

Brassage Amateur

Notes “tout-grains”



Auteur : [Pierre-Alain Dorange](#) / 2017-2022 / Version : 0.9 / juillet 2022

Licence : libre, [Creative Commons by-sa 4.0](#)



Les dernières versions à jour et les originaux sont disponibles ici : [Pico-brasserie du Temple](#)

Sources principales d'informations

- Livre “[How to brew](#)”, John Palmer
- Site internet “[Univers Bière](#)”, Le Nain Brasseur
- Site internet : “[BrewWiki](#)”
- Site internet : “[Braukaiser wiki](#)”
- Forum francophone “[Brassage Amateur](#)”
- Site encyclopédique “Wikipédia”, [version internationale](#) / [version française](#)

Table des matières

A. BIÈRE.....	3
A.1. Styles traditionnels.....	3
A.2. Caractéristiques principales et dégustation.....	4
A.3. Composition typique.....	6
A.4. Fabriquer la bière.....	7
A.5. Vocabulaire du brasseur.....	8
B. PHILOSOPHIE DE BRASSAGE.....	10
B.1. Principes de brassage.....	10
B.2. Mon Matériel.....	11
B.3. Procédés.....	11
C. INGRÉDIENTS.....	13
C.1. Céréales.....	13
C.2. Houblons et Aromates.....	16
C.3. Sucres.....	18
C.4. Levure.....	19
C.5. Eau.....	22
D. MATÉRIELS ET ACCESSOIRES.....	25
E. PROCÉDÉS.....	28
E.1. Principes.....	28
E.2. Étapes du brassage.....	28
E.3. Concassage et préparation des céréales.....	29
E.4. Empâtage.....	30
E.5. Filtration.....	33
E.6. Cuisson du moût (houblonnage).....	35
E.7. Refroidissement.....	37
E.8. Fermentation.....	38
E.9. Embouteillage.....	40
E.10. Vieillissement (maturation).....	40
F. ANNEXES.....	41
F.1. Unités, conversions et ajustements.....	41
F.2. Volumes d'eau.....	43

Note préliminaire :

Ce document n'est pas exhaustif et ne constitue pas une référence sur le brassage de la bière amateur. Il s'agit de notes personnelles issues de documentations externes, de ma propre expérience et reflète surtout ma propre façon de brasser (voir chapitre PHILOSOPHIE DE BRASSAGE). Je suis brasseur amateur de petit volume, depuis 2010.

Après un chapitre introductif sur la bière, suit un chapitre sur ma façon de brasser, puis un chapitre sur les ingrédients et finalement un chapitre sur les procédés mis en œuvre pendant le brassage.

En complément de ce document principal qui se veut concis et simple, d'autres notes :

- « *Sciences du brassage* », qui traite plus en détails des aspects techniques et scientifiques du brassage.
- « *Aromates de brassage* », qui traite des aromates de la bière, notamment ceux historiques utilisées avant l'introduction du houblon ou par d'autres traductions.
- « *Expériences et alternatives* », qui traite de techniques de brassage alternatives et d'expérimentations autour du brassage amateur.
- « *Styles & Bières fermières* », qui traite des styles de bières et d'inspiration pour concevoir des recettes.

B. BIÈRE

La **bière** est une **boisson alcoolisée** obtenue par **fermentation** alcoolique d'un moût de produits végétaux amylacés (contenant de l'amidon) tels que l'orge, le maïs, le riz... Ce moût est obtenu à l'issue d'une étape de la fabrication de la bière : le brassage, opération à l'origine des vocables brasseur et brasserie. C'est la plus ancienne boisson alcoolisée connue au monde et la 3^e boisson la plus consommée après l'eau et le thé.

La bière « moderne » (à partir de la fin du Moyen Âge) est généralement produite à partir d'eau, de malt d'orge (parfois additionnée d'autres céréales) et de houblon. Le houblon, en particulier, apporte un parfum et de l'amertume à la bière et agit comme conservateur. Cette boisson est consommée à la pression, en bouteille ou en canette.

Wikipédia, article "Bière"

On peut distinguer les bières suivant plusieurs catégories, dont la couleur, le type de fermentation, le style, l'origine géographique, etc.

B.1. Styles traditionnels

Fermentation haute (dites Ale)		
Belgique / Flandre	Royaume-Uni / Irlande	Europe centrale
Abbaye	Bitter	Kolsh
Double	Pale Ale	Altbier
Triple	Indian Pale Ale (IPA)	Weizenbier
Quadruple	Brown Ale	Weinsbock
Trappiste	Irish Red Ale	
Belge	Porter	France
Saison	Stout	Bière de Garde
Spéciale	Scotch Ale	Bière de Mars
Bière de Noël	Barley Wine	
Fermentation basse (dites Lager)		
Pils	Munich Helles	Doppelbock
Export	Munich Dunkel	Eisbock
Marzen	Bock	Rauchbier
Fermentation spontanée		
Lambic	Gueuze	Faro
Lambic fruité		

Ces styles « traditionnels » sont surtout ceux de l'Europe du 19 et 20^e siècle, au moment du développement des bières artisanales puis industrielles. Il a existé auparavant une tradition de bière de ferme (brassé pour un usage très local avec des ingrédients de la ferme) dont on trouve encore la trace dans quelques pays d'Europe de Nord ou du Nord-Est ainsi que dans d'autres régions du globe (Asie centrale, Amérique du Sud...).

De même la révolution brassicole du brassage amateur qui est apparue aux États-Unis à la fin des années 1970 et début des années 80 a créé de nouveaux styles.

Il reste que les styles de bières restent très occidentalisés et sont même parfois extrêmement classifiés comme avec l'organisme BJCP qui édite un guide de style très précis et utilisé pour certains concours.

B.2. Caractéristiques principales et dégustation

Couleurs

La couleur est due aux constituants de la bière, notamment les types de malts utilisés (leur degré de cuisson) mais aussi parfois d'autres adjuvants (sucre roux, sucre candi...). La couleur est mesurée avec différentes unités suivant les pays : EBC (Europe), SRM (Anglo-saxons), Lovibond (Ancienne unité, plutôt pour la couleur du malt lui-même).

De manière générale plus la couleur est sombre, plus la température de service recommandée est élevée.

Bien que ce soit le paramètre le plus utilisé pour décrire une bière, ce n'est pas forcément un indicateur du goût. Il existe quantité de bière diverses avec la même couleur.

Couleur	Couleur EBC standard		Température de service	Exemple classique
Blanche	4 à 6		3 à 5 °C	Blanche Belge ou Allemande, généralement brassée avec une proportion importante de froment (blé). Bière d'été, rafraîchissante.
Blonde	6 à 8		4 à 6 °C	Désigne la couleur seulement, car on trouve tout type de bière sous cette couleur.
Ambré	12 à 20		5 à 7 °C	Désigne surtout la couleur, c'est une bière souvent brassée avec un peu de malt grillé.
Rousse	20 à 30		6 à 8 °C	De tradition plutôt des pays celtiques, bière brassée avec des malts clairs et une petite proportion de malts foncés qui lui donne une couleur variant du orange au rouge (rubis).
Brune	30 à 70		7 à 9 °C	Bière brassée avec un peu de malt torréfié, souvent caractérisé par une mousse fine et abondante, crémeuse. Existe en version Dry (sèche avec peu de corps) ou Sweet (douce, avec plus de corps et un goût légèrement sucré).

Col

C'est la couche de mousse qui couvre le sommet du verre et protège la bière. C'est pour certains un élément appétant. Le col dépend en partie de la carbonatation, de la tenue de la mousse et de l'état de verre.

Arômes

Ce sont les parfums qui se dégagent de la bière (surtout du col).

On trouve, suivant les styles, des arômes fruités, floral, céréales, herbes, agrumes, chocolat...

Parfums qui peuvent être mis en valeur par le verre dans lequel on sert le breuvage.

Amertume

L'amertume est causée surtout par la présence de houblons (acide alpha notamment) ou parfois d'autres aromates. Mesuré en unité IBU (international), 1 IBU = 1 mg d'acide alpha / litre.

IBU typique				
Lambic : 0 – 10	Wheat beer : 8 – 18	American lager : 8 – 26	Pilsner : 24 – 44	Porter : 18 – 50
Bitter : 24 – 50	Pale ale : 30 – 50	Stout : 30 – 90	Barleywine : 34 – 120	IPA : 40 – 120

Carbonatation

C'est la quantité de gaz carbonique (CO₂) contenu dans la bière. Mesuré en volume CO₂ par litre.

À l'ouverture de la bouteille, c'est ce qui provoque l'effervescence et la formation de mousse. On parle aussi de pétillance. Plus de détails dans « *Sciences du Brassage* ».

Corps

Caractérise la tenue en bouche, provoquée essentiellement par la plus ou moins grande présence de sucres résiduels et protéines. Souvent les bières sombres ont un corps plus important, souvent qualifié de "rond". Une amertume forte réduit la sensation des sucres et donc le corps.

Densité

Mesure le ratio de densité d'un liquide par rapport à l'eau (1,000).

Permet par comparaison de mesurer la quantité de sucres transformés, donc indirectement l'alcool contenu dans la bière finale.

Taux d'alcool par Volume (TAV)

Mesure la quantité d'alcool en volume présent dans la bière. C'est l'indication classique et légale des boissons alcoolisées : aussi noté %vol et ABV en anglais.

B.3. Composition typique

Composition approximative d'une bière classique TAV 5 % (pour 1 litre) / source : univers-biere.net	
Valeur énergétique	450 Kcal / litre
Eau	910 g
Alcool	50 g
Résidus d'hydrates de carbone (glucides)	40 g
Substances protéiniques	6 g
Anydride carbonique (CO ₂)	5 g
Potassium (K)	0,35 g
Phosphore (Ph)	0,25 g
Acide citrique	0,11 g
Magnésium (Mg)	0,08 g
Acide Pyruvique	0,08 g
Calcium 'Sa)	0,04 g
Sodium (Na)	0,03 g
Esters	0,025 g
Vitamine B3 (nicotinamide)	7,7 mg
Vitamine B5 (acide pantothénique)	0,15 mg
Vitamine B6 (pyridoxine)	0,6 mg
Vitamine B2 (riboflavine)	0,3 mg
Cuivre (Cu)	0,05 mg
Fer (Fe)	0,03 mg
Vitamine B1 (thiamine)	0,025 mg
Vitamine B8 ou H (biotine)	0,010 mg



B.4. Fabriquer la bière

La fabrication de la bière artisanale (brassage), consiste en 4 étapes principales, dont la première ne concerne généralement par le brasseur :

1. **Maltage** / Produire le malt : consiste à débiter la germination des grains de céréales pour produire les **enzymes** nécessaires à l'étape suivante.
2. **Brassage** / Produire un **jus sucré et aromatisé** (le moût) : consiste à transformer l'amidon des grains en sucres (grâce aux enzymes) et à ajouter des aromates (principalement du houblon) ;
3. **Fermentation** / Faire fermenter le moût : utiliser des levures pour transformer les sucres du moût en **alcool** et **gaz carbonique** ;
4. **Refermentation** / Emballage dans le contenant final (bouteille) et refermentation pour produire du gaz carbonique (carbonatation) et donc la pétillance du produit final.

L'étape 1 (maltage) est un métier à part, le brasseur amateur ou professionnel achète le malt préparé par le malteur. Le maltage est un procédé énergivore et qui nécessite de la précision. Il entre plus dans le cadre de la préparation des ingrédients que du brassage lui-même. Le sujet évoqué dans les documents annexes : « *Science du brassage* » et « *Expériences et alternatives* ».

B.5. Vocabulaire du brasseur

- **Aération** : opération qui consiste à introduire de l'oxygène (ou de l'air) dans le moût froid avant ensemencement de façon à fournir de l'énergie aux levures pour bien se reproduire.
- **Brasseur** : désigne celui ou celle qui brasse
- **Brasser, brassage** (brew) : désigne l'opération de fabriquer un lot de bière ; désigne surtout l'opération principale de mélange continu du brassin pendant la chauffe. Souvent synonyme d'empâtage, mais peut aussi désigner (par extension) l'ensemble des opérations de fabrication de la bière.
- **Brassin** (mash) : c'est le lot produit en une fois par le brasseur. Parfois synonyme de maïsche ou de moût. C'est aussi le volume de moût.
- **Carbonatation**, c'est le taux de gaz dans la bière et qui caractérise sa pétillance.
- **Cassure à chaud** (hot break) : c'est un phénomène qui se produit pendant l'ébullition et consiste en l'apparition (parfois) d'une albumine (agglomérat de protéines). Pour certains styles on cherchera à s'en débarrasser pour d'autres à la conserver.
- **Cassure à froid** (cold break) c'est un phénomène similaire au précédent mais qui se produit lorsque le refroidissement est rapide
- **Concassage** (grinding) : c'est l'opération de briser les grains de céréales avec un moulin. Il ne s'agit de moudre ce serait trop fin et produirait de la farine, mais bien de broyer grossièrement. L'objectif étant de briser la graine tout en conservant l'enveloppe la plus intacte possible.
- **Cuve de filtrage** (lauter tun) : la cuve qui permet le filtrage de la maïsche, voit filtrage
- **Densité** (density, gravity) : c'est une mesure relative de la masse volumique du moût ou de la bière, qui permet d'évaluer le potentiel de sucre et par calcul d'estimer la concentration en alcool de la bière finale.
 - Densité initiale, DI (original gravity, OG)
 - Densité finale, DF (final gravity, FG)
- **Drêche** : c'est le résidu du brassin après filtration (reste de grains) ; on parle de gâteau de drêches, c'est la maïsche très concentré qui est en asse de devenir la drêche dans le système de filtration.
- **Eau de brassage** (liquor) : eau spécialement mis de côté pour le brassage, peut être une préparation (avec ajout de minéraux ou acides)
- **Ébullition** ou cuisson (boiling) : c'est l'opération qui consiste à chauffer le moût pour e faire bouillir. C'est durant cette opération que son ajouté » les aromates (houblons principalement).
- **Embouteillage** (racking) : c'est la mise en bouteille ou mise en fut
- **Empâtage** (mashing) : c'est l'opération qui consiste à mélanger les grains concassés avec l'eau chaude pour produire le brassin.

