



## Chapitre 9

# Le houblonnage

Même si les sucres fermentescibles, pour l'alcool, et les dextrines, pour la rondeur, sont déjà présents au moment de cette étape, il n'en demeure pas moins que le rôle du houblonnage sur l'impact organoleptique de la bière est considérable. Ce houblonnage apportera non seulement l'amertume à la bière, mais il permettra également de lui apporter des touches fruitées, florales, épicées... Enfin, c'est grâce à lui que la conservation de la bière sera possible.

## Le houblonnage

Dans cette étape, le moût obtenu après filtration et rinçage des drêches est porté à ébullition. En fonction du volume de moût, le temps pour atteindre l'ébullition peut être long. Il peut donc être avantageux de commencer à chauffer le moût obtenu juste après la filtration et de rajouter dans la cuve de cuisson celui provenant du rinçage au fur et à mesure qu'il s'écoule des drêches.

Une fois l'ébullition atteinte, une partie du houblon sera incorporée au moût et l'ébullition sera maintenue pendant environ 1 h 30. Ce premier houblonnage servira à la conservation et à l'amertume de la bière. Une autre partie du houblon sera ajoutée à la fin de l'ébullition et participera, cette fois, à l'aromatisation.

### Le saviez-vous ?

Le **houblon** est une plante dioïque, c'est-à-dire qu'elle se présente soit sous forme de pieds qui ne portent que des fleurs mâles (Figure 39, à gauche), soit sous forme de pieds qui ne portent que des fleurs femelles (Figure 39, à droite). Généralement, dans les houblonnières (Figure 40), seuls les pieds femelles sont cultivés. Le houblon est une plante grimpante (sous forme de liane) qui repousse chaque année à partir du mois d'avril. Un pied peut atteindre jusqu'à 10 m de long, voire plus. En pleine

croissance les pieds peuvent même pousser de 50 à 60 cm par jour. En septembre, les fleurs femelles, qui se présentent sous forme de cônes sont récoltées. Ce sont elles qui seront utilisées pour le houblonnage.



Figure 39 : Houblon mâle (à gauche), houblon femelle (à droite)



Figure 40 : Houblonnière (photo de Jean-Jacques Gayraud)

Pour le brassage, les fleurs femelles du houblon peuvent être utilisées sous forme de cônes séchés (Figure 41), de pellets (cônes extrudés sous formes de granulés) (Figure 41) ou d'extraits. Le houblon peut être introduit dans le moût après l'avoir mis dans des sachets en toile (mousseline d'infusion), ce qui facilite sa récupération après ébullition, ou directement jeté en vrac dans le moût. Dans ce dernier cas, les résidus de houblon devront être filtrés.

Outre apporter amertume et arôme à la bière, le houblon permet également d'améliorer sa conservation par ses vertus antioxydantes et antibactériennes. Les quantités totales de houblons utilisées pour réaliser une bière dépendent à la fois de l'amertume désirée et des qualités intrinsèques amérisantes ou aromatiques des houblons utilisés. Elles peuvent varier de 2 g à 8 g, voire plus par litre.



Figure 41 : Houblon sous forme de cônes (à gauche) et sous forme de pellets (à droite)

Le houblon contient environ 15 % de protéines, 5 % de phénols et autres composés phénoliques plus complexes comme des tanins (polyphénols parmi lesquels on trouve les flavanoïdes dont le xanthohumol (antioxydant puissant)), 0,5 % d'huiles essentielles et de la lupuline. C'est cette dernière qui est responsable de l'amertume de la bière. La lupuline se présente sous la forme de petits amas de poudre jaune au niveau de la base des feuilles des cônes de houblon (Figure 42). Elle contient des composés regroupés sous les termes « acides  $\alpha$  » et « acides  $\beta$  ».



