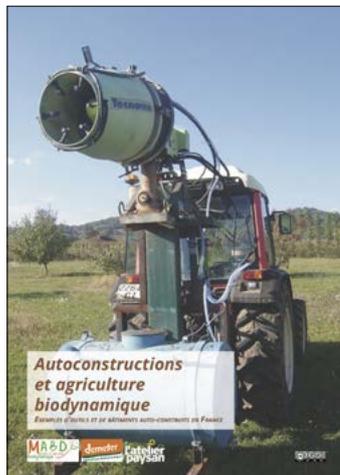
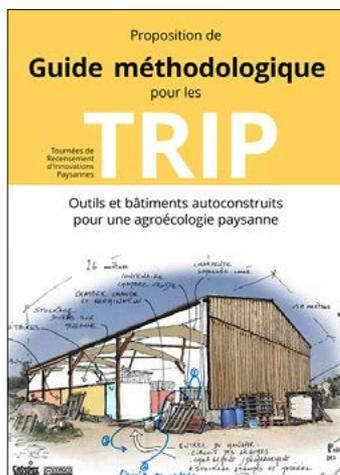




DU CHAMP À LA CHOPE
TECHNOLOGIES
APPROPRIÉES POUR LA
BRASSERIE PAYSANNE

Également disponibles à la date de la présente publication :



Prêtes à être reprises et adaptées sur chaque ferme, plusieurs centaines de technologies appropriées sont disponibles en partage (sous forme de plans, chroniques, vidéos, guides techniques, etc.) aux adresses suivantes :

www.latelierpaysan.org

forum.latelierpaysan.org

Crédits photographiques pour l'image de couverture :

Un très grand merci à **Stéphanie et Martin Vignals**, dont la contribution photographique a permis d'illustrer la première de couverture de cet ouvrage.

DU CHAMP À LA CHOPE

TECHNOLOGIES APPROPRIÉES POUR
LA BRASSERIE PAYSANNE

Préambule

L'Atelier Paysan est la plateforme francophone des technologies paysannes appropriées. Réunis en Coopérative d'Intérêt Collectif (SCIC), nous développons et colportons depuis 2009 une approche singulière, qui se nourrit de solides explorations de terrain dans une approche ascendante, par l'entrée communs : recensement des innovations à la ferme, accompagnement à la conception de technologies paysannes, formation et colportage, analyse des rôles et conséquences des technologies agricoles sur les modèles agricoles et alimentaires. Nous nous réclamons de l'éducation populaire, d'une pédagogie de chantier. Dans le cadre de notre volonté de transformation sociale, nous remobilisons les paysannes et paysans sur les choix de leurs outils de travail, nous leur proposons de retrouver une autonomie technique par la réappropriation des savoirs et des savoir-faire, par des technologies simples de conception et de reproduction. Cette autonomie devient le moteur d'une expérimentation et d'une innovation du quotidien.

La technique, et les technologies ne sont pas neutres.

Le champ des technologies agricoles reste encore aujourd'hui un vaste impensé alors qu'elles jouent un rôle central dans l'état actuel de l'agriculture et de l'alimentation. Au fil de décennies du développement du modèle agro-industriel, le capital immatériel des savoirs et usages paysans a été dégradé, au profit d'une surcapitalisation à outrance des outils de production, de plus en plus difficiles à transmettre. Une situation encouragée par des politiques publiques abondamment incitatrices de grands achats inutiles : surpuissance, fuite en avant technologique, outillages inadaptés voire délétères d'un point de vue agronomique ou zootechnique.

La filière brassicole n'est pas épargnée par ces tendances : qui n'a pas reçu la proposition d'une installation clé-en-main ? à qui n'a-t-il pas été suggéré de laisser à d'autres, certainement plus compétents, le soin de la machine pour se concentrer sur le goût, le produit ? C'était sans compter sur l'ingéniosité et le désir d'autonomie qui irriguent cette filière dynamique qui n'a de cesse, depuis maintenant plusieurs décennies, de se réinventer, du champ à la chope, du travail du sol aux nombreuses transformations.

Pour aller plus loin :

-  **L'esprit et la méthode de l'Atelier Paysan :**
<https://www.latelierpaysan.org/Qui-sommes-nous>
-  **Des dizaines de technologies paysannes diffusées sous forme de tutoriels :**
<https://www.latelierpaysan.org/Plans-et-Tutoriels>
-  **Plusieurs centaines de machines et bâtis paysans recensés sur les fermes et chroniqués :**
<http://forum.latelierpaysan.org/>
-  **Les formations dispensées par l'Atelier Paysan et ses partenaires :**
<https://www.latelierpaysan.org/Les-formations>

L'INNOVATION PAR LES USAGES, UNE ALTERNATIVE ?

Les dynamiques d'innovation ascendante apportent une nouvelle voie, inédite dans les méthodes, et séculaire dans les pratiques de terrain. De tout temps, les paysans et paysannes ont été bien placé-e-s pour déterminer les outils ajustés à leurs besoins, à leurs pratiques, à leur territoire, aux conditions dans lesquelles ils sont mis en œuvre. Les technologies paysannes appropriées sont accessibles, sobres. Elles font une large place au sensible, au savoir-faire, à l'observation. Elles sont pourtant d'une redoutable efficacité car le terrain ne triche pas. Elles sont abordables, reproductibles à la ferme. Elles renversent l'approche de l'innovation. Elles inversent le poids des immobilisations matérielles, au bénéfice des immobilisations immatérielles tout aussi légitimes (les savoirs et savoir-faire). Elles permettent, par la baisse significative de la capitalisation matérielle des fermes et des dépenses associées, une réintégration de la valeur ajoutée dans les fermes, d'où elle n'aurait jamais dû autant s'échapper.

Les initiatives d'innovation par les usages ne peuvent se multiplier que par l'émergence de dynamiques locales relevant de collectifs, adaptées donc viables. Ces initiatives, telles que nous les pensons et les accompagnons ou les valorisons, ne doivent pas, de notre point de vue, relever de cas isolés, de marottes personnelles ou, au mieux, de tâches d'huile locales visant à démontrer par

l'exemple pur et parfait. Faire peser sur les individus la responsabilité de transformer le monde par une « écologie des petits gestes », évacuant toute considération de système ne fera pas transformation sociale, du moins pas sans être accompagnée d'un discours politique et de la construction d'un rapport de force. Bien sûr, le repli dans les marges est tentant, tant notre capacité à peser sur les choix de société semble négligeable, mais il n'ébranlera aucunement le système industriel, parfaitement apte à tolérer l'existence de quelques brasseries paysannes bricolées.

L'enjeu des technologies paysannes n'est pas de juxtaposer aux technologies industrielles d'inoffensives alternatives « douces », cela ne reviendrait qu'à créer un nouveau marché de niche pour « consommateurs responsables ». Il s'agit de remplacer, autant que possible, les productions industrielles par des productions artisanales, adaptées à l'environnement direct de leur utilisateur ou utilisatrice, choisies, compréhensibles, réparables, adaptables et durables. Ainsi, si les technologies paysannes sont une condition nécessaire à la marginalisation des productions industrielles, elles ne sont sûrement pas suffisantes.

UNE ÉCONOMIE DES TECHNOLOGIES DE POINTE

A l'heure où l'agroécologie et la question du travail sont deux enjeux majeurs, force est en effet de reconnaître que la stratégie et les moyens publics restent canalisés par la production de masse et la balance commerciale, au détriment de la production de valeur ajoutée sur les fermes, et plus largement en dépit de tout bon sens écologique et humain, avec des politiques lancées sans aucun débat public.

Cette politique nous promet une nouvelle étape par l'automatisation, la robotisation et la numérisation de la production agricole, pleinement inscrite dans la croyance dans les hautes technologies émancipatrices et salutaires. Elle est accompagnée d'investissements colossaux (plusieurs milliards d'euros) dans le domaine des agroéquipements, un secteur depuis longtemps confié au seul secteur privé. La recherche en la matière est structurellement tournée vers une sophistication exagérée, une fuite en avant techniciste motivée par les valorisations en propriété industrielle. La *french-tech* agricole est en marche, et la « ferme France » sera le cobaye du lancement d'un nouveau fleuron de notre balance commerciale au même titre que d'autres filières industrielles (nucléaire, aéronautique, armement, agro-industrie...). Les nouvelles technologies agricoles permettront de gravir une nouvelle marche dans l'industrialisation de la production agricole et alimentaire, le tout accompagné et renforcé d'un arsenal normatif. Elle s'accompagnera d'une déshumanisation encore plus complète du métier de paysan : par la disparition accélérée des cultivateurs et éleveurs, et plus largement des communautés paysannes d'une part ; par la perte massive du sensible, des savoirs et savoir-faire d'autre part, contrepartie inévitable d'une prolétarianisation accrue du métier d'agriculteur, ou de ce qu'il en reste.

Tout indique que les modèles agricoles à haute densité humaine sont beaucoup plus efficaces, car beaucoup plus ancrés, sensibles, vivants dans leurs territoires. Inversement, la concentration des exploitations et des logiques extractivistes associées, l'appauvrissement des espaces cultivés, et plus largement l'alimentation profondément inégalitaire imposée par le complexe agro-industriel sont intimement liés à une logique disruptive en matière d'agroéquipements : puissances et taille d'engin galopantes, technologies embarquées, et croissance des « besoins » d'investissements.

Nous affirmons qu'il n'y aura pas de terres préservées, pas d'agroécologie paysanne, pas de souveraineté alimentaire sans souveraineté technologique des paysannes et paysans ! C'est ainsi par cet angle technologique, pour les paysan-ne-s installé-e-s, comme pour les cédant-e-s et les futur-e-s, tout en sensibilisant et mobilisant les citoyen-ne-s que nous contribuons, depuis notre organisation collective, à développer l'agriculture biologique et paysanne, tant pour les impacts sociaux, économiques qu'environnementaux qu'elle porte en elle.

Pour aller (encore) plus loin :

 **La notion de souveraineté technique et technologique des paysannes et paysans :**
<https://www.latelierpaysan.org/Plaidoyer-souverainete-technologique-des-paysans>

 **Les petites vidéos politiques de l'Atelier Paysan :**
<https://latelierpaysan.org/Les-petites-vidéos-politiques-de-l-Atelier-paysan>

 **Des conférences à visionner sur le sujet :**
<https://www.latelierpaysan.org/Nos-conferences>

 **Pour une histoire critique de la machine agricole, chroniques visuelles :**
<https://www.latelierpaysan.org/Pour-une-histoire-critique-de-la-machine-agricole-chroniques-visuelles-2749>

FILIÈRE BRASSICOLE ET TECHNOLOGIES APPROPRIÉES

La possibilité de transformation à la ferme est indissociablement liée à l'approche des technologies paysannes. Les savoir-faire de la transformation paysanne - les recettes, pour simplifier - sont dans le fond des techniques appropriées... immatérielles, ô combien précieuses. C'est une nécessité que de disposer d'un outil de travail adapté, personnalisé, tant l'art de la transformation alimentaire relève du sensible, du « bon goût », d'un délicat et fragile équilibre, source de perpétuels ajustements. La qualité et la diversité de notre alimentation sont des communs à protéger.

Mais si la production agricole est transportable, la concentration et l'industrialisation des processus de transformation alimentaire sont importantes. Cette industrialisation est source d'extinction significative de la diversité des technologies à taille humaine. Les outils pour des productions locales, accessibles par les fermes raisonnablement dimensionnées, sont, à ce jour, trop rares. Cela empêche un retour massif de la valeur ajoutée dans les fermes. La transformation radicale de nos modèles de production agricole et alimentaire passera donc obligatoirement par la réappropriation de la question technologique par les communautés paysannes : maîtriser les outils pour le faire, en toute autonomie collective.

Et c'est ce que nous révèle le dynamisme de la filière brassicole : il est possible de repartir d'une production quasi totalement industrialisée, qu'il s'agisse du houblon, du malt ou de la bière elle-même, pour réinventer référentiels et modèles, outils et produits. Cette réappropriation se construit par vagues d'explorations, d'expérimentations, de conceptions et adaptations sur le tas. Il y a des barrières de représentations (« je ne peux/sais pas faire », « c'est trop risqué », « on n'a pas le droit ») qu'il faut cependant franchir.

Découvrir l'étendue des innovations paysannes peut lever des verrous : d'autres avant nous ont bricolé, essayé, construit, affiné. Ils et elles ont même choisi de verser au pot commun leurs tentatives, pour que d'autres, librement, s'en inspirent, copient, diffèrent, améliorent. C'est la logique des TRIP (Tournées de Recensement de l'Innovation Paysanne) et du Forum de l'Atelier Paysan, c'est la logique de ce recueil également que de présenter un premier panorama des innovations et des technologies appropriées par les paysan-ne-s, brasseur-euse-s, par les acteurs et actrices de cette filière complexe et renouvelée.

Cette publication souhaite mettre en valeur la réalité et l'effet levier de cette approche, par la présentation de quelques réalisations individuelles ou collectives, toutes de terrain. Ces éléments sont réunis en un assemblage évidemment lacunaire (il est impossible d'être exhaustif) sur la gamme et les fonctions. L'idée était d'être suggestifs, pour que les initiatives et témoignages se multiplient, et viennent contribuer à enrichir cette première publication.

N'hésitez pas à réagir et à contribuer ! Et fouillez encore en lisant les chroniques complètes (liens à suivre tout au long de cette publication), en observant bien d'autres technologies documentées sur notre forum ou notre site internet.

Sommaire

PRÉAMBULE	6
------------------------	----------

PARTIE I : INTRODUCTION	14
--------------------------------------	-----------

1.1 LA TRANSFORMATION À LA FERME	16
1.2 LA BRASSERIE : UNE VOIE INTÉRESSANTE D'INSTALLATION ET DE DIVERSIFICATION	18
1.3 LA BRASSERIE PAYSANNE	20
<i>Qu'entendons-nous par "brasserie paysanne" ?</i>	20
<i>Qu'est-ce qu'une "ferme brasserie" ?</i>	21
<i>Brasserie Paysanne et technologies appropriées</i>	22
1.4 DES AUTOCONSTRUCTEURS INNOVANTS POUR LA BRASSERIE PAYSANNE	25

PARTIE II : LA CULTURE D'ORGE BRASSICOLE	42
---	-----------

2.1 CONTEXTE	45
<i>La production d'orge en France</i>	46
<i>Qu'est-ce qu'une orge brassicole ?</i>	47
<i>Orge d'hiver ou de printemps ?</i>	48
2.2 LA CULTURE DE L'ORGE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE	51
<i>La production d'orge</i>	52
<i>Préparation du sol et semis</i>	53
<i>Fertilisation</i>	53
<i>Gestion de l'enherbement</i>	53
<i>Moisson</i>	53
<i>Tri et stockage</i>	53
2.3 ORGE BRASSICOLE ET TECHNOLOGIES APPROPRIÉES	55
<i>Une culture bien implantée, un matériel adapté disponible</i>	56
<i>Partager le matériel pour le rendre accessible</i>	58
<i>La problématique du tri à la ferme</i>	59

PARTIE III : LA CULTURE DU HOUBLON 62

3.1 CONTEXTE	64
<i>La production de houblon</i>	66
<i>Qu'est-ce que le houblon ?</i>	67
<i>Les variétés</i>	67
<i>L'apparition des néo-houblonniers</i>	68
<i>Accompagner le développement du houblon en France</i>	69
3.2 LES PRINCIPALES ÉTAPES DE LA PRODUCTION DE HOUBLON	70
<i>Installation de la houblonnière et plantation</i>	72
<i>Conduite de la culture</i>	72
<i>Récolte et tri</i>	72
<i>Séchage</i>	72
<i>Conditionnement et stockage</i>	72
3.3 HOUBLON ET TECHNOLOGIE APPROPRIÉE	74
<i>De l'équipement pour les néos-houblonniers</i>	76
<i>Minimiser ses besoins en équipement</i>	77
<i>Initier la réflexion autour de matériel adapté</i>	78
3.4 FICHES EXPÉRIENCES : LA CULTURE DU HOUBLON	82

PARTIE IV : LA MALTERIE 88

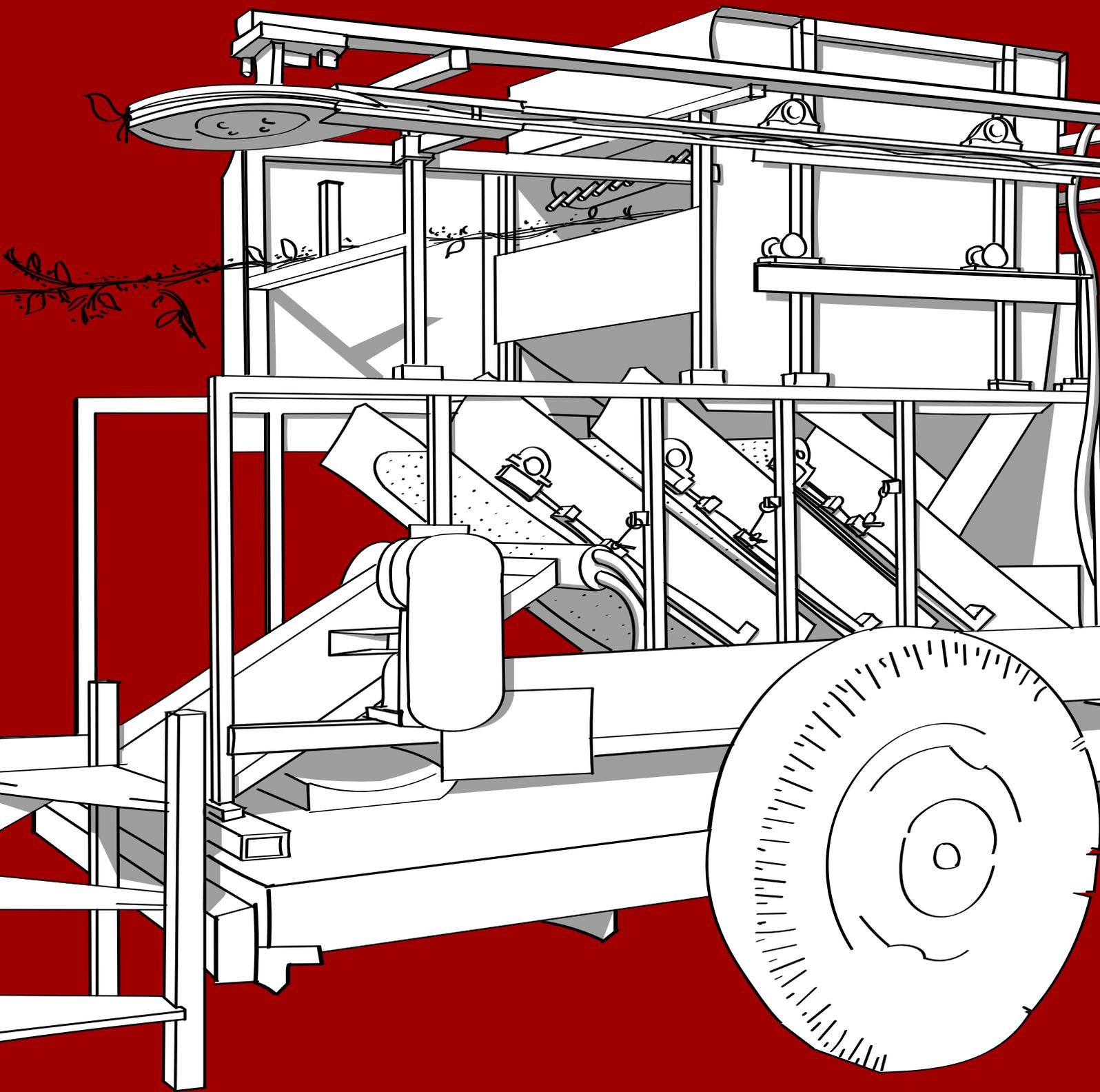
4.1 CONTEXTE	90
<i>La malterie française, industrialisée et tournée vers l'export</i>	92
<i>L'apparition des malteries artisanales et régionales</i>	93
<i>Le maltage "à domicile"</i>	93
4.2 LE MALTAGE	94
<i>Qu'est-ce que le malt ?</i>	96
<i>Les étapes du maltage</i>	96
<i>La production de malts spéciaux</i>	98
4.3 MALTERIE ET TECHNOLOGIES APPROPRIÉES	100
<i>Peu d'alternatives en autoconstruction</i>	102
<i>Choisir son type d'installation</i>	102
<i>Gérer la consommation d'énergie</i>	106
<i>Améliorer ses conditions de travail</i>	107
4.4 FICHES EXPÉRIENCES : LA MALTERIE	109

PARTIE V : LA BRASSERIE 126

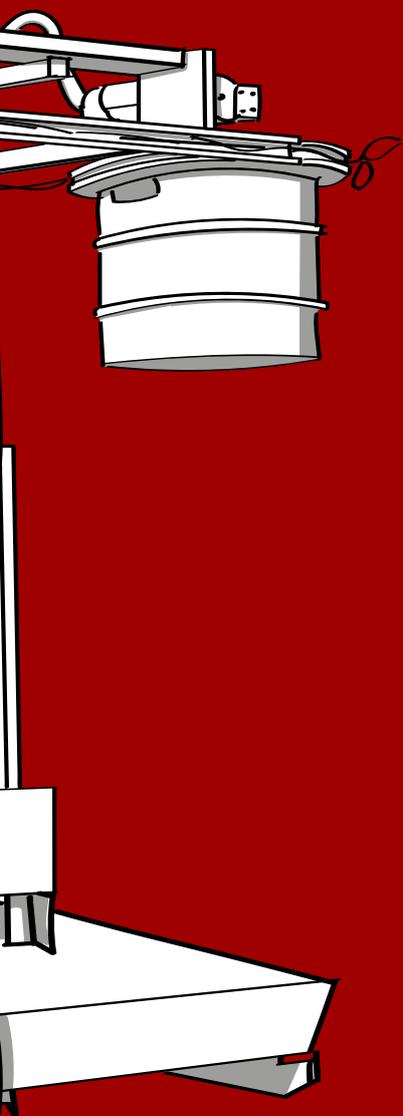
5.1 CONTEXTE	128
<i>La production de bière en France</i>	130
<i>La réapparition explosif des brasseries artisanales</i>	130
<i>Une production qui tend vers le bio et local</i>	131
5.2 LA FABRICATION DE LA BIÈRE	132
<i>Les étapes de la fabrication</i>	134
<i>Quatre ingrédients</i>	135
5.3 BRASSERIE ET TECHNOLOGIES APPROPRIÉES	141
<i>S'équiper autrement !</i>	142
<i>Se ménager</i>	144
<i>Prévenir les infections</i>	144
<i>Minimiser l'impact écologique</i>	146
5.4 FICHES EXPÉRIENCES : LA BRASSERIE	149

PARTIE VI : CONCLUSION 164

6.1 OUVERTURE	166
6.2 BIBLIOGRAPHIE	168



INTRODUCTION



La transformation à la ferme 16

*La brasserie : une filière
porteuse pour l'installation et la
diversification* 18

La brasserie paysanne 20

*Des autoconstructeurs innovants
pour la brasserie paysanne* 25

1.1/ La transformation à la ferme

Nous abordons la question de la transformation à la ferme par la seule entrée des technologies appropriées. Les savoir-faire de la transformation paysanne - les recettes, pour simplifier - sont dans le fond, des technologies appropriées, immatérielles, ô combien précieuses. C'est une nécessité que de disposer d'un outil de travail adapté, personnalisé, tant l'art de la transformation alimentaire relève du sensible, du « bon goût », d'un délicat et fragile équilibre, source de perpétuels ajustements. Nous nous devons donc d'observer et comprendre pour ajuster la finesse de notre accompagnement. Cependant, la maîtrise paysanne des recettes n'est pas de notre périmètre, d'autres le font très bien. Que ce soit individuellement, ou dans le cadre de dynamiques collectives favorisant une approche de pair à pair, de co-apprentissage, de partages et colportages. La qualité et la diversité de notre alimentation sont des communs à protéger.

Il est souvent question de taille. L'ultra-spécialisation du modèle agro-industriel des pays dits « développés », et de la France en particulier, acteur majeur de la situation mondiale, a progressivement rendu les technologies démesurées pour une agriculture à taille humaine. Le coût direct et indirect d'une technologie est étroitement relié à sa taille et à son degré de sophistication et détermine son (in-)accessibilité. L'industrialisation des technologies agricoles a été indispensable à l'industrie d'alimentation de(s) masse(s). Logiquement, l'industrialisation de la production des machines agricoles et plus précisément alimentaires a entraîné une double disparition de savoir-faire : au sein des communautés paysannes (dont les effectifs chutent par ailleurs) par la perte

de maîtrise, et par la quasi-suppression des tissus artisanaux locaux, limitant les dynamiques locales. A l'instar des semences paysannes, longtemps étouffées par les semences industrialisées, les conditions de conception et d'adaptation constante des technologies paysannes ont été anéanties par les orientations successives des politiques agricoles. La production de petites séries (voire de pièces uniques) de « petites » machines, non rentables pour les orientations retenues, a quasiment disparu.

Ce phénomène est particulièrement prégnant dans le secteur de la transformation à la ferme. Puisque la production agricole est transportable, la concentration et l'industrialisation des processus de transformation alimentaire sont importantes. Cette industrialisation est source d'extinction significative de la diversité des technologies à taille humaine. Les outils pour des productions locales, accessibles par les fermes raisonnablement dimensionnées, sont, à ce jour, trop rares. Cela empêche un retour massif de la valeur ajoutée dans les fermes, d'où elle n'aurait jamais dû (autant) sortir. La transformation radicale de nos modèles de production agricole et alimentaire passera donc obligatoirement par la réappropriation de la question technologique par les communautés paysannes : maîtriser les outils pour le faire.

Cette réappropriation se construit par vagues d'explorations, d'expérimentations, de conceptions et adaptations sur le tas. Il y a des barrières de représentations (« je ne peux/sais pas faire », « c'est trop risqué », « on n'a pas le droit ») qu'il faut cependant franchir. Car la question alimentaire et, donc des outils et technologies pour transformer, est chargée : les scandales sanitaires ont quasi intégralement eu pour origine l'industrialisation de la production agricole ou de la transformation alimentaire. Alors qu'ironiquement, les normes deviennent presque exclusivement accessibles au seul modèle industriel de production, rapports de force aidant. Les normes implicites ou explicites, les représentations qu'elles génèrent ont, elles aussi (avec d'autres phénomènes) pour conséquence d'intimider les initiatives

de conception paysanne de machines ou bâtis permettant la transformation et la valorisation locale des productions paysannes.

Les initiatives d'innovation par les usages ne peuvent se multiplier que par l'émergence de dynamiques locales autonomes, adaptées donc viables. Cette publication souhaite mettre en valeur la réalité et l'effet levier de cette approche, par la présentation de quelques réalisations individuelles ou collectives de terrain.

N'hésitez pas à réagir et à contribuer (et n'oubliez pas de déguster) ! Et fouillez encore en lisant les chroniques complètes (liens à suivre tout au long de cette publication), en observant bien d'autres technologies documentées, sur ce sujet de la comme la brasserie paysanne sur d'autres, sur notre forum ou notre site internet.

Pour aller plus loin :



Le Forum de l'atelier paysan :

<http://forum.latelierpaysan.org/>



Plan et tutoriels :

<https://www.latelierpaysan.org/Plans-et-Tutoriels>



Nos expositions :

<https://www.latelierpaysan.org/Nos-expositions>

1.2/

La brasserie : une voie intéressante d'installation et de diversification

Durant la seconde moitié du XX^e siècle, la production brassicole a été quasi totalement récupérée par l'industrie réduisant ainsi les producteurs de céréales à un rôle de sous-traitants, les privant de la transformation et de sa valeur ajoutée afin de produire une boisson standardisée, aseptisée et destinée à ceux-là même qui en ont été dépossédés. L'industrie, en quelques décennies, a réussi à en faire la boisson populaire par excellence, l'illustration cynique d'une arnaque généralisée et prévue pour durer. Mais voilà que récemment, un vent se lève sur le secteur brassicole, celui de l'explosion des brasseries artisanales accompagnée de la multiplication des fermes brasseries. Cette nouvelle paysannerie dans une ombre de plus en plus éclairée, a entrepris de récupérer ce qui jusqu'alors restait confisqué.

En plus de permettre le retour de la diversité et du sens dans nos verres, la brasserie est une voie de diversification et d'installation pour le moins intéressante. Un juste retour des choses que la conjoncture actuelle rend encore possible. En effet, la brasserie et la malterie ne sont pour l'instant soumises qu'à très peu de réglementation en comparaison avec les autres possibilités de transformation à la ferme (fromagerie, boucherie, boulangerie, ...). Pas de contrôle de l'accès à la profession, peu de normes sanitaires, peu de difficultés à la vente, etc. Le principal frein à cette voie de diversification: le coût du matériel.

Les constructeurs spécialisés proposent des solutions très onéreuses, presque entièrement réalisées en inox alimentaire et comprenant les dernières technologies. Pour y accéder, les brasseries sont trop souvent forcées de produire beaucoup et d'adopter le modèle dont elles souhaitaient s'affranchir.

Une solution demeure : l'autoconstruction d'au moins une partie de son matériel ! L'absence de normes et les nombreuses filières de récupération et de vente de matériel d'occasion permettent de réduire significativement les coûts liés à l'outil de production en restant souverain de sa technologie (capacité de construction, réparation et entretien).

Mais combien de temps cela va-t-il durer ? les industriels de la bière, représentés chez nous par « Brasseurs de France », prennent la mesure de la révolution brassicole en marche, voient des parts de marché leur échapper et prennent des mesures pour inverser la tendance. Notamment, un important travail de lobbying auprès des institutions européennes est en cours afin de mettre en place un cadre normatif stricte. Ils ne tarderont pas à obtenir gain de cause. Comme ce fût le cas pour d'autres filières de transformation (fromage, viande,...), cela risque de forcer des petites structures à mettre la clé sous la porte faute de pouvoir se conformer aux nouvelles normes en vigueur.

A titre d'exemple, la mise en place de guides de bonnes pratiques en malterie et en brasserie imposant des normes favorables aux modèles des groupes industriels ou le verrouillage de l'accès à la profession par l'intermédiaire de formations certifiantes, seront utilisés comme barrières à l'expansion du phénomène de récupération de la production par les petits producteurs.

Un travail de contre-lobbying est à mener pour permettre le maintien d'une situation favorable aux petits producteurs. Les industriels possèdent depuis longtemps des syndicats puissants et bien

installés à tous les niveaux. Si l'on voit apparaître depuis quelques années des syndicats de brasseurs indépendants (Bierra pour la région AuRA, le SNBI au niveau national et récemment l'IBE au niveau européen), ceux-ci ne sont pas toujours à même de défendre l'intérêt de l'ensemble des petites brasseries et n'ont qu'un faible poids en face des syndicats industriels.

Difficile de savoir de quoi demain sera fait pour les petites brasseries, mais actuellement, l'autoconstruction a le vent en poupe !