- **Ensemencement** (pitching) : opération qui consiste à ajouter les levures dans le moût refroidit.
- **Fermentation** : c'est l'action des levures sur le moût qui va le transformer en bière verte par la transformation des sucres simples en alcool (éthanol) et gaz carbonique.
- **Fermentation primaire** (primary) : c'est la phase la plus visible (dite tumultueuse) de la fermentation
- **Fermentation secondaire** (secondary) : désigne souvent la seconde partie de la fermentation, période calme qui suit la phase tumultueuse. Peut aussi parfois désigner la refermentation en bouteille. Terme ambigu.
- **Filtrage** (lautering) : c'est l'opération qui consiste à séparer, par filtration, la maïsche après brassage en 2 parties : moût (liquide) et drêches (solide).
- **Garde** (conditioning, cellaring) : c'est une période après la refermentation ou on laisse les bouteilles se reposer (plutôt la bière en fait) et qui permet pour certains styles de développer des arômes supplémentaires ou de les affiner.
- **Garde à froid** (lagering) : opération qui consiste à conserver la bière en fin de fermentation dans un endroit très frais (parfois proche de zéro °C). Cette opération peut durer de quelques jours à plusieurs mois et permet, notamment, de faire sédimenter les résidus solides.
- **Houblonnage** (hopping) : action d'ajouter le houblon dans le mout ou la bière verte. On distingue plusieurs techniques :
 - **décoction** : ajout lors de l'ébullition, le plus courant
 - **infusion** : ajout après l'ébullition (chauffe coupé)
 - **houblonnage à froid** (dry hopping) : ajout tardif, surtout lors de la fermentation secondaire
- **Krausen** (kraeusen) : c'est une sorte de mousse compacte qui se forme en surface lors des premières étapes de la fermentation, composée des résidus non filtrés de malts et houblons et de levures mortes. C'est le signe que la fermentation primaire est passé.
- **Levure** (yeast) : champignon spécialisé pour la fermentation alcoolique des bières.
- **Levure sauvage** (yeast or microorganism or bacteria) : champignon ou bactéries le plus souvent non désirable qui peuvent polluer le brassin en occasionnant des fermentations alcooliques ou non alcooliques.
- **Lie**, sédiments (trumb) : les dépôts qui se forment au fond du fermenteur et des bouteilles et sont le résultat de la fin de la fermentation. Composés essentiellement de levures mortes ou endormie, de grosses protéines et de résidus de houblons. Dans une bouteille c'est le signe d'une bière artisanale. C'est aussi souvent très amer.
- **Maïsche** : c'est le mélange de grains concassé et d'eau, qui sera ultérieurement séparé en moût et drêches. Brassin c'est aussi le volume du brassage. Maische est un ancien mot alsacien désignant le brassin.
- **Maturation** ou mûrissement : étape facultative après fermentation suivant le style de bière, qui permet à la bière de développer des arômes et saveurs supplémentaires ; on laisse la bière verte vieillir dans son fut de fermentation ou un nouveau fut après transfert et avant embouteillage. Une maturation minimale d'une semaine est nécessaire ; 2 semaines c'est souvent mieux ; mais certains styles peuvent réclamer jusqu'à 24 semaines (Barleywine).
- **Moût** (wort) : c'est le produit liquide du brassin après filtration et qui deviendra la bière après fermentation
- **Recirculation** : opération qui consiste à prélever les premiers litres de moût mal filtré au début de l'opération de filtrage pour les remettre dans le brassin afin d'obtenir un moût mieux filtré.
- **Refermentation** : c'est la fermentation en bouteille grâce aux sucres ajoutés, se déroule à température ambiante et dure environ 3 à 5 semaines. Parfois nommé fermentation secondaire.
- **Refroidissement** (cooling, wort chilling) : opération qui consiste à refroidir le moût après cuisson pour le ramener à des températures permettant d'y ajouter les levures
- **Rinçage** (sparge) : opération réalisée vers la fin du filtrage qui consiste à ajouter de l'eau chaude dans le gâteau de drêches pour poursuivre et améliorer l'extraction des sucres.
- **Siphonnage**, transvasement avec un siphon, ce qui permet de ne pas incorporer trop d'air dans la bière.

- **Sucrage** (priming) : c'est un ajout de sucre ou assimilé juste avant embouteillage qui permet de réveiller les levures encore présentes pour réactiver une fermentation en bouteille. C'est le moins classique, historique et le plus simple d'avoir une pétilliance dans la bière.
- **Tourbillon** (whirlpool) : c'est une technique qui permet de concentrer au fond et au centre de la cuve les résidus solides issus de la cassure à froid. Il s'agit simplement de créer un tourbillon vif et de laisser reposer, la gravité et les frottements feront le reste.
- **Transfert** (racking) : le procédé de transférer la bière, le moût ou la maische d'une cuve à une autre. Peut s'effectuer par gravité, avec l'aide d'un siphon ou d'une pompe.

C. PHILOSOPHIE DE BRASSAGE

Ce document est élaboré au départ pour me servir de mémo et correspond à ma manière de brasser. Chacun adapte sa méthode ou utilise des astuces selon le matériel utilisé, les ingrédients préférés et son état d'esprit. Il n'y a pas une bonne façon de faire, juste des principes de base à avoir en tête et que l'on peut détourner, améliorer, explorer.

Ce chapitre décrit ma façon d'appréhender le brassage amateur et établit la philosophie générale de ce carnet de notes.

C.1. Principes de brassage

- **Brasser naturellement**, le plus possible en tout cas. Soit, utiliser des ingrédients bio ou locaux si possibles, sans en faire une obligation. Utiliser des techniques plutôt « traditionnelles ».
 - Les **Malts bio** ne sont souvent disponibles qu'en sac de 25 kg, j'achète donc les malts de base en bio et les malts de spécialités en non bio. On peut aussi griller soi-même certains malts de base pour les transformer en malts de spécialités. C'est toutefois énergivore et le résultat a un côté aléatoire mais sympathique. Dans certaines régions on peut trouver un malteur local qui vend sa propre production ou de plus en plus souvent des boutiques qui vendent le malt au détail ;
 - Les **Houblons**, je privilégie les houblons en cône (forme naturelle) d'origine française. Quand c'est la saison (automne) je cueille des houblons sauvages dans mon coin (On en trouve souvent sur les rives des cours d'eau). En même temps les houblons ne sont pas ma spécialité je me focalise plutôt sur les malts. J'expérimente aussi avec d'autres aromates.
 - Utilisation de l'**eau du robinet**, c'est celle que je consomme habituellement, je ne vais pas acheter et gaspiller du plastique avec de l'eau en bouteille. Je fais juste décanter 24 h avant usage pour libérer le chlore (léger chez moi) ;
 - Pas ou peu de produits chimiques, pour désinfecter j'ai choisi ce qui me semble le meilleur compromis entre le côté « naturel » et l'efficacité : le [percarbonate de sodium](#) (ChemiPro Oxi) qui dans l'eau se dissout en cristaux de soude (E500) et en oxygène actif. Pas de traitement de mon eau, j'ajoute du malt acide ou utilise un palier acidifiant si nécessaire ;
- Je brasse en **artisanal** :
 - Pas d'automatisme, je brasse tout à la main (y compris le concassage) ;
 - Chauffe directe type franco-belge, le brassage traditionnel de nos régions ;
 - Des petits volumes gérables sans pompe (brassins de 20 à 30 L suivant la recette) ;
 - Du coup je m'intéresse aux procédés traditionnels et anciens.
- **Réduire le gaspillage**, consommation d'énergie et consommation d'eau
 - Je chauffe au gaz (pas sûr que ce soit le meilleur rendement, mais je ne suis pas fan de l'électricité (mariage délicat avec les liquides et origine nucléaire) ;
 - Je privilégie le refroidissement naturel sans gaspillage d'eau (ça prend environ de 10 à 24 h), soi-disant pas très bon pour la qualité de la bière mais ça me réussit plutôt bien ;
 - J'utilise des bouteilles à fermeture mécanique (pas de capsules à jeter) ;
 - Je désinfecte au minimum (ce qu'il faut) ;
- **Pas de prise de tête**, je privilégie le plaisir et la simplicité, similaire au principe KISS (Keep It Simple, Stupid) ([wikipedia](#)) :
 - J'utilise des levures sèches (pas à gérer de dates de péremption, ni de fraîcheur) ; du coup c'est un peu moins naturel...
 - Je fais de même pour les houblons, que j'achète en gros et que je conserve (probablement trop longtemps) ; pour conserver un peu la fraîcheur je les achète sous vide bien sûr et je n'hésite pas à modifier ma recette pour ne pas ouvrir trop de sachets à la fois, je privilégie parfois les sacs déjà ouverts plutôt que le type de houblon.
 - Pour la fermentation, je ne fais pas (plus) de mesures de densité pour surveiller l'avancement, je fermente 3 semaines à chaque fois et j'ajoute 6 à 7 g/L de sucre à l'embouteillage.

C.2. Mon Matériel

- Cuves de brassage inox de 50 L ;
- Petit fourquet en inox pour brasser ;
- Une cuve supplémentaire de 30 L (pour l'eau de rinçage le plus souvent), c'était mon ancienne cuve de brassage ;
- 3 seaux plastique alimentaire de 30 L équipé de robinet ;
- 1 fond filtrant inox en V pour le seau de filtrage ;
- 1 aérateur de moût (optimise l'oxygénation du moût lors de l'ensemencement), mais je l'utilise pas toujours ;
- Un moulin à concasser manuel ;
- Une vieille gazinière (ou un réchaud pour conserve suivant mon humeur) branché sur une bouteille de gaz ;
- Des bouteilles à bouchon mécanique ;
- Thermomètre de cuisine pour suivre les températures.

C.3. Procédés

Préparation de l'eau

Dans l'optique de rester simple et naturel, je n'ajuste pas le profil de l'eau avec des produits chimiques ; d'autant que c'est très complexe et hasardeux (nécessite beaucoup de précision).

Mon eau (du robinet) est très chargée en minéraux, bien adaptée aux brunes. Pour brasser des blondes j'effectue parfois une ébullition la veille pour précipiter une bonne partie des carbonates, mais plus souvent j'ajoute un peu de malt acide à la recette.

J'ajoute parfois quelques pincées de sel de cuisine (0,25 g/ litre maximum).

Préparation des céréales

J'utilise des céréales entières que je mouds manuellement avec un moulin adapté. Au début j'ai utilisé un peu de céréales en flocon, mais je remplace désormais plutôt par des céréales entières que je mouds, ou directement de la farine (peu), ou du pain rassi (qui améliore bien le rendement et m'évite de jeter mes restes, mais rend souvent la filtration plus délicate).

Ça me fait moins d'ingrédients à gérer et ça me semble plus naturel et écologique. Par contre il faut gérer la gélification préalable des céréales crues (le pain évite cette étape, il suffit de le mettre à tremper pendant la chauffe de l'eau).

On trouve des flocons d'avoine ou d'épeautre dans les magasins bio (faut bien vérifier qu'ils ne sont pas sucrés ou salés).

Nettoyage et désinfection

Je rince abondamment les bouteilles aussitôt après utilisation, ce qui m'évite d'avoir à les nettoyer.

Je désinfecte les seaux qui vont recevoir le moût avec de l'oxygène actif.

Côté désinfection des bouteilles je réalise :

- Le plus souvent un trempage dans le seau de transfert avec l'oxygène actif ;
- Parfois dans un mélange eau de javel/vinaigre, à utiliser avec précaution c'est dangereux ;
- Il m'est arrivé de ne réaliser aucune stérilisation des bouteilles et ça c'est bien passé, mais je n'ai pas osé recommencer.

Empâtage

J'ai commencé et j'utilise encore le process traditionnel franco-belge par chauffe directe, très utilisé en France par les brasseurs amateurs. Je l'utilise le plus souvent en mono-palier (simplicité) avec toutefois parfois un premier palier de trempage vers 50 °C quand j'utilise des céréales crues. Parfois la technique traditionnelle belge de chauffe continue mais lente (passer de 20 à 80 °C en 2 heures).

Jamais testé l'infusion (technique américaine) qui consiste à ajouter de l'eau plus chaude sans chauffe directe dans une glacière ou la décoction (très complexe), ni le « Brew-in-bag ».

Donc ici on ne parlera que de chauffe directe.

Filtrage et rinçage

J'ai longtemps filtré avec une simple [tresse inox](#), mais ça vieillit pas très bien et je lui ai adjoint un [fond filtrant conique](#) (pour seau plastique) et j'en suis plutôt satisfait, même si j'ai rencontré pas mal de difficultés notamment liés a mes expériences (pain, riz concassé, farine...). Il faut surtout bien le mettre en place au départ.

J'ai désormais adopté la technique de l'humidification préalable du malt (pulvérisation de 2 % du poids en eau avant concassage) qui permet d'avoir un filtrage plus efficace, car l'enveloppe des grains est mieux conservé lors du concassage. Et j'ai réduit la quantité de pain.

Cuisson du moût

Ici rien de sorcier, une bonne ébullition avec un couvercle ouvert qui permet une ébullition et évaporation.

J'ai souvent une évaporation un peu importante, ça doit venir de ma gazinière qui manque de puissance pour faire bouillir vite ; du coup ça chauffe plus longtemps et ça évapore plus. Je tends à réduire la phase d'ébullition (45 voir 30 minutes).