Figure 42 : Lupuline

Pour chacun de ces « acides  $\alpha$  » et « acides  $\beta$  », on trouve 3 types de molécules qui se différencient par des groupements issus d'acides aminés : la leucine, la valine et l'isoleucine.

La proportion de ces composés varie énormément d'un houblon à l'autre. Les « acides  $\alpha$  » (appelés aussi «  $\alpha$  acides ») regroupent la famille des humulones : humulone, cohumulone et adhumulone. Leur quantité dans le houblon peut varier de 2 % à 16 %, voire plus.

Les « acides  $\beta$  » (ou «  $\beta$  acides ») regroupent la famille des lupulones : lupulone, colupulone et adlupulone, et peuvent être présent à hauteur de 2 % à 10 % selon les variétés de houblon.

## Pourquoi l'ébullition dure-t-elle si longtemps ?

Il faut savoir qu'au cours de l'ébullition, plusieurs réactions chimiques et physiques vont se produire, telles que :

- l'isomérisation des humulones qui permet le développement de l'amertume ;
- la solubilisation des tanins présents dans le houblon suivie de leur précipitation avec des protéines présentes dans le moût.

### \* Isomérisation du houblon

Les humulones (acides  $\alpha$ ) ne sont ni amères, ni antiseptiques dans leur état initial. Au cours de l'ébullition et sous l'effet de la chaleur, elles vont subir une transformation structurale appelée isomérisation (PAPL 18). Les composés obtenus seront des isohumulones (Figure 43) appelés également iso acides  $\alpha$  et qui présenteront cette fois des propriétés amérisantes et antiseptiques.

Chaque isohumulone apportera une amertume différente à la bière. Par exemple l'isocohumulone donnera une amertume plus dure et plus franche que ses consœurs.

#### Pour aller plus loin 18

##### ■ Isomères

Les isomères sont des composés chimiques ayant la même formule brute, mais avec des structures ou des arrangements de groupements d'atomes différents ce qui entraîne des propriétés différentes.

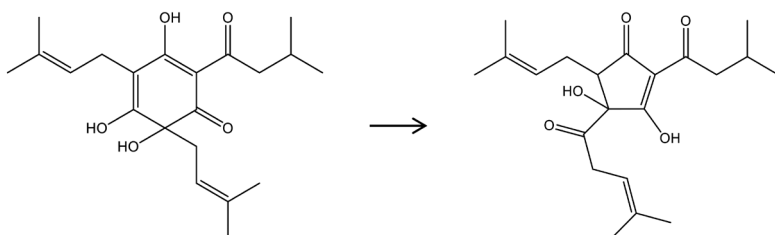


Figure 43 : Isomérisation de l'humulone en isohumulone

Les lupulones (acides  $\beta$ ), quant à elles, sont quasiment insolubles au pH du moût et leur contribution à l'amertume finale, même si elle n'est pas nulle, reste relativement faible. L'amertume procurée par ces acides  $\beta$  est moins fine que celle obtenue à partir des acides  $\alpha$ . Par contre, les lupulones ont des propriétés antibactériennes et antioxydantes intéressantes pour la conservation de la bière.

Avec le temps de stockage des bières, les iso acides  $\alpha$  subissent une dégradation chimique entraînant une diminution progressive de leur amertume laissant ainsi une part plus importante à l'amertume issue des acides  $\beta$  entraînant donc des changements organoleptiques.

### Le saviez-vous ?

Un **antioxydant** est un composé chimique qui protège de l'oxydation d'autres substances. Un des plus connus du grand public est certainement l'acide ascorbique appelé aussi vitamine C qui est présente, entre autres, dans de nombreux agrumes. Qui n'a jamais mis quelques gouttes de citron sur un avocat fraîchement coupé pour éviter qu'il ne noircisse à l'air, c'est-à-dire pour qu'il ne s'oxyde pas ?