Pour aller plus loin :



Le Forum de l'atelier paysan :

<http://forum.latelierpaysan.org/>

1.3/

La brasserie paysanne

QU'ENTENDONS-NOUS PAR « BRASSERIE PAYSANNE » ?

Les deux principaux ingrédients nécessaires à la fabrication de la bière sont le malt d'orge et le houblon. La production de bière du champ à la chope, représente une filière longue rassemblant plusieurs métiers et de nombreux acteurs impliqués de près ou de loin dans la production des matières premières et leur transformation. La filière peut être considérée comme une chaîne constituée de quatre maillons principaux :

-  La culture d'orge
-  La culture du Houblon
-  La Malterie
-  La Brasserie

Ce recueil s'adresse aux acteurs constituant ce que nous avons convenu d'appeler la brasserie paysanne. C'est-à-dire, tout acteur-ices de la filière brassicole, qu'il soit agriculteur ou non, contribuant par son activité au développement, d'une agriculture paysanne basée sur les principes de résilience économique, d'équité sociale, de protection de l'environnement, de culture et d'éthique.

La brasserie paysanne, place les paysans•nes au centre de la filière mais considère aussi les transformateurs comme des acteurs indispensables au fonctionnement de la filière. Les malteries artisanales pourront offrir une solution pour le maltage des céréales des fermes brasseries ne disposant pas d'unité de maltage ou pourront offrir aux fermes céréalières une alternative aux coopératives et aux négociants.

Pour illustrer notre propos, nous prendrons pour exemple une malterie coopérative et solidaire **MALTEURS ÉCHOS**, qui a fermé en 2018 mais dont l'histoire est riche d'enseignements .

Les brasseries artisanales pourront établir des partenariats avec des paysans et paysannes pour s'approvisionner en orge et houblon locaux et ainsi permettre une commercialisation en circuits locaux de produits paysans habituellement destinés aux circuits nationaux. C'est le cas, par exemple, de la brasserie-malterie angevine de la Piautre , réalisant son propre malt à partir d'orge cultivée par des paysans et paysannes locales.

Par ailleurs, il convient nécessairement si l'on parle de filière brassicole paysanne de la situer et de la questionner également dans son système de commercialisation, de distribution et d'accessibilité tant économique que géographique aux populations. Une alimentation de qualité se doit d'être accessible à toutes et tous et non pas seulement à celles et ceux qui en ont les moyens, elle relève donc nécessairement des communs, pas du marché. La relocalisation des savoir-faire paysans autant que l'accès à une alimentation de qualité concerne la filière brassicole. L'approche économique et sociale de la commercialisation de la filière brassicole paysanne, des bières dites de pays et artisanales n'est pas développée dans ce recueil pour privilégier l'étude de la structuration de la filière sous l'angle des technologies appropriées dont elle a besoin et qui impacte nécessairement la définition

QU'EST-CE QU'UNE FERME-BRASSERIE ?

La brasserie est une option de diversification céréalière de plus en plus considérée et répandue, ainsi, on entend de plus en plus parler de ferme brasserie. Mais que désigne exactement ce concept ?

Au sein de ce recueil, nous considérons une ferme brasserie comme étant une exploitation agricole produisant des matières premières pour les transformer en bière.

Aussi nous entendons par **FERME BRASSERIE**, premièrement les fermes céréalières ayant intégré un atelier de transformation de malt et de bière. Nous appelons paysanne brasseuse ou paysan brasseur, les agriculteurs et agricultrices conduisant ces fermes.

Dans l'imaginaire collectif, une ferme brasserie représente une exploitation rassemblant en son sein tous les maillons de la filière brassicole, du champ à la chope. C'est à dire de la conduite culturale de l'orge et du houblon, en passant par la transformation en malt de l'orge et la fabrication de la bière. Or, en réalité, les fermes brasseries pouvant répondre à cette définition sont rares et ne représentent pas nécessairement un modèle vers lequel se diriger.

La filière brassicole comprend plusieurs métiers qui nécessitent chacun de l'expérience, du savoir-faire et de l'équipement. Il n'existe aucune règle en ce qui concerne le choix du niveau d'intégration de la filière au sein d'une ferme brasserie, celui-ci pouvant être motivé autant par des considérations idéologiques que pratiques, propres à chaque paysan ou paysanne.

Nous avons donc considéré également comme fermes brassicoles l'ensemble des fermes de la **FILIERE BRASSICOLE PAYSANNE** mais qui ne réalise pas obligatoirement l'intégralité du process de production à savoir par exemple :

- Les malteries ou houblonneries : dont l'activité se concentre sur la production exclusive de malt ou de houblon issus de l'agriculture locale et agroécologique destinés à la filière brassicole
- les microbrasseries dont l'activité se concentrent sur la fabrication de bières à base de matières premières issus de l'agriculture locale et agroécologique.

BRASSERIE PAYSANNE ET TECHNOLOGIES APPROPRIÉES

Par **TECHNOLOGIES APPROPRIÉES**, nous entendons des technologies adaptées aux besoins des paysans et paysannes.

Cinq critères distinguent les technologies paysannes des technologies industrielles :

> **LE PREMIER CRITÈRE** est l'investissement de l'usagère et de l'usager, dans l'élaboration, le maintien et l'amélioration continue de l'outil.

> **LE DEUXIÈME CRITÈRE** est la démarche ascendante qui part des besoins réels des agriculteurs et agricultrices. À rebours de la démarche d'ingénierie industrielle – descendante, normative, fréquemment hors-sol. Le socle de création des technologies appropriées est l'innovation par l'usage comme point de départ, c'est-à-dire une innovation vivante.

> **LE TROISIÈME CRITÈRE** est la reproductibilité et la polyvalence à la ferme. La reproductibilité est rarement totale, mais cette exigence implique des méthodes de construction simplifiées. La polyvalence est également essentielle, pour entretenir des « proto-machines » adaptées aux conditions pédoclimatique de chaque lieu.

> **LE QUATRIÈME CRITÈRE** : celui du réfléchir et faire ensemble à travers des modèle de transmission et de formation entre paysan-nes eux-mêmes.

> **LE CINQUIÈME** est celui de réfléchir la mise en commun : le recensement, la conception et la diffusion des technologies appropriées (plans, tutoriels etc.) sont sous licence libre (creative commons) et d'accès gratuit, dans l'espoir qu'ils circulent le plus largement.

Par **BRASSERIE PAYSANNE**, nous entendons l'ensemble des acteurs de la filière brassicole relocalisée qui ont fait le choix de placer au coeur de leur production la qualité de leurs matières premières .

Pour construire de recueil et questionner par les usages les besoins en technologies appropriées de la filière brassicole, nous avons réalisé une tournée de

recensement des innovations paysannes (TRIP) et sommes allés à la rencontre paysan-nes et brasseur-euses un peu partout en France qui ont fait le choix de l'autoconstruction. Chaque maillon de la brasserie paysanne (culture d'orge et de houblon, malterie et brasserie) possède des besoins en équipements et bâtis, et des problématiques ergonomiques qui lui sont propres tant sur l'aspect agricole pour la conduite des cultures d'orge et de houblon, que sur l'aspect technique pour la production du malt et de la bière.



Qu'est-ce qu'une TRIP ?

<https://www.latelierpaysan.org/Qu-est-ce-qu-une-TRIP>

En aucun cas exhaustif, cet ouvrage est d'abord une invitation à poursuivre ensemble la mise en communs .

Un numéro spécial de la Petite Bibliothèque Paysanne de l'Atelier paysan dédié aux acteurs et actrices de la filière brassicole paysanne d'aujourd'hui ou de demain, qui la font vivre, qui souhaitent la développer et autocevoir ou autoconstruire des technologies appropriées.

Ce recueil aborde donc chacune de ses étapes technique de production sous l'angle de la question des technologies appropriées. La recontextualisation des principales étapes de l'itinéraire technique permettra de comprendre les principaux enjeux liés au fonctionnement et au développement de la filière brassicole paysanne, d'illustrer les dynamiques en cours et de servir de source d'inspiration pour les recherches et les développements à venir.

Chaque partie se termine par des fiches expériences qui recensent des innovations techniques paysannes déjà mises en place par les des acteurs et actrices de la brasserie paysanne afin de résoudre les problématiques ou les besoins en technologies appropriées auxquelles ils ou elles ont pu être confronté.e.s. Avec ce recueil, nous espérons les faire connaître, faire connaître leur avancées, leur savoir-faire et favoriser la transmission entre paysan-nes, houblonneur-euses, brasseur-ueuses...

PORTRAITS DE PAYSAN.NES-BRASSEURS.SSEUSES

MARC-ANTOINE ROSTAING
(FERME BRASSERIE DES FAUX SEMBLABLES)



Passionné autant par la culture de céréales que par la bière Marc-Antoine Rostaing a repris l'exploitation céréalière de son père dans les Terres Froides, au nord de l'Isère, pour en faire une ferme brasserie. Savant fou vivant dans un laboratoire subversif, Marc-Antoine Rostaing met son enthousiasme et son éternelle curiosité au service d'une nouvelle agriculture : la brasserie paysanne.

En plus de répondre aux envies de Marc-Antoine Rostaing, l'ajout d'un atelier brasserie lui a permis de mieux valoriser sa production céréalière et de s'affranchir progressivement de la coopérative. La brasserie constitue aussi un véritable filet de sécurité, offrant la possibilité de se rabattre uniquement sur l'activité de transformation lors des mauvaises années de récolte. Aujourd'hui la ferme produit le grain nécessaire à la fabrication de la bière mais n'est pas encore autonome en matières premières. L'orge était maltée auprès de Malteurs Echos (malterie coopérative et solidaire ardéchoise) et le houblon, occupant une place importante dans le profil aromatique des bières de la ferme, est acheté auprès d'un fournisseur. À termes, l'autonomie en matières premières et la souveraineté technologique sont les objectifs de la ferme, mais, ceux-ci ne peuvent aller à l'encontre de la maîtrise des processus et de la qualité du produit finis sur lesquelles Marc-Antoine Rostaing ne fait aucune concession. Ayant conscience de l'expérience et de l'équipement nécessaire à l'autonomie, le brasseur progresse dans cette direction à son rythme. Déjà formé en malterie auprès d'Emmanuel Faucillon (fondateur de Malt Fabrique en Côte d'Armor), il a récemment commencé l'aménagement de sa future malterie. Intéressé par la reproduction des levures, souvent délaissée par les brasseurs, Marc-Antoine Rostaing s'est formé à l'étude des levures auprès du CNRS de Strasbourg et envisage l'aménagement d'un laboratoire au sein de la brasserie. Voici autant d'exemples de la curiosité et de la motivation de ce paysan-brasseur, pour qui « autonomie » n'est pas un mot prononcé à la légère.

CHRISTIAN GARLAND
(FERME BRASSERIE GARLAND)



Pionnier de la brasserie paysanne, Christian Garland, installé dans le Tarn, s'est lancé comme paysan-brasseur au début des années 90. Il produit aujourd'hui la totalité de ses matières premières à partir desquelles la ferme élabore des bières biologiques vendues principalement en circuit court. Autoconstructeur confirmé, Christian Garland en est à sa troisième brasserie-malterie au sein de laquelle les bricolages sont présents à tous les niveaux.

La transformation a toujours été une nécessité au sein de la ferme de Christian Garland, celle-ci ne permettant pas de vivre uniquement de la vente des matières premières. À l'origine, les activités de la ferme se concentraient autour de l'élevage caprin, de la production de fromage et de la vente de céréales auprès d'une coopérative céréalière. En 1992, suite à son refus de mettre aux normes sa fromagerie, Christian Garland et sa compagne décident de changer d'activité pour se mettre à la bière, une activité n'imposant pas de réglementation particulière.

L'autonomie au niveau des matières premières a toujours été un objectif au sein du projet de Christian Garland. Au moment où il s'est lancé, autoproduire ses matières premières relevait plus de l'obligation que du choix. À l'époque la brasserie paysanne n'existait pas et la filière brassicole, tournée vers les besoins des industriels, ne tenait aucun compte des besoins des petits producteurs. Mais l'autonomie, c'était aussi une question de principe. Selon Christian Garland, un paysan devant pouvoir être en mesure de porter son produit jusqu'au bout. Enfin, son expérience avec les coopératives lui ont donné le désir de ne plus être le maillon d'un système incontrôlable et souvent bien décevant. Cependant, le chemin qu'il a fallu parcourir pour acquérir cette autonomie a été long et fastidieux. Ce n'est qu'aujourd'hui, 30 ans plus tard, que la ferme est 100 % autonome.

Christian Garland a le goût du bricolage, lequel occupe une place importante à la ferme brasserie Garland. Par le passé, il existait moins de solutions adaptées aux besoins des petites structures, obligeant ainsi à l'autoconstruction d'une partie du matériel. Au fil des années, les bricoles de Christian Garland se sont accumulées, ont su réduire la facture en matériel et offrir les solutions ergonomiques nécessaires au maintien de cette activité sur le long terme. De nombreux brasseurs bricoleurs au cours des dernières décennies sont venus s'inspirer et apprendre de Christian Garland.

Aujourd'hui, la ferme brasserie est reprise par ses filles, Flora et Julia, et semble promise à un bel avenir !



1.4/ Des autoconstructeurs innovants pour la brasserie paysanne

LA FERME-BRASSERIE DE LA MOUSSON (26)

LA FERME-BRASSERIE GARLAND (81)

LA BRASSERIE-MALTERIE DE LA PIAUTRE (49)

LA MALTERIE DU VIEUX SILO (81)

HOUBLON MARCONNET FRÈRES (26)

LA FERME-BRASSERIE DELUGE (26)

LA BRASSERIE DE L'ARNON (18)

LA BRASSERIE DE SAINT-GENIS (38)

1

LA FERME BRASSERIE DE LA MOUSSON (GAEC DES PETITS GRAINS)



Le GAEC des Petits Grains, conduit par Arnaud Allain, Pierre-Edouard Pilloud et Rémi Boudes, permet à la paysannerie d'arborer son visage le plus souriant. Foyer d'intelligence collective, terrain de jeux pour rêveurs éveillés, pirates-ouvriers, où le labeur est oublié entre amis et les expérimentations sans cesse renouvelées. Autoproduction, circuit-court et autoconstruction sont tant de pierres à l'édifice d'une autonomie bâtie comme remparts aux injonctions productivistes. Installés dans la ferme de la Fauchère rachetée par Terre de Lien, ils produisent des céréales qu'ils transforment en bière et en pain. Rémi, bricoleur polyvalent et ingénieux, possède un bon niveau de soudure inox dont il fait profiter la brasserie, en passant continuellement d'un projet à l'autre afin d'améliorer leurs conditions de travail, se libérer du temps et réduire leur dépendance énergétique. Non contente de remplir nos verres, la brasserie de la mousson alimente aussi nos imaginaires.

LOCALISATION

Ferme de la Fauchère
26110 Sainte-Jalle

CONTACT

Mail :
petitsgrains@yahoo.fr

Téléphone :
06.75.26.45.27

NOMBRE DE PERSONNES VIVANT DU PROJET



CERTIFICATION



COMMERCIALISATION

70 % en fûts, dans les événements et les bars
30 % en bouteilles, en vente directe et dans
un magasin de producteurs



CÉRÉALES :

CONTEXTE

Surfaces cultivées :
4 ha de blé, 4 ha d'orge

Quantités récoltées :
20 tonnes de blé,
8 tonnes d'orge

Autosufisance :
Oui, les bonnes années

ÉQUIPEMENT

Culture :
Mutualisation en CUMA

Moisson :
Mutualisation en CUMA

Tri :
Trieur alvéolaire, table
densimétrique (empruntée auprès
d'un paysan de la région)



HOUBLON :

CONTEXTE

Surfaces cultivées :
+/- 100 plants de houblon
aromatique

Quantités récoltées :
5-10 kg

Autosufisance :
Non, la production ne
couvre que 10% des besoins.
Fournisseur : Comptoir
agricole

ÉQUIPEMENT

Culture :
À la main

Récolte :
À la main

Tri :
À la main

Séchage :
À l'air libre



MALT :

PAS DE PRODUCTION

Maltage à façon :

Anciennement chez Malteurs Echos (07),
aujourd'hui chez Malt'in pott (74).



BIÈRE :

CONTEXTE

Production annuelle :
180 hl (60 hl/personne)

Volume par brassin :
15 hl

INSTALLATION

Salle à brasser :

- 1 cuve matière
- 1 cuve filtre
- 1 cuve d'ébullition
- 1 refroidisseur tubulaire autoconstruit
- Des transferts avec pompes

Fermentation :

2 fermenteurs 10 hl cylindro-coniques simple paroi pressurisables d'occasion

Mise en bouteille :

Refermentation (chaîne d'embouteillage /capsulage)

Mise en fûts :

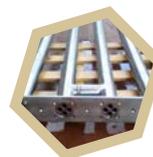
- Pressurisation des cuves, transfert isobare de la cuve aux fûts fermenteur
- Laveuse de fûts autoconstruite

Source de chaleur :

Chaudière vapeur à gaz (bientôt couplée à un concentrateur solaire autoconstruit)



LES RÉALISATIONS INNOVANTES :



Échangeur tubulaire
Voir page 154



Cuve filtre avec système de dédrêchage
Voir page 160



Système de refroidissement avec groupe froid de tireuse
Voir page 157



Clarinette pour salle à brasser
Voir page 156

2

LA FERME BRASSERIE GARLAND



LOCALISATION

« En Kanette », chemin d'en Combes.
81470 Alkans

CONTACT

Mail :
brasseriegarland@gmail.com

Téléphone :
05.63.72.49.95

NOMBRE DE PERSONNES VIVANT DU PROJET



CERTIFICATION



COMMERCIALISATION

65 % en bouteille, en vente directe et dans les magasins dans un rayon de 50 km autour de la brasserie

35 % en fûts : événements et bars associatifs

Christian Garland est l'un des tout premiers paysans brasseurs de France. À l'origine, la ferme produisait du fromage de brebis et des céréales vendues en coopérative. En 1992, devant l'obligation de mettre aux normes la fromagerie, sa femme et lui décident de changer de cap et se lancent dans la brasserie. Un choix qui, à cette époque, leur impose une autonomie qu'ils ne faisaient jusque-là que désirer. Etant donnée l'absence d'une filière brassicole autre qu'industrielle, l'autoproduction et l'autoconstruction étaient une obligation. 25 ans plus tard, non sans effort, le pari de l'autonomie est remporté : la ferme est en mesure de produire et transformer toutes ses matières premières et Christian en est à sa troisième brasserie-malterie autoconstruite. La dernière est particulièrement bien conçue, notamment en ce qui concerne l'ergonomie, un aspect que l'âge et l'expérience obligent à considérer. Aujourd'hui, la brasserie est reprise par ses filles, Julia et Flora, et semble promise à un bel avenir.



CÉRÉALES :

CONTEXTE

Surfaces cultivées :
35 ha en rotation
sur 4 ans

Quantités récoltées :
10 -20 tonnes d'orge

Autosuffisance :
Oui, les bonnes années,
sinon coopérative
céréalières (Agribus)

ÉQUIPEMENT

Culture :
Mutualisation en CUMA

Moisson :
Mutualisation en CUMA

Tri :
Trieur séparateur + table
densimétrique



HOUBLON :

CONTEXTE

Surfaces cultivées :
Culture en terrasse : +/-
400 plants de houblon
aromatique

Quantités récoltées :
150 à 200 kg sec

Autosuffisance :
Quasiment autonome,
fournisseur Comptoir
agricole

ÉQUIPEMENT

Culture :
À la main

Récolte :
À la main

Tri :
Trieuse autoconstruite
(Dé-Konneuse)

Séchage :
Dans la Touraille

Conditionnement :
En chambre froide



MALT :

CONTEXTE

Quantité transformée
+/- 18 tonnes / an

Types de malts produits
Pils, malt torréfié

INSTALLATION

Trempe, germination, touraillage
Malterie mono-cuve (800 kg)

Dégermage / nettoyage
Brosse à blé et trieur séparateur

Torréfaction
Torréfacteur autoconstruit



BIÈRE :

CONTEXTE

Production annuelle :
500 hl (125 hl / personne)

Quantité - volume par brassin
2000 litres

INSTALLATION

Salle à brasser :

- 1 cuve matière
- 1 cuve filtre
- 1 tank d'eau chaude
- 1 échangeur de plaques
- Transferts avec pompes

Fermentation :
Fermenteurs cylindro-coniques double paroi pressurisables.
refroidissement : circulation glycol à partir d'un tank à lait de 2000 litres

Mise en bouteille :
Refermentation (chaîne d'embouteillage/capsulage)

Mise en fûts :

- Pressurisation des cuves, transfert isobare de la cuve aux fûts fermenteur
- Laveuse de fûts autoconstruite

Source de chaleur :
Chaudière vapeur à gaz



LES RÉALISATIONS INNOVANTES :



Malterie mono-cuve
Voir page 118



Torréfacteur bétonnière
Voir page 120



Dé-konneuse
Voir page 86



Ergonomie manutention du grain
Voir page 124

LA BRASSERIE-MALTERIE DE LA PIAUTRE



LOCALISATION

La Gare,
49250 La Ménitrie

CONTACT

Mail :
contact@lapiautre.fr

Téléphone :
02 41 57 62 78

NOMBRE DE PERSONNES VIVANT DU PROJET



CERTIFICATION



COMMERCIALISATION

50 % en bouteille, vente directe, grandes surfaces locales, Biocoop et distributeurs

50 % en fûts, événements, bars locaux et associations

Fondée en 2004 par Vincent Lelièvre dans l'ancienne gare de La Ménitrie en Maine-et-Loire (49), la brasserie-malterie de la Piautre est une pionnière de la relocalisation de la production brassicole. Dans le but de s'affranchir des malteries industrielles et de pouvoir proposer des produits véritablement angevins, la Piautre s'est lancée dans un projet de malterie. Après s'être formé au maltage auprès d'Emmanuel Faucillon fondateur de Malt Fabrique et pionnier de la malterie artisanale française, Vincent et son équipe se lancent en 2014 dans l'autoconstruction d'une malterie sur aire. Au cours des années, celle-ci a fait l'objet de nombreuses améliorations qui lui ont permis de gagner en productivité, en qualité et en ergonomie. Aujourd'hui, la brasserie-malterie de la Piautre se porte à merveille et propose une large gamme de bières. Plus récemment, la Piautre s'est équipée d'un alambic lui permettant d'ajouter à ses produits un whisky totalement local réalisé à partir de malt fumé produit par ses soins.



MALT :

CONTEXTE

Quantité transformée

Provenance des céréales :
paysans de la région
100 tonnes/an .
L'agrandissement de la
malterie est en cours

Types de malts produits

Pils, pale ale, malt tourbé

INSTALLATION

Trempe

Cuve de trempe autoconstruite
(1000 litres)

Germination

Sur aire (80 m² 2 tonnes)

Tourailage

Touraille autoconstruite 1 tonne,
chaudière électrique

Dégermage / nettoyage

Vis sans fin et pré-nettoyeur à
céréales

Torréfaction

Fumoir autoconstruit (50 kg)
Torréfacteur autoconstruit



BIÈRE

CONTEXTE

Production annuelle :
3000 hl (500 hl/
personne)

**Quantité - volume
par brassin**
20 hl l

INSTALLATION

Salle à brasser :

- 1 cuve d'empâtage,
- 1 cuve filtration,
- 1 cuve d'ébullition,
- Refroidissement : échangeur à plaques,
- Transferts avec pompes.

Fermentation :

Fermenteurs cylindro-coniques double paroi : 20 hl (4), 40 hl(4), 50 hl(2). Cuves de garde : 20 hl (2)

Mise en bouteille :

Refermentation (chaîne d'embouteillage/capsulage)

Mise en fûts :

- Mise en fût isobarométrique depuis des cuves de gardes pressurisables

Source de chaleur :

Circuit d'eau surchauffée alimentée par une chaudière au gaz naturel.



LES RÉALISATIONS INNOVANTES :



Malterie sur aire autoconstruite
Voir page 110



Fumoir à malt autoconstruit
Voir page 122

4

LA MALTERIE DU VIEUX SILO



LOCALISATION

Lieu-dit Ventenals, 81630 La Sauzière St Jean.

CONTACT

Mail :
contact@micro-malterie.fr

Téléphone :
06 87 40 96 17

NOMBRE DE PERSONNES
VIVANT DU PROJET

CERTIFICATION



COMMERCIALISATION

Vente directe à la malterie ou livraison (Grand Sud Ouest), pour les brasseries artisanales et brasseurs amateurs

Maltage à façon

La malterie du vieux silo fondée en 2013 et conduite par Laurent Coursière produit du malt à partir d'orge locale destiné aux brasseurs faisant le choix d'un produit local et de qualité. Il transforme aussi l'orge des paysans du Grand Sud-Ouest à la demande (maltage à façon), leur fournissant ainsi une solution alternative au maltage à la ferme. Son passé d'informaticien et son goût pour le bricolage lui ont permis d'autoconstruire la plupart des éléments de sa malterie. Des améliorations sont régulièrement apportées pour adapter la production à la demande et agrandir sa gamme de malts. Si le lancement de la malterie était un combat de tous les instants, la production atteint aujourd'hui un niveau lui permettant de vivre. Même si le prix de son malt ne peut rivaliser avec celui des malteries industrielles, il n'éprouve aucune difficulté à le vendre. Ceci illustre bien l'intérêt pour la brasserie paysanne et artisanale du développement de projets similaires. La malterie du Vieux Silo, pionnière de la démarche, pourra en inspirer plus d'un !



MALT :

CONTEXTE

Quantité transformée
250 tonnes/an

Types de malts produits
Malts (orge, blé sarrasin, seigle, petit épeautre). Pils, caramel, torréfiés.

INSTALLATION

Trempe,
Cuve de trempe autoconstruite
15 000 litres

Germination
En case (pneumatique) 36 m² - 8 tonnes.

Tourailage
Touraille autoconstruite 4 tonnes, chaudière à bois

Dégermage / nettoyage
Vis sans fin + pré-nettoyeur à céréales

Torréfaction
Un torréfacteur pour malt torréfié (150kg), 1 torréfacteur/touraille pour malt caramel (600 kg)



LES RÉALISATIONS INNOVANTES :



***Une case de germination
autoconstruite***
Voir page 119



***Une touraille pour le malt
caramel***
Voir page 121

5

HOUBLON MARCONNET FRÈRES (HOUBLONNEUR)



LOCALISATION

26120 Malissard

CONTACT

Mail :
contact@houblonneur.com

Téléphone :
06 74 67 70 02

NOMBRE DE PERSONNES VIVANT DU PROJET



CERTIFICATION



Certification en cours

COMMERCIALISATION

Vente en circuit court auprès de brasseries locales (Pleine Lune, Fee-mousse, des Rieux, Valentinoise).

Vincent et Christophe Marconnet incarnent un vent nouveau. Ces néo-houblonniers non issus du milieu agricole ont pris la mesure du besoin des brasseries artisanales en houblon biologique et local. Partageant le désir d'un renouveau professionnel, ils posent un choix qui ne manque pas de témérité : produire du houblon. Ayant compris que se lancer dans cette culture présente de nombreux risques et mérite une bonne dose de réflexion comme d'expérimentation, la transition entre leur ancienne et leur nouvelle vie s'opère à petits pas. Entre 2015 et 2016, ils reçoivent des parcelles en fermage sur lesquelles ils commencent à cultiver entièrement à la main, pour expérimenter, essayer des techniques, identifier leurs besoins en équipement, démarcher des brasseurs, comprendre leur terroir. Les premières récoltes ont donné des résultats encourageants qui ont été valorisés en circuit-court auprès de quelques brasseries locales. Du temps, de la terre et quelques sous, permettront à leur projet de prendre l'ampleur attendue.



HOUBLON :

CONTEXTE | ÉQUIPEMENT

Surfaces cultivées :
2 terrains : 300 m² + 4000 m²
(presque ½ ha)

Quantités récoltées :
200 kg de Houblon sec

Autosufisance :
Non, la production ne couvre
que 10% des besoins.
Fournisseur : comptoir agricole

Culture :
À la main

Récolte :
À la main

Tri :
À la main

Séchage :
Séchoir autoconstruis

Conditionnement
Sous videuse, frigo



LES RÉALISATIONS INNOVANTES :



Séchoir autoconstruit
Voir page 84



6

LA FERME BRASSERIE DELUGE



LOCALISATION

Le petit Lierne,
Château Double 26120

CONTACT

Mail :
brasseriedeluge@gmail.com

NOMBRE DE PERSONNES VIVANT DU PROJET



CERTIFICATION



COMMERCIALISATION

Vente à la ferme, commerce locaux,
magasins de producteurs

La ferme-brasserie Deluge, lancée et conduite par Christophe Rey depuis 2012, produit une bière paysanne particulièrement libre, savoureuse et accessible à tous. Dans la construction de son projet, Christophe Rey a su rester très autonome. Sa production se veut petite et aucun n'emprunt n'a été contracté pour s'équiper. Il n'est propriétaire ni de ses terres, ni de son bâtiment mais produit toutes les matières premières nécessaires à sa production. Une prouesse rendue possible notamment par son ingéniosité en autoconstruction et en récupération. Pleine de bricolages, la ferme brasserie Deluge a de quoi inspirer.