Ensemencement

Par commodité de gestion des stocks j'utilise de la levure sèche et comme j'ai commencé par Fermentis (série Safale), je continue avec cette marque dont je connais les levures.

Fermentation

J'ai longtemps fermenté a température ambiante et ça a plutôt bien marché. Mais depuis que j'ai déménagé mon local de brassage n'est plus autant tempéré qu'avant (surtout l'été). Je fermente désormais avec un vieux frigo régulé par un régulateur et c'est bien mieux.

Je fermente souvent en 1 étape, parfois en transvasant dans un autre seau pour le secondaire. J'ai eu plus de limpidité avec la seconde méthode mais pas toujours... Les résultats en limpidité sont plutôt aléatoires et semble plus lié au process qu'à éventuel transfert.

Du coup plus de transfert en secondaire désormais (simple).

Mise en bouteille

Par praticité et soucis environnementaux j'utilise des bouteilles à bouchons mécaniques et beaucoup sont de la récupération. Je prépare un jus sucré (7 à 8 g/L) avec environ ½ litre d'eau, préalablement bouillie et refroidie, que je verse au fond d'un seau stérilisé. Puis je transfère le moût dedans (avec un siphon pour éviter de remuer les restes au fond), ce qui permet de mélanger avec le jus sucré et de décantier le moût une dernière fois pour la limpidité.

Maturation

La maturation n'est pas non plus réalisée dans les meilleures conditions, là encore mon local a des variations importantes de température. Toutefois assez rapidement je transfère dans une cave qui est, elle, bien plus adaptée.

D. INGRÉDIENTS

D.1. Céréales

Le rôle principal des céréales est d'apporter de l'amidon et des enzymes.

On distingue 2 types de céréales (ou grains) :

- **Céréales maltées** : (souvent orge) ce sont des grains germés, touraillés et brossés afin de développer les enzymes qui pourront dégrader l'amidon dans le brassin. Elles varient entre elle par leur couleur qui est le résultat du procédé de maltage.
- **Céréales crues** : céréales non maltées, ne contient pas d'enzymes. À utiliser en quantité réduite avec du malt ou malt diastique (contient plus d'enzymes).



Malts

Dans une recette on utilise généralement un malt de base (60 à 100 % des grains) accompagné de quelques malts de spécialités (caramel ou torrifiés). Ci-dessous quelques malts courants.

Malts de base	Couleur		Recommandation max	Commentaires
	EBC	SRM		
Extra pale Pilsner	2	1	100 %	Base pour tout type de bière, surtout lager
Pils ou Pilsner	3	2	100 %	Touraillé à 80° C. Très légèrement coloré, malt de base pour tout type de bière, utilisé seul pour des blondes.
Pale Ale	7	3	100 %	Touraillé à 90° C. Légèrement coloré, bière ale (blonde ou ambrés)
Vienna	7	4	100 %	Touraillé à 90° C, intensifie la couleur et l'arôme, riche et aromatique, légère odeur de caramel et de fumé
Munich I	15	7	50 %	Touraillé à 100° C, pour bières brunes, Noël, petite quantité, renforce l'arôme et le caractère
Amber	50	25	30 %	Touraillé à 120° C, goût malté, saveur de pain cuit
Aroma	150	70	20 %	Le plus foncé des malts de base, bière ambrée ou foncée, arômes de malt puissant.

Malts Caramel	Couleur		Recommandation max	Commentaires
	EBC	SRM		
Carapils / Cristal	5	3	15 %	Bières légères, améliore la mousse, corps présent mais doux
Carahell / Cristal 20	25	13	15 %	Utilisé pour les ambrés ou Abbaye blonde, corps et arômes présents, notes de caramels
Carared / Cristal 40	40	20	25 %	Brown ales, rousses, couleur tirant sur le rouge, arômes de malts, notes de caramel et de miel
Caraamber / Cristal 60	60	30	20 %	Bières ambrées, brunes. Renforce le goût malté, notes de caramel, pain et toffee
Carabelge	30	15	30 %	Bières belges, léger arôme de caramel, notes de noisettes
Caramunich Cristal 100	90-150	45-75	5-10 %	Couleur ambrée, arôme intense de caramel, rond, notes de biscuit
Special-B	350	175	15 %	Malt caramel, bière d'abbaye, apporte couleur rouge et saveur de caramel (Stout, Porter...)

Malts torrifiés	Couleur		Recommandation max	Commentaires
	EBC	SRM		
Biscuit	50	25	5-15 %	Tourailage léger, torrifié à 160 °C, goût de biscuits et de pain, renforce arôme grillé

Chocolat / Carafa	900	450	5 %	Torréfié à 220 °C, bière foncées et noires. Amer, goût de brûlé et de grillade
Black	100 0	500	5 %	Bières foncées stout, amer

Malts spéciaux	Couleur		Recommandation max	Commentaires
	EBC	SRM		
Malt acide (Sauermalz)	5	3	1 à 5 %	Acidifiant, contient 2 à 4 % d'acide lactique ; 1 % permet de réduire le pH de 0.1. Utilisé pour équilibrer l'acidité des brassins avec de l'eau très carbonatée.
Malt de froment (Wheat)	4	2	50 %	Blé : bières blanches légères et fort %, favorise la mousse. Idéal pour bière légère. Pas de coque = filtrage délicat sur % important.
Malt de seigle (Rye)	6	3	100 %	Arôme typique de seigle ; pas de coque = filtrage délicat sur % important.
Malt d'épeautre (Spelt wheat)			30 %	Goût frais et léger, légèrement épicé, bière de saison

Céréales crues

Utilisable sous plusieurs formes, nécessitant des préparations :

- Flocons non sucrés : utilisable directement dans la maische ;
- Grains crus (non malté) : à concasser et gélifier ;
- Farine : utilisable avec précaution (éviter les grumeaux) ;
- Pain : utilisable rassi, découper en croûtons.

Le paragraphe suivant Préparation des céréales crues indique comment mettre en œuvre ces céréales suivant leur forme.

Ces céréales n'étant pas maltées, elle ne comporte aucun enzyme. Il faut donc les utiliser avec des malts à fort pouvoir diastique (beaucoup d'enzymes), soit des malts de base. Et donc à des taux (%) plutôt réduits, sinon l'amidon ne pourra pas être transformé en sucres.

Flocons et grains crus	Recommandation max	Gélification	Amidon	Commentaires
Froment ou blé tendre (wheat)	30 %	60 °C	76 %	Apport de protéines (améliore la mousse). Goût de céréales plus profond, utilisé pour blanche ou grand cru. Pas de coques, plus difficile à filtrer.
Avoine (oat)	20 %	60 °C	61 %	Apport de protéines (peu améliorer la mousse). Apport de corps et de rondeur, petit goût épicé. Utilisé surtout pour Porter, Stout pour le côté crémeux. Participe à équilibrer une eau très minérale.
Seigle (rye)	25 %	55 °C	74 %	Apport de protéines (peu améliorer la mousse). Apport de goût prononcé de céréales. Pas de coques, plus difficile à filtrer.
Épeautre (Spelt wheat)	15 %			Goût frais et léger, légèrement épicé, bière de saison.
Orge (barley)	20 %	70 °C	71 %	Apport de protéines (peu améliorer la mousse) et de corps, goût de grains épicés.
Sarrasin (buckwheat)	15 %	70 °C		Assombrissent aussi la bière
Riz (rice)	25 %	90 °C	81 %	Goût sec, bière légère, fera ressortir le houblon. Plus neutre que le maïs. Pauvre en protéines (défavorable à la mousse).
Maïs (mze)	40 %	70 °C	70 %	Bières claires, sèche et légère, fera ressortir le houblon. Pauvre en protéines (défavorable à la mousse).

Préparation des céréales crues

Les céréales crues doivent être préalablement gélifiées pour rendre accessible leur amidon.

Sous forme de grains

- Concasser à part les grains de céréales crues non maltés.

- Mélanger les céréales avec 3 à 4 fois leur poids en eau.
- Faire chauffer à la température de gélification (voir tableau plus haut) 10 à 20 minutes,
- Refroidir vers 50 °C avant incorporation à la maische.

Sous forme de farine

Farine de blé : peut remplacer le froment cru (la brasserie Rochefort en mettrait environ 10 g/L), max 10-15 % pour éviter les problèmes de filtration. Bien préparer en mélangeant au préalable avec de l'eau pour éviter les grumeaux et gélifier à 60 °C avant incorporation.

Pour les autres farines, même principe.

Sous forme de pain

Peut remplacer le blé. Sous forme rassis, à découper en petits/moyens morceaux (type croûton) et bien faire tremper au préalable (je mets à tremper pendant la chauffe de l'eau).

Apporte pas mal de sucres simples en plus, bon rendement, c'est un bon moyen d'utilisation des restes de pains rassis. Mieux avec du bon pains.

Fabrication des malts

Ce qui fait varier les malts ce sont les modes de séchage et de cuisson.

- Un séchage à l'étouffer (humide) produira des caramels (Cara ou Cristal).
- Une cuisson forte produira des goûts grillés et une couleur plus ou moins sombre.

Seuls les malts légèrement grillés à sec (85 à 115 °C) contiennent une proportion importante d'enzyme et ont un pouvoir diastique significatif.

S'il est possible de malter soi-même des céréales c'est une opération longue, complexe, énergivore et difficile à maîtriser. Ce qui est possible c'est éventuellement d'ajuster le grillé en partant de malts légèrement grillé et en les passant au four pour les transformer en malts plus grillés. Mais les températures doivent être très précises ; entre un malt « pale ale » et un « pilsner » il y a 10 °C d'écart, pas simple dans un four de cuisine... Toutefois ça peut dépanner si on manque de malt Chocolat pour une Porter. Voir les notes « Expériences et alternatives » pour plus de détails.

D.2. Houblons et Aromates

Le rôle du houblon est d'aromatiser la bière, d'apporter de l'amertume ainsi que des saveurs (arômes et saveurs). Il a de plus un rôle antiseptique en protégeant la bière de certaines infections bactériennes.

Le houblon est la fleur femelle non fécondée d'une plante grimpante (liane) : *Humulus Lupulus*. C'est à partir du XV^e siècle que le houblon commence à supplanter, en Europe, toutes les autres plantes aromatiques utilisées jusque-là. Le houblon les aurait remplacés de par ses qualités gustative et antiseptique. Peut-être aussi, car le houblon est plus un calmant alors que certaines plantes aromatisantes utilisées précédemment étaient des excitants voir des euphorisants.



Utilisable sous plusieurs formes :

- En **cônes**, version naturelle. Conservation au congélateur sous vide pour éviter l'oxydation.
 - Si les cônes sont frais, il faut en utiliser environ 5 à 6 fois la quantité de cônes secs.
- En **pellets**, concassés et compressés en petites rondelles (usage env. -10 % par rapport aux cônes), se conserve mieux mais est plus difficile à filtrer (se répand sous forme de poudre).

L'indice alpha (AAU ou HBU) indique la concentration en amertume dans le houblon.

L'indice IBU indique la concentration en acide alpha dans la bière finie. 1 IBU = 1 mg/L d'acide alpha.

Types de houblons

On distingue 2 natures de houblons :

- **Amérisant**, apporte surtout de l'amertume (indice alpha > 8 %), généralement cuit avec le moût pendant 60 minutes ;
- **Aromatique**, apporte des arômes ou des saveurs spécifiques (souvent indice alpha < 8 %) ; que l'on distingue par leurs saveurs. Généralement cuit avec le moût lors de 10 à 15 dernières minutes.

Une espèce peut être à la fois amérisant et aromatique.

On distingue les houblons par leur nature mais aussi par leurs saveurs et origines.

Houblons classiques	Indice Alpha	Amérisant	Aromatique	Origine	Usage
Brewers Gold	8 à 13	+		USA	
Herkules	12 à 17	++		Allemande	
Magnum	12 à 14	++		Allemande	
Tomahawk / Columbus	14 à 18	++		USA	
East Ken Goldings (EKG)	4 à 6	+	Doux, presque sucré « roi des houblons anglais »	Royaume-Uni	IPA, Bitter
Cascade	5 à 9	+	Agrumes et pins	USA	Ale houblonnée
Centennial	9 à 11	+	Fleur, Citron	USA	Avec froment
Citra	10 à 15	++	Forte saveur d'agrumes	USA	
Simcoe	12 à 14	++	Résines et agrumes	USA	
Nugget	11 à 14	++	Fleurs et résine, épices	USA	
Amarillo	8 à 11	+	Corsé, florales et citrique	USA	IPA, houblonnage à sec
Hallertau Mittelfruch	3 à 5		Légèrement épicé	Allemande	Pils, Lager
Tettnang	3 à 6		Légèrement épicé	Allemande	
Saaz	3 à 5		Légèrement épicé	Tchécoslovaque	Blonde et blanche

Hersbrucker	3 à 6		Plus épicé que Hallertau Mittelfruch	Allemande	
Fuggle	4 à 6		Épices, légèrement fruité, boisé	Royaume-Uni	Houblonnage post-ébullition ou a cru des IPA et Stout.
Nelson Sauvin	12 à 14	+	Arômes de Sauvignon blanc, fruités	Nouvelle-Zélande	
Riwaka	4 à 7		Agrumes		

Grille de substitution aromatique	Variétés européennes	Variétés Anglaises	Variétés Américaines	Variétés Pacifique
Arômes	Floraux, épicés, résineux	Résineux, fruités, épicés	Citron, herbe, résineux	Fruités, citron, floraux
Substitution Européenne	Hallertau Mittelfruh Tettnang Splat Select Saaz Hersbrucker	Target Challenger Northdown Progress	Crystal Mt Hood Horizon Cluster Wakatu	Helga Pacifica Sylva Ella
Substitution Anglaise	Magnum Opal Merkur Smaragd	East Kent Goldings Fuggles West Goldings Sovereign	Glacier Columbia Willamette Galena	Green bullet Fuggle Wye Challenger Pacific gem Super pride
Substitution Américaine	Triskel Hallertau blanc	Admiral Pioneer Epic Pilgrim	Amarillo Cascade Centennial Ahtanum	Dr Rudi Waimea Sicklebract Galaxy
Substitution Pacifique	Hull Melon Mandarina bavarian	Archer Olicana Jester	Mosaic Citra Simcoe Amarillo	Nelson Sauvin Riwaka Motueka Topaz

Autres aromates

D'autres aromates sont parfois utilisés pour certains styles :

- Coriandre : bière de Noël, blonde forte, certaines Belges ;
- Orange amère (Curaçao) : utilisé pour bières blanches ou belge blonde/triple ;
- Fleur de sureau : bière douce et fraîche d'été ;
- Graines de paradis (poivre de Guinée) : bières brunes fortes, bière de Noël ;
- Écorce de citron (zestes) ;
- Racine de gingembre : bières blondes fortes ;
- Clous de girofle : 1 clou pour 20 L max ;
- Cardamome (verte) : quelques grammes moulus ;
- Baie de genévrier.

