'où le nom de la technique.

Fermentation haute

Cette technique consiste à maintenir la température du brassin entre 15 C et 20 C durant quatre à huit jours. À cette température, la levure monte à la surface de la cuve, d'où le nom de la technique.

Une troisième fermentation est parfois entreprise pour certaines bières fortes ; elles utilisent des techniques analogues à celles de la fermentation secondaire.

Maturation

La maturation regroupe trois sous-étapes : la clarification, la garde et la filtration finale.

Clarification (cuve à filtre)

La clarification consiste à enlever par filtration la levure et les impuretés qui se trouvaient dans la bière. Elle peut être omise pour certaines bières de garde, comme les bières sur lie, les blanches, etc. (noter qu'elle n'est pas présente à la Figure 1).

Garde (cuve de garde)

La garde consiste à stocker la bière dans des réservoirs réfrigérés avec une pression de CO₂. La mesure de la quantité de gaz dissout peut aussi être prise. La durée de la garde est très variable selon le type de bière (de quelques jours à plusieurs semaines). Elle peut même être totalement omise pour certaines bières bon marché.

Filtration finale (cuve à filtre)

Suite à la garde, il est généralement requis de refiltrer la bière — sauf si le processus de maturation doit se poursuivre dans les contenants.

Conditionnement

Embouteillage

Il s'agit de mettre la bière dans différents contenants pour en permettre le transport et la vente (bouteille de divers formats, tonnelets, tonneaux, etc.). Une opération d'étiquetage s'ensuit généralement.

Empaquetage

Certains contenants (principalement les bouteilles) sont constitués en lot et empaquetés. Une opération d'étiquetage supplémentaire s'ensuit généralement. Cette sous-étape peut être répétée à plusieurs niveaux (bouteilles en paquet, paquets en caisse, caisses en conteneur).

2 Procédé de traitement de l'eau

Le traitement de l'eau est capital tant pour des raisons de goût que pour des raisons de salubrité. Il comporte normalement trois sous-processus (neutralisation, traitement bactériologique, oxygénation), chacun pouvant utiliser diverses techniques. Il est préalable à chaque utilisation d'eau au cours du processus de fabrication de la bière.

3 Préparation des contenants

L'approvisionnement en contenants induit la nécessité d'un procédé de préparation qui doit prendre en compte l'état des contenants : neufs ou usagés. Lorsqu'ils sont usagés, une première étape est requise pour les nettoyer, les aseptiser et en vérifier le bon état. Lorsqu'ils sont neuf, la première étape se limite à une vérification sommaire

de leur bon état. Dans tous les cas, il faut les disposer de façon à permettre l'alimentation automatisée en cours de conditionnement.

4 Consignes pour travail de session

Dans le cadre du travail de session, il n'est pas requis de couvrir les aspects suivants :

- ◇ les actions associées aux seuils de contrôle ;
- ◇ le conditionnement ;
- ◇ le traitement de l'eau ;
- ◇ la préparation des contenants.

5 Références

[Fabrication]

Wikipédia

Article « *Fabrication de la bière* », portail de la bière.

consulté le 2022-03-09 sur http://fr.wikipedia.org/wiki/Fabrication_de_la_bière

[MAP]

Site Machineapression.beer

consulté le 2022-03-09 sur <https://www.machineapression.beer/savoir-fabrication-de-biere/>