CÉRÉALES :

CONTEXTE

Surfaces cultivées :

2 ha d'orge

Quantités récoltées :

4 tonnes d'orge

Autosufisance :

Oui. Adaptation de la production en fonction des récoltes

ÉQUIPEMENT

Culture :

Mutualisation en CUMA

Moisson :

Entrepreneur agricole

Tri :

Réalisé par des amis



HOUBLON :

CONTEXTE

Surfaces cultivées :
2 lignes de 70 m , +/- 150 plants,
aromatiques et amérisants

Quantités récoltées :

+/- 20 kg

Autosufisance :

Oui. Adapte les recettes en fonction de la récolte

ÉQUIPEMENT

Culture :

À la main

Récolte :

À la main

Tri :

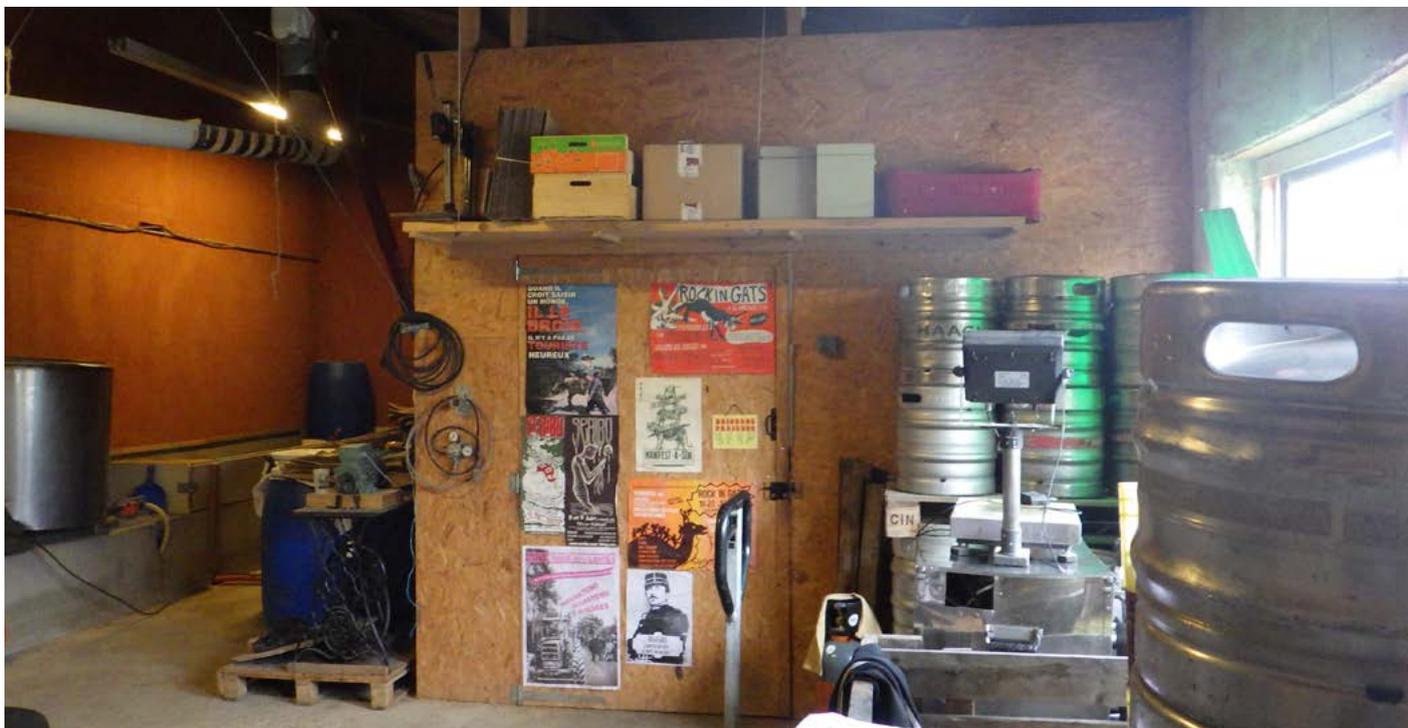
Trieuse autoconstruite
(Dé-Konneuse)

Séchage :

Dans la Touraille

Conditionnement :

En chambre froide



MALT :

Quantité transformée
Toute la récolte d'orge

Types de malts produits
Pils et pale

Trempe
Cuve de trempe (600 litres)

Germination
Sur aire (5 m²)

Touraillage
Touraille électrique (150kg)

Dégermage/ nettoyage
Vis sans fin et trieur séparateur
(chez un ami)



LES RÉALISATIONS INNOVANTES :



Un système de carbonatation original

Voir page 162



BIÈRE :

CONTEXTE

Production annuelle :
80 hl

**Quantité - volume
par brassin**
3,5 hl

INSTALLATION

Salle à brasser :

- 1 cuve matière
- 1 cuve filtre
- 1 tank d'eau chaude
- 1 échangeur de plaques
- 1 transferts par gravité

Fermentation :
Fermenteurs cylindro-coniques simple
paroi pressurisables d'occasion (10 hl)

Mise en bouteille :
Refermentation (embouteilleuse
manuelle 4 becs / capsuleuse
manuelle)

Mise en fûts :

- Carbonatation forcée dans les fûts
(système original), lavage des
fûts à la main

Source de chaleur :
Cumulus électrique et brûleur à gaz

7

LA BRASSERIE DE L'ARNON



LOCALISATION

7 Rue du Pont Romain,
18170 Loye-sur-Arnon

CONTACT

Mail :
brasserieidelarnon@gmail.com

Téléphone :
06 33 39 64 64

NOMBRE DE PERSONNES VIVANT DU PROJET



CERTIFICATION



COMMERCIALISATION

Vente à la ferme, commerce locaux,
magasins de producteur

Une ferme brasserie cumule plusieurs métiers différents et nécessite de nombreux investissements. Le lancement d'un tel projet à partir de rien nécessite un bon dosage entre action et modération. Un dosage qu'Eloi Soulez a su trouver pour le lancement de la brasserie de l'Arnon, fondée en 2016 dans le Berry. Un projet qu'il mène en lien étroit avec sa compagne et ses sœurs, lesquelles ont repris et reconvertissent en bio la ferme familiale. Afin d'avoir le temps de s'installer et ne pas devoir se battre sur tous les fronts, la brasserie se fournit encore en matières premières à l'extérieur. A terme, le lien entre la ferme et la brasserie permettra de réaliser une bière biologique et 100 % locale dont l'orge et le houblon auront été produits sur place. A la fois porté sur l'autoconstruction et exigeant sur la qualité de son outil de travail, Eloi a su aménager sa brasserie, en distinguant à chaque étape ce qu'il pouvait faire lui-même et ce qui devait être sous-traité.



BIÈRE :

CONTEXTE

Production annuelle:
380 hl

INSTALLATION

Salle à brasser :

- 1 cuve matière et filtre
- 1 cuve filtre
- 1 tank d'eau chaude, échangeur à plaques, transferts avec des pompes.

Fermentation :

Fermenteurs double parois, 2 cylindro-coniques neufs (10 hl) et 2 fond plat d'occasion (20 hl)

Mise en bouteille :

Refermentation (embouteilleuse manuelle 4 becs / capsuleuse manuelle)

Mise en fûts :

- Refermentation en fût, laveuse de fûts.

Source de chaleur :

Brûleur à gaz (cuve matière), résistance électrique (tank d'eau chaude)



LES RÉALISATIONS INNOVANTES :



***Système de refroidissement avec
un tank à lait***
Voir page 157



Aménagement d'une brasserie
Voir page 150

LA BRASSERIE DE SAINT-GENIS (TRIÈVE)



LOCALISATION

Saint-Genis,
38710 MENS

CONTACT

Téléphone :
06.63.54.43.10

NOMBRE DE PERSONNES VIVANT DU PROJET



CERTIFICATION

Pas de certification

COMMERCIALISATION

50 % en fûts : à destination
des bars et des événements

50 % en bouteilles : en vente directe

Lorsqu'elle est alimentée par l'ingéniosité et le goût du bricolage, la brasserie peut se révéler être un formidable outil d'émancipation vis-à-vis des normes politico-économiques dominantes, une voie d'accès à l'autonomie et un moyen de soutien aux luttes en cours. Une supposition devenant évidence lorsqu'on passe la porte de la brasserie de Saint-Genis, fondée par Camille et Thomas et installée dans une petite maison familiale sur les hauteurs de Mens dans le Trièves. Une passion partagée pour la culture du grain, l'autoconstruction, la récupération et le brassage, permet aux deux compères de produire des bières de qualité sans prétention et bon marché, à partir d'orge maltée sur place. L'ambition de la brasserie est d'être autosuffisante en céréales mais quelques difficultés d'accès au foncier ont freiné un peu le développement de leurs activités agricoles. Néanmoins, des pistes de solutions pour l'accès à la terre émergent et la brasserie, en cours d'agrandissement, semble partie pour de belles années.



CÉRÉALES :

CONTEXTE

Surfaces cultivées

3 ha

Quantités

récoltées :

4 tonnes

Autosuffisance :

Non en 2018, 6 tonnes de céréales ont été achetées à des paysans de la région

ÉQUIPEMENT

Culture :

Emprunt

Moisson :

Emprunt

Tri :

Trieur séparateur



MALT :

CONTEXTE

Quantité transformée

10 tonnes d'orge / an
0,5 tonne de blé / an
0,5 de seigle / an
0,5 d'avoine / an

Types de malts produits

Pils, cara, black

ÉQUIPEMENT

Trempe

2 bennes basculantes (250 kg)

Germination

Air de germination (30 m²)

Tourillage

Touraille électrique autoconstruite (500 kg)

Dégermage / nettoyage

Brosse à grain autoconstruite et trieur séparateur

Torréfaction

Torréfacteur autoconstruit



BIÈRE :

CONTEXTE | INSTALLATION

Production annuelle:
300 hl (soit 150 /
personne)

Quantités récoltées :
9 hl

Salle à brasser :

- 1 cuve matière
- 1 cuve filtre
- 1 cuve d'ébullition
- 1 échangeur à plaques
- 1 transferts avec pompe centrifuge

Fermentation :

5 fermenteurs simple paroi cylindro-coniques (1000 litres) pressurisables et déplaçables d'occasion.
Refroidissement en chambre froide

Mise en bouteille :

Pressurisation des cuves (embouteilleuse 6 becs iso barométrique)

Mise en fûts :

Transfert isobare de la cuve au fût

Source de chaleur :

Résistances électriques



LES RÉALISATIONS INNOVANTES :



Système de banc de lavage pour fûts
Voir page 162



CULTURE DE L'ORGE BRASSICOLE

	<i>Contexte</i>	45
	<i>La culture de l'orge en agriculture biologique</i>	51
	<i>Orge brassicole et technologies appropriées</i>	55





2.1/ Contexte

*LA PRODUCTION D'ORGE EN FRANCE
QU'EST-CE QU'UNE ORGE BRASSICOLE ?
ORGE D'HIVER OU DE PRINTEMPS ?
SUGGESTIONS VARIÉTALES ?*



LA PRODUCTION D'ORGE EN FRANCE



PRODUCTION ANNUELLE

LA FRANCE PREMIÈRE PRODUCTRICE EUROPÉENNE et 2^e dans le monde (après la Russie)

11,2 MILLIONS DE TONNES (dont 30 % apte à la brasserie)

2^e CÉRÉALE CULTIVÉE après le blé tendre



SUPERFICIE

1,7 MILLIONS D'HECTARES (près de 20 % des terres céréalières et 10 % des terres arables).



COMMERCE ET DÉBOUCHÉS

EXPORTS VERS L'UNION EUROPÉENNE :

5 Mt (45%)

EXPORTS VERS LE RESTE DU MONDE : 1,23 Mt (11%)

IMPORTS EN 2018 : 73511 tonnes soit 0,07 millions de tonnes

ALIMENTATION ANIMALE : 4,25 Mt (38 %)

MALTERIE : 2,35 Mt (21 %, dont 80 % sera exporté)

PRODUCTION DE SEMENCES 0,8 Mt (7%)

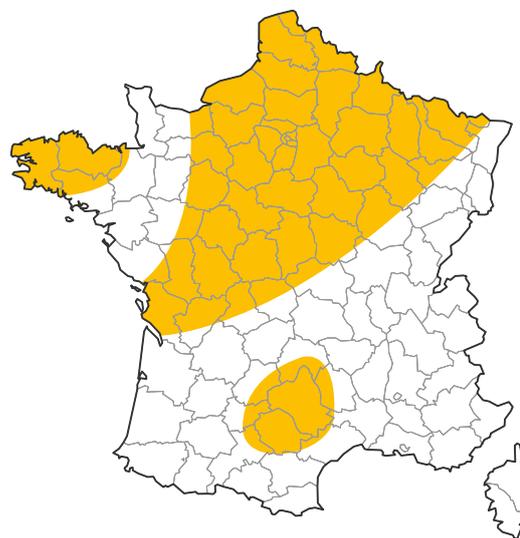
L'orge commune est la céréale la plus anciennement cultivée dans toutes les régions du globe. Elle est destinée principalement à l'alimentation du bétail et à la filière brassicole. Il s'agit de la principale céréale qui, une fois maltée, sera utilisée dans la bière à raison de 15 à 20 kg de malt pour 100 litres de bière en moyenne.

En France, l'orge occupe une place importante au sein de l'agriculture. Elle est la deuxième céréale la plus cultivée après le blé tendre, et occupe en moyenne une superficie d'1,7 millions d'hectares (soit 20% de la surface céréalière et 10 % des terres arables) pour une production de 11,2 millions de tonnes annuelles (dont 30 % correspondent aux besoins brassicoles). Ces volumes font de la France la 1^{ère} productrice d'orge en Europe et la 2^{ème} au niveau mondial (après la Russie).

L'apparition massive des brasseries sur le territoire a engendré une demande importante de matière première plus locale et souvent biologique. Malgré sa place prépondérante sur le marché mondial de l'orge, l'agroindustrie française ne répond pas à ce besoin émergent. Certaines petites brasseries se tournent alors vers la paysannerie et pour résoudre leur problématique d'approvisionnement. De plus en plus de partenariats entre des exploitations céréalières et des brasseries voient le jour. Ceci pose la question du maltage, pouvant soit être réalisé par l'une ou l'autre des parties, soit être

délégué à une malterie (plus d'informations au sein du chapitre consacré à la malterie).

Par ailleurs, un nombre grandissant d'exploitations céréalières met en place à la ferme un atelier brasserie (et éventuellement malterie) permettant une meilleure valorisation de la production d'orge.



RÉPARTITION DE LA PRODUCTION D'ORGE EN FRANCE :

Concentrée principalement dans le quart Nord-est du pays et en Bretagne. Les anciennes Régions Champagne-Ardenne et Centre assurent à elles seules 30 % de la production nationale.



QU'EST-CE QU'UNE ORGE BRASSICOLE ?

Pour être considérée comme brassicole, l'orge doit répondre à un cahier des charges strict comportant de nombreux critères de qualité, dont voici les principaux :

 **TENEUR EN PROTÉINES (9,5 - 11,5 %) :** une teneur supérieure induira des problèmes durant le maltage (prise d'eau des grains durant la trempe) et pendant le brassage (mauvaise filtration du moût et trouble de la bière). Une teneur inférieure limitera la fermentation (multiplication des levures) et la tenue de mousse.

 **HUMIDITÉ (< 14,5 %) :** un taux supérieur favorisera le développement de mycotoxines

 **CALIBRAGE (90 % DES GRAINS > 2,5 MM) :** un mauvais calibrage induira une vitesse de trempe hétérogène et impactera la qualité du maltage

 **TAUX DE GERMINATION (> 98 % EN 3 JOURS) :** une germination rapide et homogène permettra de produire du malt de qualité

 **TAUX D'IMPURETÉS (< 0,5 %) :** limiter les impuretés (grains avariés, graines d'autres espèces), permet de produire un malt de meilleur qualité, limite le risque sanitaire et le développement des mycotoxines

 **PURETÉ VARIÉTALE (> 93 %) :** les différentes variétés d'orges ne répondent pas de la même manière au processus de maltage. Eviter de les mélanger favorise l'homogénéité du malt .

Une orge ne répondant pas à l'un de ces critères se verra déclasser en orge fourragère, perdant ainsi une partie de sa valeur (« prime brassicole »). Dans le cadre d'une utilisation directe par une ferme brasserie ou en circuit court, dans une relation de confiance, auprès d'une malterie (ou malterie-brasserie), il devient possible de moduler autrement ces exigences, ainsi que le prix associé. Le choix variétal aura également une incidence sur ces critères de qualité, il devra donc être effectué avec attention au sein de chaque contexte pédo-climatique

LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE FAIT TOMBER LA MOUSSE !

La mousse est un élément important dans une bière : au-delà de la particularité visuelle et texturale conférée, elle permet également de limiter l'oxydation du breuvage (et donc de conserver son amertume et ses arômes). Elle se forme lorsque nous ouvrons une bouteille (ou actionnons la tireuse) : le liquide maintenu à 3 bars de pression est libéré et les bulles de gaz remontent à la surface et entraînent au passage les protéines végétales. Ce qui forme la mousse.

Or, ces protéines végétales proviennent de l'orge. Et La teneur en protéines dépend entièrement des conditions de croissance et de récolte de la céréale.

Le dérèglement climatique génère de l'incertitude pour atteindre les 9 à 12% de teneur en protéines nécessaires: les orges d'hiver subissent des attaques de ravageurs à l'automne, et des gels tardifs. Les orges de printemps, quant à elles, peuvent subir de lourdes pertes avec les épisodes de chaleur (phénomène d'échaudage) ou d'excès de pluviométrie. La filière est en pleine réflexion sur ce type de sujet.

(Source : *Sciences&Avenir*, juillet 2019, « Au secours, la bière perd sa mousse »).



ORGE D'HIVER OU DE PRINTEMPS ?

Il existe deux types de variétés d'orge :

- **L'ORGE DE PRINTEMPS** (2RP = 2 rangs de printemps), qui contient 2 rangs de grain ;
- **L'ORGE D'HIVER**, qui peut soit être une variété à 2 rangs (2RH) soit à 6 rangs (6RH, aussi appelée escourgeon).

Les variétés d'hiver se sèment en octobre/novembre et celles de printemps en mars/avril. Elles sont toutes deux récoltées entre juin et août.

Le semis d'orge étant particulièrement sensible aux situations d'hydromorphie et au froid, les variétés de printemps correspondent mieux à la moitié nord du

pays dont les hivers sont souvent humides. L'essentiel de la production étant situé dans le Nord, la France a développé une plus grande expertise en ce qui concerne l'orge de printemps.

Dans le sud, les variétés d'hiver sont recommandées car les hivers sont moins humides et les printemps plus secs et chauds. La céréale pourra ainsi bénéficier de l'hiver pour s'implanter correctement.

Les deux types sont utilisés en malterie mais ils se comportent de manière sensiblement différente durant la germination. En brasserie, on confère un rendement légèrement supérieur aux orges à 2 rangs.

SUGGESTIONS VARIÉTALES POUR L'ORGE BRASSICOLE EN AB

Les variétés suggérées ci-dessous sont celles qui répondent le mieux aux besoins de l'agriculture biologique (rendement, disponibilité de la semence, rusticité, qualité, ...) tout en étant homologuées par le secteur brassicole.

ORGE DE PRINTEMPS (À ENVISAGER DANS LE NORD) :

PRESTIGE (2 RANGS) : variété assez tardive, peu sensible à la verse, assez sensible à l'helminthosporiose et à la rouille naine. La taille des grains est moyenne, ainsi que la valeur en protéine. Excellente qualité brassicole, c'est l'une des variétés préférées des malteurs.

TIPPLE (2 RANGS) : variété à l'épiaison très tardive, assez sensible à la rhynchosporiose. La taille des grains est moyenne et la teneur en protéine est relativement faible. Elle présente une qualité brassicole similaire à celle de la variété Prestige.

ORGE D'HIVER (À ENVISAGER DANS LE SUD) :

VANESSA (6RH) : variété à précocité moyenne, très sensible à la verse et relativement sensible à la rouille naine. Elle forme de gros grains et a une teneur en protéine moyenne. Elle présente une qualité suffisante pour les besoins brassicoles.

ESTEREL (6RH) : variété très précoce, très sensible à la verse, assez sensible à la rhynchosporiose et à l'helminthosporiose. Elle forme de très petits grains mais répond tout de même aux besoins brassicoles.

(Sources : France Agrimer (2016), Arvalis (2019))



Pour aller plus loin :



L'aval de la filière orge brassicole bio

https://www.biochampagneardenne.org/images/pdf/aval_fil_orge_brassicole_bio.pdf



GAB / FRAB, Grandes cultures fiche n°4

<https://www.agrobio-bretagne.org/wp-content/uploads/2010/09/Orge.pdf>



Fiches techniques #4 : Culture de l'Orge en bio

http://www.produire-bio.fr/wp-content/uploads/2017/05/bio_de_paca_orge-1.pdf



Les variétés d'orge de printemps

https://abiodoc.docressources.fr/docnum/alteragri_57_2003_p4-5.pdf





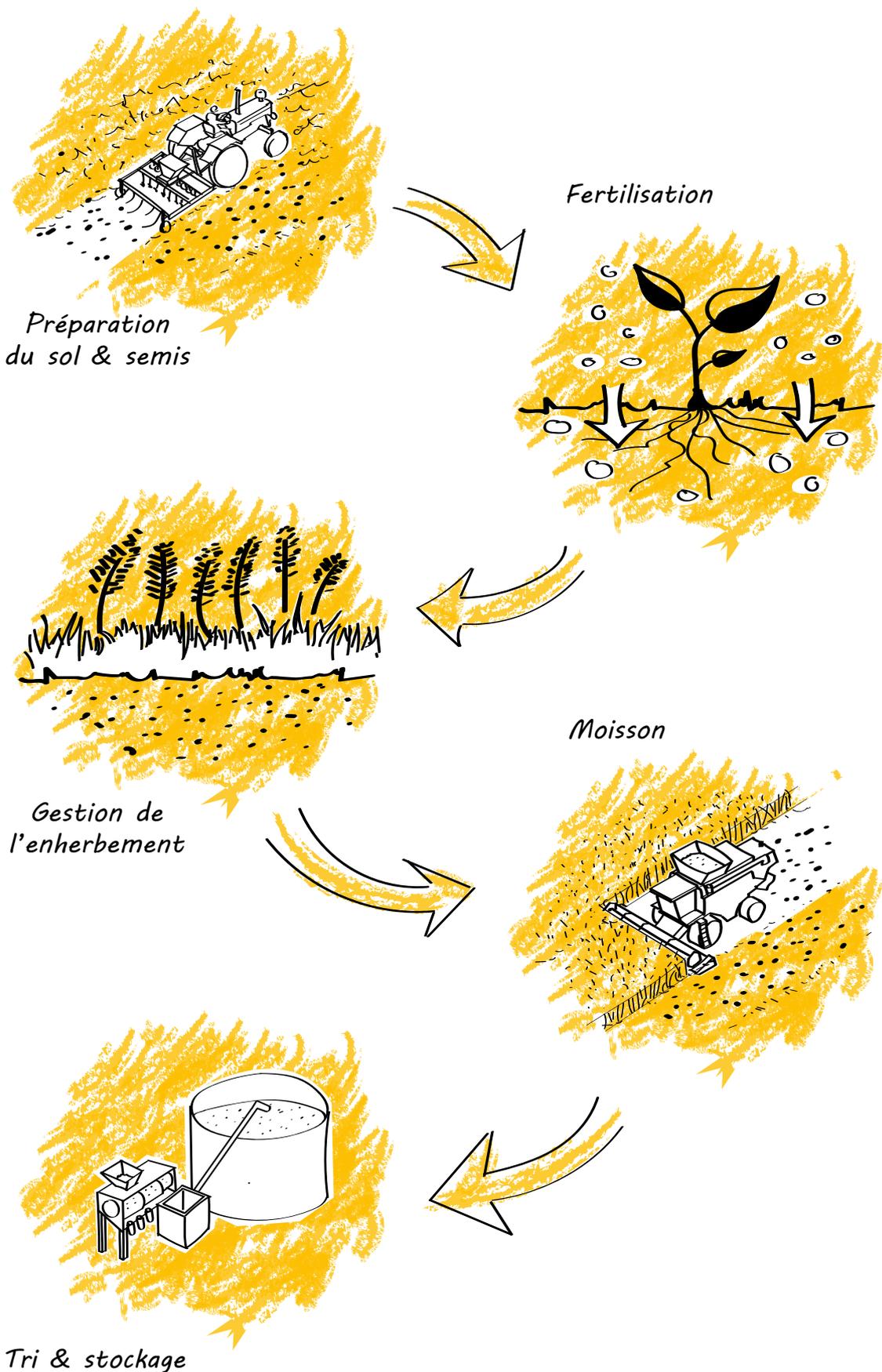
2.2/ La culture de l'orge en agriculture biologique

LA PRODUCTION D'ORGE :

- *PRÉPARATION DU SOL ET SEMIS*
- *FERTILISATION*
- *GESTION DE L'ENHERBEMENT*
- *MOISSON*
- *TRI ET STOCKAGE*



LA PRODUCTION D'ORGE



PRÉPARATION DU SOL ET SEMIS

TYPE DE SOL : céréale sensible à l'hydromorphie, favoriser les sols légers et bien drainés, éviter les sols froids et argileux.

PRÉPARATION DU SOL : préparation d'un lit de semence fin et régulier pour favoriser la levée la plus homogène possible. Il est conseillé avant l'implantation de la culture :

- » de réaliser un broyage du couvert hivernale (s'il est important)
- » de pratiquer un déchaumage pour activer l'humification
- » de pratiquer le labour le plus léger possible (éviter la formation d'une semelle)
- » de réaliser un faux semis

PÉRIODE ET DENSITÉ DE SEMIS :

ORGE D'HIVER - avant fin d'octobre > 280 - 320 (graines/m²)

ORGE DE PRINTEMPS - avant la fin mars > 350 - 380 (graines/m²)

L'excellente capacité de tallage de l'orge permet de compenser une faible densité de semis

FERTILISATION

BESOINS NUTRITIFS :

AZOTE : 2,5 kg d'azote par quintal de grain produit

PHOSPHORE ET POTASSIUM : faibles besoins

L'orge étant très sensible à la verse, une fertilisation modérée est à privilégier

CONSEILS D'AMENDEMENT :

À l'automne, sous forme de compost bovin

Au printemps, sous forme de fiente de poule (plus facilement minéralisable) de broyage du couvert hivernale (s'il est important)

GESTION DE L'ENHERBEMENT

TROIS PASSAGES DE HERSE ÉTRILLE sont conseillés

- » en pré-levée (3 jours après semis)
- » au stade 3 feuilles (3 semaines après semis)
- » au début de la montaison

UN BINAGE peut être réalisé à partir du stade 3 feuilles et avant que la plante ait recouvert l'inter-rang (tallage)

MOISSON

Rendement national moyen en agriculture biologique (FranceAgriMer) : 28 q/ha

PÉRIODE DE RÉCOLTE : entre juin et août (variable selon les régions). Le moment de la récolte est déterminant pour l'obtention du classement brassicole. Les conditions optimales sont un temps chaud et ensoleillé.

La récolte s'effectue à maturité, lorsqu'il devient cassant sous la dent, à partir de 14% d'humidité (une récolte dépassant 18 % d'humidité sera obligatoirement déclassée en fourrage). Lorsque la récolte a lieu en condition humide, il est recommandé de sécher le grain avant stockage (attention : une température supérieure à 38°C risque de tuer le germe).

TRI ET STOCKAGE

UN STOCKAGE DE 6 MOIS est obligatoire à cause du phénomène de dormance du grain

Pour conserver les qualités du grain et éviter la prolifération des insectes (charançons en particulier), la température du silo doit être inférieure à 15 °C et l'humidité maintenue autour de 14 %. Le moment de la récolte est déterminant pour l'obtention du classement brassicole.

La mise en place d'un système de ventilation aide à conserver ces conditions.

Pour être classé brassicole, le grain devra être rigoureusement trié :

- » la moissonneuse effectue un premier tri
- » un deuxième tri sera réalisé avant la mise en silo
- » un troisième tri (au minimum) sera réalisé avant le maltage (ou la vente)





2.3/ Orge brassicole et technologies appropriées

UNE CULTURE BIEN IMPLANTÉE, UN MATÉRIEL ADAPTÉ DISPONIBLE

PARTAGER LE MATÉRIEL POUR LE RENDRE ACCESSIBLE

LA PROBLÉMATIQUE DU TRI À LA FERME



UNE CULTURE BIEN IMPLANTÉE, UN MATÉRIEL ADAPTÉ DISPONIBLE

La culture de l'orge, similaire à celles des autres céréales en grandes cultures, est pratiquée depuis longtemps sur l'ensemble du territoire français. Cela a laissé le temps à chaque terroir de définir et d'éprouver les itinéraires techniques qui lui sont propres et de mettre à disposition le matériel correspondant à ses besoins. Cependant, l'existence de solutions ayant déjà fait leurs preuves ne change en rien le besoin de poursuivre la réflexion quant à la technologie agricole. Ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne l'agriculture biologique qui, à bien des égards, est encore au stade du tâtonnement. Exception faites de certaines problématiques concernant particulièrement les fermes brasseries, comme la question du tri et du stockage des céréales à la ferme. Nous ne nous emploierons pas, au sein de ce recueil, à dresser la liste des pratiques culturales

et des solutions technologiques associées, tant celles-ci sont nombreuses et varient selon la philosophie, l'expérience et le contexte pédoclimatique de chaque paysan·ne. Néanmoins, le travail de recensement d'innovations paysannes mené par l'Atelier Paysan constitue une source d'inspirations précieuse méritant d'être considérée. Des plans et tutoriels détaillés d'outils sont disponibles sur notre site internet et de nombreuses idées et exemples de réalisations paysannes sont disponibles sur notre forum concernant notamment les grandes cultures et, par extension, la culture de l'orge



Le Forum de l'Atelier Paysan :

<https://forum.latelierpaysan.org>



Plans et tutoriels

<https://www.latelierpaysan.org/Plans-et-Tutoriels>



ÉCIMEUSE FRONTALE EN 6M

L'écimeuse est un outil de gestion de l'herbe en rattrapage mis au point par Guy Ducassé agriculteur dans le Gers: elle permet de couper les têtes des adventices au sein d'une culture, pourvu que ces adventices soient plus hauts. Cela peut ainsi s'utiliser dans différentes situations: sur blés courts, pois, lentilles pour gérer des rumex, chardons, chénopodes... L'objectif est alors de limiter le stock semencier de mauvaises herbes. Son utilisation est délicate : au-delà de la finesse de réglage de l'outil (hauteur de coupe, angle d'attaque, vitesse d'avancement), certaines adventices sont difficilement saisissables par les lames de coupes. Ainsi, si l'écimeuse n'est pas un outil miracle, elle prend de plus en plus sa place dans des itinéraires techniques visant à limiter le ré-ensemencement des adventices en grandes cultures bio.



Le Forum de l'Atelier Paysan :

<http://forum.latelierpaysan.org/viewtopic.php?t=2858&p=3829#p3829>





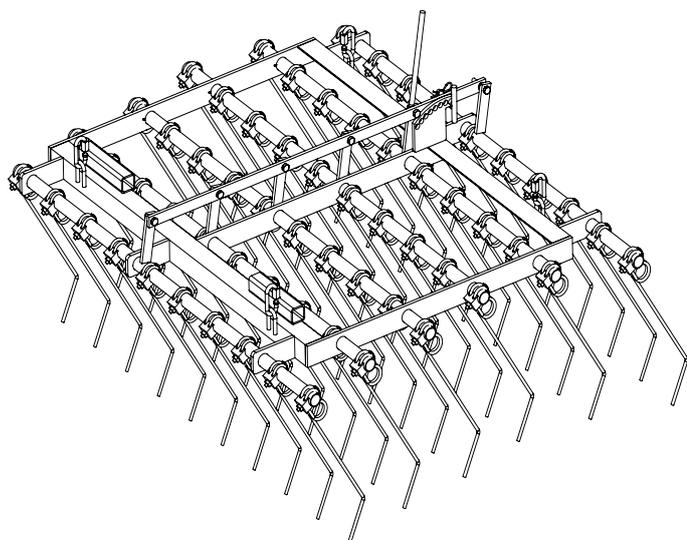
SEMOIR À CÉRÉALES

De nombreux producteurs cherchent à réduire le nombre de passage d'outils. Ainsi, certains se sont lancés dans l'autoconstruction de semoir de semis direct, en montant un semoir existant (type Nodet) sur un bâti de travail du sol (type vibroculteur). Ici, l'exemple de Christian Dubreuil, dans le Lot-et-Garonne.