En fait, un antioxydant est une espèce qui s'oxyde très facilement. Il réagit avec l'oxygène (mais également avec d'autres substances aux propriétés oxydantes) selon une réaction d'oxydo-réduction. Comme l'antioxydant s'oxyde très facilement, l'oxygène va réagir préférentiellement avec lui au lieu de s'attaquer aux autres composés. Tant qu'il reste de l'antioxydant, les autres substances sont donc partiellement protégées.

## \* Solubilisation des polyphénols et précipitation de composés protéiques

Comme déjà mentionné lors de l'étape de désactivation des enzymes, les tanins (polyphénols) sont fortement solubles à haute température. Ici, il ne s'agit plus des tanins du malt, mais de ceux provenant du houblon. Lors de cette étape d'ébullition, nécessaire pour extraire les substances protectrices et amérisantes du houblon, les tanins présents dans les cônes du houblon vont se solubiliser dans le moût. Ceux en provenance du malt ont normalement été très peu solubilisés car les drèches ont été séparées du moût avant que la température ne soit trop élevée. Mais comme la proportion du malt est très très élevée par rapport à la quantité de houblon, il en ressort que les tanins provenant du malt représentent quand même les deux tiers de la quantité totale de tanins. Les tanins sont des polyphénols qui font partie d'une grande famille de composés chimiques de taille, d'agencement et de groupements chimiques variés, ce qui leur confère des comportements et

des propriétés différentes. Certains sont antioxydants, d'autres sont astringents et d'autres encore participeront à relever la saveur de la bière. Les polyphénols en provenance du houblon sont de nature différente de ceux issus du malt.

Au cours de cette ébullition, certains polyphénols vont s'oxyder puis réagir avec des protéines présentes dans le moût pour former un précipité appelé précipité protéotannique. Une coagulation des protéines seules est également observée au cours de cette phase d'ébullition. L'ensemble (précipité protéotannique et protéines coagulées) donne un trouble à chaud. Ce trouble est responsable de ce que l'on appelle dans le jargon du brasseur la cassure à chaud.

Pour favoriser cette cassure, il faut que l'ébullition soit franche. En effet, comme il y a peu d'oxygène dissout à forte température, une ébullition franche engendrera une agitation du moût et donc la dissolution de l'oxygène de l'air et l'augmentation de la vitesse des réactions. Bien sûr, les différents polyphénols ayant des structures chimiques variées, tous ne seront pas oxydés au cours de cette ébullition et tous ne vont pas précipiter.

Comme l'ébullition doit être franche (Figure 44, à gauche), l'évaporation est considérable et peut être réduite en fermant partiellement le couvercle. Il faut cependant faire attention à ce que sous l'effet mécanique des vapeurs, le couvercle ne se referme entièrement, et ce pour deux raisons : la première est que le moût risque de déborder et la seconde est que certains composés indésirables, comme le DMS, se forment pendant l'ébullition et il faut qu'il puisse s'échapper (Figure 44, à droite).

En effet, il existe dans le moût des composés à base de soufre qui sous l'effet de la chaleur se transforment en DMS (diméthylsulphure de formule  $\text{CH}_3\text{SCH}_3$ ). Ce DMS présentant une odeur de « chou cuit » très désagréable, il est donc indispensable de l'éliminer. Heureusement, ce composé est volatil et s'évapore en grande partie pendant l'ébullition, à condition bien sûr que celle-ci dure suffisamment longtemps et que la cuve d'ébullition ne soit pas totalement fermée.



Figure 44 : Ébullition franche (à gauche), couvercle partiellement fermé (à droite)

## Pourquoi réaliser le houblonnage en plusieurs fois ?

Nous avons vu un peu plus haut que le houblon contient également des phénols (à ne pas confondre avec les polyphénols ou tanins) et des huiles essentielles. Ces composés confèrent aux houblons des arômes aussi différents que de poivre, d'épices, de miel, d'agrumes, etc., mais sont malheureusement volatils. Comme il est nécessaire de garder une ébullition pendant un temps très long pour développer l'amertume et les propriétés protectrices du houblon, tous ces composés volatils peuvent être perdus par évaporation. C'est pourquoi, si l'on veut bénéficier pleinement de ces arômes, il est nécessaire de réaliser plusieurs houblonnages.