Historique des aromates

Avant l'utilisation et la généralisation du houblon, la bière était aromatisée avec différentes herbes et plantes. Voir le document complémentaire : « *Aromates de brassage (gruits)* ».

D.3. Sucres

Certaines recettes (notamment bière belge forte) peuvent utiliser du sucre sous diverses formes (cristaux, sirop...).

Cela permet d'augmenter les sucres fermentescibles et donc la teneur finale en alcool, sans augmenter le corps. La tradition germanique interdit l'usage de sucres additionnels, les Belges au contraire en usent sans soucis et avec succès.

L'ajout de sucre appauvrit la teneur globale du moût en protéines (le sucre en contient pas), ce qui peut légèrement nuire à la mousse, mais favorise un peu la limpidité.

À ajouter en fin d'ébullition (si nécessaire) avec un dosage de l'ordre de 1 à 5 g / litre :

- Sucre blanc : aucun goût
- Sucre canne : très léger goût, coloration et quelques minéraux
- Sucre candi (sirop de sucre cuit) : arôme de caramel et coloration
- Miel : à stériliser (liquéfier à 35 °C, couper 50 % d'eau, puis 80-85 °C pendant 15 minutes), max 15 g/litre

D.4. Levure

Il s'agit de micro-organismes (champignons) qui transforment les sucres du moût en alcool et gaz carbonique (CO₂). Indispensable à la fabrication de la bière (et d'autres boissons alcoolisées). Utilisé empiriquement jusqu'à sa « découverte » (Pasteur et d'autres).

On distingue 3 ou 4 espèces pour le brassage :

Type	Espèce	T °C	Commentaire
Fermentation haute	Saccharomyce Cerevisiae	18 à 25 °C	Bière type « Ale »
Fermentation basse	Saccharomyce Pastorianus	5 à 15 °C	Bière type « Lager »
Fermentation spontanée	Dekkera bruxellensis		Bière type « Lambic » et « Gueuze ».
Levures « sauvages »	Diverses et variées		Levures ancêtres de Cerevisiae ou bactéries. Expérimental pour la bière. On en trouve quantité sur la peau de fruits mûrs.

Disponible en plusieurs formes :

- Sèche (poudre) à réhydrater avant ensemencement ;
- Liquide à préparer en levain avant ensemencement ;
- Levain (récupération de brassin précédent ou de bière en bouteille).

Souches

Les levures traditionnelles Ale (*Saccharomyce Cerevisiae*) sont de la même famille de levure que celle utilisée en boulangerie. Toutefois les souches utilisées en brassage ont été sélectionnées et adaptées depuis longtemps et sont largement préférables pour le brassage, car sélectionnées pour leurs arômes, capacités de sédimentation et résistance à l'alcool.

Les levures classiques de boulangerie sont-elles sélectionnées pour leur production de CO₂ (faire gonfler la mie). On peut toutefois les utiliser pour brasser, mais on obtient vite des arômes de bananes (parfois recherché pour certains styles).

Métabolisme

Les levures sont des êtres vivants, elles ont 2 métabolismes possibles pour créer l'énergie nécessaire à leur survie : la respiration (en milieu aérobie, pourvu l'oxygène) et la fermentation (en milieu dépourvu d'oxygène ou riche en sucres). Dans le moût s'est le second qui nous intéresse et qui permet de créer de l'alcool et du gaz à partir des sucres présents.

À noter que la fermentation produit de la chaleur et qu'avec des volumes importants cela nécessite une régulation de température.

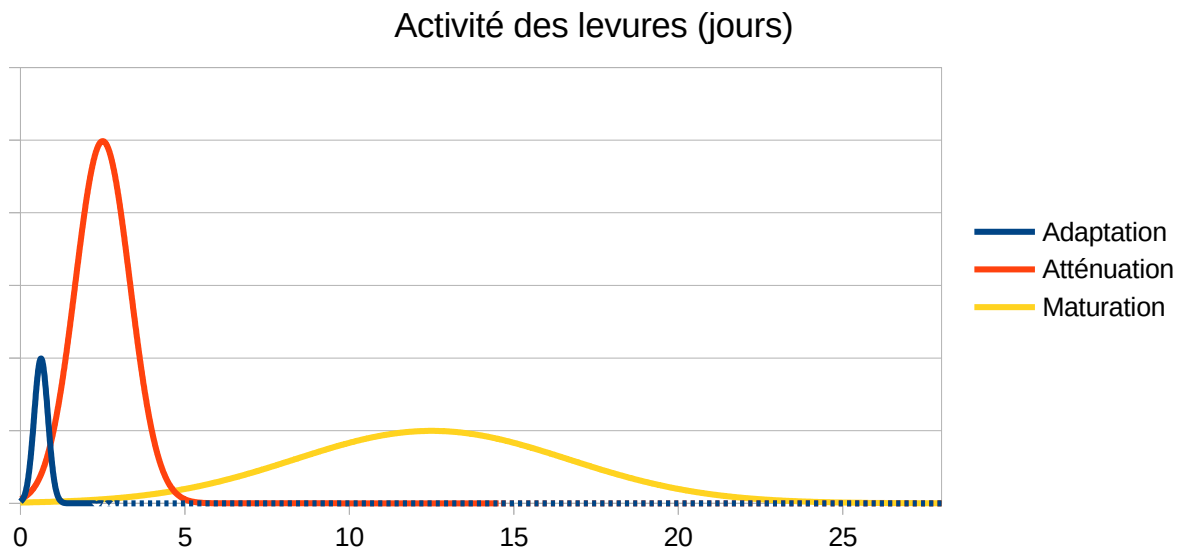
Voir plus de détails sur le métabolisme des levures dans le document « Sciences du brassage ».

La levure produit son effet sur le moût en 3 étapes :

- **Adaptation** (*lag-time*) : 0 à 12 h ; la levure s'installe, s'adapte à son environnement et se multiplie ;
- **Atténuation** (*primary*) : 3 à 7 jours ; Fermentation alcoolique principale. Les levures vont consommer les sucres présents pour les convertir en alcool et CO₂. Au fur et à mesure les levures vont s'attaquer aux sucres plus complexes puis finalement s'endormir ou mourir. À ce stade se produit une mousse et d'importants résidus très amers qui adhèrent aux parois (Krausen) ;
- **Maturation** (*conditioning, secondary*) : 2 à 3 semaines. Cette étape commence en même temps que l'atténuation mais dure bien plus longtemps et se produit à un rythme faible. Les levures (non encore endormies) convertissent des sucres plus complexes et aussi des produits non désirés, créés par l'étape rapide d'atténuation. À la fin du processus les levures sédimentent ainsi que les protéines les plus lourdes. Les bières à densité initiale élevée nécessitent une durée plus longue de maturation. Au-delà de 5 à 6 semaines il faudra ajouter des levures fraîches lors de la mise en bouteille.

Quelques jours au frais, à la fin, aide à la sédimentation et a une bière plus claire. Cette phase de

maturation est souvent improprement dénommé fermentation secondaire.



Caractéristiques des souches de levure

Température idéale

La plage de température où la levure est la plus efficace. Cette plage est optimale, mais la levure reste active en dehors de cette plage. Lorsque la température devient trop basse (12 °C pour les Ale, elle s'endort ; trop haute (30 °C pour les Ale) le taux de mortalité augmente rapidement.

- En bas de plage la levure est lente et produira un profil plus neutre que son habitude.
- En haut de plage elle est rapide mais produira certains produits secondaires non désirables (qui seront partiellement transformés pendant la maturation).

Atténuation

C'est une mesure de la capacité de la levure à transformer les sucres disponibles en alcool ; exprimé en %. Pour atteindre l'atténuation théorique toutes les conditions de bonne survie de la levure doivent être réunies. Toutes les levures ne sont pas égales devant les différents sucres, généralement elles transforment les sucres suivants à plus ou moins bon rendement :

- Glucose, fructose : toutes
- Maltose (2 glucoses) : la plupart
- Maltotriose (3 glucoses) : certaines (atténuation > 70 %)
- Dextrines : certaines partiellement (atténuation > 80 %)

On parle d'atténuation apparente et réelle. La différence provient de la masse volumique de l'alcool qui est de 0,82 g/L (l'eau c'est 1,0 g/L) et modifie la réalité de la mesure d'atténuation, car la densité est liée au poids, pas aux volumes ; or le taux d'alcool TAV se mesure en % de volume.

Sédimentation / floculation

C'est la capacité plus ou moins forte qu'à la levure à se déposer naturellement au fond du fermenteur. Une bonne sédimentation apporte moins de trouble dans la bière verte. La sédimentation dépend de la capacité des levures à s'agglomérer entre elles et à former des agglomérats lourds (floculation) qui pourront plus ou moins bien sédimenter (grâce à la gravité).

Tolérance à l'alcool

L'alcool produit par les levures est aussi un poison pour elle à forte dose. Suivant le type de levure, elle résistera plus ou moins bien au taux d'alcool. Pour les bières fortes il est donc important de bien choisir la souche adaptée. Le maximum raisonnable reste de l'ordre de 14 % pour certaines souches.

Flaveur : Odeur et saveurs

Suivant la souche de levure, elle apportera plus ou moins de flaveurs à la bière. Ce sont les sous-produits de la fermentation qui crée ses saveurs, notamment :

- Phénols, souvent donne un léger goût épicé ou de clou de girofle, mais peuvent virer au “médicament” quand il y a trop de chlore dans l'eau ;
- Esters, souvent associés à des flaveurs fruités ;
- Diacétyles, souvent indésirable tendent vers des flaveurs de beurre (rance) ou de bois.

Ces flaveurs peuvent être souhaitables ou non suivant le style de la bière.

Ces flaveurs apparaissent plus ou moins selon la souche, mais aussi augmente avec la température. Une levure produisant des sous-produits (exemple : levure belge) peut être utilisée avec un profil plus neutre en la faisant fermenter à basse température mais plus longtemps. Une levure qui a peu de sous-produits et donc peu d'odeurs ou saveurs est indiqué comme « profil neutre ».

Une partie de ses produits secondaires seront réduits lors de la maturation et d'autant plus qu'elle sera longue.

Type de levures sèche

Ci-dessous un petit résumé rapide des caractéristiques des levures sèches de la marque [Fermentis](#), celles que j'utilise et que je connais.

Levures sèches Fermentis	T idéale °C	Sédimentation	Atténuation	Max TAV	Sucres résiduels g/L	Esters ppm	Alcools supérieurs ppm	Remarques
S-33	15 à 20	Moyenne	70 %	11,5 %	25	27	209	Polyvalente, robuste et fruités. Ale spéciale et trappistes. Ne digère pas les maltotrioses.
T-58	15 à 20	Moyenne	70 %	11,5 %	22	37	228	Flaveurs épicées et poivrées. Ne digère pas les maltotrioses.
S-04	15 à 20	Rapide	75 %		18	37	363	Polyvalente et rapide. Légèrement fruités
US-05	18 à 28	Moyenne	81 %		11	40	269	Neutre. Flaveurs équilibrées, faible diacétyl.
K-97	15 à 20	Lente	81 %		10	23	248	Neutre. Bière allemande et Belge de type blanche.
BE-256	15 à 20	Rapide	82 %		0	20	274	Abbaye. Rapide et flaveurs subtils et équilibrés. Fruités.
WB-06	18 à 24	Lente	86 %		0	78	404	Bières blanches, produits des notes d'esters et de phénols. Épicés et fruités.
BE-134	18 à 28	Lente	90 %		0	45	180	Saison belge. Flaveurs fruitées et épicées.

D.5. Eau

L'ingrédient principal de la bière. L'eau est composée d'un mélange d'eau et de minéraux, c'est cet équilibre qui influe sur les caractéristiques de la maische et de la bière finale.

Si certains utilisent de l'eau en bouteille, voir de l'eau osmosée ou distillée et y ajoute des minéraux pour obtenir le profil désiré ; la plupart des brasseurs amateurs utilisent simplement l'eau courante (robinet) plus accessible, plus économique et hygiénique.

Toutefois l'eau courante en France est souvent chargée en minéraux.

Dans l'eau ce qui intéresse le brasseur c'est 2 composantes principales :

- L'impact sur l'acidité du brassin, ce sont les paramètres concernant la minéralité de l'eau, soit : la dureté et l'alcalinité ;
- L'impact sur les arômes, dans une moindre mesure certains minéraux peuvent avoir un léger impact sur la mise en valeur des arômes.

En mélangeant les malts dans l'eau pour créer la maische, cela va acidifier la solution (le malt est acide). Pour que le brassin se déroule de manière optimale il faut que le brassin ait une acidité de l'ordre de pH=5,6. Le pH de l'eau brute (avant mélange) n'a pas vraiment d'importance, c'est le pH de la maische qui compte et ce dernier est déterminé par les malts et la composition minérale de l'eau.