Le site de l'Atelier Paysan :

<https://www.latelierpaysan.org/Semoir-de-semis-direct-pour-cereales>



LA HERSE ÉTRILLE

La herse étrille est un outil incontournable dans un itinéraire technique de désherbage en AB, pour détruire des faux semis, en pré-levée, ou en pleine végétation. Les dents, dont on peut régler la puissance d'attaque, vibrent et déracinent les adventices. Attention: l'outil n'est efficace que sur des stades très jeunes ; il fonctionne également beaucoup mieux sur des sols légers. Il convient de prendre garde à l'état du sol (ressuyé mais pas trop humide) ainsi qu'à la fenêtre météo (pas de pluie dans les 48H suivant le passage de la herse pour permettre le séchage des plantules déracinées) pour une efficacité optimale. La herse étrille peut se passer à grande vitesse (10 km/h – à moduler selon largeur de l'outil) et nécessite peu de puissance de traction.



Plans et tutoriels

<https://www.latelierpaysan.org/BPO-Herse-ettrille>



ÉCROUTEUSE /HOUE ROTATIVE

Voici une modification intéressante apportée par Guy Ducassé, agriculteur dans le Gers depuis 1973 sur 70ha, en grandes cultures bio depuis 2010 (épautre, blé, orge, avoine, pois, soja, tournesol, féverole, lin) sur son écrateuse. Pour pallier aux problèmes de pierres qui se coincent, sans avoir à retourner les étoiles pour garder le côté agressif, Guy a ajouté des fers plats sur chaque étoile : l'angle est choisi de telle manière que les pierres bloquées glissent le long du fer et sont chassées. Il n'y a pas besoin d'en mettre sur la première rangée de houe car la forme du tube déloge les pierres. Grâce à la modification on peut passer dans des terrains pierreux à 15~18 km/h



Le Forum de l'atelier paysan -Ecrateuse

<http://forum.latelierpaysan.org/viewtopic.php?f=203&t=2851>

Attention : Les pierres peuvent être projetées sur la vitre arrière du tracteur donc il faut bien penser à mettre des éléments de protection pour éviter de blesser le conducteur et endommager le tracteur.

PARTAGER LE MATÉRIEL POUR LE RENDRE ACCESSIBLE

En grande culture céréalière, la mécanisation des opérations est incontournable et implique un poste matériel important. Ainsi, même si le matériel adapté aux besoins de chacun existe, il représente des investissements conséquents le rendant parfois inaccessible, et ce, particulièrement pour les petites exploitations.

Les solutions alternatives à l'achat individuel de matériel permettront de réduire significativement les investissements liés à l'équipement et, ainsi de s'équiper de matériel adapté sans sacrifier son autonomie.

Ceci est particulièrement vrai pour les grandes cultures céréalières pour lesquelles les opportunités de partage de matériel sont plus nombreuses que pour d'autres cultures (comme le houblon par exemple). Premièrement parce que les céréales se cultivent au sein de tous les terroirs et, deuxièmement, en raison du caractère polyvalent de l'équipement. Ceci concerne principalement les équipements indispensables dont l'utilisation est occasionnelle et dont l'achat pourrait représenter un investissement trop élevé pour être assumé par une seule exploitation (moissonneuse-batteuse, tracteur de grande puissance, matériel de tri, presse à balles, ...).



LA MUTUALISATION DU MATÉRIEL

La mutualisation du matériel peut être réalisée en copropriété ou en CUMA (Coopérative d'Utilisation du Matériel Agricole), elle permet de partager les frais et évite au matériel d'être sous utilisé pendant la majeure partie de l'année. Cependant, le travail nécessite d'être minutieusement organisé pour éviter des conflits d'usages entre partenaires. Aussi, la définition de règles d'utilisation rigoureuses est importante afin d'anticiper

des situations délicates comme les pannes et les accidents. Les CUMA sont de plus en plus importantes pour les petites exploitations afin de s'équiper avec le matériel nécessaire à leur activité. Le matériel disponible devenant de plus en plus cher et sophistiqué.



LA LOCATION :

Que ce soit sous la forme d'établissement ou de plateforme internet, il existe de plus en plus de services de location de matériel agricole permettant aux agriculteurs, soit de se munir d'équipement adapté pour une opération exceptionnelle, soit de valoriser du matériel qu'ils n'utilisent que rarement.



LE RECOURS AUX SERVICES D'UNE ENTREPRISE AGRICOLE

Certaines opérations peuvent être déléguées à des entreprises de travaux agricoles. Cela concerne les opérations occasionnelles nécessitant du matériel performant et coûteux (comme par exemple la moisson).



LA PROBLÉMATIQUE DU TRI À LA FERME

Qui dit bonne bière, dit bon malt. Or, la fabrication d'un malt de qualité dépend principalement de la qualité de l'orge et de l'homogénéité des lots. Le calibrage joue donc lui aussi un rôle important sur la qualité du malt produit.

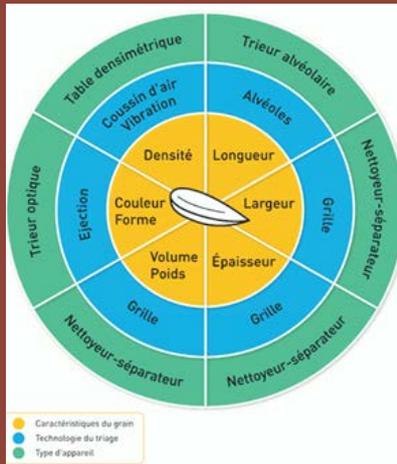
Les exigences de tri liées à la malterie sont comparables

à celles exigées pour la production de semences. Une ferme brasserie, quant à elle, n'aura pas de compte à rendre à une malterie et pourra définir elle-même son niveau d'exigence en tenant compte des éventuelles conséquences que cela pourra avoir sur la qualité du malt.



FOCUS : Quel matériel pour le tri » ?

Le tri des céréales nécessite de combiner différents appareils, lesquels diffèrent selon le critère et la technologie de triage :



- **LES NETTOYEUR-SÉPARATEURS** : séparent les grains selon leur forme (volume, largeur et épaisseur) par l'action combinée de grilles perforées et de ventilations. Généralement, ils sont utilisés en premiers lieu pour effectuer un tri grossier.

- **LES TRIEURS ALVÉOLAIRES** : séparent les grains selon leur longueur au moyen d'une succession de plusieurs tambours comportant des alvéoles. Les grains se coinçant dans les alvéoles sont évacués du tambour, les autres finissent par passer dans un tambour suivant. Chaque tambour permettant de fractionner un lot en 2 catégories. Ils sont généralement utilisés pour trier des grains ayant déjà subi un premier tri.

- **LES TABLES DENSIMÉTRIQUES** : séparent les grains selon leur densité et, ainsi, de trier des grains de forme similaire mais de poids différents. Elles génèrent un coussin d'air sous une grille vibrante et inclinée. La semence est entraînée sur un coussin d'air. Les grains les plus denses restent davantage en contact avec la table et se déplacent vers certaines sorties ; les plus légers, malades, échaudés, parasités ou cassés, entrent en suspension et s'écoulent vers d'autres sorties.

- **LES TRIEURS OPTIQUES** : éliminent les impuretés selon leur couleur. Le flux de grains est visionné au moyen de caméras digitales. Les impuretés sont éliminées par un jet d'air comprimé. Récents et coûteux, les trieurs optiques sont surtout utilisés par les producteurs de semences.

Se munir de l'ensemble de ces appareils ne sera pas nécessaire pour une ferme-brasserie désirant effectuer le tri de ses céréales en vue du maltage. Généralement, un trieur-séparateur couplé avec un trieur alvéolaire ou, idéalement, une table densimétrique permettra d'obtenir un résultat satisfaisant.



Au sein de la filière brassicole, les travaux de collecte, de tri, de nettoyage, d'analyse, d'allotement et de commercialisation des céréales sont généralement réalisés par les coopératives céréalières et les négociants pour correspondre aux besoins des malteries et brasseries industrielles. Le retour de la brasserie à la ferme, permet de se passer en tout ou partie de ces intermédiaires et, ainsi, de redéfinir des critères de qualité et des prix correspondant d'avantage aux besoins de l'artisanat mais réintroduit la question du tri à la ferme.

Dans le cas où les fermes ne réalisent pas le maltage elles-mêmes et se tournent vers des malteries artisanales pour effectuer le maltage à façon, la malterie peut proposer d'effectuer elle-même le travail de tri comme une prestation supplémentaire et devra donc être équipée de matériel de tri dimensionné pour des quantités importantes, similaire à celui utilisé par les coopératives et négociants. Dans le cas où les fermes réalisent elles-mêmes le maltage, elles devront trouver des solutions permettant de prendre en charge le travail de tri. Or, le matériel dispo-

nible est coûteux et souvent surdimensionné par rapport à leurs besoins. La mutualisation du matériel pourrait le rendre accessible mais nécessiterait la présence à proximité d'autres fermes brasseries ou fermes céréalières prenant elles-mêmes en charge le travail de tri. Il est possible de trouver du matériel de tri d'occasion dont le prix et les dimensions conviendront d'avantages aux besoins d'une petite ferme brasserie mais ceux-ci sont de plus en plus prisés et de moins en moins faciles à trouver. Autrement, il est nécessaire d'amorcer une réflexion autour du matériel de tri adapté et accessible aux fermes-brasseries..

Pour aller plus loin sur le séchage :



Le Forum de l'atelier paysan : Remorque séchoir à céréales

<http://forum.latelierpaysan.org/viewtopic.php?p=4250#p4250>



Le Forum de l'atelier paysan : Séchoir à grains et poêle à bois

<http://forum.latelierpaysan.org/viewtopic.php?f=256&t=3159>







CULTURE DU HOUBLON



<i>Contexte</i>	<i>64</i>
<i>Les principales étapes de la production du houblon</i>	<i>70</i>
<i>Houblon et technologies appropriées</i>	<i>74</i>
<i>Fiches expériences : la culture du houblon</i>	<i>82</i>



3.1/ Contexte

LA PRODUCTION DE HOUBLON EN FRANCE

UN MARCHÉ DOMINÉ PAR L'ALLEMAGNE

LE HOUBLON FRANÇAIS : UNE CULTURE ALSACIENNE

QU'EST-CE QUE LE HOUBLON ?

L'APPARITION DES NÉOS-HOUBLONNIERS

ACCOMPAGNER LE DÉVELOPPEMENT DU HOUBLON EN FRANCE

LA PRODUCTION DE HOUBLON



PRODUCTION ANNUELLE

LA FRANCE EST UNE PETITE PRODUCTRICE DE HOUBLON (2 % DE LA PRODUCTION EUROPÉENNE)

740 TONNES RÉCOLTÉES (DONT 25 TONNES EN BIO, SOIT 3 % DE LA PRODUCTION TOTALE)

RENDEMENT : 1700 KG/HA



RÉPARTITION DE LA PRODUCTION DE HOUBLON EN FRANCE

1^È RÉGION DE PRODUCTION : ALSACE (450 HA SOIT 90 % DE LA SURFACE PLANTÉE).

2^È RÉGION DE PRODUCTION NORD (30 HA SOIT 4 % DE LA SURFACE PLANTÉE)

DES PETITES HOUBLONNIÈRES EN DÉVELOPPEMENT. EN 2017 ELLES REPRÉSENTAIENT 1 % DE LA SURFACE PLANTÉES (SELON LE PROJET AMERTUME)



SUPERFICIE

500 HA DE CULTURE DE HOUBLON (DONT 10 % EN BIO)

71 HA EN COURS D'INSTALLATION



COMMERCE ET DÉBOUCHÉS

IMPORTATIONS : 220 TONNES (27 % CÔNES ET 73 % PELLETS) REPRÉSENTE 80 % DE LA CONSOMMATION. PROVENANCE : ALLEMAGNE, RÉPUBLIQUE TCHÈQUE ET USA

EXPORTATIONS : 310 TONNES (66 % CÔNES ET 34 % PELLETS)

UN MARCHÉ DOMINÉ PAR L'ALLEMAGNE

La production mondiale annuelle de houblon avoisine les 100 000 tonnes. Le premier producteurs mondial est l'Allemagne, avec plus de 17 000 ha cultivés et produisant plus de 30 000 tonnes par an, soit environ 1/3 de la production mondiale. Elle est suivie ensuite par les Etats-Unis, la Chine et la République Tchèque. Les pays de l'Union Européenne représentent 60 % de la production mondiale avec plus de 26 000 hectares

cultivés par 2600 exploitations. L'Allemagne domine et représente 60 % de la production au sein de l'Union, suivie ensuite par la République tchèque, la Pologne, la Slovénie et l'Espagne. La France, est une petite productrice de houblon, avec moins de 500 hectares cultivés pour une production d'environ 740 tonnes, elle ne représente que 2 % de la production européenne.

LE HOUBLON FRANÇAIS : UNE CULTURE ALSACIENNE

La principale région productrice de houblon en France est l'Alsace qui représente 90 % de la production nationale sur 450 hectares cultivés. Elle compte 43 houblonniers regroupés au sein d'une coopérative, le Comptoir Agricole (anciennement Coopoudal), qui prend en charge la certification, le contrôle de la qualité et la commercialisation du houblon. Aujourd'hui, 70 % de la production alsacienne est vendue à l'étranger.

La deuxième région productrice est le Nord, avec 30 ha cultivés, dont les houblonniers sont également rassemblés en coopérative (la Coopounord).

Concernant la culture de houblon biologique, la production reste anecdotique. Sur les 20 000 hectares de houblon cultivés en Europe, seulement 150 le sont en agriculture biologique. En France, au sein des deux principales régions productrices de houblon, il n'y a qu'une seule exploitation de 18 ha en bio, la ferme du lycée agricole d'Aubernay dans le Bas-Rhin.



QU'EST-CE QUE LE HOUBLON ?

Le houblon (*Humulus lupulus*) est une plante herbacée dioïque grimpante de la famille des Cannabaceae. Il s'agit d'une plante vivace, qui se développe par la racine chaque année au printemps pour monter jusqu'à 10 mètres de hauteur puis fane et disparaît avant l'hiver. Le houblon est cultivé pour ses fleurs (ou cônes) et constitue, depuis le XVI^e siècle, l'un des quatre principaux ingrédients de la bière. Désormais indispensable en brasserie, il est utilisé pour trois raisons principales :

SOURCE D'AMERTUME : les fleurs femelles de houblon produisent une résine jaune et farineuse, la lupuline. Lors du brassage, elle se décompose notamment en humulone (un acide « alpha »), la substance responsable de l'amertume de la bière. On classe les houblons

amérisants en fonction de leur teneur potentielle en acide alpha.

SOURCE D'ARÔME : riches en huiles essentielles, les fleurs de houblon peuvent conférer une très large gamme d'arômes différents à la bière. On classe les houblons aromatiques en fonction du type d'arômes qu'ils peuvent donner à la bière (fruités, floraux, herbacés, boisés, etc).

UNE ACTION BACTÉRIOSTATIQUE : le houblon permet de limiter le risque d'infection des bières par des micro-organismes autres que les levures de bières. Ainsi, il permet également d'augmenter la durée de conservation de la bière.

LES VARIÉTÉS

En ce qui concerne les variétés cultivées, on en compte 230 à travers le monde dont 23 le sont en France. Il s'agit soit de variétés traditionnelles (comme le Strisselspalt alsacien) ou de variétés issues de pays étrangers, comme l'Angleterre (Brewer Gold, Golding, Fuggle), l'Allemagne (Magnum, Nugget, Perle), les États-Unis (Colombus, Citra) ou la Slovénie (Styrian Golding,

Savinjski Golding). Certaines nouvelles variétés sont issues du programme de recherche variétale mené par la coopérative de production alsacienne (le Comptoir agricole) : Aramis, Triskel, Bouclier et Barbe Rouge. A ce jour 3 variétés de houblon françaises sont certifiées en agriculture biologique : le Strisselspalt, le Nugget et le Brewers Gold.

UNE CULTURE IMPACTÉE PAR LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Le houblon peut croître de 10 à 20 cm par jour en été: elle a donc besoin de beaucoup d'eau au moment où il y en a le moins.

Lorsqu'il manque de l'eau, les cônes peuvent s'assécher et perdre leur teneur en acide alpha (donc l'amertume).

Ainsi, au-delà des conséquences techniques, le réchauffement climatique génère une recomposition territoriale : les régions mieux pourvues en eau (Bretagne, Normandie,...) voient

leurs surfaces de culture de houblon augmenter.

(Source : *Sciences&Avenir*, juillet 2019, « Au secours, la bière perd sa mousse »).

L'APPARITION DES NÉO-HOUBLONNIERS

Depuis la fin des années 90, suivant la tendance initiée en Amérique du Nord, on assiste à l'apparition massive des petites brasseries en France (brasseries artisanales, micro-brasseries). Selon **LE PROJET AMERTUME**, mené par Emmanuel Gillard, le nombre de brasseries en activité serait passé de 50 à plus de 2000 au cours des 20 dernières années entre 2000 et 2020.

Les petites brasseries n'ont pas les mêmes besoins en houblon que les industriels qui produisent généralement des bières légères moins amères et moins aromatiques. L'une des caractéristiques de ces « nouvelles brasseries » a été de remettre le houblon à l'honneur. Elles utilisent des houblons plus aromatiques et en quantité bien supérieures.

Selon Edouard Roussez, délégué général de Houblon de France, le brassage d'une « Pils » industrielle nécessite en moyenne 30 g de houblon par hectolitre alors qu'une bière houblonnée, comme les désormais fameuses IPA (India Pale Ale), ne demandent pas moins de 300 g par hectolitre. Si la production des brasseries artisanales ne représente aujourd'hui que 2 à 3 % de la production mondiale, elle ne représente pas moins de 15 % de l'utilisation mondiale de houblon. Les brasseries artisanales se différencient également des industriels par une plus grande considération pour la qualité et la provenance de leur matière première. Un nombre grandissant d'entre elles recherchent un houblon biologique et local.

En résumé, la multiplication des petites structures met en évidence un besoin pour des houblons plus aromatiques, en plus grande quantité, biologiques et locaux. Or, les coopératives de production (Comptoir Agricole et Coop'hounord) orchestrant la production française, n'ont pas pris dès le départ la mesure de la révolution brassicole en cours, leur objectif étant historiquement de répondre aux besoins des brasseurs industriels. Même si, ces coopératives ont fourni des efforts pour répondre aux besoins des petites brasseries (certification en AB de nouvelles surfaces de houblon

alsacien, développement de nouvelles variétés plus aromatiques), elles sont loin de répondre à leurs besoins. C'est pourquoi, selon Houblon de France, 70% d'entre-elles disent se fournir en houblon auprès des pays étrangers, notamment les USA, leader mondial en ce qui concerne le houblon biologique.

Pour répondre à cette demande de plus en plus criante, on voit apparaître en dehors des zones traditionnelles des producteurs se lançant, sur des surfaces plus modestes, généralement en agriculture biologique et commercialisant leur production en circuit-court.

Ces néo houblonnier-ères, se distinguent en plusieurs profils :

- **Les personnes non issues du milieu agricole décidant de monter une houblonnière.** Celles-ci ne disposent, ni de terres, ni de matériel agricole et ont généralement peu d'expérience en agriculture. C'est le cas par exemple de Matthieu Cosson du « Champ du Houblon », installé depuis 2016 en Loire Atlantique et des frères Marconnet installés dans la Drôme.
- **Les agricultrices et agriculteurs qui considèrent le houblon comme une voie de diversification intéressante.**
- **Les brasseuses et brasseurs voulant subvenir eux-mêmes à leurs besoins en houblon.** Ceux-ci cultivent de plus petites surfaces et ne sont pas tenus aux mêmes exigences de rendement et de qualité. Citons par exemple, la brasserie Garland qui est autonome en houblon.

Quel que soit leur profil, les néo houblonnières représentent une opportunité de réappropriation paysanne de cette culture presque essentiellement conduite en conventionnel, au service des industriels et à des fins d'exportation.



Le projet Amertume:

<http://projet.amertume.free.fr/>

ACCOMPAGNER LE DÉVELOPPEMENT DU HOUBLON EN FRANCE

Les néo houblonnier-ères sont les pionnier-ères sont les pionniers d'une transformation agricole en cours. Si l'essaimage de la culture du houblon en France semble bien parti, de nombreux défis restent à relever autant au niveau agronomique que de la structuration de la filière.

UNE CULTURE MÉCONNUE

La recherche agronomique scientifique est relativement peu développée sur le houblon en France et l'accès à la documentation est compliqué. Ceci est d'autant plus vrai en agriculture biologique, sur de petites surfaces et en dehors des régions traditionnelles. Cette situation laisse les néo-houblonnier-ères dans un climat d'expérimentation qui ne va pas nécessairement de pair avec leurs impératifs de production.

UNE CULTURE ONÉREUSE

Les investissements relatifs à l'installation d'une culture de houblon sont très importants. Selon Edouard Roussez, il faut compter entre 70 et 100 000 € pour la mise en place d'une houblonnière de 1 ha. Ce qui comprend la mise en place de la culture et l'achat du matériel. Le houblon n'exprimera pas son plein potentiel productif avant la 3^e année de culture, ce qui implique un long délai de retour sur investissement. Il n'existe aujourd'hui aucune aide spécifique aux houblons alors que les aides classiques sont peu adaptées.

UN ÉQUIPEMENT SPÉCIFIQUE

Le houblon nécessite un équipement très spécifique, ce qui rend difficile les possibilités de mutualisation et de partage de matériel. Que ce soit avec d'autres d'exploitations (qui n'en n'ont pas l'usage) ou avec d'autres exploitations de houblon, souvent trop éloignées les unes des autres. En plus d'être spécifique, le matériel existant est onéreux, difficile à trouver d'occasion et surdimensionné par rapport aux besoins des néo houblonnier-ères. Travailler à l'élaboration d'équipements adaptés aux besoins de ces nouvelles exploitations permettrait d'accélérer leur développement et l'essaimage de cette pratique.

LA NÉCESSITÉ D'UNE STABILITÉ FONCIÈRE

Étant donné le prix de l'installation et le caractère pérenne du houblon (une houblonnière pouvant rester en place entre 10 et 15 ans), il est nécessaire pour un-e houblonnier-ère de se lancer sur une parcelle possédant un statut stable et assuré.

UNE PRODUCTION CERTIFIÉE

La commercialisation d'une quantité de houblon supérieure à 1 kg est soumise à certification, laquelle atteste de la qualité de celui-ci. Or, celle-ci ne peut se faire actuellement qu'auprès de deux centres certificateurs détenus par le Comptoir Agricole et la Coophounord. Ainsi, le cadre actuel ne permet aux producteurs éloignés des régions traditionnelles de certifier et donc de vendre leur houblon. Ainsi, une association de Houblon l'APHARA (association des producteurs de houblon d'Auvergne Rhône-Alpes) a été créée avec comme principal objectif de créer un centre de certification.

Pour tenter de relever ces défis, l'association Houblon de France a été créée en 2015 par des brasseurs et des agriculteurs. Cette association a pour objectif d'accompagner le développement de la filière du houblon en France au travers d'un plan d'action annuel construit autour des principales problématiques exprimées par les houblonniers.

Chaque année, Houblon de France organise **LE COMICE DU HOUBLON**, une manifestation permettant aux acteurs de la filière d'échanger leurs expériences et de définir les actions à venir.



Le comice du houblon

<https://www.houblonsdefrance.fr/comice-houblon-18/>



3.2/ Les principales étapes de la production du houblon

INSTALLATION DE LA HOUBLONNIÈRE ET PLANTATION

CONDUITE DE LA CULTURE

RÉCOLTE & TRI

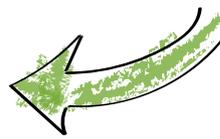
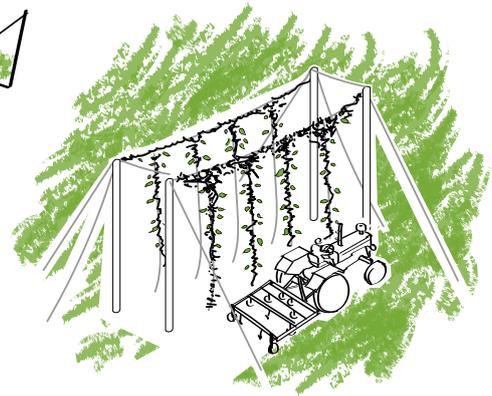
SÉCHAGE

CONDITIONNEMENT & SOTCKAGE

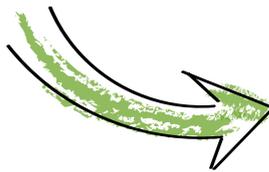




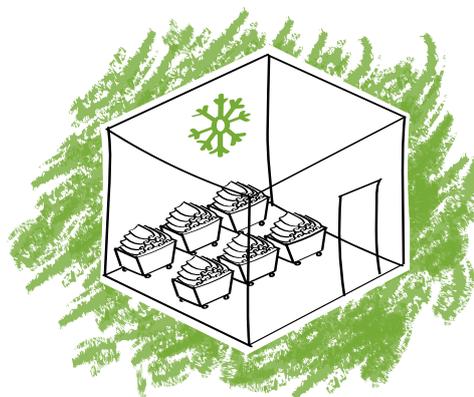
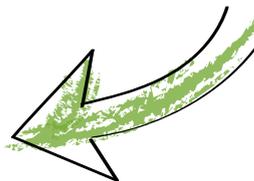
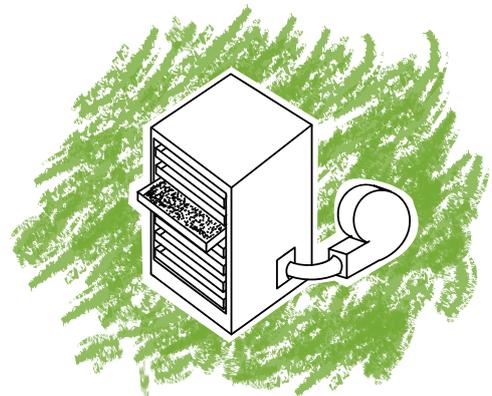
Conduite de la culture



Récole & tri



Séchage



Conditionnement & stockage

INSTALLATION DE LA HOUBLONNIÈRE ET PLANTATION

- ESPACEMENT DES PLANTS :** Densité 3000 plants/ha
ENTRE LES PLANTS : 0,8 - 1,4 m > Entre les rangs - 3-4m
STRUCTURE : Éléments de structure fils tuteurs (fibre de coco ou fil de fer), poteaux (bois, aciers ou béton), ancrés de sol, câbles (acier galvanisé) reliant les éléments et supportant les tuteurs
HAUTEUR : 6 à 9 mètres
CALCUL DE CHARGE : 150 tonnes/ha
COÛT D'INSTALLATION DE LA CULTURE (plants + structure) : environ 40 000 €/ha

LA RÉCOLTE ET LE TRI

- **MATURITÉ DES FLEURS :** 20 à 22 % de matière sèche
- **LA RÉCOLTE ET LE TRI** doivent être réalisés rapidement pour commencer le séchage le plus tôt possible
- **LA RÉCOLTE :** les lianes sont sectionnées au niveau du sol et évacuées du champ sur remorque
- **TRI :** les fleurs sont séparées des lianes pour être séchées. Cette opération peut être réalisée :
 - à la main, environ 30 min/liane, soit 2000 heures de main d'oeuvre/ha (ou 1kg de houblon sec par jour et par personne) ;
 - à l'aide d'une trieuse entre 10 et 60 sec/ha (fonction du modèle), soit 6 à 36 heures/ ha.

LE CONDITIONNEMENT ET LE STOCKAGE

- **CONDITIONNEMENT :** sous vide, pressé dans des sacs opaques de 60 kg (pour les professionnels). Les cônes sont le plus souvent transformés en pellets (utilisés par la majorité des brasseries)
- **STOCKAGE :** en chambre froide pour limiter l'oxydation

CONDUITE DE LA CULTURE

- SOL :** drainant, permettant un enracinement profond.
BESOINS HYDRIQUES : important (200 à 300 mm) pendant la croissance et la floraison. Autrement, une irrigation est à envisager.
TEMPÉRATURES : nécessite des températures fraîches la nuit et supporte assez bien les fortes températures diurnes.
BESOINS NUTRITIFS : 90 à 160 unités de potassium, 20 à 30 unités de phosphore, 90 à 160 unités de potassium chaque année.

PRINCIPALES OPÉRATIONS À RÉALISER :

- Préparation du sol et fertilisation (avant installation et à l'inter saison)
- Taille (de fin février à fin mars)
- Mise au fil des plants (fin mars début avril)
- Buttage (avril à mai)
- Défanage (juin à juillet)

LE SÉCHAGE

Il s'agit d'une étape cruciale vis-à-vis de la qualité du produit fini. Il est recommandé d'atteindre une humidité de 10 à 12 % dans les 8 heures suivant la récolte.

TEMPÉRATURE DE SÉCHAGE : < 60 °C

ÉQUIPEMENT : séchoir à claies à air pulsé chauffé (temps habituel de séchage : 4 à 6 heures)

SURFACE DE SÉCHOIR : 1 à 1,5 m²/ha cultivé



3.3/ Houblon et technologies appropriées

DE L'ÉQUIPEMENT POUR LES NÉO-HOUBLONNIERS

MINIMISER LES BESOINS EN ÉQUIPEMENT

INITIER LA RÉFLEXION AUTOUR DU MATÉRIEL ADAPTÉ

DE L'ÉQUIPEMENT POUR LES NÉOS-HOUBLONNIERS

Ce recueil s'est intéressé au cas particulier des néo houblonnier-ères (petites surfaces, culture biologique, orientés vers l'autonomie financière et décisionnelle).

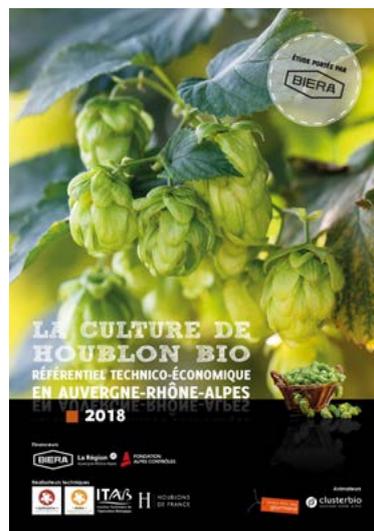
La grande majorité du matériel disponible pour la culture du houblon est adaptée à un modèle de production conventionnel impliquant des surfaces importantes (représentatif du modèle de culture alsacien). En ce qui concerne la culture du houblon biologique, très peu développée en France, des solutions concernant l'équipement ont été recensées au sein du référentiel technico-économique sur la culture du houblon Bio rédigé conjointement par l'ITAB, le FRAB et Corabio.