### \* Le premier houblonnage

Le premier ajout de houblon a lieu au début de l'ébullition (Figure 45). Son rôle est, comme nous l'avons vu plus haut, d'apporter de l'amertume et de conférer des pouvoirs de conservation à la bière grâce à l'isomérisation des humulones (PAPL 18).



Figure 45: Houblonnage

Pour ce premier houblonnage, nommé houblonnage amérisant, les brasseurs utilisent assez souvent des houblons avec de fortes teneurs en acides  $\alpha$ , ce qui permet d'en utiliser de plus faibles quantités. Mais étant donné que chaque houblon apporte des caractéristiques différentes, il peut être, parfois, préférable de privilégier la qualité du houblon plutôt que la quantité d'acides  $\alpha$ . À moins d'utiliser du houblon sauvage ou du houblon de votre propre culture, le taux d'acide  $\alpha$  est analysé et est normalement mentionné sur les paquets. La connaissance de cette teneur est indispensable si vous voulez calculer la quantité de houblon à utiliser pour établir votre recette. Par exemple, pour obtenir une certaine amertume, un houblon avec un taux d'acides  $\alpha$  de 12 devra être utilisé en quantité trois fois moindre que si vous

utilisez un houblon avec un taux d'acides  $\alpha$  de 4. Bien sûr, un mélange de houblons avec des indices  $\alpha$  différents peut également être utilisé. L'amertume finale d'une bière s'exprime en IBU (International Bitterness Unit, [PAPL 19](#)).

### Pour aller plus loin 19

#### ■ L'amertume

L'amertume s'exprime en IBU (International Bitterness Unit). 1 IBU correspond à 1 ppm d'iso acide  $\alpha$ , c'est-à-dire à 1 mg d'iso acide  $\alpha$  par kg de bière.

Le **ppm** signifie **partie par million**. Il correspond par exemple au nombre de mg d'un composé présent dans un kg de matière, c'est-à-dire dans un million de mg de matière. Le taux d'extraction de « l'amertume » ou plus exactement d'isomérisation est d'environ 1/3, c'est-à-dire que seulement 1 acide  $\alpha$  sur 3 se transforme en acide iso  $\alpha$ . Cependant cette valeur de 1/3 n'est qu'une valeur indicative et dépend de la densité du moût (plus le moût est dense et plus le taux d'isomérisation est faible), du pH (l'isomérisation augmente avec le pH), de l'utilisation de cônes ou de pellets (pour obtenir une même amertume, on utilise en général 10% de houblon en moins avec les pellets) ou d'extraits de houblon, des variétés de houblon etc. et surtout du temps d'ébullition en présence du houblon. Par exemple, environ 5% d'isomérisation sont obtenus au bout de 10 minutes, 12% au bout de 20 minutes... Ce pourcentage d'isomérisation augmente avec le temps d'ébullition, mais pas de façon linéaire et va se stabiliser à une valeur maximale de l'ordre de 25 à 35% à partir d'environ 80-90 minutes d'ébullition.

La quantité exacte d'IBU se mesure par des méthodes d'analyses chimiques ou physiques, mais peut être déterminée de manière approximative par l'intermédiaire de nombreuses formules toutes aussi complexes les unes que les autres.