L'alcalinité va réduire l'acidification et pourra conduire à un brassin pas assez acide. C'est pourquoi on dit souvent que les eaux très minéralisées sont adaptées aux bières brunes (plus acide).

Paramètres d'équilibre minéral

Dureté ou minéralisation ([wikipédia](#))

Mesure la minéralité de l'eau (présence de Calcium et Magnésium). On distingue 2 duretés : la dureté temporaire et la dureté permanente. La dureté totale est la somme des deux. Dans le cadre du brassage et de l'équilibre acide de la maische, c'est la dureté temporaire qui nous intéressera.

Par calcul :

- Dureté temporaire GH_t (KH), c'est la mesure des minéraux qui vont pouvoir réagir avec les bicarbonates pour servir de tampon à l'acidité des céréales :

$$KH_{\text{ppm CaCO}_3} = \frac{Ca_{\text{ppm}}}{1,4} + \frac{Mg_{\text{ppm}}}{1,73}$$

Cognac

Dureté = 33,2 °f
GH = 309 ppm
 $GH_t = 84$ ppm
 $GH_p = 276$ ppm
Soit une eau très dure, très chargée en minéraux

Alcalinité ou pouvoir tampon ([wikipédia](#))

C'est une expression du pouvoir de l'eau à résister aux acides.

Une partie de l'alcalinité (A) sera réduite par les ions Calcium et Magnésium (voir dureté), ce qui restera de l'alcalinité c'est l'Alcalinité Résiduelle (RA), c'est le paramètre important.

Par calculs :

- A_{total} , alcalinité totale : $A_{\text{ppm CaCO}_3} = 50 \times \frac{HCO_3}{61}$, exprimé en ppm équivalent $CaCO_3$
- A_{residuel} (RA) $RA_{\text{ppm CaCO}_3} = A - KH = A_{\text{ppm CaCO}_3} - \left(\frac{Ca_{\text{ppm}}}{1,4} + \frac{Mg_{\text{ppm}}}{1,73} \right)$

C'est un concept important du brassage qui permet d'appréhender le pH de la maische.

Une valeur $RA > 0$ augmente le pH de la maische.

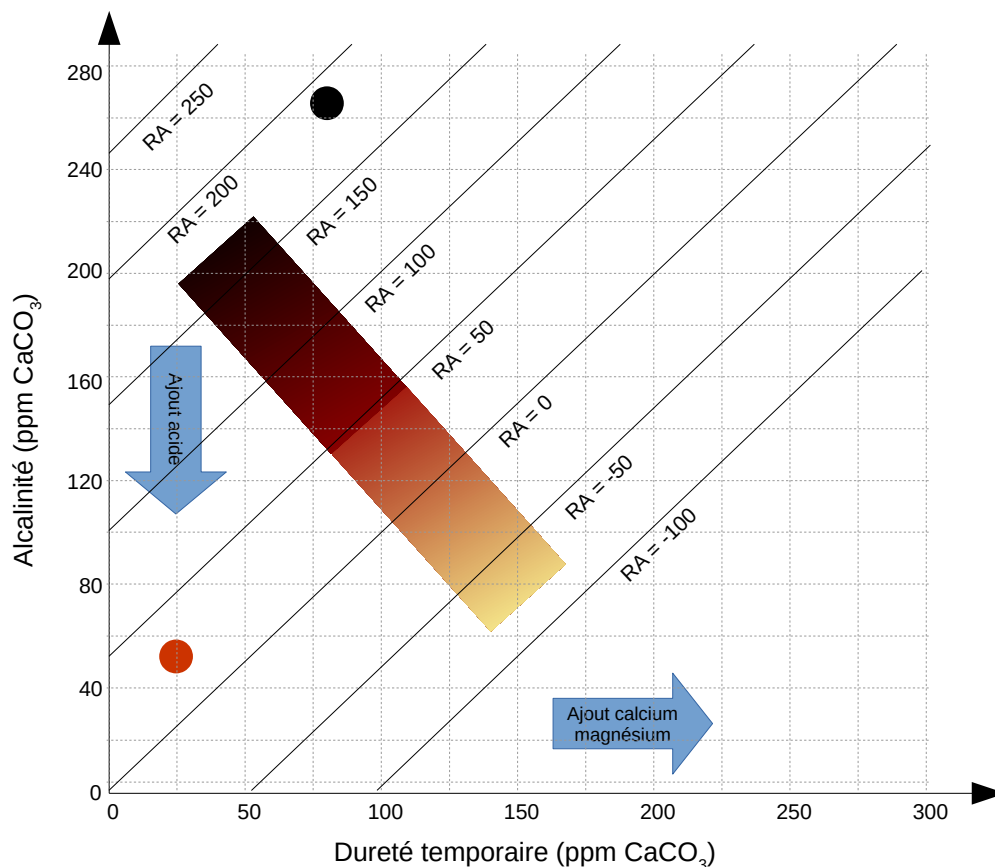
Cognac

Alcalinité = 28 °f, soit 280 ppm $CaCO_3$.
Ra = 178 ppm
Soit une eau très alcaline a fort pouvoir tampon.

Évolution de l'équilibre et adéquation avec le style

Règle « générale » :

*La dureté est plutôt bonne pour le moût, abaisse le pH
l'alcalinité est plutôt mauvaise pour le moût, augmente le pH*



Le point noir indique l'eau brute de Cognac, le point Orange ce que l'on peut obtenir après une bonne ébullition et décantation. La bande de couleur indique la teinte de la bière optimale suivant le RA.

Minéraux importants pour la bière

Ion (pas ordre d'importance)	Symbole	Eq	Taux idéal (ppm)	Commentaires	Cognac (ppm)
Calcium	Ca^{2+}	20,0	50 à 150	Indispensable. Détermine principalement la dureté. Améliore la floculation des levures. Une partie est neutralisée par le bicarbonate (alcalinité).	100 à 125 (fort)
Magnésium	Mg^{2+}	12,1	0 à 40	Détermine la dureté mais moins que le Calcium. C'est aussi une nourriture pour les levures (10 à 20 ppm) ; les malts en contiennent déjà environ 130 ppm. Dans l'eau brute, au-delà de 50 ppm devient "acide" et au-delà de 150 ppm c'est un laxatif.	5 à 9 (très faible)
Alcalinité	CaCO_3	50,0	0 à 100	Lié aux bicarbonates $\text{TA}=50/61.\text{HCO}_3^-$	280 (très fort)
Bicarbonates	HCO_3^- et CO_3	61,0	Blondes : 0 à 50	Augmente le pH et neutralise l'acidité des malts foncés. On peut abaisser son taux en précipitant en CaCO_3 par ébullition+aération ou en mélangeant a de l'eau distillée.	300 à 340 (très fort)
			Ambrés : 50 à 150		
			Brunes : 150 à 250		
Sulfate	SO_4^{2-}	48,0	50 à 150	Accentue l'amertume des houblons. Peut monter à 150-400 pour les bières claires ou IPA	22 à 26 (faible)
Chlorure	Cl^-	35,4	50 à 150	Accentue le parfum des bières, notamment des malts	24 à 25 (faible)
Sodium	Na^+	22,9	0 à 70	Augmente la rondeur des malts.	13 à 14 (faible)

Acidification de la maische

Un paramètre important lors du brassage, c'est le pH de la maische (mesure de l'acidité) afin d'optimiser le travail des enzymes et aussi d'adapter ce pH au style brassé. Ce pH c'est l'équilibre entre la chimie des grains et celle de l'eau.

Les contributions au pH :

- Les grains, la composition des céréales est le principal élément qui déterminera le pH par une acidification plus ou moins prononcée (les grains les plus torréfiés sont les plus acides).
- L'eau, la composition en minéraux et notamment l'alcalinité résiduelle (RA) fera évoluer le pH mais à la marge, par contre un RA élevé a un pouvoir de tampon qui empêche l'acidité des grains de se « propager » dans le moût (qui tendra à rester neutre).

On peut calculer une estimation de l'acidification de la maische (voir *Sciences du Brassage*) pour analyser sa maische et prévoir une retouche de son eau de brassage. Le pH du brassin idéal étant proche de 5,6 à 5,8 (à température ambiante).

Adaptation du pH :

- Ajout de grains acides à la recette (acidification, abaissement du pH)
- Ébullition de l'eau (réduction des carbonates, abaissement du pouvoir tampon)
- Mélange avec de l'eau distillée (abaissement de l'ensemble des minéraux)
- Ajout d'acides (ou de base)

Tableau d'ébullition à Cognac	Eau brute	Ébullition et décantation	Mélange 70/30	Mélange 50/50
Calcium (ppm)	112	27	53	70
Bicarbonate (ppm)	320	61	139	190
Alcalinité (ppm CaCO ₃)	262	50	114	156
RA (ppm CaCO ₃)	178	27	72	102
ΔpH	+0,21	+0,03	+0,08	+0,12

Ratio Sulfates/Chlorures

Le ratio sulfates/chlorure (Cognac = 1,2) définit l'équilibre malt/houblon en modifiant la perception ; un ratio faible mettra en avant les malts, un ratio élevé mettra plutôt en avant les houblons.

Ratio	< 0,4	0,4 à 0,6	0,6 à 0,8	0,8 à 1,5	1,5 à 2,0	2 à 4	4 à 9	> 9
Indication	Trop malté	Très malté	Malté	Équilibré	Légèrement amer	Amer	Très amer	Trop amer
Style (exemple)		German Lager	Stout			Pale Ale	Indian Pale Ale (IPA)	

Total des minéraux dissous

TDS = somme des concentrations des ions (ppm). Idéalement de 100 à 800 ppm .

À Cognac : TDS = 531 ppm, c'est conforme mais un peu fort.

Équilibre ionique

La somme des concentrations des ions doit être proche de 0 (en tenant compte des signes) rapporté au TDS. C'est un indicateur que le rapport de l'eau est plus ou moins complet (plus c'est proche de zéro mieux c'est).

À Cognac, E = - 0,3 : il manque un peu d'anions (pas dans l'eau mais dans le rapport d'analyse).

E. MATÉRIELS ET ACCESSOIRES

Pour brasser suivant la technique franco-belge ou anglaise de chauffe directe vous aurez besoin d'un peu de matériel. L'idéal pour brasser et d'avoir un lieu dédié à cet usage, toutefois ce n'est pas toujours possible et il faut parfois faire des compromis. On peut brasser dans une cuisine de petits brassins, mais c'est loin d'être pratique.

Suivant la taille du brassin, la technique d'empâtage et le lieu, le matériel nécessaire sera différent.

- Brassins de 5 à 15 litres, petit brassin que l'on peut gérer dans une cuisine avec 1 ou 2 grandes gamelles ou pour la technique « Brew-in-bag » ;
- Brassins de 15 à 25 litres, brassins standards nécessitant une gamelle d'au moins 35 à 40 litres (empâtage en chauffe directe) ;
- Brassins de 25 à 40 litres, brassins nécessitant une gamelle d'au moins 50 litres qui n'est plus gérable seul ou sans pompe.

L'atelier de brassage

Il doit être :

- Un endroit propre,
- Si possible chauffé (l'hiver) et pas trop chaud l'été,
- Comporter une arrivée et une évacuation des eaux (un grand évier est bien), car on aura à manipuler de grandes quantités d'eau et à nettoyer beaucoup de (grandes) gamelles,
- Comporter des rangements pour y stocker le matériel et les ingrédients à l'abri de la poussière, de la lumière et des nuisibles,
- Un minimum de confort (vous allez y passer plusieurs heures) : éclairage, musique, internet...,
- Aéré ou aérable (la cuisson/ébullition va générer beaucoup de vapeur d'eau)

Stockage des matières

À l'abri de la lumière, dans un endroit frais et sec. Lorsque les sachets sont ouverts, bien refermer.

- Les pires ennemis du malt sont l'humidité et les rongeurs.
- Les pires ennemis du houblon sont l'air et l'humidité. Une machine permettant de sceller sous vide et un congélateur sont de bons moyens de conservation.

Les levures sèches se conservent au frais sans problème. Les levures liquides s'utilisent fraîches.

Cuves

Le brassage nécessite plusieurs cuves de grandes tailles.

La taille varie suivant le brassin. La matière pour les cuves chauffées sera de préférence de l'inox qui est inerte, non oxydable et facile à nettoyer. Chaque cuve doit pouvoir être couverte. Suivant votre méthode une même cuve pourra servir à plusieurs usages.

Les besoins (certaines peuvent servir à 2 usages) :

- **Cuve d'empâtage**, la plus grande cuve qui devra contenir les céréales et l'eau d'empâtage, soit environ 1,5 fois le volume du brassin final.
- **Cuve tampon**, une seconde cuve dite tampon est nécessaire pour chauffer l'eau de rinçage, souvent 0,7 fois le volume d'eau d'empâtage ;
- **Cuve de filtrage**, c'est la cuve servant à filtrer. Il existe 2 orientations,
 - Soit la cuve d'empâtage est équipée d'un fond filtrant et d'un robinet, ce qui permet de s'en servir comme cuve de filtrage directement. Avantages : une seule cuve, pas de transvasement ; Inconvénients : une plus grande cuve (au moins 2 fois le volume du brassin), il faut une cuve d'ébullition séparée.
 - Soit une cuve séparée qui peut être un seau de brassage équipée d'un fond filtrant
- **Cuve d'ébullition** : c'est la cuve où on fera bouillir le moût filtré. On peut utiliser la cuve d'empâtage une fois rincée (si elle ne sert pas de cuve de filtrage).
- **Cuve de fermentation** : ne nécessitant pas de chauffe, cette cuve pourra être en verre (brasseurs américains surtout) ou plus souvent un seau de fermentation plastique (de qualité alimentaire). Si

on pratique le transvasement en secondaire, il faudra un second seau. Ces cuves sont souvent équipées d'un couvercle hermétique percé pour y recevoir un bulleur (qui permet de surveiller la fermentation et de protéger le brassin).