Il apparaît donc que le matériel nécessaire à la culture du houblon existe en conventionnel et concerne les itinéraires techniques des régions traditionnelles de la culture du houblon sur de grandes surfaces. Ainsi, il ne correspond pas toujours aux besoins des néo-houblonnier-ères qui cultivent de plus petites surfaces, dans des contextes pédoclimatiques très variés et au sein desquels les itinéraires sont encore à définir.

Le manque de matériel adapté et accessible aux néo houblonnier-ères représente l'un des principaux freins au développement de leur activité. Un travail de réflexion autour de l'équipement reste à mener pour permettre à cette jeune paysannerie de croître.

Les néo-houblonnier-ères ont un rôle d'expérimentation à jouer permettant de définir :

- quel matériel est rigoureusement nécessaire, afin de minimiser les besoins en équipement
- quel matériel fait défaut, afin d'initier la réflexion autour du matériel spécifique à leur besoins.



Référentiel technico-économique
<https://www.houblonsdefrance.fr/>



MINIMISER LES BESOINS EN ÉQUIPEMENT

En premier lieu, il conviendra d'envisager toute alternative à l'achat de matériel :



MUTUALISER LE MATÉRIEL :

L'équipement dont l'utilisation est occasionnelle peut être partagé. Soit avec d'autres houblonniers proches, soit avec d'autres agriculteurs locaux s'il s'agit de matériel non spécifique à la culture du houblon. Par exemple, l'équipement utilisé pour le travail en hauteur pourra faire l'objet de mutualisation. Il sera utilisé occasionnellement (installation de la houblonnière, mise au fil et récolte) et trouve une utilité dans la plupart des fermes.



ADAPTER L'ITINÉRAIRE TECHNIQUE :

les itinéraires techniques recommandés découlent de ce qui est pratiqué dans les régions traditionnelles. L'expérimentation d'itinéraires simplifiés permettrait de limiter le nombre d'opérations à effectuer et donc l'équipement spécifique nécessaire. En Espagne, pays dont la production de houblon est comparable à celle de la France, le buttage n'est pas une pratique courante. L'abandon du buttage peut donc être expérimenté dans les houblonnières du Sud-Ouest de la France.



BRICOLER POUR INNOVER :

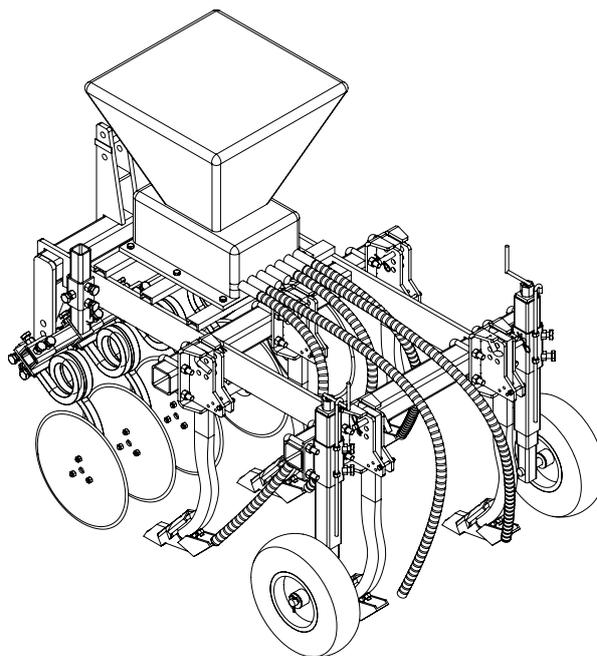
Réparer un outil, détourner une machine de sa fonction initiale, peut parfois permettre de s'équiper de matériel adapté à moindre coût.



INITIER LA RÉFLEXION AUTOUR DE MATÉRIEL ADAPTÉ

Au cours de nos rencontres avec des néo-houblonnières, des besoins ont été évoqués de manière récurrente et pour lesquels la conception d'un matériel spécifiquement adapté s'avère nécessaire.

Nous traiterons ici des sujets qui nous ont apparus comme étant prioritaires et pour lesquels des pistes de solutions semblent émerger pour **LE TRAVAIL DES INTER-RANGS, LES SOINS DES PLANTS, LE TRI DES LIANES ET LE SÉCHAGE DES FLEURS.**



LE TRAVAIL DES INTER-RANGS

Les houblonnières sont organisées en rangs espacés d'environ 3 mètres. L'espace entre les rangs, les inter-rangs, nécessitent d'être travaillés pour favoriser une meilleure croissance des plants de houblon sur le rang.

En agriculture biologique, le travail des inter-rangs occupe une place importante et concerne les problématiques suivantes :

- **LA GESTION DES ENGRAIS VERTS** (semis, destruction et enfouissement)
- **LA GESTION DE L'ENHERBEMENT** (hors engrais vert)
- **L'AMEUBLISSEMENT DU SOL EN VUE DU BUTTAGE**

DES SOLUTIONS VITICOLES

Le houblon partage d'évidentes similitudes avec la viticulture (culture pérenne, organisée en rangs, autour d'une structure porteuse pérenne). Ces dernières années, la viticulture biologique a fait l'objet d'une profonde réflexion autour des solutions permettant de mener à bien la gestion des engrais verts et de l'enherbement au sein des inter-rangs. Au sein de ce chapitre, nous vous présenterons certaines des solutions issues de ce travail de réflexion qui, si elles ne peuvent pas directement être utilisées pour la culture du houblon, offrent des pistes intéressantes pour les réflexions à venir.

UN SEMOIR POUR LES ENGRAIS VERTS :

Ce semoir a été développé par un viticulteur jurassien et mis en plan par l'Atelier Paysan. Cet outil permet le semis direct de graines de taille différentes, permettant ainsi de semer des mélanges graminées/crucifères/légumineuses en un seul passage, idéal pour améliorer à la fois la structuration et la fertilité de l'inter-rang.

Prévu pour les largeurs d'inter-rang pratiquées en viticulture, la version la plus large de cet outil est de 1,5 mètre. Celui-ci pourrait facilement être élargi pour être adapté à la culture du houblon.

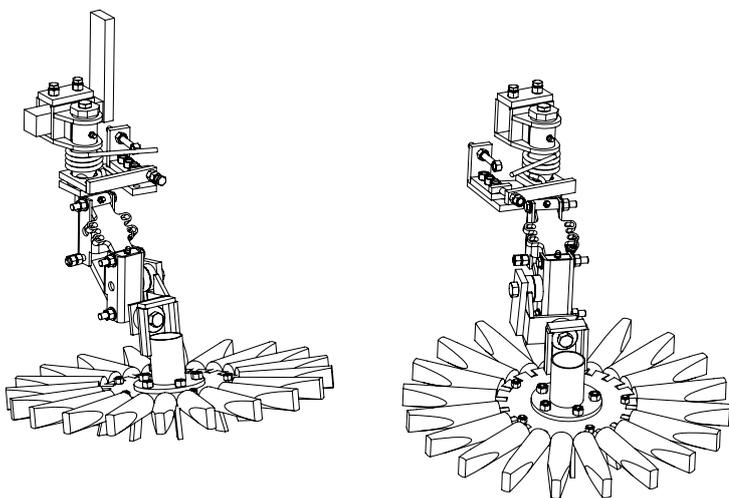
À noter qu'une version modulaire a été également développée avec Agribio Périgord, début 2019 :

Un travail spécifique sur les semoirs viticoles à disques est également en cours à l'Atelier Paysan. Quelques prototypes de disques sur des dents doubles spires, mais avec un montage différent du précédent, sont à l'essai : Sur ce prototype, un rouleau pneu arrière est également à l'essai. La R&D nous amène à explorer aussi des solutions en « bras poussés », et à travailler les matériaux, les assemblages et les modes d'implantation d'engrais verts.



Plans et tutoriels

<https://www.latelierpaysan.org/Semoir-viticole-a-engrais-verts>



LES ÉTOILES DE BOUDI-BINAGE :

Ces étoiles de binages développées pour les cultures pérennes permettent de gérer l'enherbement sur le rang (et à la proximité de celui-ci). Elles sont constituées de doigts relativement souples qui travaillent en rotation autour des plants et généralement montées sur des bras pour épouser la micro-topographie du sol. Ces étoiles ont donné des résultats très encourageants avec la vigne et mériteraient d'être testées dans les houblonnières.



Plans et tutoriels

<https://www.latelierpaysan.org/Etoiles-de-boudibinage>

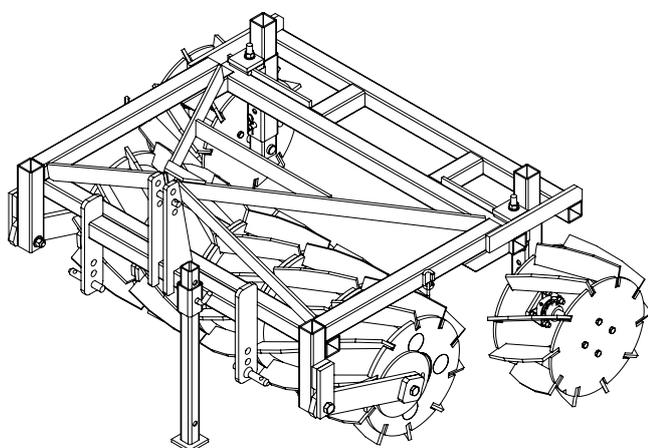
LE ROULEAU FACA VITICOLE :

D'une largeur de 1,75 mètres, le rouleau FACA viticole est moins onéreux et permet d'épouser mieux la micro-topographie du sol que son homologue utilisé en maraîchage, un rouleau FACA béton pourrait convenir à la destruction des engrais verts au centre de l'inter-rang.



Plans et tutoriels

<https://www.latelierpaysan.org/Rouleau-FACA-Beton-viticulture>



UN PORTE OUTIL POLYVALENT POUR LE TRAVAIL DES INTER-RANGS :

Lors de nos rencontres avec les houblonniers de l'APHRA, un travail de réflexion a été initié autour d'un outil polyvalent, basé sur la Barre porte-outil développée par l'Atelier Paysan et qui permettrait de réaliser la plupart des travaux liés à l'inter-rang. Si la réflexion autour de cet outil est encore aux balbutiements, elle représente bien les dynamiques collectives dont la multiplication est aujourd'hui nécessaire pour la culture du houblon.

Il s'agit d'un outil très simple et polyvalent : deux tôles pliées en U soudées dos à dos et percées à intervalles réguliers (entraxe 45mm). C'est un support pour de nombreux accessoires, montables et démontables très facilement grâce à des broches. A noter que, d'expérience, il est raisonnable d'imaginer un maximum de 2 à 3 configurations pour une barre, pour éviter les changements/réglages intempestifs. Pour chaque élément, différentes options sont possibles. Exemple : roue de jauge à crans ou à manivelle, support pour 1, 2 ou 3 dents, etc. Chaque configuration proposée vise à optimiser le travail du sol.

Exemple : dents de vibroculteur devant un disque de buttage, pour assurer un meilleur travail d'ensemble. Enfin, les pièces utilisées sont standard et faciles à employer/change



Plans et tutoriels

<https://www.latelierpaysan.org/Barre-Porte-Outils-BPO>



LE TRI

Pour la phase de tri, la mécanisation est nécessaire. Après la récolte, les cônes doivent être séparés des lianes. Lorsqu'elle est réalisée à la main, cette étape est très chronophage. On compte une heure de travail par liane (ou, selon les sources, 1kg de houblon sec par jour et par personne), ce qui ramène la charge de main d'œuvre nécessaire au tri d'un hectare de houblon à environ 2000 heures. Un tel besoin de main d'œuvre rend toute rentabilité impossible s'il est comblé par des travailleurs rémunérés. Certains houblonniers font appels à des bénévoles pour effectuer cette tâche mais cette solution ne peut être envisagée sur le long terme. Premièrement pour des problèmes d'organisation liés au fait que la date de la récolte ne peut être prévue longtemps à l'avance. Deuxièmement, parce que l'emploi de bénévoles dans un cadre de production est considéré comme du travail dissimulé et donc illégal. Ainsi, la mécanisation de cette opération semble nécessaire à toute personne souhaitant produire du houblon à des fins professionnelles.

AUCUNE SOLUTION SATISFAISANTE SUR LE MARCHÉ

Les machines de tri disponibles sur le marché permettent de traiter une liane en un temps variant de 10 secondes à une minute selon les modèles et leur génération. La plupart d'entre-elles ne conviennent pas aux besoins des néo-houblonniers. Les nouveaux modèles sont surdimensionnés et hors de prix (>100 000 €). Les anciens modèles conviennent d'avantage aux petites surfaces et sont abordables d'occasion. Seulement, ces machines restent très volumineuses et ne sont plus en fabrication aujourd'hui. Elles sont donc de plus en plus difficiles à trouver, à entretenir et à réparer. Certains néo-houblonniers ont fait le choix de s'équiper de ces machines, comme Matthieu Cosson du champ du Houblon, équipé d'une Wolf 140, acheminée depuis la Pologne.

L'AUTOCONSTRUCTION COMME PISTE DE SOLUTION

Devant le caractère indispensable de ce type d'équipement et l'absence actuelle de solutions abordables et adaptées sur le marché, de plus en plus de néo-houblonniers pensent à construire eux même leur machine. L'université du Vermont aux Etats-Unis a conçu une trieuse à houblon



en libre diffusion. Elle convient d'avantage aux besoins des néo-houblonniers car déplaçable, de taille bien plus modeste et d'une cadence de 2 lianes par heure. Cela dit, conçue pour pouvoir être utilisée au champ, elle fonctionne entièrement par motorisation hydraulique, ce qui fait rapidement grimper le coût de cette machine (entre 8 000 et 25 000 € en autoconstruction).

La ferme brasserie Garland cultive le houblon pour subvenir à ses propres besoins et a réalisé en 2018 une trieuse totalement autoconstruite : **LA DÉ-KONNEUSE**. Inspirée d'un modèle américain, le Hopster 5p de chez Hopharvester. Si la machine nécessite encore quelques améliorations, elle lui permet d'effectuer à 4 personnes le travail effectué habituellement grâce à l'aide de 30 bénévoles !



Dé-konneuse
Voir page 86



Tutoriel de construction de la DÉ KONNEUSE (Farm Hack) :

<https://farmhack.org/sites/default/files/tools/files/The%20UVM%20Hop%20Harvester%20-%20Project%20Report%20%26%20Drawings%20-%202012%20Update.pdf>



LE SÉCHAGE

Le séchage du houblon est crucial pour conserver sa qualité. Un délai trop long entre la récolte et le séchage engendrerait des pertes d'arôme, de couleur et des risques de pourrissement. Selon les pratiques alsaciennes, le temps entre la récolte et la fin du séchage ne peut excéder 8 heures.

Généralement le séchage du houblon est effectué dans des séchoirs à claies à air pulsé et chauffé. Leurs dimensions dépendent de la surface cultivée (1 à 1,5 m² de séchoir par ha). Le temps habituel de séchage est de 4 à 6 heures.

Le séchage à l'air libre pourra être envisagé pour les brasseries produisant de très petites quantités de houblon pour leur propre consommation. C'est le cas par exemple à la brasserie de la mousson. Si une brasserie est équipée d'une malterie, le houblon pourra être séché dans la touraille. Méthode utilisée par la brasserie Garland. Pour une production destinée à la vente, un séchoir est indispensable.

Les séchoirs à houblon neufs sont très chers et surdimensionnés par rapport aux besoins des néo-houblonnières. Les séchoirs à houblon d'occasion sont abordables et conviennent d'avantage aux besoins des petits producteurs mais ils deviennent difficiles à trouver et à entretenir.

Étant donnée sa relative simplicité de fonctionnement, l'autoconstruction d'un séchoir à houblon ne représente pas de défi technique particulier et, ainsi, constitue la meilleure manière de s'équiper de matériel adapté à moindre coût pour les petits producteurs de houblons. À titre d'exemple, les frères Marconnets ont autoconstruit un petit séchoir à houblon en bois.



Ci-dessus : séchoir à clayettes d'occasion (ferme "Le Champ du Houblon")



Séchoir autoconstruit
Voir page 84



3.4/ Fiches expériences : La culture du houblon

FICHE 1 : LE SÉCHOIR DES FRÈRES MARCONNET

FICHE 2 : LA DÉ-KONNEUSE

FICHE 1 :

LE SÉCHOIR DES FRÈRES MARCONNET

HOUBLON MARCONNET FRÈRES

Les frères Marconnet, du projet houbloneur sont deux néo-houblonniers en cours d'installation dans la Drôme. Etant encore au stade de l'expérimentation, leur production ne nécessite pas encore de matériel de professionnels. Si la plupart des opérations de la houblonnière peuvent pour l'instant être réalisées à la main, ils ont toutefois besoin de s'équiper d'un séchoir afin valoriser leur production, aussi petite soit-elle, ne serait-ce que pour démarcher auprès des brasseries de la région.

Ils ont donc décidé de construire leur propre séchoir, pouvant répondre à leurs besoins actuels, c'est-à-dire, petit et démontable (ne possédant pas encore de locaux).

CONSTRUCTION & FONCTIONNEMENT :

Ce séchoir consiste en un caisson isolé, muni d'une soufflerie en bas, d'extracteurs d'air en haut et contenant 6 clés de séchage superposées. Le houblon commence son séchage sur la claie la plus haute (la plus éloignée de la soufflerie) et le termine sur la claie la plus basse. À chaque fois que le houblon d'une claie est sec, celle-ci est retirée, toutes les autres sont descendues d'un étage et une nouvelle est introduite à l'étage le plus haut. Le séchoir tourne donc en continu et permet d'obtenir 1 kg de houblon sec/ heure.

LA STRUCTURE :

Le séchoir est constitué d'un caisson en panneaux de bois aggloméré (hydrofuge) et isolé par l'intérieur avec des feuilles de polystyrène expansé contrecollé avec de l'aluminium. Prévu pour être démontable, tous les assemblages ont été réalisés avec des tiges filetées et des écrous papillons.

LES CLAIES DE SÉCHAGE :

Le séchoir contient 6 clés de séchage de 0,8 m² pouvant accueillir chacune 2 kg de houblon frais (soit 500 grammes de houblon sec). Chacune des clés est soutenue par 2 tiges filetées (jouant également un rôle de structure).

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- **Entièrement démontable**
- **Source de chaleur :** électrique
- **Consommation :** environ 6 kW à pleine puissance
- **Capacité :** 1kg de houblon sec/h
- **Dimensions du séchoir :** surface = 1 m² ; hauteur = 1,7 m
- **Nombre de claies :** 6
- **Dimensions des claies :** 0,8 m²
- **Coût :**
 - Construit en plusieurs étapes
 - Certains des achats les plus coûteux se sont révélés inutiles
 - Reste bon marché





LA SOUFFLERIE :

Deux radiateurs d'atelier électriques (3 et 3,3 kW)

insufflent de l'air chaud dans un caisson situé au bas du séchoir dont le sommet a été percé de trous pour optimiser la répartition de l'air.

Les radiateurs sont contrôlés par un thermostat dont la sonde est située au-dessus de la première clé (en partant du bas). Celui-ci est réglé sur 56,5 °C car une température de séchage supérieure à 60 °C entrainerait la dénaturation des huiles essentielles du houblon.

Des **thermomètres hygromètres** ont été installés au niveau d'une clé sur deux pour pouvoir analyser l'évolution du séchage au sein du séchoir.



LES EXTRACTEURS :

Quatre extracteurs (capacité cumulée = 550 m³/h) ont été installés au sommet du séchoir pour évacuer l'air humide.



POINTS FORTS :

- Simple de conception et de fabrication
- Démontable
- Bon marché (prix non renseigné mais aucune composante ne semble représenter un coût important)



LIMITES :

- L'air ne circule pas uniformément au sein du séchoir. Il passe d'avantage sur les côtés, ce qui entraîne un décalage dans le séchage. En conséquence, les clés doivent être remplies d'avantage sur les côtés qu'au centre.
- Le système de rotation des tiroirs implique de les déplacer tous à chaque changement, ce qui entraîne des pertes de lupuline et oblige à ouvrir le séchoir pendant un long moment.



PISTES D'AMÉLIORATION

A la place des tiroirs, un système de clayettes basculantes permettrait de simplifier les manipulations et de limiter la déperdition de chaleur due à l'ouverture de la porte. Il ne serait plus nécessaire de retirer les tiroirs pour les baisser d'un cran : chaque étage basculerait tour à tour pour laisser tomber le houblon vers l'étage inférieur, seul le niveau le plus bas serait constitué d'un tiroir qui permettrait de sortir le houblon une fois sec.

De cette manière, il serait envisageable d'installer un convoyeur au-dessus de l'étage supérieur qui amènerait le houblon à sécher après chaque extraction du houblon sec du tiroir inférieur.

Concernant l'air chaud issu de la soufflerie, il serait nécessaire d'une part de mieux calibrer la puissance de la soufflerie (pour atteindre l'équivalent de 2000 m³/heure / m² de houblon de 30 cm d'épaisseur) et d'autre part d'ajouter sous le tiroir inférieur un système permettant de mieux répartir l'arrivée de l'air sur toute la surface du tiroir.

FICHE 2 : LA DÉ-KONNEUSE

FERME-BRASSERIE GARLAND

La ferme brasserie Garland a donc décidé d'autoconstruire en 2018 une trieuse correspondant à ses besoins en termes de prix et de dimensionnement. Ainsi, ils se sont inspirés d'une machine américaine, le Hopster 5p de chez Hopharvester, prévue pour être conduite par un seul opérateur, fournissant un travail propre et une cadence moyenne de 60 lianes par heure (ce qui est acceptable pour la récolte d'une culture d'environ un hectare). La principale différence de la machine de Garland réside dans le fait qu'elle est électrique alors que le Hopster 5p fonctionne sur prise de force de tracteur, permettant ainsi de travailler au champ.

CONSTRUCTION & FONCTIONNEMENT :

La dé-Konneuse a été conçue par Christian Garland et construite avec l'aide d'un lycée agricole.

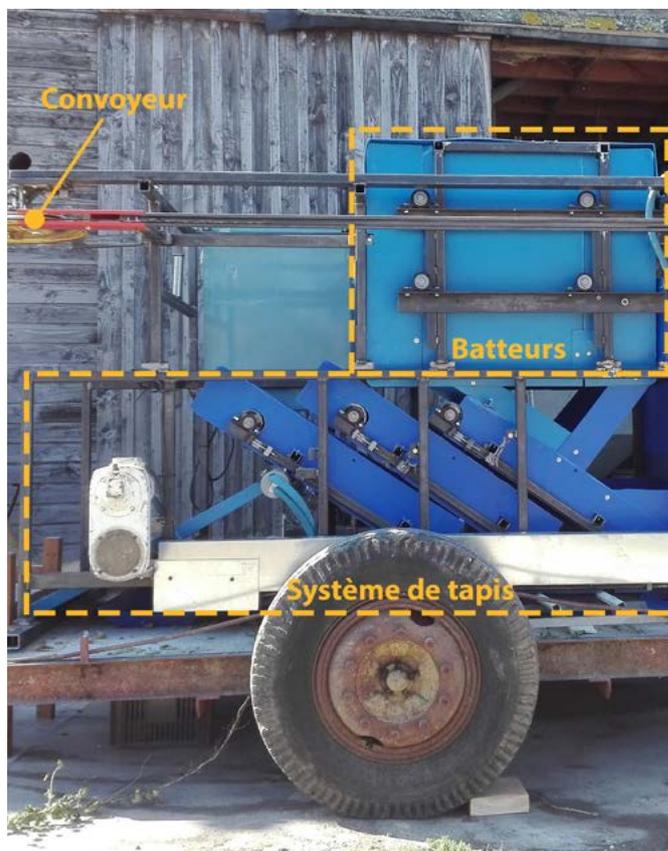
La structure est faite de tubes d'acier carrés (40 X 3) et le carénage de panneaux en plastiques de récup (intercalaires pour palette de bouteilles).

La machine comprend un convoyeur guidant la liane dans la machine, quatre batteurs arrachant les feuilles et les fleurs de la liane et un système de tapis séparant les feuilles des fleurs. L'ensemble fonctionne grâce à des moteurs électriques (neufs et de récupération) dont la vitesse de rotation est contrôlée par des variateurs de fréquence rassemblés au sein d'un tableau électrique muni d'un écran tactile.

La machine pèse total de 800 kg et est montée sur un plateau pour permettre les déplacements.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- **Dimensions** : longueur 3,5 mètres (une demi-liane)
- **Poids** : 800 kg
- **Motorisation** : électrique, triphasée
- **Capacité** : 60 lianes par heure (sans refaire de tri)
- **Perte** : environ 20 % (sans refaire de tri)
- **Coût (global)** : environ 10 000 € dont :
 - Tapis : 1700 €
 - Doigts de plumeuse (350) : 250 €
 - Électronique (tableau, variateurs, etc.) : 2000 €



LE CONVOYEUR :

Son rôle est d'entraîner la liane au travers de la machine. Il consiste en un câble en acier reliant deux roues horizontales sur lequel est fixé, à l'aide d'un serre-câble, un crochet permettant d'attacher les lianes.

Motorisation : moteur de récupération équipé d'un motoréducteur à renvoi d'angle dont la vitesse est contrôlée par un variateur de fréquence.

Guidage de la liane : une vis sans fin située à l'arrière de la machine permet de ramener la liane vers le centre de la machine pour augmenter l'efficacité des batteurs. Un fût en inox soudé à la roue de retour du convoyeur empêche la liane de passer sous la roue.

Améliorations :

- Ajouter au moins un crochet sur le câble permettrait de pouvoir passer plusieurs lianes à la fois ;
- Le système de centrage de la liane ne marche pas bien car le retour du convoyeur est trop proche de la vis sans fin. Allonger le rail du convoyeur pour éloigner le point de retour de la vis sans fin permettrait d'améliorer le centrage





LES BATTEURS :

Quatre batteurs permettent de séparer les feuilles et les fleurs des lianes, ils sont fabriqués avec des tubes de PVC pression de 240 mm de diamètres sur lesquels sont fixés 65 doigts de plumeuse en caoutchouc (répartis en 5 rangées de 13).

L'axe central est fixé dans des flasques en aluminium de 40 mm d'épaisseur emboîtées aux extrémités du tube PVC. La rotation est assurée par des paliers situés de part et d'autre de la machine.

Motorisation : Un moteur électrique neuf assure l'entraînement de chaque couple de batteurs. Leur vitesse est contrôlée par un variateur de fréquence.

Des réglages à trouver : Le sens et la vitesse de rotation des batteurs peuvent être modifiés grâce au variateur de fréquence contrôlant les moteurs. La hauteur modulable du couple inférieur permet de régler l'espacement entre les batteurs. Pour permettre un travail propre et efficace, il reste nécessaire de passer du temps à trouver les réglages fins, ce qui n'est pas évident dans l'urgence de la récolte.



LES TAPIS :

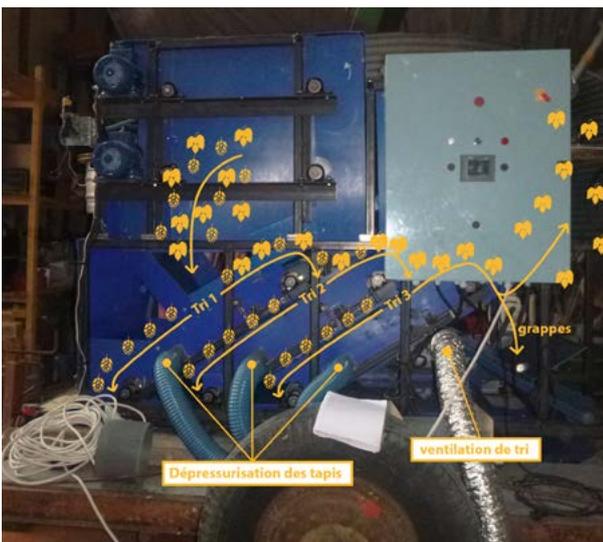
La séparation entre les feuilles et les cônes est assurée par des tapis gauffrés inclinés. La texture du tapis retient les feuilles (qui tombent sur le tapis suivant) tandis que les fleurs roulent sur elles-mêmes et tombent sur un tapis convoyeur horizontal, passant en dessous des tapis gauffrés, qui les amène jusqu'à un bac de récolte situé sous la machine. Il y a trois tapis gauffrés montés en série pour permettre trois tris successifs.

Les tapis gauffrés : ils sont faits en caoutchouc et sont munis de petits trous. Une ventilation s'insérant dans l'espace entre l'aller et le retour du tapis permet d'aspirer les feuilles et de les plaquer contre la surface du tapis.

Le tapis convoyeur : lisse et horizontal, il passe sous les 3 tapis gauffrés inclinés pour récupérer les fleurs triées par ces derniers et les amène au bout de la machine où elles tombent dans un bac de récolte.

Motorisation : tous les tapis sont entraînés par un seul moteur de récupération (P = 1,5 kW) équipé d'un motoréducteur à renvoi d'angle dont la vitesse de rotation peut être adaptée grâce à un variateur de fréquence. Des chaînes assurent la transmission du moteur à l'ensemble des tapis (tournant donc tous à la même vitesse et dans le même sens).

Un dernier tri par ventilation : certaines fleurs restent attachées en grappe et sont donc traitées comme des feuilles par les tapis. Une ventilation ajoutée à la sortie du dernier tapis souffle les feuilles au loin mais laisse passer les grappes qui s'accumulent à la sortie pour être séparées à la main.



POINTS FORTS :

- 2 (voire 3) opérateurs
- Déplaçable
- Légère et peu volumineuse
- Bon marché pour une machine neuve
- Permet de réaliser plusieurs tris successifs. Si le résultat n'est pas satisfaisant, le bac récolté peut être réintroduit au niveau du premier tapis pour être retrié.

LIMITES :

- Besoin de temps pour trouver les réglages
- Beaucoup de pertes (sans refaire un tri)

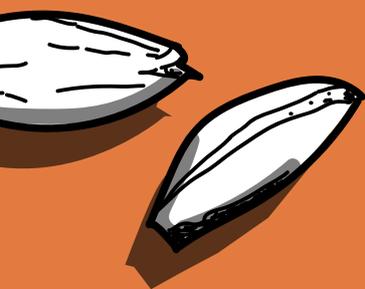
Améliorations :

- Lorsque les feuilles et les fleurs quittent un tapis, elles tombent sur le tiers supérieur du tapis suivant, ce qui laisse peu de trajet pour réaliser le tri. Ecarter les tapis d'une vingtaine de cm permettrait de rallonger le parcours sur chaque tapis et donc l'efficacité du tri
- La dépressurisation des tapis ne fonctionne pas bien car il y a trop de fuites d'air. La ventilation devrait aspirer uniquement par les trous du tapis qui sont en contact avec les feuilles (pendant son trajet « aller »). Pour résoudre ce problème, il faudrait mettre une plaque dans la partie inférieure de l'espace entre l'aller et le retour afin d'obstruer les trous du tapis durant son trajet retour. Cela permettrait de mettre toute la ventilation au profit des trous du tapis durant son trajet aller.