Aussi, je vous propose ci-dessous une formule très simple, **mais approximative** qui vous donnera cependant un ordre grandeur pour votre amertume.

$$\text{Quantité d'IBU} \approx 3 \times [\text{houblon}]_{\text{en g/L}} \times \text{indice } \alpha$$

Explication de cette formule simplifiée:

- 1 IBU correspond à 1 mg d'iso acide  $\alpha$  par kg de bière.  
La première simplification consiste à considérer qu'1 litre de bière pèse 1 kg. En réalité, il faudrait apporter un correctif prenant en compte la masse volumique de la bière. La masse volumique correspondant à la masse d'un liquide par unité de volume, elle est donc directement liée à la densité. Ceci dit, la densité de la majorité des bières finies est assez proche de 1 et l'erreur est minime.
- Le rendement d'isomérisation utilisé pour ce calcul est de 30%.
- La quantité de houblon est uniquement celle correspondant au houblonnage amérisant et est à utiliser en g par litre de bière.
- Le facteur 3 est le résultat correspondant au fait que l'on prend 30% pour l'isomérisation, la masse de houblon en g (et non en mg) et le nombre de pourcent pour l'indice  $\alpha$ .



Quantité d'IBU = masse d'iso acide  $\alpha$  en mg par kilo  $\approx \frac{30}{100} \times$  masse d'acide  $\alpha$  (en mg/L)

$$= \frac{30}{100} \times \frac{\text{indice } \alpha}{100} \times \text{masse de houblon (en g/l)} \times 1000 = 3 \times [\text{houblon}]_{\text{en g/L}} \times \text{indice } \alpha$$

Par exemple, si pour 20 litres de bière, vous avez utilisé 30 g de houblon ayant une teneur en acide  $\alpha$  de 8%, cela nous fait 1,5 g de houblon par litre et le calcul nous donne une quantité d'IBU =  $3 \times 1,5 \times 8 = 36$  IBU

Remarque, si vous estimez un rendement de 25% d'isomérisation, il faudra prendre la formule suivante :

$$\text{Quantité d'IBU} \approx 2,5 \times [\text{houblon}]_{\text{en g/L}} \times \% \alpha \text{ acide}$$

Il existe bien sûr d'autres formules empiriques pour essayer de tenir compte des divers paramètres notamment du pourcentage d'isomérisation en fonction des variétés de houblon, de l'utilisation de cônes ou de pellets, de la densité du moût pendant l'isomérisation, de la densité finale de la bière, de la participation à l'amertume des acides  $\beta$  et du houblonnage aromatique...

Les premières fois que l'on brasse, il est difficile de savoir comment déterminer les quantités de houblon correspondant au degré final d'amertume que l'on souhaite apporter à la bière. Pour les premiers essais, un indice d'amertume de l'ordre de 20 IBU peut être un bon compromis. Puis, selon le résultat, les quantités de houblon pourront être réadaptées en fonction de vos goûts.

D'une manière générale, le nombre d'IBU est de l'ordre de 15 à 20 pour les bières « classiques », mais peut monter à 100 voire plus pour les IPA (Indian Pale Ale). Notons qu'au-delà d'une certaine amertume, avec des indices de l'ordre de 120 à 150 IBU, les papilles arrivent à saturation et il devient impossible de distinguer de différences. Il est également important de signaler que l'IBU n'est qu'un indice de quantité de matière amérisante, mais ne correspond pas à l'amertume ressentie qui, elle, dépend de l'équilibre de la bière, alchimie entre le côté sucré, l'amertume, le pétillant, la présence de malt torréfié, les épices...

Concernant le choix du houblon, l'éventail est énorme car il existe plus de 100 variétés différentes de houblon, chacune ayant des caractéristiques qui leur sont propres tant au niveau de la qualité de l'amertume que de leur influence sur le goût et les arômes.

## \* Le second houblonnage

Une dizaine de minutes avant la fin de l'ébullition, un second apport de houblon est réalisé. Il est appelé houblonnage aromatique. Son rôle est de libérer et de conserver les arômes du houblon. Un peu d'amertume sera tout de même dégagée, mais en quantité négligeable vu le faible temps d'infusion. Comme pour le premier houblonnage, le choix du houblon se fait parmi plus de 100 espèces de