- **Cuve d'embouteillage**, peut être un seau de fermentation, doit être muni d'un robinet en bas pour permettre le soutirage

Dans mon cas :

- 1 Cuve inox de 50 litres servant de cuve d'empâtage et d'ébullition ;
- 1 Cuve inox de 30 litres servant de cuve tampon ;
- 1 Seau de fermentation 30 litres, transformé en seau filtrant (fond filtrant inox) ;
- 2 Seaux de fermentation 30 litres servant pour la fermentation, le transfert et l'embouteillage ;
- Des seaux de 5 litres pour mettre les grains concassés et les fermentations expérimentales.

Accessoires indispensables

Moulin à concasser

Pour concasser les céréales un moulin adapté est nécessaire. Pour débiter il est possible de se procurer des céréales préalablement concassées qu'il faut utiliser rapidement, car elle se conserve mal une fois concassées.

Balance

Pour brasser, une balance est indispensable pour peser les ingrédients. On aura besoin d'une balance pesant environ de 5 g à 5 Kg avec une précision minimale du ½ gramme, une balance de cuisine. Pour ceux qui souhaiteraient équilibrer leur eau avec des sels minéraux il faut en plus une balance de précision.

Petites gamelles et récipients divers

Le brassage c'est avant tout de la cuisine, il faut des gamelles, mesureurs, cuillères et de quoi touiller dans les cuves, notamment pour le brassage qui nécessite de bien remuer la maische. Des récipients en verre et en inox sont préférables car totalement neutre et facile à nettoyer.

Des récipients pour y placer les céréales à broyer et les céréales concassées.

Siphon

Un siphon permet de transférer des volumes importants sans efforts et surtout sans oxygéner.

Tige d'embouteillage

Une tige d'embouteillage est une petite tige creuse qui se fixe au bout du robinet du seau d'embouteillage et est équipé d'une bille montée sur ressort, permettant de remplir les bouteilles en commençant par le fond de la bouteille, ce qui évite d'oxygéner la bière : indispensable.

Bouteilles vides

Pour conserver la bière il faudra des bouteilles vides, propres et stérile.

On peut acheter ou récupérer des bouteilles du commerce. Le verre doit être épais (pour résister à la pression), sombre pour protéger la bière de la lumière. On a alors le choix entre 2 types de fermeture : capsules jetable, qui nécessite une capsuleuse pour les poser ou bouchon mécanique (type limonade) qui sont réutilisables mais nécessite des bouteilles spécifiques.

En technique avancée on peut mettre sa bière en fûts sous pression ; ou à l'Anglaise dans des tonnelets.

Accessoires facultatifs

Spray

Un spray pour pulvériser de l'eau sur les grains avant concassage est utile pour la technique de l'humidification des grains.

Serpentin

Le serpentin est un accessoire qui permet en faisant circuler de l'eau froide de refroidir rapidement le moût. Il existe d'autres accessoires pouvant réaliser la même chose, y compris des techniques très artisanales mais plus longue, comme plonger la cuve d'ébullition dans une grande baignoire

d'eau froide, jusqu'à laisser refroidir toute la nuit sans rien faire. Ce sont ces dernières techniques que je pratique car je n'ai pas envie de gaspiller encore plus d'eau.

Capsuleuse

Pour poser les capsules sur les bouteilles il faut un appareil spécial dit capsuleuse. Utilisant des bouteilles à bouchons mécaniques, je n'ai ni capsules, ni capsuleuse.

Nettoyage

Éponges, brosses, goupillons

Produit de nettoyage

Produit de stérilisation

F. PROCÉDÉS

Le brassage c'est l'ensemble des procédés qui permettent de fabriquer de la bière.

Les priorités pour brasser une bonne bière :

1. **Hygiène**, facteur le plus important, une excellente hygiène surtout après l'ébullition ;
2. Contrôle de la **température de fermentation**, faire travailler les levures dans les bonnes conditions. Pour ça il faut une chambre réfrigérée ou régulée ;
3. Gestion des levures, **ensemencer** avec la bonne quantité ;
4. **Bonne ébullition**, généralement 45-60 minutes à gros bouillon et avec évaporation ;
5. **Suivre une recette**, n'importe laquelle mais avoir une recette avant de commencer et bien noter tout de que l'on fait. C'est la base pour s'améliorer.

F.1. Principes

Les principes généraux du brassage sont:

1. Produire un jus sucré (moût), c'est l'empâtage ou brassage proprement dit ;
2. Aromatiser ce jus et le faire cuire, c'est la cuisson ou ébullition ;
3. Faire fermenter ce moût pour obtenir une bière (alcool+gaz carbonique) ;
4. Conserver et consommer sa bière.

F.2. Étapes du brassage

Étapes du brassage		Durée typique	T °C	Entrée	Sortie	Matériel	Objectif
Concassage des céréales		1 à 2 h	(ambiante)	Céréales brutes	Céréales concassées	Moulin Seaux	Rendre l'amidon accessible
Empâtage		1 à 2 h	50 à 70 °C	Céréales Eau	Maische	Cuve empâtage	Transformer amidons en sucres
Filtrage		1 h	70 à 78 °C	Maische	Drêches Moût	Cuve filtrage	Séparer le solide du liquide
Cuisson du moût ou Houblonnage		1 h	100 °C	Moût Aromates	Moût	Cuve de cuisson (souvent réutilisation de la cuve d'empâtage)	Stériliser, cuire et aromatiser
Refroidissement		1 à 18 h	100 > 25 °C	Moût	Moût	Système de refroidissement	Préparer le moût pour les levures
Fermentation	Ensemencement	½ h	20 à 25 °C	Moût Levures	Moût	Seau de fermentation	Transformer sucres en alcools grâce aux levures
	Principale	1 semaine	18 à 20 °C	Moût	Moût	Seau de fermentation	
	Maturation	2 à 3 semaines		Moût (houblons)	Bière verte	Seau de fermentation	
Embouteillage		2 à 4 h	(ambiante)	Bière verte Bouteilles Bouchons Sucres	Bière en bouteille	Seau d'embouteillage	Protéger
Vieillessement	Maturation	2 à 4 semaines	18 à 20 °C	Bière en bouteille	Bière en bouteille		Charger en CO ₂
	Mûrissement	0 à 24 mois		Bière en bouteille	Bière en bouteille		Finalisation du goût suivant les styles
	Conservation	1 à 12 mois		Bière en bouteille	Bière en bouteille		Conserver

F.3. Concassage et préparation des céréales

Préparation des céréales pour le brassage, mesure, mélange et concassage pour rendre accessible l'amidon au cœur des grains. Nécessite un moulin dédié permettant de broyer le cœur des graines de céréales (amidons) tout en laissant le plus possible intact les enveloppes (coques).

C'est un compromis à trouver entre le rendement (plus le broyage est fin, plus il est facile d'extraire les sucres) et la filtration qui nécessite des coques entières pour éviter le tassement et des problèmes de filtration.

Il ne faut pas faire de la finesse du concassage une obsession, l'effet sur le rendement reste assez léger (de l'ordre de 1 à 5 % maximum) ; par contre il faut garder à l'esprit qu'un concassage trop fin va poser de sérieux soucis lors de la filtration. En tant qu'amateur il vaut mieux privilégier la filtration que le rendement, donc : ne pas broyer trop fin.

Certains se bricolent une visseuse au bout de moulin pour gagner du temps, attention toutefois à pas aller trop vite et échauffer les grains.

Concassage humide (conditioning)

Pour concasser sans trop casser les enveloppes (humidification ou « malt conditioning ») :

- Ajouter 1 à 2 % de poids de grains en eau dans le malt (pulvérisation)
- Mélanger et laisser reposer 30 minutes environ
- Broyer

Le broyage est un peu plus difficile, mais les enveloppes humides ne sont pas brisées et reste plus intactes dans le brassin. Ce qui permet un filtrage facile même avec un concassage un peu fin.

Il faut réaliser le concassage juste avant son utilisation pour éviter que ne puisse se développer des acides lactiques.

F.4. Empâtage

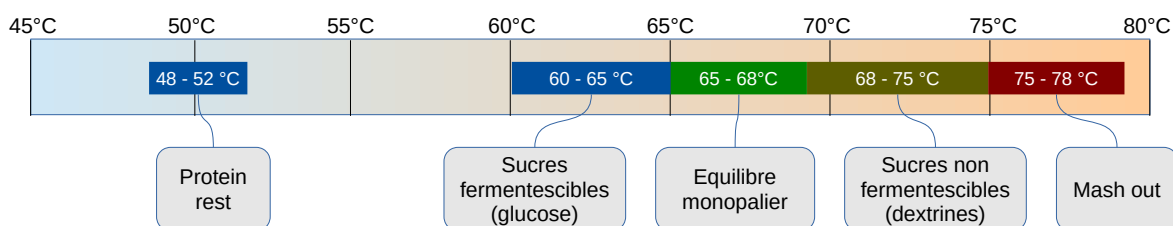
Préparation et conduite de la maische (mélange eau et céréales) pour extraire l'amidon et le transformer en sucres. La conduite de la maische se déroule, dans le cas d'une chauffe directe, en élevant la température à des paliers successifs pendant des durées précises. C'est en fait les enzymes des céréales qui vont transformer petit à petit l'amidon en sucres simples.

Facteurs prépondérants

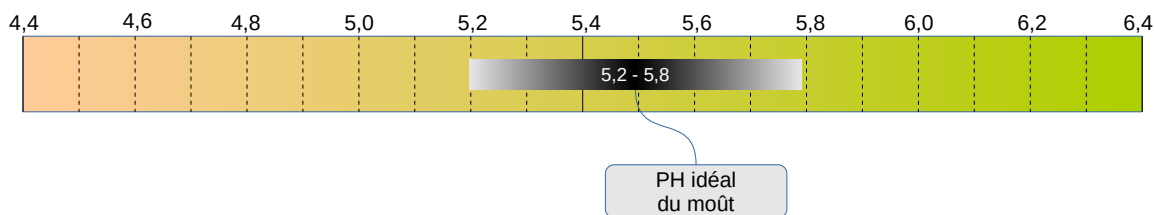
Suivant la température de brassage, le brasseur favorise le travail de certaines enzymes et favorise la production de sucres fermentescibles (qui deviendront de l'alcool et donne une bière sèche) ou des sucres non fermentescibles (qui resteront dans la bière et apporteront du corps).

Pour que le travail des enzymes soit efficace il faut maintenir des conditions idéales, soit : température, pH (acidité) et concentration (malt/eau). Même dans des conditions non idéales (mais pas trop éloignée) les enzymes travailleront mais leurs effets seront plus lent.

Températures : 60-66°C : sucres fermentescibles (plus sec) ; 66-75°C sucres non fermentescibles

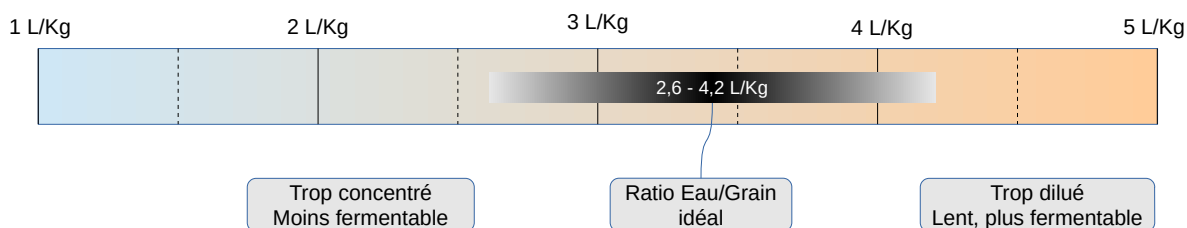


pH, idéal de 5,2 à 5,8 (5,5)



Ratio Eau/Malt (L/kg):

Plus de 4,0 L/kg ralentit la conversion mais favorise les sucres fermentescibles ; moins de 2,6 L/kg abaissera le rendement et favorise les sucres non fermentescibles.



Types d'empâtage

Il existe de nombreux procédés d'empâtage, les plus courants :

- **Multi-paliers en chauffe directe** (franco-belge) : L'empâtage est réalisé dans une cuve directement chauffée pour atteindre plusieurs paliers de températures successifs. Nécessite de remuer (brasser) pendant la chauffe pour que ça ne brûle pas au fond et pour conserver une température homogène.
- **Mono-palier en chauffe directe** (anglais) : dérivé du précédent en un seul palier (plus simple).
- **Infusion**, le plus usité en brassage amateur (notamment américain) : l'empâtage est réalisé dans un réservoir isolé et l'eau est ajoutée chaude aux différents paliers pour atteindre les températures

souhaitées. Il faut bien calculer les températures et volume nécessaires lors des ajouts.

- **Décoction** (allemand) : des extraits sont prélevés, portés à ébullition puis réincorporer pour atteindre la température du palier. Méthode plus délicate et assez difficile à maîtriser. Méthode adaptée à certains styles d'Europe Centrale.
- **BIAB** (Brew in bag), méthode récente et simplifiée pour le brassage amateur, les grains sont mis dans un grand sac plongé dans la cuve ; pour le filtrage le sac est retiré et laissé égoutté (voire pressé mais avec des gants isotherme).

Il existe d'autres techniques, d'origine ancienne, comme la chauffe indirecte à base de pierres brûlantes jetées dans le moût (technique dite du « Viking »), technique dangereuse et très aléatoire mais authentique.

À titre personnel, j'utilise la méthode en chauffe directe et souvent en multi-paliers. Ce document se focalise sur cette technique.

Paliers

Suivant les pays, les styles de bière, les ingrédients et surtout le brasseur, il peut être procédé à plusieurs paliers de brassage. On a le ou les paliers d'empâtage indispensable et des paliers optionnels.