LA MALTERIE

<i>Contexte</i>	90
<i>Le maltage</i>	94
<i>Malterie et technologies appropriées</i>	100
<i>Fiches expériences : la malterie</i>	109





4.1/ Contexte

*LA MALTERIE FRANÇAISE, INDUSTRIALISÉE ET TOURNÉE VERS L'EXPORT
L'APPARITION DES MALTERIES ARTISANALES ET RÉGIONALES
LE MALTAGE «À DOMICILE»*

LA MALTERIE FRANÇAISE, INDUSTRIALISÉE ET TOURNÉE VERS L'EXPORT

PRODUCTION ANNUELLE

1,4 MILLIONS DE TONNES DE MALT (À PARTIR DE 1,7 MILLIONS DE TONNES D'ORGE)

ACTEURS ET SITES DE PRODUCTION

4 GROUPES INDUSTRIELS (SOUFFLET, MALTEUROP ET CARGILLET BOORMALT) POSSÉDANT 15 MALTERIES (DONT 9 EN FRANCE)

5 MALTERIES ARTISANALES (MALT FABRIQUE, VIEUX SILO, YEC'HED MALT, DES VOLCANS ET MALT'IN POTT)

PLACE DE LA FRANCE SUR LE MARCHÉ MONDIAL

- 1^{ER} EXPORTATEUR DE MALT AU MONDE
- 1,2 MILLIONS DE TONNES EXPORTÉE (SOIT 80 % DE LA PRODUCTION)
- REPRÉSENTE 30 % DU MARCHÉ MONDIAL
- 20 % DES BIÈRES BRASSÉES DANS LE MONDE À PARTIR DE MALT FRANÇAIS

Si le peuple français n'est pas le plus grand buveur de bière, il permet aux autres d'en boire ! Première productrice d'orge en Europe et deuxième au niveau mondial, la France est un pays de choix pour la malterie. Environ 1,5 million de tonne de malt est produit chaque année. Cette importante production couplée à la consommation en bière historiquement timide des français et françaises fait du pays le premier exportateur mondial de malt depuis 1967 (80% de la production est vouée à l'export). Très industrialisée, la quasi-totalité de la production est réalisée par quatre groupes industriels au sein de 15 malteries réparties sur le territoire. Il s'agit là d'une illustration presque caricaturale du paradigme agro-industriel de production, lequel implique des

volumes agricoles et financiers gigantesques mais un nombre relativement faible de salariés et une réponse aux besoins du marché mondial plutôt qu'aux besoins locaux. A titre d'exemple, la malterie Soufflet, entreprise française et plus gros producteur de malt au monde, possède 15 malteries (dont 9 en France) lui permettant une capacité de plus de 6,2 millions de tonnes de malt par jour dans le monde, soit 6 200 tonnes par employé et par jour.

Des chiffres terrifiants lorsqu'on les compare à ceux d'une petite malterie artisanale comme la malterie du Vieux Silo maltant moins d'une tonne par jour pour un seul employé.

MALT FABRIQUE : PIONNIÈRE DE LA MALTERIE ARTISANALE FRANÇAISE

La Bretagne est devenue une terre de brasseries et le phénomène ne cesse de s'accroître. Pourtant, il n'existait pour les petites brasseries que peu d'alternatives aux malteries industrielles pour s'approvisionner en malt. Partant de ce constat et de la nécessité de relocaliser la production, Emmanuel Faucillon, lance au début des années 2000 la première malterie artisanale de France : Malt Fabrique.

Après avoir appris comment produire du malt de manière artisanale, Manu se lance dans la conception et l'autoconstruction d'une petite unité de maltage. Principalement constituée d'éléments de récupération, elle ne nécessite pas d'investissement important et

permet de réaliser du malt de qualité, à condition de s'y connaître. En effet, contrairement à certaines idées reçues, la malterie est un métier à part entière qui nécessite expérience et savoir-faire, et ce, en particulier avec du matériel qui n'est pas à la pointe de la technologie (celle-ci pouvant parfois pallier aux lacunes humaines).

Avec l'apparition des micro brasseries et de fermes brasseries l'idée d'une relocalisation des filières brassicoles a fait du chemin et concerne l'ensemble du territoire français. Ainsi, ces dernières années, Manu a vu défiler un bon nombre de personnes désirant monter des petites unités de maltage en se basant sur son modèle.

L'APPARITION DES MALTERIES ARTISANALES ET RÉGIONALES

Bien que la production française de malt dépasse de loin ses besoins, un grand nombre de brasseurs se fournissent auprès de malteurs belges ou allemands. L'explosion récente des brasseries artisanales a entraîné l'apparition de nouveaux besoins d'approvisionnement en malt (petites quantités, malts locaux et biologiques) auxquels ne veulent et ne peuvent pas répondre les énormes malteries françaises, peu adaptées pour les petits volumes. De plus, ces petites malteries offrent une solution pour le maltage des céréales des fermes brasseries (ou maltage à façon) qui ne sont pas en capacité de fournir suffisamment de grain pour travailler avec les malteries industrielles.

On compte aujourd'hui cinq malteries artisanales en France : Malt Fabrique (Côte d'Armor), La malterie du Vieux Silo (Tarn), Yec'hed Malt (Morbihan), la malterie des Volcans (Puy-de-Dôme) et Malt'in Pott (Haute-Savoie).

Si ces malteries artisanales représentent une aubaine pour les fermes brasseries et les brasseries artisanales, elles sont encore très peu nombreuses, disparates et loin de répondre à la demande. C'est pourquoi, de plus en plus de brasseries font le choix de réaliser elles-mêmes leur malt.

LE MALTAGE « À DOMICILE »

De plus en plus de brasseries font le choix de transformer elles-mêmes l'orge en malt. Il s'agit soit de fermes brasseries transformant leur orge pour la brasser ensuite, soit de brasseries transformant de l'orge produite localement.

En plus du plaisir des couleurs et des odeurs, l'absence de cadre normatif offre une grande souplesse dans la conception de l'outil de production et fait de la malterie une bonne candidate à l'autoconception et à l'autoconstruction (liberté dans le choix des matériaux utilisés, dans l'aménagement des espaces, etc). Cela peut permettre de s'équiper pour un coût relativement restreint.

Pour les brasseries, la malterie à domicile permettra de créer des liens avec le tissu paysan local, de convenir de prix satisfaisant les deux parties et d'offrir aux exploitations céréalière une alternative à la coopérative céréalière. Pour les fermes brasseries cette solution peut permettre de valoriser du grain qui aurait été rejeté par les malteries ainsi que d'être entièrement maître de son

processus, d'avoir un suivi de son grain « du champ à la chope ».

En revanche, la malterie est un processus chronophage, énergivore et encombrant. Les industriels mettent les moyens à leur disposition pour arriver à un niveau d'efficacité inégalable. Le prix de revient du malt produit « à domicile » sera bien supérieur à celui des industriels. Il est donc fort probable qu'acheter du malt soit plus rentable que de le fabriquer soi-même. Enfin, la malterie est un métier à part entière qui nécessite de l'expérience, d'autant plus si le matériel est autoconstruit. La technologie permettant de compenser le manque de savoir faire. Le maltage à domicile représente donc une séduisante solution mais qui nécessite d'être mûrement réfléchie avant d'être appliquée. Aussi, les solutions alternatives méritent d'être envisagées comme par exemple de se tourner vers une malterie artisanale lorsque cela est possible..





4.2/ Le maltage

QU'EST-CE QUE LE MALT ?

LES ÉTAPES DU MALTAGE

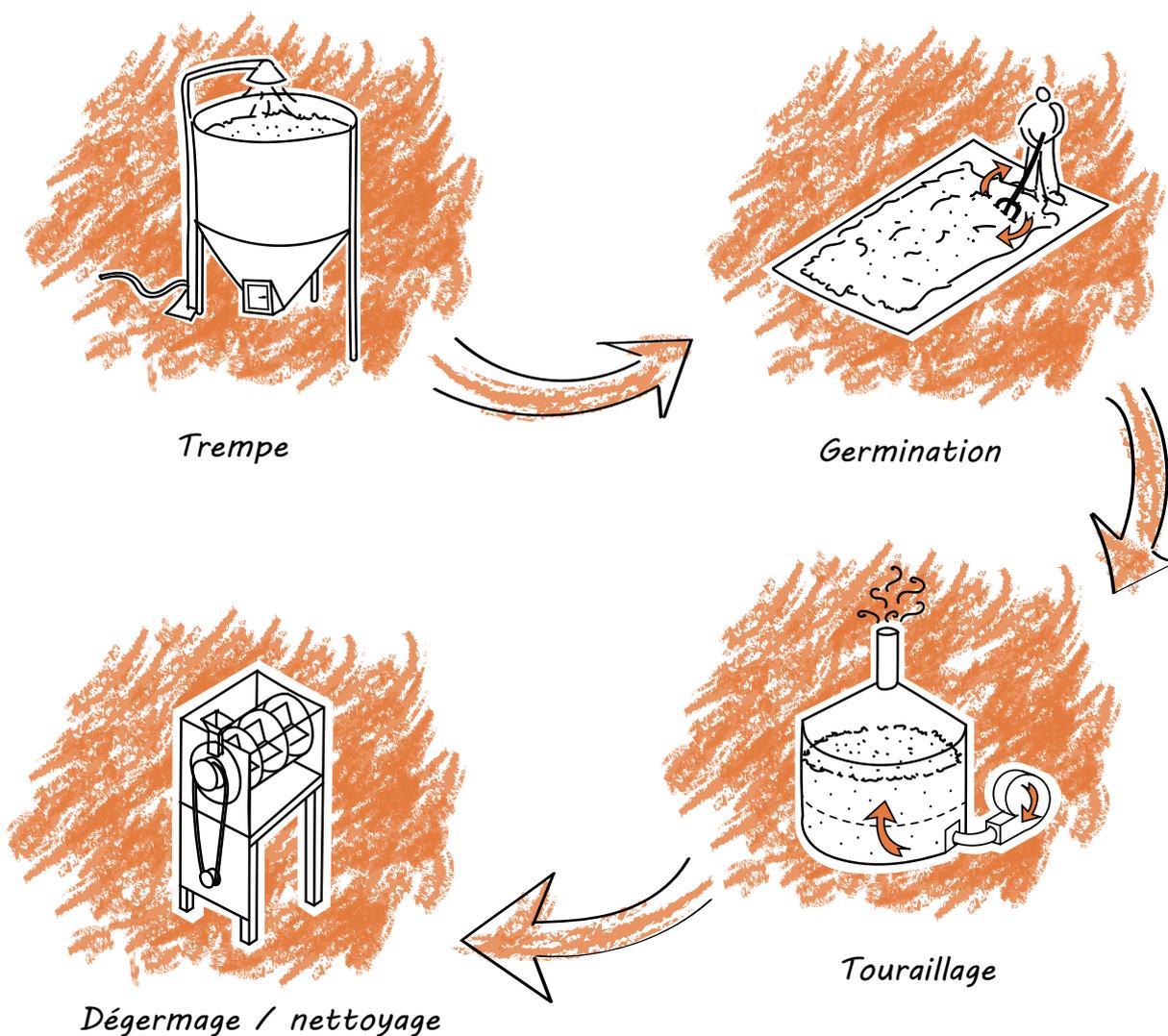
LA PRODUCTION DE MALTS SPÉCIAUX

QU'EST-CE QUE LE MALT ?

Le malt est l'ingrédient principal de la bière. Il est le résultat de la germination contrôlée et interrompue d'une céréale. Cette opération a pour effet de mettre en présence dans le grain un complexe enzymatique qui permettra, pendant le brassage, la transformation des sucres nécessaires à la fermentation et donc à la production d'alcool. Selon les procédés de maltage, il est possible d'obtenir de nombreux types de malt différents, lesquels peuvent être répartis en deux principales catégories : les malts de base apportant la base sucrée et les malts spéciaux utilisés surtout pour faire varier les arômes et la couleur de la bière.

N'importe quelle céréale pourrait être maltée et donc permettre la fabrication de bière mais c'est l'orge qui est utilisée dans la très grande majorité des cas. La principale raison qui justifie le choix de l'orge est qu'il s'agit d'une céréale « vêtue » (les glumelles adhérant aux grains après le battage), ce qui permet de protéger le germe durant le maltage et facilite la filtration durant le brassage. De plus, l'orge possède un taux élevé d'amidon et d'amylase, lui conférant un bon rendement en sucre, et un faible taux protéinique, limitant le trouble de la bière.

LES ÉTAPES DU MALTAGE



LA TREMPE

La trempe a pour objectif d'augmenter le taux d'humidité du grain afin d'initier la germination et consiste en une alternance de phases sous-eau et de phases sous-air pour apporter suffisamment d'oxygène et éliminer le CO₂ afin d'éviter l'asphyxie du germe.

Elle est réalisée dans une « cuve de trempe », soit par immersion totale des grains, soit par aspersion. En fonction de la température de l'eau et des caractéristiques du grain, la trempe dure entre 2 et 3 jours et se termine lorsque les radicelles commencent à apparaître (on dit que le grain commence « à piquer »).

GERMINATION

En sortie de trempe, le grain entre en phase de germination durant laquelle les radicelles et les germes vont se développer. Cette étape dure entre 3 et 5 jours au cours desquels le grain sera retourné 2 à 3 fois par jour afin de délier les radicelles et d'homogénéiser la température et l'humidité au sein de la masse de grain, paramètres ayant une grande influence sur les phénomènes de germination.

La germination est l'étape la plus longue du processus de maltage et constitue souvent un goulot d'étranglement limitant les capacités de production. Ainsi, le malteur devra être particulièrement attentif quant au choix de son matériel de germination. Il existe deux principaux types d'installation : la germination sur aire et la germination en case (ou pneumatique).

TOURAILLAGE

L'orge germée (ou malt vert) est ensuite séchée durant une trentaine d'heures à basse température (30-50 °C). Une fois sèche, elle subira « le coup de feu », une cuisson à plus haute température, dont l'intensité influencera la couleur et les arômes libérés et donc, déterminera le type de malt produit (85 °C pour du malt Pils, 110 °C pour du malt Munich). En général, le coup de feu dure environ 5 heures.

Le touraillage est l'étape la plus énergivore du processus de maltage, le malteur devra donc être particulièrement attentif à la source d'énergie utilisée (électricité, gaz, bois, ...) et à limiter les pertes énergétiques (isolation, échange thermique, etc).

DÉGERMAGE/NETTOYAGE

En sortie de touraille, le malt est ensuite débarrassé de ses radicelles. Cette étape est réalisée, soit à l'aide d'une vis sans fin suffisamment longue, soit à l'aide de machines type « brosse à grain ».

Ensuite, le malt doit être nettoyé afin d'en extraire les radicelles détachées, les poussières et les déchets éventuels. Cette opération, est réalisée en utilisant du matériel de tr/ nettoyage de céréale (nettoyeur/séparateur, cyclone, etc).

LA PRODUCTION DE MALTS SPÉCIAUX

Les malts spéciaux entrent dans la fabrication des bières foncées (ambrées, brunes et noires) et sont utilisés, en petites quantités, d'avantage pour les arômes et la couleur qu'ils confèrent à la bière que pour leur apport en sucres et enzymes. Ils peuvent être répartis en trois catégories :

LES MALTS CAMEL

Ils sont issus du touraillage à haute température de malt vert (céréales germées, non touraillées). La présence d'eau dans le grain permet une caramélisation des sucres, apportant des saveurs douces à la bière. On en distingue de nombreux types différents en fonction de leur température de touraillage et donc de leur couleur (Cara-pils, Cara-hell, Cara-red, ...). Les tourailles permettant de les fabriquer doivent pouvoir atteindre des hautes températures.

LES MALTS TORRÉFIÉS

Ils sont issus de la torréfaction de malts de base (céréales germées et touraillées). Les malts torréfiés confèrent des saveurs sèches de café ou de cacao à la bière, typiques de la torréfaction. Il en existe plusieurs types différant par leur niveau de torréfaction (Biscuit, Chocolat, Black...). La torréfaction consiste en la chauffe directe et intense des grains et est réalisée à l'aide de torréfacteurs.

LES MALTS FUMÉS

Ils entrent dans la confection de bières ou de whisky fumés et sont issus du fumage, à partir de fumées provenant différents combustibles (bois de hêtre, tourbe, etc), conférant chacune des arômes différents au malt.



Torréfacteur bétonnière
Voir page 120



Fumoir à malt autoconstruit
Voir page 122



Touraille à malt caramel
Voir page 121





4.3/ Malterie et technologies appropriées

PEU D'ALTERNATIVES À L'AUTOCONSTRUCTION

CHOISIR SON TYPE D'INSTALLATION

LE MALTAGE SUR AIRE

LA CASE DE GERMINATION

LES SYSTÈMES "TOUT EN UN"

TABLEAU COMPARATIF

GÉRER LA CONSOMATION D'ÉNERGIE

AMÉLIORER SES CONDITIONS DE TRAVAIL

PEU D'ALTERNATIVES À L'AUTOCONSTRUCTION

Monter une malterie relève autant de l'architecture que de l'ingénierie. En effet la conception et l'aménagement dépendent des contraintes inhérentes à chaque projet (locaux, budget, volume de production, nombre de travailleurs, ...) et devront donc être réfléchies au cas par cas. Cela réduit considérablement les possibilités

de rachat ou de récupération d'unités de production, celles-ci n'étant généralement pas transposables d'un projet à l'autre. Si des solutions « clé en main » existent, elles sont rares et souvent hors de prix. Ainsi, il existe peu d'alternative à l'autoconstruction pour s'équiper en malterie.

CHOISIR SON TYPE D'INSTALLATION

Pour réaliser le maltage, il existe 3 principaux types d'installation : le maltage sur aire, le maltage pneumatique (ou en case de germination) et les systèmes « tout en un ». Le choix du type d'installation est déterminant

et dépendra du budget, de la main d'œuvre disponible, du niveau d'exigence vis-à-vis du contrôle des paramètres, de la place disponible et de l'expérience de la malteuse ou du malteur.

LE MALTAGE SUR AIRE

Le maltage sur aire est la technique de maltage la plus ancienne, son nom provient du fait que la germination est réalisée à même le sol, sur une aire de germination.

Dans le maltage sur aire, l'expérience, la main d'œuvre et le sensible occupent une place centrale dans la conduite des processus. Ainsi, l'installation peut être simple de conception, la complexité prenant naissance dans la substitution des interventions humaines par la technologie.

Le maltage sur aire nécessite une place importante et un grand besoin en main d'œuvre (expérimentée). Le grain doit être étalé en couche relativement fine et retourné 2 à 3 fois par jour (traditionnellement au râteau). Pour limiter le travail de retournement la brasserie de la piautre a autoconstruit un outil électrique permettant de retourner le grain : la moto-retourneuse (renvoi vers la fiche expérience sur la motoretourneuse).

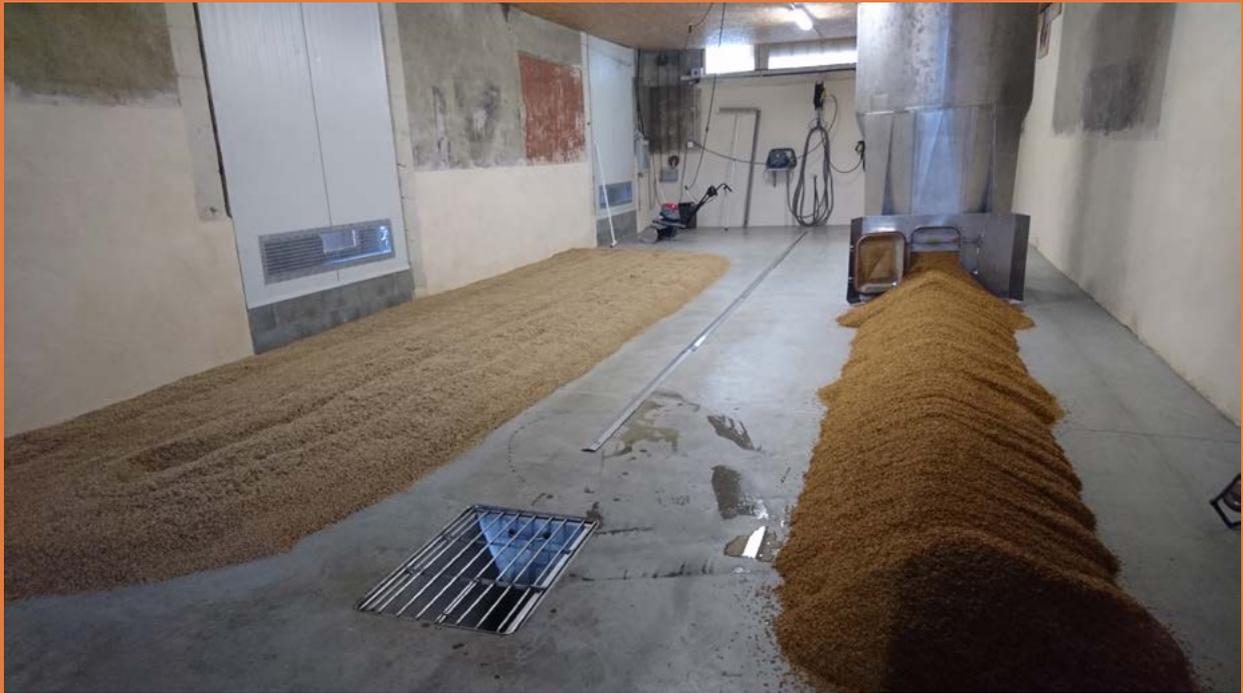
La germination sur aire est limitée dans le contrôle des conditions de germination. Réalisée dans de vastes pièces difficilement chauffables et sur une dalle béton, le contrôle de l'air ambiant est difficile et rend la malterie tributaire des saisons. Impossible par exemple de malter sur air en période de canicule. Ceci peut réduire

grandement la capacité de production d'une malterie. Une composante qui semble prendre de plus en plus d'importance en considérant le changement climatique.

La simplicité de conception couplée à l'absence de normes sur l'équipement en malterie fait du maltage sur aire le meilleur candidat à l'autoconstruction et permettra de s'équiper à moindre coût. Il s'agit du type d'installation généralement choisi par les fermes brasseries et les petites malteries en phase de lancement.



Malterie sur aire autoconstruite
Page 112



POINTS FORTS :   **LIMITES :**

- 2 (voire 3) opérateurs
- Déplaçable (permet d'être partagées par plusieurs brasseurs)
 - Légère et peu volumineuse
 - Bon marché pour une machine neuve
- Permet de réaliser plusieurs tris successifs. Si le résultat n'est pas satisfaisant, le bac récolté peut être réintroduit au niveau du premier tapis pour être retrié.
- Besoin de temps pour trouver les réglages
- Beaucoup de pertes (sans refaire un tri)

LA CASE DE GERMINATION

Les cases de germination permettent de réaliser la germination en couche épaisse et une meilleure valorisation de l'espace. Les cases sont généralement équipées de retourneurs de malt automatisés, d'un système d'aspersion et d'un double fond alimenté par une soufflerie d'air conditionné. Cela permet à la fois d'obtenir un meilleur contrôle des conditions de germination et de limiter le besoin en main d'oeuvre.

Il s'agit du système utilisé par les malteries industrielles. Il est également choisi, dans ses dimensions les plus modestes, par la plupart des malteries artisanales.



POINTS FORTS :



- Gain de place au sol (couches plus épaisses)
- Limite la main d'œuvre (retournement automatisé et moins fréquent)
- Meilleur contrôle des paramètres et indépendance vis-à-vis des saisons



LIMITES :

- Coûts élevés (case en inox alimentaire, retourneurs automatiques, système de conditionnement d'air)
- Consommation énergétique plus importante
- Autoconstruction plus complexe

TABLEAU COMPARATIF	MALTAGE SUR AIRE	MALTAGE EN RASE	MALTAGE TOUT EN UN
Besoin en main d'oeuvre	III	II	I
Expérience requise	+++	++	+
Facilité d'autoconstruction	+++	++	+
Place au sol nécessaire	+++	++	+
Coût	I	II	III
Consommation énergétique	+	++	+++

LES SYSTÈMES TOUT EN UN

Les systèmes « tout en un » permettent de réaliser la trempé, la germination et le touraillage au sein d'un seul élément. Se plaçant à l'opposé du maltage sur aire, ces systèmes permettent de réduire au maximum l'implication du malteur ou de la malteuse par l'automatisation des processus.

Le principal avantage de ce type d'installation est d'être ergonomique et de limiter le besoin en main d'oeuvre expérimentée.

L'automatisation des processus rend ces systèmes plus complexes, plus chers et moins abordables pour l'autoconstruction. De plus, ils limitent la production car le malt est immobilisé durant les 7 à 10 jours du maltage et, de ce fait, empêche de réaliser plusieurs lots simultanément. En conséquence, le rapport coût/capacité de production est très élevé (d'autant plus si la quantité produite est faible).

Les systèmes « tout en un » pourront intéresser les petites brasseries/malterie ou les fermes brasseries, disposant de peu de personnels pour gérer le maltage. Il existe autant de systèmes « tout en un » que de

concepteurs. Nous citerons par exemple la ferme brasserie Garland qui, par souci d'ergonomie, a auto construit son propre système (Renvoi vers la fiche expérience « une malterie monocuve »).



POINTS FORTS :

- Aucune manutention du grain nécessaire de la trempé au touraillage
- Limite considérablement la présence du malteur
 - Peu d'expérience requise
 - Limite la place prise au sol
- Permet un bon contrôle des paramètres

LIMITES :

- Limite les capacités de production (impossible de réaliser plusieurs lots simultanément)
- Conception complexe liée à l'automatisation des processus
- Coût très élevé

GÉRER LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE

La malterie est une grosse consommatrice d'énergie. Pour des raisons d'économie et d'écologie, il est important d'apporter une réflexion quant à la gestion de l'énergie. Ceci concerne principalement l'étape de touraillage qui représente environ 90 % de la consommation énergétique d'une malterie.

Premièrement, il est important de se poser la question de la source d'énergie. Généralement, les malteries artisanales se tournent vers les résistances électriques. Celles-ci sont bon marché et offre une grande facilité de mise en œuvre pour l'automatisation des processus. Cependant, faire le choix de l'électricité n'est pas nécessairement une bonne stratégie sur le long terme en raison du coût élevé de l'énergie électrique. De plus, en France, choisir l'énergie électrique, c'est choisir le nucléaire. Un mode de production qui se veut propre mais qui laisse septique quant au désastre écologique qu'il propose.

A titre d'exemple, la touraille de la malterie du Vieux Silo a équipé sa touraille d'une chaudière fonctionnant avec des plaquettes de bois.



Ensuite, il sera important de prendre en compte la limitation des pertes d'énergie dans la conception de la touraille :

Le choix des matériaux (inox, maçonnerie, bois, panneaux isolants divers, ...) aura une grande influence sur l'isolation de la touraille. Cependant, le choix des matériaux influencera les températures pouvant être atteintes par la touraille. À la Piautre le choix d'utiliser des panneaux sandwich contenant du polystyrène pour l'habillage de la touraille permet une très bonne isolation à moindre coût mais limite celle-ci à une température de 85 °C. La touraille ne peut donc produire que du malt pils (voir fiche sur la malterie sur aire de la Piautre). La maçonnerie, si elle est bien réalisée (étanchéité), se révèle être le meilleur matériau envisageable en tenant compte du prix, de sa résistance à la chaleur et de l'isolation mais présente l'inconvénient de ne pas être démontable.

La mise en place d'un système de récupération de la chaleur de l'air chaud et humide sortant du grain au profit de l'air frais et sec entrant dans le grain pendant la phase de séchage permettra de limiter les pertes de chaleur.

À la Piautre, la touraille a été équipée d'un échangeur thermique autoconstruit, lequel permet de limiter de 30 % les pertes de chaleur.



AMÉLIORER SES CONDITIONS DE TRAVAIL



En se mécanisant ...

Certaines opérations méritent d'être mécanisées pour améliorer les conditions de travail du malteur ou de la malteuse et permettre d'effectuer ce métier sur le long terme. Au sein d'une malterie, l'utilisation d'engins thermiques est proscrite pour des raisons évidentes d'hygiène. Ainsi, la mécanisation devra s'appuyer sur la motorisation électrique.

En malterie sur aire, l'étalement et le retournement du grain représentent des tâches récurrentes, pouvant s'avérer pénibles à la longue, surtout à partir d'un certain volume de production. L'utilisation d'engins de manutention électrique pourrait être mise à profit pour faciliter l'étalement. En ce qui concerne le retournement du grain, certaines petites malteries utilisent une motobineuse électrique. C'est le cas notamment de la brasserie malterie de la Piautre dont la motobineuse a subi quelques modifications pour répondre mieux à ses nouvelles fonctions.

Lorsque la germination est réalisée en case, le retournement du grain doit obligatoirement être mécanisé. En effet, l'épaisseur de la couche (environ 90 cm) ne peut être retournée à la main. À la malterie

artisanale du Vieux Silo, Laurent Coursière a conçu lui-même un modèle inédit de retourneur.

Les transferts de grains entre les différents postes de la malterie peuvent également être mécanisés au moyen d'élévateurs, vis sans fin, convoyeurs, souffleuses à grains, etc. A la ferme-brasserie Garland, le bâtiment de la malterie a été conçu avec une attention particulière sur la manutention du grain

En automatisant ...

La malterie nécessite une présence permanente et une attention soutenue. Généralement, plusieurs étapes du maltage se déroulent simultanément (trempe, germination et touraillage), et nécessitent d'intervenir au bon moment. Certaines opérations peuvent faire l'objet d'une automatisation pour permettre de soulager la charge mentale et de gagner un temps précieux. Ainsi, l'électronique et la robotisation représentent des compétences précieuses au sein d'une malterie. Les systèmes de maltage « tout en un » peuvent être totalement automatisés tandis qu'en maltage sur aire certaines opérations nécessiteront toujours la présence du malteur ou de la malteuse.

La malterie sur aire de la Piautre constitue un bon exemple d'automatisation progressive des opérations. Laurent Coursière, de la malterie du Vieux Silo, anciennement informaticien programmeur, a su valoriser ses compétences au sein de sa malterie. Le retourneur à grain de sa case de germination et sa touraille pour malt caramel sont là pour le prouver.



**Malterie sur aire
autoconstruite**
Page 112



4.4/ Fiches expériences : La malterie

FICHE 1 : UNE MALTERIE SUR AIRE

FICHE 2 : LA MOTO-RETOURNEUSE

FICHE 3 : UNE CASE GERMINATION

FICHE 4 : UNE MALTERIE MONOCUVE (TOUT EN UN)

FICHE 5 : TORRÉFACTEUR BÉTONNIÈRE : SIMPLE ET PAS CHER !

FICHE 6 : UNE TOURAILLE POUR LE MALT CARAMEL

FICHE 7 : FUMOIR AUTOCONSTRUIT

FICHE 8 : UNE ATTENTION PARTICULIÈRE SUR LA MANUTENTION DU GRAIN

FICHE 1 : UNE MALTERIE SUR AIRE

FERME-BRASSERIE LA PIAUTRE

La ferme-brasserie de la Piautre, conduite par Vincent Lelièvre, accorde une importance toute particulière à l'écologie et au local. Cela concerne notamment la provenance des matières premières et en particulier du malt. Étant donné l'absence dans la région d'une malterie artisanale transformant une orge locale, un partenariat est lancé entre la brasserie et des paysan·ne·s de la région afin de se fournir en orge locale et de la transformer en malt à la brasserie. Vincent entreprend de se former au métier de malteur auprès d'Emmanuel Faucillon fondateur de Malt Fabrique, pionnier en ce qui concerne la malterie artisanale en française.

En 2014, la Piautre se lance dans l'autoconstruction d'une malterie sur aire inspirée du modèle de Malt Fabrique, idéal pour qui veut se lancer car simple de conception et bon marché. Si la malterie est aujourd'hui déjà très fonctionnelle, le projet reste en constante évolution.



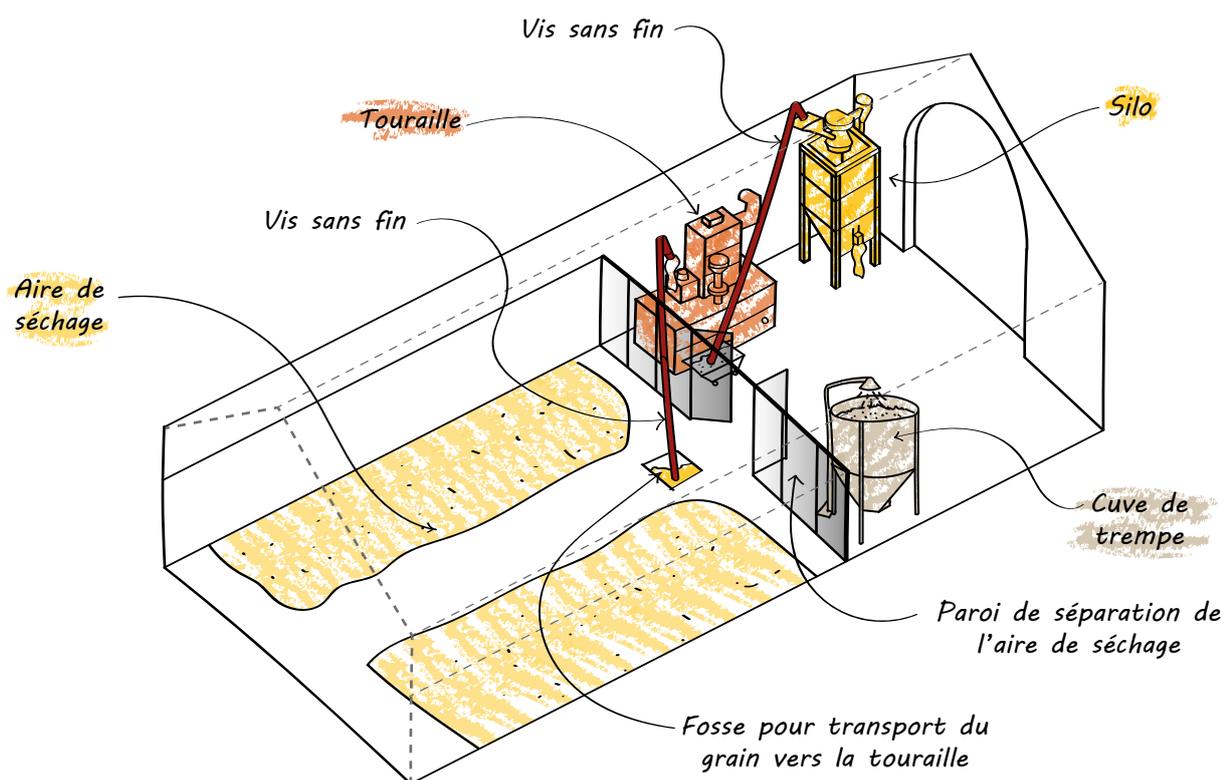
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- **Capacité de production :** 3 tonnes/semaine
- **Période de maltage :** saison hivernale (modifications en cours pour étendre la période de production).
- **Types de malts produits :** malt blond (Pils, Pale).
- **Coûts :**
 - Matériel et aménagement : environ 25 000 €
 - Bâtiment : non renseigné



CONSTRUCTION & FONCTIONNEMENT :

L'installation comprend une cuve de trempe, une aire de germination, une touraille, un système de dégermage et l'équipement nécessaire au transfert des grains d'une étape à l'autre.





CUVE DE TREMPE :

- **Volume :** 2500 litres
- **Capacité de production :** 1 tonne
- **Coûts :**
 - **Installation initiale :** 3000 €
 - **Installation automatisée :** 6000 €
 - **Installation automatisée avec contrôle de la température :** 9000 €



LA CUVE DE TREMPE :

Fabriquée par un chaudronnier, elle présente une forme cylindro-conique, idéale pour la répartition des contraintes au sein de la cuve (limite les risques d'asphyxie) (voir illustration 1).

- **Apport d'eau :** La réserve d'eau nécessaire à l'immersion du grain est contenue dans des tonnes à eaux situées au-dessus de la cuve. Elles permettent un débit bien plus important que le circuit de distribution, ce qui permet d'immerger rapidement l'ensemble du grain et d'éviter des décalages entre le haut et le bas de la cuve.
- **Evacuation de l'eau :** une vanne située au bas de la cuve et munie d'une grille permet d'évacuer l'eau de trempe sans évacuer le grain.
- **Recirculation :** Afin d'homogénéiser les conditions durant la trempe, une pompe permet de faire recirculer l'eau durant les phases immergées depuis le bas de la cuve jusqu'à la boule d'aspersion située au-dessus de la cuve (voir illustration 2 + photo en bas à droite).
- **Automatisation :** Initialement, l'ensemble des opérations étaient déclenchées par l'opérateur. La Piautre a fait appel à un électricien pour installer un tableau électrique contrôlant la pompe et des électrovannes, ce qui permet de programmer différents cycles de trempe, lesquels peuvent varier en fonction des saisons et des caractéristiques du grain (voir illustration 3).
- **Déversement du grain sur aire :** montée sur roues, la cuve peut être déplacée jusqu'à l'aire de germination pour y déverser le grain sortant de trempe par le trou d'homme situé en bas de la cuve (voir photo ci-contre, en bas à gauche).
- **Amélioration future (contrôle de la température):** Pour ne plus être tributaire de la température de l'eau (et donc des saisons), la Piautre a le projet de mettre en place un système permettant le contrôle de la température de l'eau de trempe. La chaleur serait produite à l'aide d'un cumulus électrique et le froid avec un tank à lait muni d'un groupe froid fonctionnel.





AIRE DE GERMINATION :

- **Surface** : 80 m²
- **Capacité de production** = 2 X 1 tonne
- **Coûts** :
 - Dalle : 5000 €
 - Vis sans fin : 200 €
 - Reste : récup

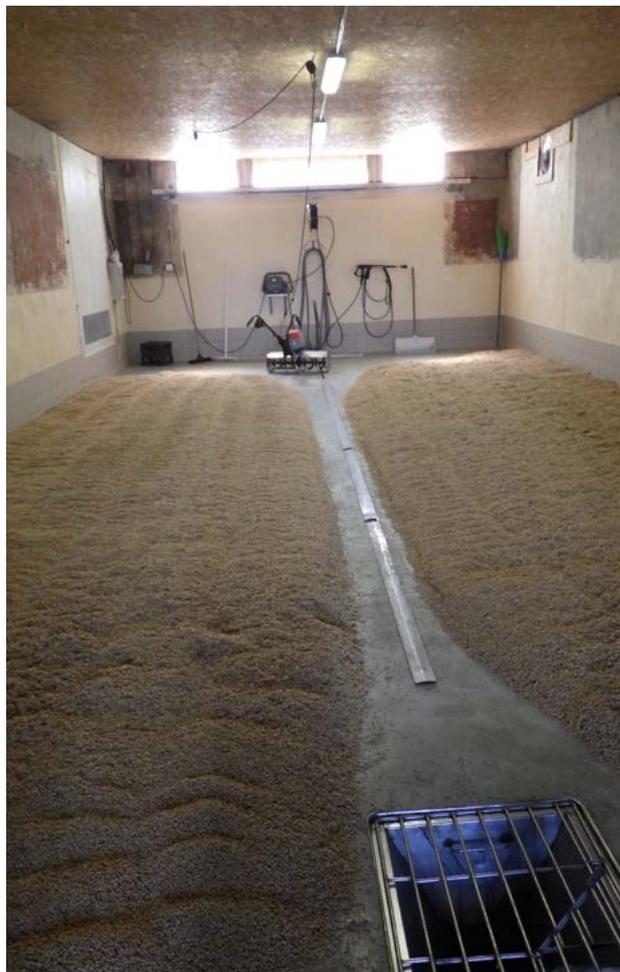
La germination étant l'étape la plus longue du maltage (4 – 5 jours), la dimension de l'aire détermine la capacité de production de la malterie. Celle-ci a une dimension d'environ 80 m², ce qui permet d'y faire germer 2 lots d'une tonne et donc de produire 3 tonnes de malt par semaine.

Le sol : est en béton lissé muni de caniveaux en son centre permettant l'évacuation de l'eau excédentaire.

Retournement du grain : pour réduire la pénibilité de cette opération, une motobineuse électrique a été bricolée. Un système d'enrouleur à poulies autoconstruit permet de ne pas être gêné par le fil d'alimentation.

Transfert vers la touraille : Une fosse aménagée dans la dalle permet d'accueillir la vis sans fin conduisant le grain germé vers la touraille. Pour une question d'hygiène, un godet en inox fait sur mesure est mis en place au moment du transfert. Afin d'éviter de potentiels accidents, la fosse est couverte d'une grille en inox.

Amélioration future (contrôle de la température de l'air) : En été, il devient difficile de malter, une température trop haute risquant de faire moisir le grain. Pour résoudre ce problème, l'aire de germination va être isolée du reste de la malterie grâce à une cloison amovible en polycarbonate et la température de l'air y sera contrôlée grâce à un système de ventilation équipé d'un aérotherme alimenté par de l'eau refroidie par un tank à lait.



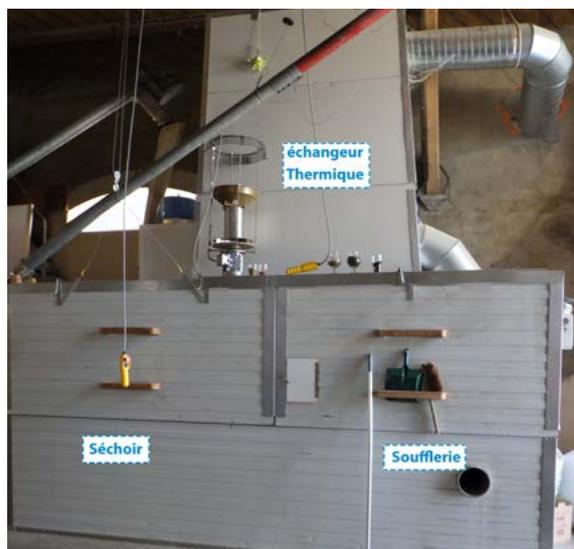


LA TOURAILLE :

- **Capacité de production :** 1 tonne
- **Source de chaleur :** électrique
- **Consommation énergétique :**
 - **Ventilation :** 4 kW
 - **Chauffage :** 30 kW
- **Coûts :**
 - **Touraille :** 5000 €
 - **Automatisation :** 3000 €

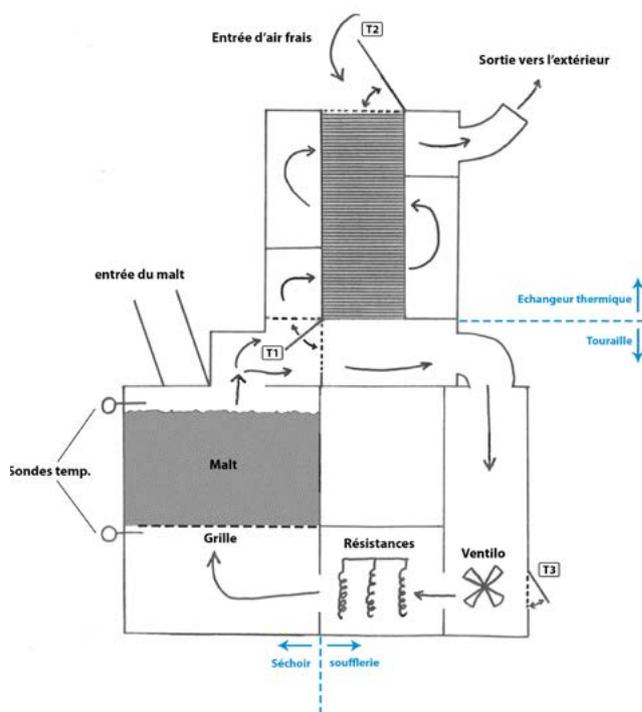
Cette touraille a été totalement autoconstruite par l'équipe de la Piautre et permet le touraillage de lots d'une tonne de grain. La température maximale pouvant être atteinte est de 85 °C, ce qui permet de produire uniquement du malt blond (pils, pale). Elle est composée d'un séchoir, d'une soufflerie et d'un échangeur thermique.

- **Habillage :** entièrement réalisé avec des panneaux sandwich, lesquels permettent une bonne isolation à faible coût mais pas de monter à de hautes températures (le matériau risquant de libérer des substances dangereux pour la santé).
- **Le séchoir :** consiste en un volume qui comprend une grille (33 % d'ouverture) supportant la masse de grain et ménageant un faux-fond en dessous de celle-ci.
- **La soufflerie :** comprend un ventilateur « escargot » (Puissance = 4 kW) et un chauffage d'atelier (2 résistances électriques de 15 kW chacune). L'air sortant de la soufflerie débouche sous le grain, dans le faux-fond du séchoir.
- **Contrôle de la température :** réalisé par deux sondes de température, l'une située dans le faux-fond (sous la grille) et l'autre au-dessus du grain. La première contrôle le chauffage de la soufflerie, la deuxième permet d'estimer le degré de séchage du grain par mesure comparée avec la première. Si les deux sondes affichent la même température cela signifie que le grain est sec.
- **L'échangeur thermique :** permet, durant le séchage, de récupérer une partie de la chaleur de l'air sortant de la touraille au profit de l'air entrant (jusqu'à 30 % d'échange). Il est constitué de 3 étages contenant chacun 33 tubes en aluminium de 1 mètre de long et de 80 mm de diamètre (voir schéma).
- **Modes de circulation de l'air :** un système de trappes permet plusieurs modes de circulation de l'air. Durant le séchage, la touraille fonctionne en circuit ouvert pour évacuer l'humidité du grain. Durant le coup de feu, la touraille fonctionne en circuit fermé pour économiser de l'énergie et permettre d'atteindre une plus haute température. Un troisième mode permet le refroidissement du grain en fin de touraillage (voir schéma).
- **Automatisation :** Initialement, tout était enclenché manuellement (cycle de chauffe, ouverture de trappes, etc). Aujourd'hui, un tableau de contrôle programmable a été installé et permet l'automatisation de l'ensemble du processus



• Chargement de la touraille :

Le grain est amené grâce à une vis sans fin depuis la fosse de l'aire de germination. De la vis, il tombe dans une chaussette alimentant un « tourniquet répartisseur » avant de tomber sur la grille du séchoir. Le tourniquet est un bricolage réalisé par l'équipe de la Piautre et consiste en une trémie distribuant les grains dans un carrousel rotatif qui projette radialement les grains. Une fois encastré dans la gaine d'entrée du malt, il permet une meilleure répartition des grains dans le séchoir.



Modes de circulation de l'air :

Séchage (T1=verticale ; T2=ouverte ; T3=fermée) : circuit ouvert, air frais entrant réchauffé par l'échangeur

Coupt de feu (T1= horizontale ; T2=fermée ; T3=fermée) : circuit fermé

Refroidissement (T1=verticale ; T2 = fermée ; T3 = ouverte) : circuit ouvert, air frais entrant directement au niveau du ventilateur



LE SYSTÈME DE DÉGERMAGE :

- **Coûts :**
 - Pré nettoyeur avec cyclone : ± 2000 €
 - Vis sans fin 200 €

En fin de touraillage il est nécessaire de détacher les radicules du grain (dégermage), puis de les éliminer ainsi que les poussières et autres saletés (nettoyage).

- **Dégermage :** la touraille est vidée à l'aide d'une vis sans fin. C'est la friction engendrée lors du parcours du grain dans la vis qui va permettre de détacher les radicules des grains.
- **Nettoyage :** à la sortie de la vis, les grains et les radicules tombent dans un pré nettoyeur, lequel permet de séparer les grains du reste par différence de densité. Les grains tombent sous le pré nettoyeur, dans un silo, tandis que le mélange poussières/radicelles est envoyé vers le cyclone. Ce dernier va permettre de séparer les radicules des poussières. Les radicules tombent dans un sac sous le cyclone et les poussières sont éliminées vers l'extérieur par une cheminée.



POINTS FORTS : LIMITES :

- **Ergonomie :** des solutions ont été mises en place pour réduire la pénibilité du travail liée au maltage sur aire (cuve de trempage sur roue, motobineuse pour les retournements, vis sans fin pour les transferts de grain, ...).
- **Automatisation :** de la trempage et du touraillage permettant de limiter la présence du malteur ou de la malteuse.
- **Faible coût :** lié à l'autoconstruction, aux matériaux choisis et à la récupération.
- **Température maximum de touraillage :** l'emploi de panneaux sandwich pour l'habillage de la touraille empêche de monter au-delà de 85 °C, ne permettant que de produire du malt blond.
- **Influence des températures extérieures :** pour la trempage et la germination (des solutions sont en cours d'installation).
- **Contrôle difficile des conditions de germination :** intrinsèquement lié au maltage sur aire

D'AUTRES EXEMPLES !

D'autres exemples de malteries autoconstruites sont disponibles sur **le forum de l'Atelier paysan** :



Malterie de la ferme brasserie Deluge

<http://forum.latelierpaysan.org/autoconstruction-malteries-t3504.html>



Malterie de l'Ale'Ouët

<http://forum.latelierpaysan.org/malterie-autoconstruite-ale-ouet-t3527.html>

FICHE 2 : LA MOTO-RETOURNEUSE

FERME-BRASSERIE LA PIAUTRE

À la brasserie-malterie de la Piautre (voir page x), la bière est produite à partir d'orge locale transformée au sein d'une malterie sur aire autoconstruite. La germination sur aire implique de retourner régulièrement le malt (2 - 3 fois par jour) afin d'homogénéiser les conditions et d'éviter l'entrelacement des radicelles. Traditionnellement le retournement était réalisé au râteau, une tâche très fatigante. Pour limiter la pénibilité de cette opération, l'équipe de la brasserie de la Piautre a modifié une motobineuse électrique pour en faire une retourneuse à malt.



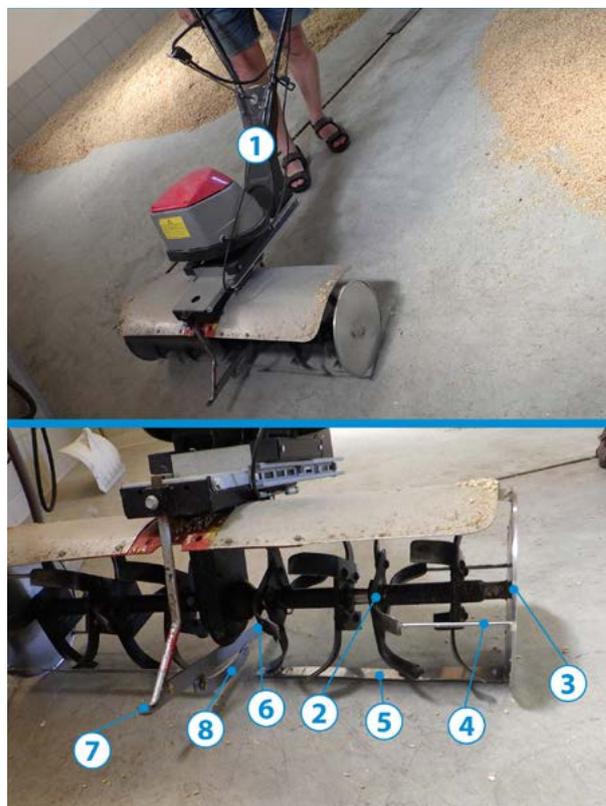
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- **Largeur de travail :** 60 cm
- **Puissance :** 1000 W
- **Coût :** ± 100 €

CONSTRUCTION & FONCTIONNEMENT :

La moto-retourneuse a été réalisée à partir d'une moto-bineuse électrique à 4 fraises rotatives à laquelle certaines modifications ont été apportées :

- **Modification du sens d'utilisation :** initialement prévue pour fonctionner en avançant, les poignées ont été retournées pour pouvoir utiliser l'outil à reculons, et ainsi, de ne pas marcher sur le malt déjà retourné (1).
- **Augmentation de la largeur de travail :** passée de 30 à 60 cm en rallongeant l'axe rotatif et en ajoutant deux fraises de chaque côté (2). L'habillage a été rallongé en conséquence en boulonnant une plaque d'inox de chaque côté (3).
- **Ajout de disques inox aux extrémités :** ils jouent le rôle de roues et limitent la dispersion des grains (3).
- **Ajout de lames et de tiges inox :** améliorent le retournement du grain (4 et 5).
- **Système de butées :** une à l'arrière permettant de maintenir l'outil en position « debout » hors utilisation (6) et une à l'avant permettant que les hélices ne touchent pas le béton lorsque l'outil est trop incliné en avant (7). Elles sont reliées par un axe courbé central (8) sur lequel repose l'outil en plus des roues.



POINTS FORTS : +

- Confort de travail
- Bon marché

LIMITES :

- Ne permet pas d'étaler (modification de l'épaisseur de la couche) ou de déplacer le grain (transfert vers la touraille).

FICHE 3 : UNE CASE DE GERMINATION

LA MALTERIE DU VIEUX SILO

Pour faire face à la demande et rentabiliser son projet, Laurent Coursière de la malterie du Vieux Silo, a eu besoin d'augmenter la production sans prendre plus de place au sol ni augmenter la main d'œuvre tout en permettant un contrôle des conditions de germination. La décision a donc été prise de quitter la germination sur aire et d'autoconstruire une case de germination.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- Capacité de production : 8 tonnes (2 lots de 4 tonnes)
- Dimensions :
- surface : 36 m² (12 X 3 m)
- hauteur : 1,25 m
- Coûts : environ 70 000 €

CONSTRUCTION & FONCTIONNEMENT :

Conçue et construite par Laurent, elle consiste en une grille perforée ménageant un faux-fond au sein duquel de l'air est insufflé pour permettre une circulation forcée d'air conditionné à travers la couche de grain.

Prévue pour faire germer 2 lots simultanément, il s'agit de deux aires de germination en enfilade d'une superficie de 18 m² chacune (3 X 6 m). Le grain est mis en couche de 50 cm, ce qui permet de faire germer 4 tonnes par aire (soit 8 tonnes en tout).

La structure : réalisée en profilés d'acier et habillée de tôles en inox.

Ventilation et humidification de l'air : chaque aire de germination est équipée d'un ventilateur envoyant de l'air dans le faux-fond pour rafraîchir le grain à besoin. À la sortie des ventilateurs, des gicleurs d'eau permettent de corriger le taux d'humidité de l'air.

Evacuation du grain vers la touraille : une vis sans fin court entre les deux aires de germination et permet d'évacuer le grain à l'extérieur de la case de germination jusqu'à un convoyeur qui transfère le malt jusqu'à la touraille

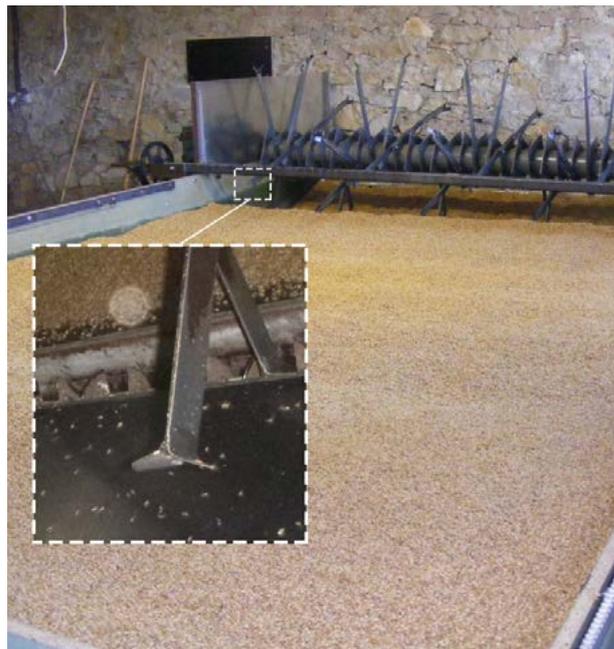


LE RETOURNEUR

Conçu par Laurent et réalisé par un chaudronnier, il permet le retournement automatique du grain afin d'homogénéiser les conditions au sein de la masse de grain et d'éviter l'entrelacement des racinelles. Il consiste en un râteau rotatif pouvant se déplacer le long de la case de germination.

Le râteau : est constitué d'un axe central sur lequel sont emmanchées dans toutes les directions 38 platines carrées supportant chacune une barre en métal dont l'extrémité est fendue en deux afin de former un soc en patte d'oie.

Rotation et déplacement : Le râteau tourne sur lui-même et se déplace le long de l'aire de germination. Un moteur assure la mise en rotation du râteau dont l'axe central est repris par deux paliers montés sur un châssis en acier qui repose sur des rails fixés aux parois de la case de germination. Des roues dentées fixées de part et d'autre du râteau et imbriquées dans des crémaillères courant tout le long de la case de germination assurent le déplacement du râteau lorsqu'il tourne.



POINTS FORTS :

- Permet de malter tout au long de l'année
- limite la main d'œuvre et la présence du malteur (automatisation des processus)
- limite la place prise au sol
- augmente le contrôle des conditions de germinations

LIMITES :

- Coût élevé à l'installation
- Augmente la consommation d'énergie



FICHE 4 : UNE MALTERIE MONO-CUVE

FERME-BRASSERIE GARLAND

La ferme-brasserie Garland lancée en 1992 par Christian Garland, est l'une des premières fermes-brasseries de France. Après avoir passé des années à déplacer du grain, Christian a mis un point d'honneur dans l'aménagement de sa troisième brasserie-malterie à limiter le travail de manutention. Entre autres bonnes idées, la décision a été prise de quitter le traditionnel maltage sur aire et de s'équiper d'un système de maltage tout en un permettant de réaliser automatiquement et dans la même entité toutes les étapes du maltage, de la trempe au touraillage.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

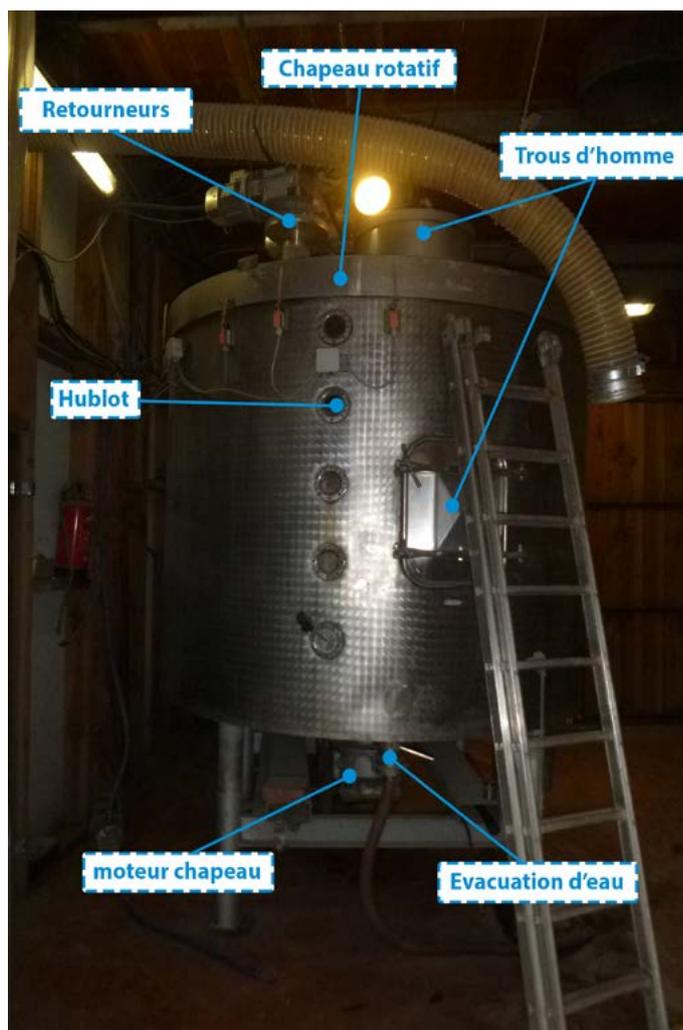
- Capacité de production : 800 kg
- Consommation : 40 kW
- Température maximale de touraillage : 80 °C (malt Pils)
- Coût :
 - Chaudronnerie : 25 000 €
 - Automatisation : 5 000 €
 - Chaudière : 5 000 €

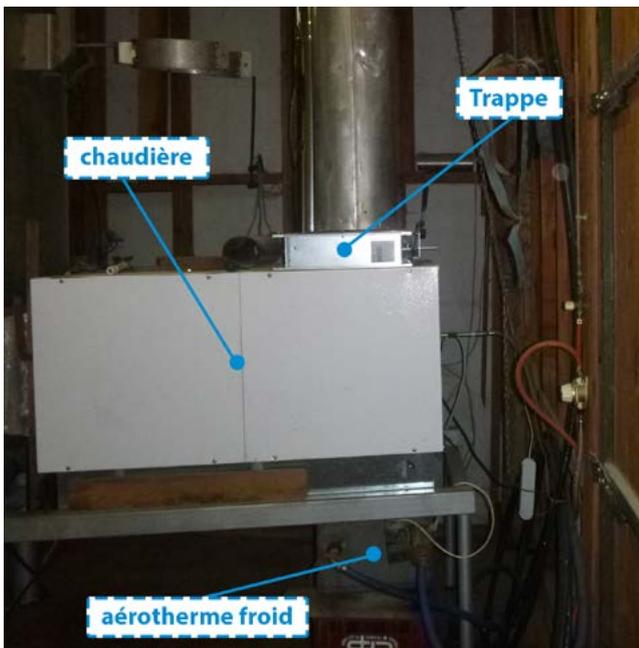


CONSTRUCTION & FONCTIONNEMENT :

Ce système conçu par Christian et réalisé par un chaudronnier, consiste en une cuve unique munie d'un faux fond dans lequel de l'air provenant d'une ventilation est insufflé. Le contrôle de la température de l'air, le retournement et l'aspersion des grains sont gérés automatiquement. Elle permet de malter des lots de 800 kg d'orge et est utilisée uniquement pour produire des malts de base.