Paliers d'empâtage

C'est le ou les paliers indispensables à un brassage. C'est là que l'amidon sera transformé en sucres.

Suivant le besoin de la recette on fait varier la ou les températures pour favoriser les sucres fermentescibles (qui seront transformables en alcool) ou non fermentescibles (qui ne seront pas transformés en alcool et contribueront au corps de la bière).

Exemples :

3 profils Mono-paliers typique (anglais)

Profils simples	T °C	Durée (minutes)	Ratio Eau/Grain	Rendement	Fermentabilité	Corps	Commentaires
Moyen	67 °C	30 à 45	3,2 à 3,6	Bon	Bonne	Moyen	Le profil général convient à tout brassin.
Riche	70 °C	30 à 45	3,0 à 3,2	Moyen	Moyenne	Élevé	Pour bière légère ou avec un corps riche
Sec	64 °C	45 à 60	3,6 à 3,8	Élevé	Élevé	Léger	Pour des bières "sèches", favorise l'alcool au détriment du corps.

Multi-paliers traditionnel (franco-belge)

Étapes	T °C	Durée (minutes)	Commentaires
1	63 °C	15 à 30	Rendement moyen, bonne fermentabilité.
2	70 °C	15 à 30	En allongeant le pallier 1 (et réduisant de 2) on favorise un moût avec du corps et moins de fermentabilité. Et réciproquement.

Pallier continu (belge traditionnel)

Cette technique d'origine belge consiste à partir d'une eau froide, y plonger les céréales et monter jusqu'à 74 °C progressivement sur une durée de 2 heures. On passe ainsi successivement par tous les paliers (même optionnels) ; ceci permet généralement d'obtenir un moût très fermentescible avec très peu de corps, idéal pour une bière sèche et forte. Il s'agirait d'une technique très ancienne, que l'on retrouve dans certains pays scandinaves sous une forme encore plus lente : montée progressive sur 4 heures.

Paliers optionnels

Paliers optionnels	T °C	Durée (minutes)	Usage	Commentaires
Repos acidifiant	30 à 52 °C	60 à 120	Acidification des malts clairs	Obsolète avec les malts industriels ou des eaux minérales. Ce palier permet de développer les bactéries lactiques et des phosphates. Et permet d'obtenir une légère acidification supplémentaire du brassin.

Mélange (Doughing-in)	35 à 45 °C	10	Hydratation des grains	Peu utile avec des malts industriels. Utile avec les malts peu modifiés ou les céréales crues.
β-Glucane (β-Glucanase rest)	40 à 48 °C	20	Dénature les autres polysaccharides que l'amidon.	Améliore la filtration quand la recette contient beaucoup de céréales non maltées (> 20 %). Souvent combiné avec le précédent
Repos protéinique (Protein rest)	50 °C	15 à 30	Dénature les protéines : améliore la clarté mais peut réduire la mousse	Utile quand la recette contient beaucoup de céréales non maltées (> 20 %).
Inhibition (mash out)	76 à 78 °C	10	Stabilisation du moût	Destruction des enzymes afin de stopper toute évolution ultérieure.

Dans la pratique cela se résume le plus souvent :

- Palier préliminaire court vers 45 °C, lorsque l'on utilise des céréales crues, que l'on souhaite améliorer la limpidité de la bière finale ou pour optimiser un peu le rendement ;
- Palier·s d'empâtage simple (63, 67 ou 70 °C) d'une heure ;
- Palier final vers 78° C, qui permet de stabiliser le moût pour éviter que les enzymes continuent leur travail pendant la filtration

Ne pas dépasser 78-80 °C car cela entraîne le début de l'extraction des tanins des enveloppes des céréales, ce qui engendre des goûts astringents désagréables.

Effacité (Rendement d'extraction des sucres)

C'est le rendement total en sucre obtenu par l'empâtage, exprimé en % du sucre potentiel.

En brassage amateur il vaut mieux être constant dans le procédé que rechercher à tout prix le rendement maximum. De 70 à 80 % c'est très bien ; au-dessus de 85 % c'est excellent voir étrangement élevé ; au-dessous de 65 % il y a un problème dans le procédé ou les calculs.

Le rendement dépend (et dans l'ordre) :

1. Concassage : plus c'est fin, mieux c'est (attention au filtrage) ;
2. Durée du filtrage : plus c'est long mieux c'est (attention au refroidissement) ;
3. Température de mash-out ;
4. Ratio Eau/Grain.

Métabolisme des enzymes de la mouture

Températures	30 à 50 °C	45 à 55 °C	55 à 60 °C	60 à 65 °C	65 à 70 °C	70 à 75 °C
Enzyme	Phytase	Protéase	β-amylase		α-amylase	
Découpage	Cellulose	Protéines	Amidon et Dextrines		Amidon	
Formation		Acides aminés et peptides	Maltose	Maltose+	Dextrines	Dextrines+
Rôle	Solubilise l'amidon	Réduit les protéines	Saccharifiant		Liquéfiant	
T° Max (destruction)	?	70 °C	68 °C		78 °C	
Avantage·s	Améliore l'accès à l'amidon pour les enzymes	Formation de mousse (<20')	Crée des sucres simples qui permettront d'augmenter le degré d'alcool		Créer des sucres complexes qui permettront d'augmenter le corps de la bière	
Inconvénient·s		Trouble de la bière (>20')	Peu actif	Zone idéale		Pau actif

F.5. Filtration

Il s'agit de séparer la maische entre sa partie solide (drêches) et sa partie liquide (moût) qui sera recueilli pour poursuivre le processus. Ceci s'effectue en filtrant la maische et en ajoutant de l'eau de rinçage. Cette opération doit être réalisée à chaud (la maische est plus liquide).

Le plus classique est d'utiliser un seau filtrant, seau avec un robinet en bas et un filtre intérieur (fond filtrant). Au départ il faut ouvrir la sortie à petit débit, pour compacter un peu les drêches, après recirculation ouvrir en plus grand. Il est courant de re-circuler (réincorporer dans la maische) les premiers litres qui sont souvent mal filtrés.

La filtration est opérée principalement par l'écorce résiduelle des grains qui permet de limiter le compactage de la drêche. L'ajout de coques ou une mouture plus grossière, voir un concassage humidifié permet d'optimiser la filtration.

La filtration d'un brassin classique de 20 à 30 L prend environ de 1 h.

Le moût chaud ne doit pas être oxydé, risque de dégradation.

On obtient en sortie de filtrage un jus dont la concentration en sucre augmente rapidement au début puis baisse régulièrement jusqu'à la fin.

Histoire

Au Moyen Âge les moines séparaient souvent le filtrat en 2 ou 3 lots : le premier (riche) réservé à l'abbé ou aux invités de marque, le second pour leur consommation de tous les jours et le dernier (léger) pour les employés du monastère ou la vente.

Rinçage

Le rinçage consiste à ajouter de l'eau à la maische pendant la filtration pour mieux extraire le moût des grains. Il existe 2 procédés : ajout en continu au fil de la filtration pour maintenir un niveau à peu près constant, soit ajout après la première filtration (plus simple mais d'un rendement un peu moindre).

Eau de rinçage : env. 2 L/kg. À augmenter un peu pour les bières fortes.

Techniques de rinçage	Rendement moyen	Durée	Remarques
En continu	75 à 80 %	1/2 à 1 h 30	L'eau de rinçage est ajouté au fur et à mesure de la filtration, maintenant un niveau constant.
Par lots	70 à 80 %	1 à 2 h	L'eau de rinçage est ajouté une fois que la maische est totalement filtré avec une latence de 15 minutes.
En sac (BIAB)	60 à 80 %	1/2 h	Le sac est soulevé hors de la cuve et laissé à filtrer sur place
Pas de rinçage	60 à 70 %	0	Perte de rendement importante.

Rendement (de brassage)

La qualité du rinçage est mesurée notamment par le rendement, qui est le rapport entre la densité théorique de la maische et celle réelle du moût en fin de filtrage.

Le rendement obtenu dépend :

- De la qualité de concassage des grains, il faut un bon compromis entre de la farine (à éviter) et des grains entiers (très mauvais rendement) ; idéalement il faut briser le contenu des grains en plusieurs morceaux, sans trop endommager l'enveloppe du malt.
- Du contenu de la maische, certaines céréales ou adjuvants peuvent rendre la filtration plus difficile notamment par la présence de farine fine ou d'éléments collants.
- Du système de filtration.

Arrêt filtration

Il faut stopper le rinçage et la filtration lorsque le volume de la recette est atteint et ne jamais descendre en dessous d'une densité de moût (en sortie de filtration) de 1,008 ; en dessous l'on risque d'extraire des composés indésirables des grains (tanins).

Dans la pratique il ne faut pas chercher à récupérer le dernier litre, ni à presser les drêches.

F.6. Cuisson du moût (houblonnage)

La cuisson du moût a plusieurs fonctions (par ordre d'importance) :

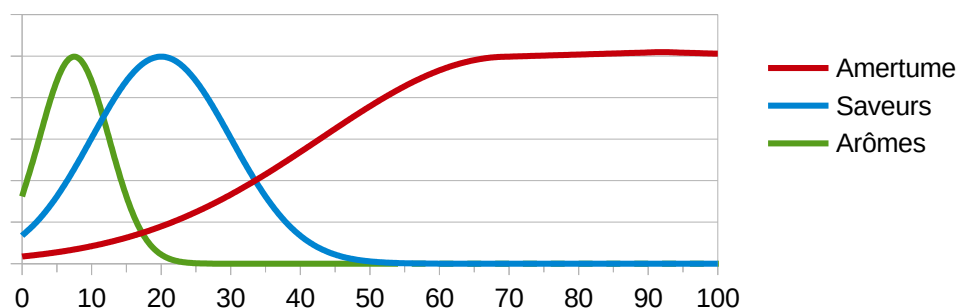
1. **Stérilisation** du moût ;
2. Isomérisation des composés **amérisants** du houblon, la durée optimale est de 45 à 60 minutes ;
3. Dénaturation et agglomération des protéines ;
4. **Évaporation** des composés volatils ;
5. **Concentration** du moût (permet d'augmenter la densité initiale) ;
6. **Inactivation** des enzymes (stabiliser le moût).

Cette cuisson doit s'opérer par une ébullition vigoureuse et durer de 45 à 60 minutes avec un couvercle pour accélérer la chauffe au départ, puis sans couvercle (ou mi-couvercle) pour l'évaporation.

Aromatisation (Houblonnage)

La durée d'infusion des aromates (houblons) à une influence directe sur son effet (expression). Les houblons contiennent des composés amers qui nécessite un temps long pour se solubiliser dans le moût, mais aussi des composés volatils qui apportent des arômes et des saveurs mais qui se décomposent très rapidement. On utilise donc souvent des combinaisons d'aromates avec des durées différentes pour obtenir l'effet final désiré.

Expression des houblons suivant le temps
(minutes)



De nos jours, en brassage amateur les techniques les plus employées sont l'amertume (40-60 minutes) et l'aromatisation (10 minutes) ainsi que l'houblonnage à cru pour certaines IPA.

Techniques d'houblonnage	Quand	Durée minutes (optimal)	Quantité typique	Efficacité amérisation	Remarques
Maische (mash hopping)	Dans la maische	60		30 %	Technique obsolète très peu efficace.
Premier jus (first wort hopping)	Dans le moût en sortie de filtration puis pendant la cuisson	60 à 90		110 %	(légère) utilisation des houblons amérisants. Tradition Allemande.
Amertume	Pendant la cuisson	45 à 90 (60)	Selon IBU visé	100 %	Préférer des houblons très amérisants en moins grande quantité.
Saveurs	Pendant la cuisson	10 à 30 (20)	1 à 3 g/L	25 à 40 %	
Arômes	Pendant la cuisson	0 à 15 (7)	1 à 3 g/L	15 %	Pour les houblons aromatiques
Infusion	Après cuisson (début refroidissement)	10 à 30 (15)	1 à 3 g/L	10 à 15 %	Conserve un peu mieux les arômes que le simple palier aromatique mais peu apporter un côté herbeux.

Extraits	Pendant la cuisson	0 à 30	1 à 3 g/L	-	Consiste à préparer un extrait aromatique (décoction ou infusion préalable dans de l'eau) que l'on utilise comme concentré aromatique ultérieurement (par exemple en fin de cuisson).
Houblonnage a cru (dry hopping)	Pendant la seconde fermentation	4 à 8 jours	IPA : 7 à 10 g/L	-	Apporte des arômes très frais et puissants, mais qui ne reste pas dans le temps. Utiliser plutôt des houblons a fort indice alpha pour réduire la quantité de verdure ajoutée.

Cassure à chaud

C'est durant la cuisson que se forme la « cassure à chaud » (hot break).

Au départ de la mousse va se former, parfois en grande quantité, il s'agit de la coagulation des protéines contenues dans le moût. Cette coagulation va ensuite former des amas qui vont flotter dans le moût. C'est la cassure à chaud. Il est préférable d'attendre la « cassure » avant d'ajouter les houblons.

Couverture

Pour améliorer la performance de la chauffe il est recommandé de mettre un couvercle partiellement (ne pas fermer totalement sinon cela va déborder et pourrait contenir des sous-produits indésirables) au début de cuisson. Puis de le retirer durant l'ébullition pour favoriser l'évaporation des substances indésirables.

F.7. Refroidissement

Refroidissement du moût pour préparer l'ensemencement.

Un refroidissement rapide permet :

1. Meilleure préservation contre les infections ;
2. Réduire les risques d'oxydation ;
3. Créer une cassure à froid (cold break) qui crée des agglomérats de protéines qui peuvent être filtrés (whirlpool).

Un refroidissement lent peut avoir les inconvénients inverses, toutefois un refroidissement naturel ne consomme aucune énergie et est couramment pratiqué en brassage amateur. C'est ce que je pratique, avec parfois en été le bain marie de la cuve dans une grande baignoire d'eau fraîche. L'hiver, sortir la cuve dehors marche bien.

Attention :

À partir de la température de 70 °C, il faut traiter le moût avec précaution. En effet pour réussir sa bière il faut éviter les infections par des bactéries qui pourraient prendre le dessus sur les levures. C'est à partir de 70 °C que le danger commence. Il convient donc de bien protéger le moût (couvercle indispensable).

De plus l'autre danger sur le moût chaud c'est l'oxydation par contact avec l'oxygène notamment. Il ne faut donc pas brasser ni transvaser le moût chaud. Même le moût refroidi reste sensible et les transferts doivent être opérés avec délicatesse (usage du siphon recommandé). Ce n'est que juste avant l'ensemencement que l'oxygénation est recommandée (pour fournir de l'énergie aux levures jeunes).

F.8. Fermentation

Ajout des levures qui vont transformer les sucres en alcool. Le moût devient progressivement de la bière (verte). Le travail des levures (transformation des sucres en alcool) produit aussi de l'énergie et donc une augmentation de la température moût (ce qui peut être nuisible), il est donc important de maîtriser la température durant la fermentation de façon à rester durant tout le processus à la température idéale des levures.

Beaucoup de brasseurs débutants fermentent à température ambiante, ce qui ne pose pas trop de problème avec des volumes de moûts réduits. Toutefois avec des volumes plus importants et pour optimiser la qualité dégustative de la bière souvent une chambre froide bricolée est utilisée (un ancien réfrigérateur équipé d'un régulateur de température marche très bien).

Aération et oxydation

Le moût ne doit pas être mis en présence d'oxygène lorsqu'il est chaud (au-dessus de 40 °C), cela l'oxyde et créera des sous-produits indésirables et réduira la conservation.

Par contre juste avant l'ensemencement il est recommandé d'aérer le moût pour y incorporer de l'oxygène qui servira aux levures lors des premiers jours pour leur multiplication. Cela se fait bien évidemment à la température d'ensemencement, soit au-dessous de 30 °C.

Une bonne aération permet un travail plus rapide des levures et réduit les risques de contamination.

On peut aérer simplement en transvasant le moût violemment et en le remuant vigoureusement.

Ensemencement

La fermentation se déroule en plusieurs étapes. On distingue surtout la fermentation principale (très active, de 4 à 8 jours) de la maturation (ou fermentation secondaire) (2 à 3 semaines) plus lente mais très utile pour affiner la bière. Un transfert de cuve entre les 2 fermentations permet de réduire le trouble de la bière finale et d'éliminer les levures mortes qui peuvent donner des arrière-goûts. Mais il n'est pas obligatoire. Le passage de l'une à l'autre est marqué par la présence d'un Krausen (dépôt sombre sur le bord de la cuve de fermentation), qui marque la fin de la fermentation principale.

Dosage

Un sous-dosage est plus lent et met en avant le caractère de la bière (ce qui est pas gênant pour les abbayes par exemple) : les levures doivent se reproduire (besoin oxygène) avant de pouvoir tout fermenter. Un sur-dosage va produire une fermentation très rapide qui pourra aussi produire des composés non désirés.

Bière classique : env. 1 milliard de levure par litre par 4 degrés de gravité.

Préparer un starter la veille de 1 L bien oxygéné permet de doubler la population de levure.

Préparation des levures

Levures déshydratées (levures sèches)

1 sachet permet d'ensemencer correctement 19 L d'un moût de densité 1,040 (c'est environ un potentiel de 10 milliards de levures). Pour des bières fortes (au-delà d'une densité initiale de 1,040) on peut utiliser 2 sachets ou faire un starter.

Réhydratation :

1. Préparer 250 ml d'eau stérile entre 25 et 30 °C (faire bouillir et laisser refroidir)
2. Verser les levures, ne pas mélanger
3. Couvrir et attendre 15 minutes
4. Remuer doucement sans oxygéner, pour bien mouiller toute la préparation
5. Couvrir et attendre 15 à 30 minutes

Par simplicité je met souvent l'eau dans un verre ; que je place ensuite au four à micro-onde puissance maximale pour que ça boue vigoureusement. Ainsi cela stérilise à la fois l'eau et le verre. Puis je dépose le verre dans un large bol rempli d'eau froide pour faire un bain marie froid et laisse refroidir.

Starter (levures liquide)

Pour les levures liquide un starter est indispensable.

- Préparer quelques litres d'un moût à 1,040
- Aérer,ensemencer
- Utiliser après 24 heures

Conduite de la fermentation

On peut conduire la fermentation (si on régule la température) en plusieurs paliers. Cette technique avancée permet d'optimiser la fermentation et de l'orienter vers les besoins du style de bière brassée.

Favoriser les arômes spécifiques des levures en ciblant le haut des températures de la souche de levure.

Au contraire on peut favoriser un profil neutre en visant le bas des températures conseillées pour la levure, notamment dans la première partie jusqu'à la formation du Krausen.

Lors de la maturation (après l'étape tumultueuse) il est souvent recommandé d'abaisser un peu la température.

La maturation peut être conduite dans un autre fermenteur, ce qui peut permettre d'optimiser certains paramètres de la future bière. Le transvasement doit être opéré délicatement pour ne pas trop oxygéner la bière, ni risquer de la polluer. Ce transfert permet d'éliminer les levures et protéines qui ont sédimenté au fond du premier fermenteur.

Quelques jours avant le fin et la mise en bouteille on peut abaisser fortement la température pour précipiter les résidus, ce qui permet de clarifier un peu la bière verte.

F.9. Embouteillage

Il s'agit de conditionner la bière dans un contenant approprié a son vieillissement et conservation.

En brassage amateur c'est a cette étape que l'on prépare la bière pour sa carbonatation en bouteilles par l'ajout de sucre avant embouteillage, souvent 5 à 8 g/ L.

Ce sucre ajouté permet de relancer l'activité des levures sont encore vivantes. Celles-ci vont alors produire de l'alcool et du gaz carbonique. Le gaz ne pouvant s'échapper cela va rendre la bière pétillante (indispensable pour une bière moderne).

Recarbonatation (priming)

- Préparer un sirop de sucre avec un peu d'eau, laisser refroidir.
- Mettre le sirop dans le seau d'embouteillage.
- Transvaser le moût dans le seau d'embouteillage avec un siphon (évite oxydation et mélange avec le sirop).
- Soutirer dans des bouteilles.

Style	British Ales	Porter, Stout	Belgian Ales	American Ales	European Lagers	Belgian Lambic	American Wheat	German Wheat
CO ₂	1,5 - 2,0	1,7 - 2,3	1,9 - 2,4	2,2 - 2,7	2,2 - 2,7	2,4 - 2,8	2,7 -3,3	3,3 - 4,5
Sucre (20 °C)	3 g / L	4,1 g / L	4,5 g / L	5,9 g / L	6 g / L	6,2 g / L	7,7 g / L	11 g / L

Mes expériences personnelles ont été toujours avec une pétillance faible. Ce n'est qu'avec 8 g/L que j'arrive à obtenir une pétillance correcte. Probablement, car je conduis la fermentation sur 3 semaines.

F.10.Vieillissement (maturation)

Carbonatation (effervescence) : 3 semaines vers 20 à 30 °C

Mûrissement : en cave (10 à, 15 °C), généralement on considère 1 semaine / ° ABU (soit 5 semaines pour 5°).

G. ANNEXES

G.1. Unités, conversions et ajustements

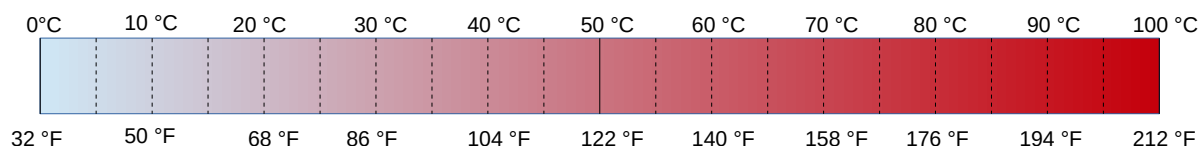
De par son histoire et la forte présence du monde anglo-saxons dans l'univers du brassage amateur, les mesures liées à la bière utilisent des unités spécifiques, anciennes ou anglo-saxonnes.

Plus de détails sur les unités dans le document « *Sciences du Brassage* ».

Température

TC : degré Celsius (°C), mesure de température, utilisée partout dans le monde, sauf aux États-Unis.

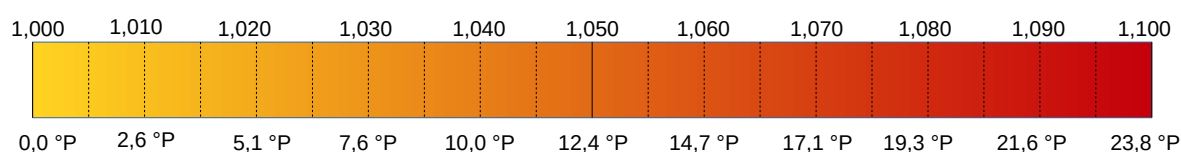
TF : degré Fahrenheit (°F), mesure de température utilisée surtout aux États-Unis.



Densité (gravity)

D : densité (sans unité), le rapport entre la masse volumique du corps et à celle de l'eau pure.

DP : degré Plato (°P), utilisé historiquement dans le monde du brassage.



On désigne par

- DI la densité Initiale (ou OG) avant fermentation ;
- DF la densité finale (ou FG) après fermentation.

L'écart entre les 2 valeurs permet de déterminer le degré alcoolique du breuvage, la différence étant les sucres transformés en alcool.

Correction densité

La mesure de densité doit être ramenée par conversion à la température standard de 20° C pour pouvoir comparer et notamment calculer le taux d'alcool (ABV).

Dm : la mesure de densité

Tm : la température lors de la mesure (°F)

T0 : la température de calibrage de l'instrument de mesure (°F)

T	ΔD		T	ΔD		T	ΔD		T	ΔD
10	-0,006		35	0,009		60	0,024		85	0,039
15	-0,003		40	0,012		65	0,027		90	0,042
20	0,000		45	0,015		70	0,30		95	0,044
25	0,003		50	0,018		75	0,033		100	0,047
30	0,006		55	0,021		80	0,036			

Couleur (Color)

- EBC, mesure de la couleur en Europe, développé en 1946 par “*European Brewing Convention*”, utilisé pour la couleur de la bière.
- SRM, mesure de la couleur aux États-Unis, développé en 1950 par “*American Society of Brewing Chemists*”, utilisé pour la couleur de la bière.
- Lovibond (°L), mesure de la couleur aux États-Unis, développé en 1860 par James Lovibond, utilisé surtout pour la couleur des grains.

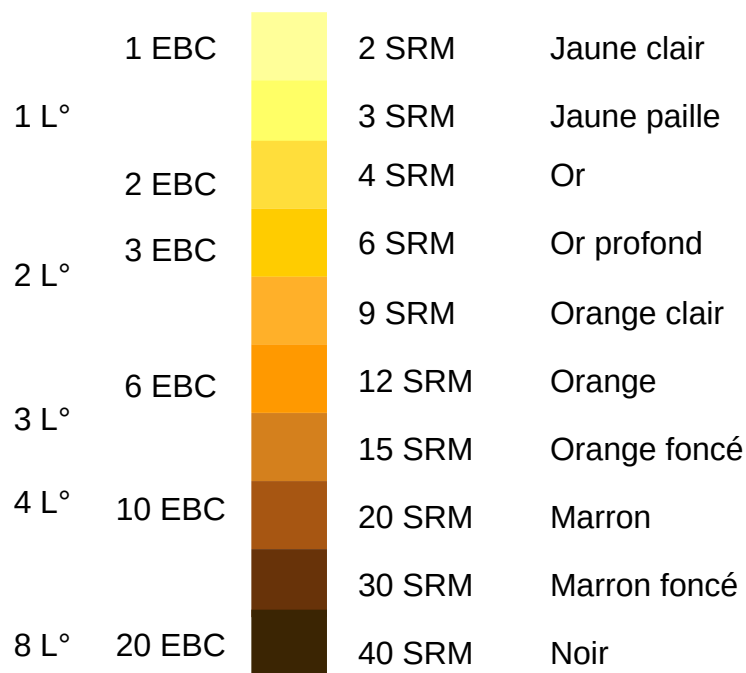


Figure 1: Correspondance des couleurs EBC, SRM et Lovibond

Amertume (bitterness)

AAU ou HBU (%), mesure le taux d'acide alpha, utilisé pour définir l'amertume potentielle du houblon.

IBU ou EBU (mg/L), mesure la quantité d'acide Alpha isomérisé par litre, utilisé définir l'amertume d'une bière.

La perception de l'amertume est lié à la couleur de la bière. Les bières foncées supportent mieux des amertumes fortes.

G.2. Volumes d'eau

Perte lors de l'empâtage

Lors du brassage il y a une perte d'eau qui est absorbé par le grain et qui finira dans les drêches.

Estimation : $V_{perte} = P_{grains} \times 0,7571$

Perte par évaporation

Cette perte est très dépendante du matériel utilisé, en moyenne on considère une perte de 8 à 15 %.

La perte exacte dépend de la température, de la durée et de la surface d'échange liquide/air.

Perte à la cuisson

Principalement eau absorbée par les houblons ou perdu en whirlpool ou du transvasement.

Perte du process

Cumul des pertes dans les fonds de cuves, tuyaux, etc...

« Perte » par dilatation

Lorsque le moût passe de 100 °C à 20 °C il y a une réduction de volume apparent de 4 %. Il ne s'agit pas d'une perte proprement dite mais d'un changement de volume dans la chaudière, lié à la température.