- **La cuve** : Ancienne cuve laitière double paroi (pour l'isolation). Des hublots sur le côté permettent de voir les processus en cours. Une grille perforée soutenant la masse de grain et située au premier tiers de la hauteur de la cuve permet de ménager un faux fond dans lequel sera insufflé l'air provenant de la chaudière.
- **Le chapeau rotatif** : supporté par un axe central traversant toute la cuve, le chapeau est mis en rotation grâce à un moteur situé sous la cuve. Il porte les retourneurs, la rampe d'aspersion et la sonde de température. Son mouvement permet de les faire balayer l'ensemble de la masse de grain.
- **Remplissage et vidange du grain** : le grain est introduit par un premier trou d'homme situé au sommet de la cuve et est vidé par le deuxième trou d'homme sur le côté.
- **Retournement** : 2 vis sans fin verticales (retourneurs), permettent de remuer le grain pendant les différentes étapes de maltage, ce qui permet d'homogénéiser les conditions et d'éviter l'entrelacement des radicelles durant la germination.
- **Aspersion** : permet l'arrosage du grain durant la trempe (réalisée par aspersion) et la correction de l'humidité durant la germination. Une évacuation située sous la cuve permet d'éliminer l'excédent d'eau depuis le faux-fond.





- **Production de chaleur :** une chaudière à gaz de 40 kW permet de chauffer l'air avant son introduction dans le faux-fond de la cuve. Elle permet une température de 80 °C pendant le coup de feu et donc de produire du malt Pils.
- **Production de froid :** un aérotherme alimenté par le groupe froid de la brasserie permet de rafraîchir l'air durant la phase de germination offrant un meilleur contrôle des conditions de germination et autorisant le maltage tout au long de l'année.
- **Contrôle de la température :** deux sondes de température, une première située dans le faux-fond et une deuxième dans la masse de grain (fixée sur le chapeau rotatif), assurent la mesure de la température et le contrôle de la ventilation.
- **Circuit fermé ou circuit ouvert :** un système de trappes permet à la ventilation de fonctionner en circuit ouvert pendant le séchage afin d'éliminer l'humidité et en circuit fermé pendant le coup de feu pour économiser de l'énergie et permettre de monter suffisamment en température.
- **Automatisation et sécurité :** L'équipe a fait appel à un électricien pour l'automatisation des processus et pour équiper la cuve de systèmes de sécurité. Ainsi, le chapeau ne peut tourner que si les retourneurs sont enclenchés et ne peut faire qu'un seul tour pour éviter l'arrachement de l'arrivée d'eau.

POINTS FORTS :

- Limite la production : ne permet pas de faire germer plusieurs lots en même temps
- Onéreux

LIMITES :

- Gestion entièrement automatisée
- Main d'œuvre très réduite
- Bon contrôle des conditions durant toutes les étapes de maltage

FICHE 5 : TORRÉFACTEUR BÉTONNIÈRE :

FERME-BRASSERIE GARLAND

La Ferme brasserie Garland produit son orge et la transforme en malt. Afin de pouvoir répondre à leurs besoins en malt spéciaux, entrant dans la confection de leur bière ambrée, et ainsi, éviter de devoir se fournir auprès d'une malterie, ils ont décidé de s'équiper pour la torrification. Etant donnée la faible et occasionnelle consommation en malt spéciaux, la brasserie n'avait besoin que d'un tout petit torrificateur permettant de torrifier la quantité de malt nécessaire à un brassin. La production n'étant pas destinée à la vente, la qualité du produit fini ne concerne qu'eux. Ainsi, leurs exigences quant aux performances de l'outil étaient relativement faibles. Ce torrificateur, simple mais efficace, est né de la rencontre entre une bétonnière et Christian Garland, toujours prêt à bricoler pour réduire les factures.

CONSTRUCTION & FONCTIONNEMENT :

Ce torrificateur fonctionne par chauffe directe au gaz et est utilisé à la fois pour produire des malts caramel à partir de malt vert et des malts torrifiés à partir de malts de base. Il a une capacité de production de 30 kg en un temps variant de 2 à 3 heures en fonction du type de torrification recherché. Il est construit à partir d'une bétonnière de récupération à laquelle certaines modifications ont été apportées :

- **Un baril en inox alimentaire** a été soudé au tambour de la bétonnière pour faire office de cuve de torrification. Deux pales ont été placées à l'intérieur du baril pour améliorer le brassage des grains (fers plats de 1,5 mm en inox soudés à la baguette enrobée).
- **Le châssis de la bétonnière** a été complété pour venir soutenir l'avant du tambour de torrification qui repose sur des roulements de moissonneuse usagés.
- **Un thermomètre pour four** a été placé à l'arrière du baril et permet un contrôle approximatif de la température durant la torrification
- **Une lance de désherbage thermique** se fixant sur la structure de la bétonnière est utilisée comme source de chaleur.
- **La motorisation d'origine** a été conservée et génère une vitesse de rotation de 25-30 t/min.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- **Capacité de production** : 30 kg de grain
- **Source de chaleur** : gaz
- **Durée de production** : 2 – 3 heures (en fonction du niveau de torrification)
- **Consommation** : 2 kg de propane/ heure



POINTS FORTS :

- Simple de conception et de construction
- Entièrement fait de matériaux de récupération
- Bon marché

LIMITES :

- **Brûleur manuel** : ne permet pas de contrôle automatisé, oblige l'opérateur à être présent et vigilant. Le risque de monter trop haut en température et de brûler le grain est important.
- **Contrôle de la température difficile** : la taule fine du baril inox et la forte puissance du brûleur induisent des montées rapides en température. De plus, le thermomètre ne permet pas une mesure précise.
- **Vitesse de rotation trop importante** : ce qui a pour effet de trop plaquer les grains contre la paroi par force centrifuge et de briser les grains
- **Pertes de chaleur importantes** : Une grande partie de la chaleur dispensée par le brûleur est perdue. L'ajout d'un carénage fixe autour du baril rotatif permettrait de limiter les pertes.

FICHE 6 : UNE TOURAILLE POUR LE MALT CARAMEL

LA MALTERIE DU VIEUX SILO

Laurent Coursière, de la malterie du Vieux Silo a autoconstruit la grande majorité des éléments de sa malterie. Déjà équipé d'une grande touraille permettant la production de malt de base en grande quantité, il lui fallait se munir d'une touraille plus petite et pouvant atteindre de plus hautes températures pour assurer la production de malt caramel.

CONSTRUCTION & FONCTIONNEMENT :

Ce torréfacteur fonctionne à l'air chaud pulsé. Utilisé pour produire du malt caramel, il permet l'évacuation efficace de l'eau contenue dans le malt vert. Sa capacité de production est de 600 kg de grain par lot en un temps variant de 5 à 14 h en fonction du degré de torréfaction souhaité.

- **La cuve** : réalisée par un chaudronnier, il s'agit d'une cuve de 1500 litres, double paroi et isolée avec de la laine de roche. Une gaine perforée plaquée contre la paroi intérieure de la cuve permet de conduire l'air chaud provenant du ventilateur et de le diffuser dans la masse de grain. La cuve est pourvue de deux ouvertures : un trou d'homme pour introduire et vider le grain et une trappe donnant sur l'intérieur de la gaine d'aération pour le nettoyage de celle-ci.
- **Mise en rotation de la cuve** : La rotation de la cuve permet une torréfaction homogène des grains. La cuve tourne lentement d'un seul tour et s'arrête toujours au même point (gaine perforée vers le bas). La mise en rotation est assurée par un axe central (servant aussi de canalisation pour l'admission d'air chaud) soutenu par deux paliers eux-mêmes supportés par un châssis en acier. La motorisation a été réalisée par Laurent, à partir d'un moteur de récupération couplé à un motoréducteur pour réduire la vitesse de rotation. La transmission est réalisée par une chaîne.
- **Production d'air chaud** : l'air est chauffé par 2 résistances électriques de 6 kW situées à la sortie du ventilateur. Le contrôle de la température est assuré par un thermostat actionnant les résistances électriques et dont la sonde est située dans la canalisation à l'entrée de la cuve.
- **Circulation de l'air en circuit ouvert** : au début de la torréfaction, l'air frais et sec entre par la prise d'air, est propulsé par le ventilateur, chauffé par les résistances et introduit dans la cuve au niveau du centre de la paroi latérale. Une fois dans la cuve, l'air est diffusé dans le grain par une gaine perforée. Il ressort de la cuve chaud et humide au niveau du centre de l'autre paroi latérale pour être évacué par la cheminée.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- **Capacité de production** : 600 kg
 - **Source de chaleur** : Air chaud, résistances électrique
 - **Durée de production** : 15 - 40 h (fonction du niveau de torréfaction)
 - **Consommation** : 12 kW (soit 20 W/kg)
 - **Coûts** : environ 12 000 €
 - **Structure et cuve** : 10 000 € (réalisées auprès d'un chaudronnier)
 - **Résistances électriques, ventilation, circuit et électronique** : 2000 €
- **Circulation de l'air en circuit fermé** : à la fin de la torréfaction, le grain est sec, il n'est donc plus nécessaire d'évacuer l'humidité. Grâce à un système de trappe, il est possible faire circuler l'air en circuit fermé pour économiser de l'énergie.
 - **Electronique et automatisation** : la rotation de la cuve, le contrôle de la température et le fonctionnement de la ventilation sont automatiques et programmables. Tout a été réalisé par Laurent.



POINTS FORTS :

- Bonne évacuation de l'humidité du malt vert durant la torréfaction
- Automatisation de l'ensemble du processus



LIMITES :

- Ne permet pas de produire des malts très torréfiés
- Coût élevé

FICHE 7 : FUMOIR AUTOCONSTRUIT

BRASSERIE LA PIAUTRE

Depuis 2017, la brasserie malterie de la Piautre s'est lancée dans la production de whisky. Celui-ci est produit à partir de 75 % de malt blond et 25 % de malt tourbé. Ce dernier est issu du fumage à la tourbe de malt de base. Déjà équipé d'une malterie leur permettant de transformer de l'orge locale en malt de base, ils ont décidé de bricoler un fumoir à malt afin de pouvoir produire le malt tourbé à partir de leur propre malt de base.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- Capacité de production : 50 kg
- Température de fumage : 100 – 150 °C
- Coût : < 1000 €, entièrement fait de récupération



CONSTRUCTION & FONCTIONNEMENT

Le fumoir permet de fumer 50 kg de malt de base à 100 – 150 °C et a été réalisé à partir d'un conteneur alimentaire en inox de récupération auquel certaines modifications ont été apportées :

- **Une porte** a été réalisée en découpant la face avant du conteneur.
- **Une grille** a été mise en place dans la partie inférieure du conteneur pour soutenir le malt tout en laissant passer la fumée.
- **Le foyer** a été fait avec une bonbonne de compresseur. La porte a été fabriquée en découpant le fond de la bonbonne et une buse débouchant sous la grille a été rajoutée.
- **Le fumoir** a été isolé avec de la laine de verre bardée de plancher.
- **Un thermomètre** pour four installé sur la face avant en dessous de la grille permet un contrôle approximatif de la température des fumées.
- **Un extracteur d'air chaud** a été ajouté sur le dessus du fumoir pour accélérer le tirage.



POINTS FORTS :

- Simple de conception et de construction
- Entièrement fait de matériaux de récupération
- Bon marché



LIMITES :

- Problème d'ignifugation. Ce modèle a fini par prendre feu. Un nouveau fumoir est en cours de fabrication dans un conteneur à marchandises"



FICHE 8 : MINIMISER LA MANUTENTION DU GRAIN

FERME-BRASSERIE GARLAND

La ferme brasserie Garland transforme son orge en bière et son blé en farine. Passer du champ aux produits finis implique de nombreux déplacements de grain. Au bout de 30 ans de métier, Christian Garland a bien compris l'intérêt de minimiser le travail de manutention et a autoconstruit son bâtiment en conséquence. Le bâtiment comporte en son centre « une tour de tri » comprenant deux élévateurs à godets permettant de maximiser les transferts par gravité. Une souffleuse à grain et des vis sans fin assure le reste des transferts.

▽ Ci-dessous : vues de la partie "brasserie" du bâtiment (non-traitée dans cette fiche)



ÉLÉMENTS DE LA CHAÎNE DE MANUTENTION :

- **Trieur séparateur** : jeu de grilles et de souffleries, permet le tri des grains selon leurs formes. Pour un premier tri des céréales provenant du champ et pour nettoyer le malt une fois dégermé.
- **Table densimétrique** : vibrant et générant un coussin d'air, permet le tri des grains selon leur densité. Sépare les grains de formes similaires (élimine notamment la folle avoine de l'orge)
- **Boisseau de réception** : reçoit les grains provenant de la moisson ou provenant d'une des cellules de stockage pour subir un deuxième tri
- **Malterie** : permet de réaliser toutes les étapes de la trempe au touraillage (voir fiche la malterie monocuve).
- **Concasseur à malt** : permet de réaliser toutes les étapes de la trempe au touraillage (voir fiche la malterie monocuve).
- **Humidificateur à grain** : confère aux grains de blé l'humidité nécessaire à une mouture de qualité.
- **Moulin à farine (Astrié)** : constitué de 2 meules de pierre (connu pour conserver les propriétés nutritives du grain). Il est suivi d'un tamis permettant de séparer le son de la farine.
- **Brosse à blé** : réalise l'opération de dégermage après touraillage.
- **Souffleuse à grain** : effectue les transferts de grains en combinaison de la vis sans fin amovible (voir schéma page suivante).
- **Élévateurs** : ils remontent la tour de tri (voir schéma page suivante).
- **Distributeur** : répartit le grain vers les différentes cellules de stockage.

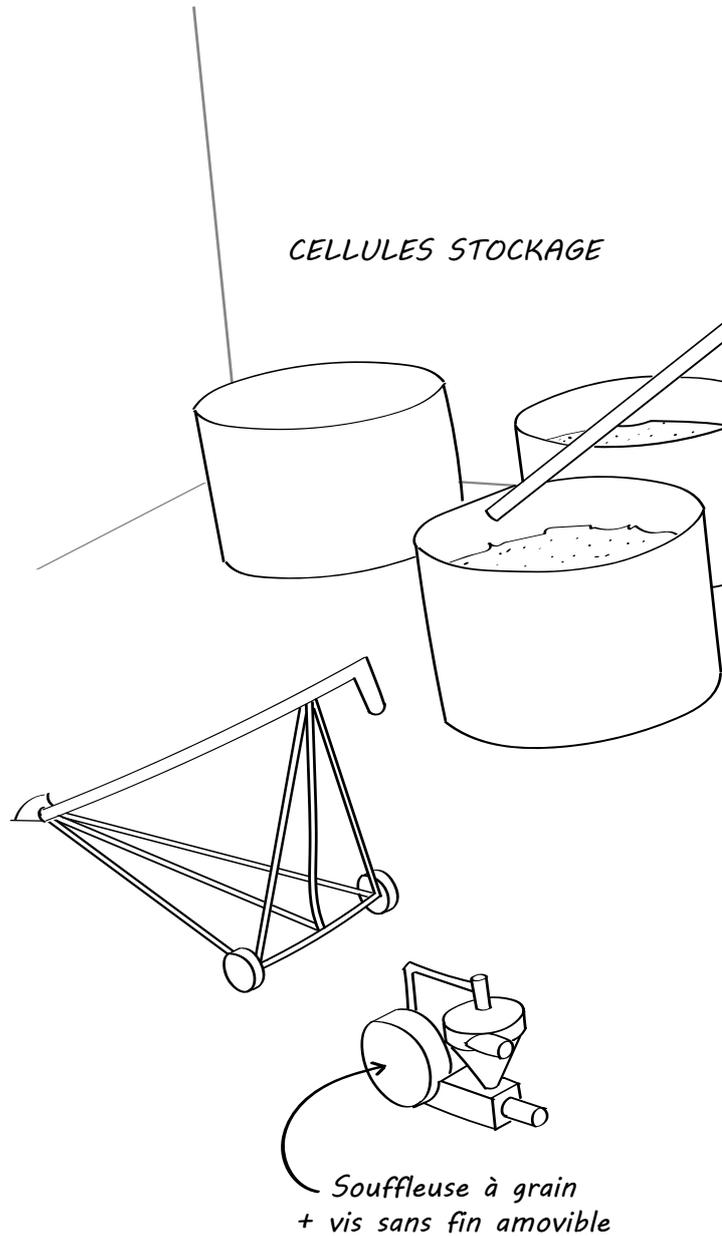
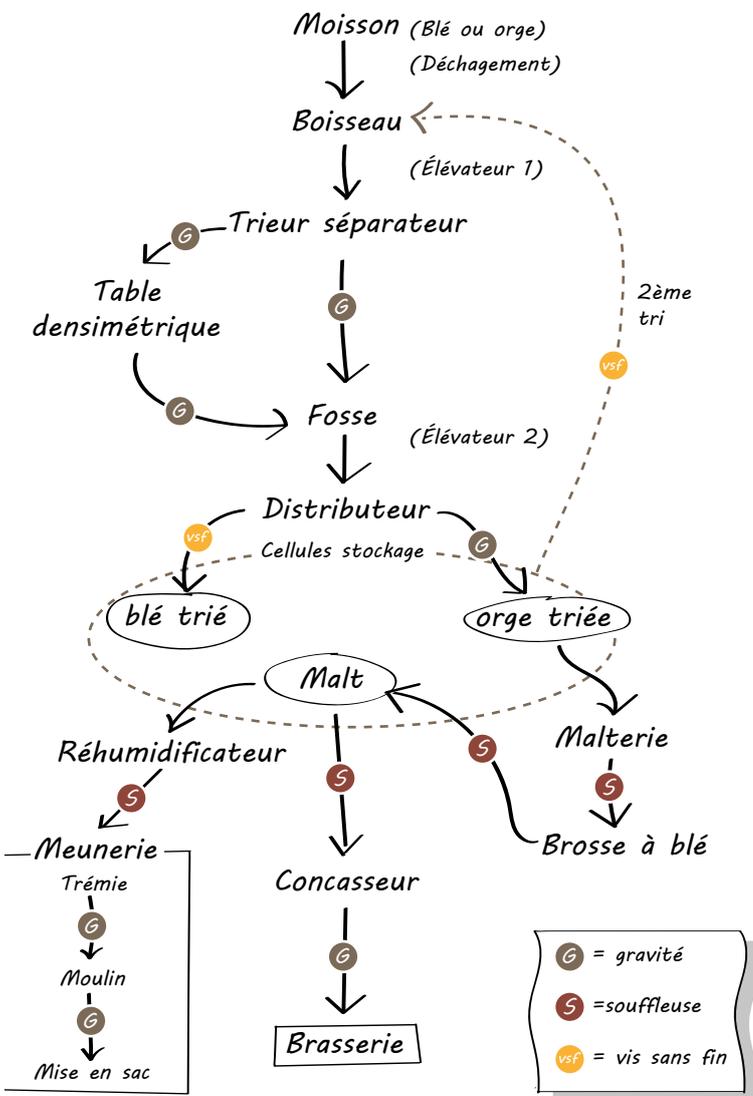
Schémas : page suivante ▶

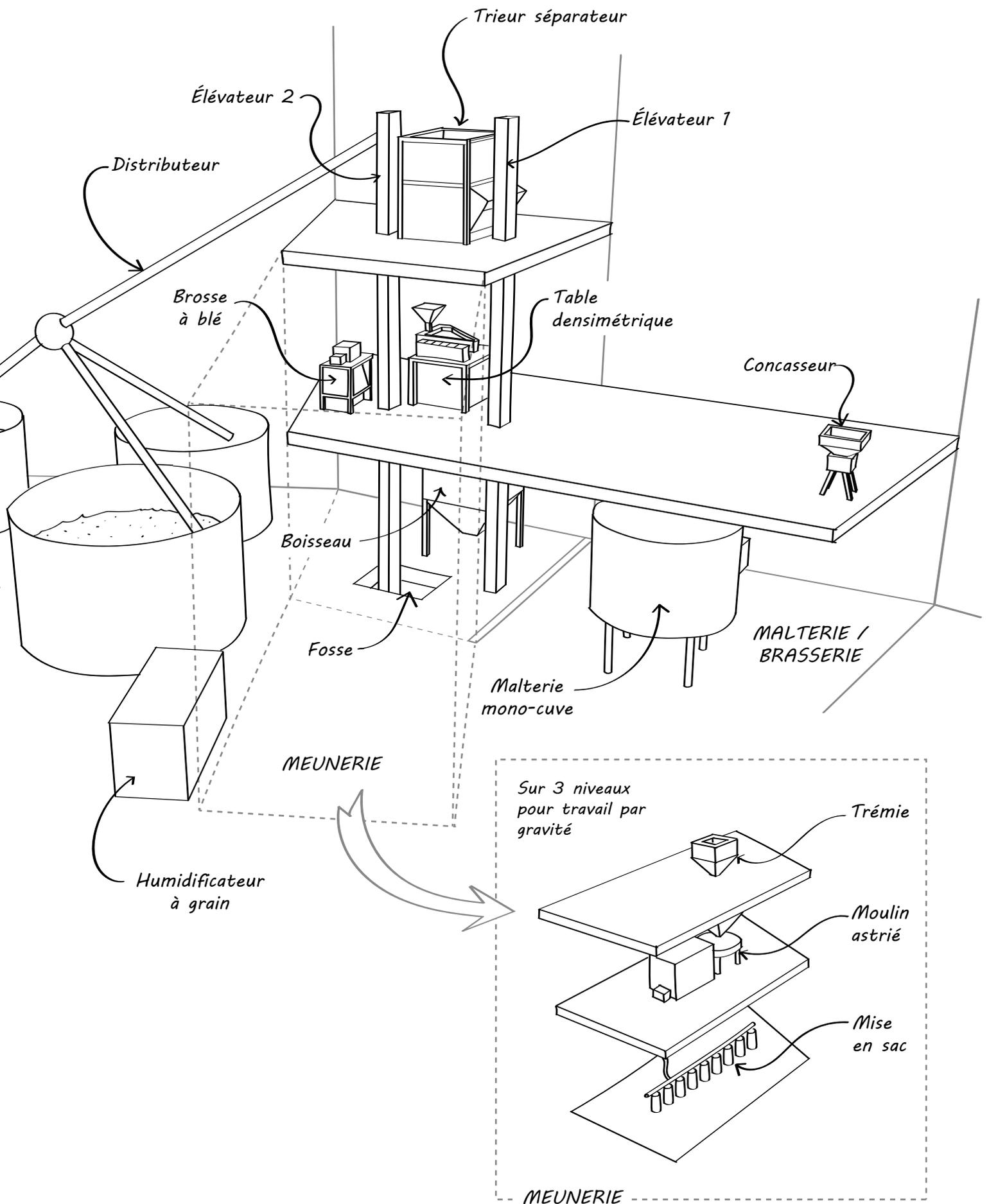
FICHE 8 : MINIMISER LA MANUTENTION DU GRAIN (SUITE)

SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT :

Retrouvez ci-dessous les différentes étapes de la chaîne de manutention, qu'il est possible de situer sur le dessin ci-contre pour se faire une idée de l'organisation de l'espace dans l'ensemble du bâtiment.

Cet aménagement (organisé autour d'une "tour de tri centrale") permet de réaliser l'essentiel des opérations de transfert du grain par gravité : un système particulièrement ergonomique !







LA BRASSERIE

<i>Contexte</i>	128
<i>La fabrication de la bière</i>	132
<i>Brasserie et technologies appropriées</i>	141
<i>Fiches expériences : la brasserie</i>	149





5.1/ Contexte

*LA RÉAPPARITION MASSIVE DES BRASSERIES ARTISANALES
NOUVEAUX BRASSEURS, NOUVELLE PROFESSION
UNE PRODUCTION QUI TEND VERS LE BIO ET LE LOCAL*



LA PRODUCTION DE BIÈRE EN FRANCE



PRODUCTION ET CONSOMMATION EN FRANCE

Nombre de brasseries en France : plus de 2000 brasseries dénombrées en 2019 (dont 85 % ont été créées il y a moins de 5 ans)



PRODUCTION DE BIÈRE EN FRANCE (2018)

1,3 millions d'hl (soit 800 hl par brasserie)
96 % de la production réalisée par une quinzaine de brasseries



CONSOMMATION ANNUELLE (2018)

23,5 millions d'hl (soit 33 litres par an et par habitant) > 16 % de la consommation d'alcool est issue de la bière contre > 58 % pour le vin (2016).



COMMERCE EXTÉRIEUR :

> **EXPORT** : 6,9 millions d'hl principalement en Espagne, Belgique, Royaume-Uni et Pays-Bas

> **IMPORT** : 7,4 millions d'hl / 70 % des bières consommées en France sont produites sur le territoire français



LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

L'ensemble du territoire est aujourd'hui couvert de brasserie. Les plus fortes concentrations sont situées dans les régions traditionnellement brassicoles (Alsace-Lorraine, Hauts-de-France). Suivent ensuite Bretagne et Auvergne-Rhône-Alpes.

LE RETOUR EXPLOSIF DES BRASSERIES ARTISANALES

Historiquement, la France était couverte de brasseries. On en comptait plus de 3000 au début du XX^e siècle. Or, à la fin du même siècle, il n'en existe plus qu'une trentaine. Qu'est-il arrivé entre temps à la brasserie artisanale française ?

L'enchaînement des deux guerres mondiales a porté un coup très dur au secteur brassicole. La majorité des brasseries ne put se relever d'un demi-siècle de privations, de réquisition et de crises économiques. Après-guerre, le développement des transports et l'avènement des bières de fermentation basse (nécessitant de lourds investissements et une technicité importante) ont induit une reconstruction de la brasserie française autour d'un modèle industriel. A la fin du siècle, ce modèle a fait son chemin pour parvenir à limiter le paysage brassicole à une vingtaine de brasseries industrielles, lesquelles remplissent les étals de nos supermarchés d'une variété de produits similaires ayant pour principal avantage leur reproductibilité et leur longue durée de conservation. Avantage pour le fabricant ou pour le consommateur ? A vous de choisir...Fort heureusement pour nos palais, le vent a récemment tourner !

Suivant la tendance initiée en Amérique du Nord, dans les pays scandinaves et en Nouvelle-Zélande, on assiste à une réapparition importante de brasseries en France. Le phénomène commence doucement en Bretagne dans les années 90, s'intensifiera durant les années 2000, pour véritablement exploser au cours des années 2010. En 2017, le rythme de création atteignant une brasserie par jour ! Aujourd'hui le nombre de brasseries dépasse les 2000 unités dont 85 % ont été créées entre 2015 et 2020.

Du point de vue géographique les brasseries sont relativement bien réparties sur le territoire. Toutes les régions françaises possèdent leur tissu brassicole ! Les régions abritant le nombre de site de production le plus important sont l'Auvergne-Rhône-Alpes (368 unités), suivie de la nouvelle Aquitaine (244 unités). Les régions traditionnellement brassicoles continuent d'afficher une densité importante et conservent les plus gros sites de production. La région Grand-Est, à elle seule est responsable de 50 % de la production du pays.



UNE PRODUCTION QUI TEND VERS LE BIO ET LE LOCAL

Même si le nombre de brasseries n'a cessé de grimper ces vingt dernières années, la production française reste presque intégralement contrôlée par quelques groupes industriels. Ainsi, sur les 1,3 millions d'hectolitres produits en France en 2019, 96 % étaient réalisés par une quinzaine de brasseries. Heineken et Kronenbourg, les deux leaders du marché français, représentent à eux seuls 70 % de cette production.

Petits et grands ne jouent pas le même jeu, plutôt que d'opérer à la transformation de la filière mise en place par l'industrie, la réapparition massive des petites brasseries tend à mettre en place une seconde filière à côté de la première.

UNE PRODUCTION AXÉE SUR LE BIO ET LE LOCAL

Lorsque les géants de l'industrie nous proposent leurs éternelles Pils standardisées, les petites brasseries se font une place en proposant des produits répondant à la tendance globale de consommer mieux et de consommer local. La plupart des petites brasseries mettent en avant la qualité et la provenance de leur matière première ou de leur processus. Bières non filtrées, non pasteurisées, souvent biologiques, utilisant des ingrédients locaux. Aussi, les petites brasseries osent à s'écarter des éternelles blanches, blondes, brunes, jusqu'ici seule diversité existant dans la nomenclature française de la bière pour proposer une variété de styles, suivant ainsi la tendance du « craft beer » issue des pays d'Amérique du Nord. Quelle brasserie artisanale ne propose pas l'incontournable IPA ? Bière à forte amertume et généreusement aromatisée au houblon américain. Autour de ce style emblématique, d'autres commencent à apparaître : Stout, Porter, Black IPA, bières élevées en barriques, la liste est longue et ne cesse de s'allonger.

UNE DISTRIBUTION BASÉE SUR LE CIRCUIT COURT

Même si cela tend à changer, il est difficile de retrouver les produits des petites brasseries sur les étals des supermarchés. La grande distribution reste l'apanage des industriels. A côté de Heineken, Kronenbourg et Pelforth, seules quelques très grosses brasseries artisanales y trouvent leur place comme Pietra, Goudale, etc. La grande majorité des petites brasseries vend ses pro-

duits en circuit court : vente directe, marchés, magasin de producteurs, festivals locaux.

UN APPROVISIONNEMENT À CRÉER

Concernant le malt, alors que la France est la première productrice de malt au monde, les petites brasseries éprouvent des difficultés à se fournir en malts spéciaux et biologiques. Ceci s'explique par le fait que les malteries françaises sont d'énormes unités de production inadaptées pour de petits volumes. Pour répondre à leur besoin d'approvisionnement, les petites brasseries sont dès lors obligées de se fournir auprès de petites malteries en Belgique, en Allemagne ou au Royaume-Uni. Une situation particulièrement absurde lorsqu'on sait que l'orge utilisé par ces petites malteries est en partie cultivé en France (1er productrice d'orge en Europe). Cette situation représente un réel problème pour ces brasseries pour lesquelles le local et le circuit court sont des valeurs essentielles.

La réapparition récente et progressive des malteries artisanales offre une piste de solution intéressante. Cependant, celles-ci sont encore trop peu nombreuses et ne permettent pas de répondre aux besoins des petites brasseries. Certaines brasseries se mettent donc à produire et/ou à malter elles-mêmes leur orge, adoptant ainsi le modèle « ferme brasserie ». C'est le cas par exemple de la brasserie La Piautre qui s'est équipée d'une malterie pour transformer de l'orge produite localement.

En ce qui concerne le houblon, malgré l'importance qu'accordent les petites brasseries au local et à la bio, il est rare que le houblon utilisé soit produit en France. Ceci s'explique principalement par le type de variété recherché par les brasseries et le déficit de production de la France en houblon par rapport à ses besoins, en particulier en ce qui concerne le houblon biologique. Ces dernières années, les petites exploitations de houblon se multiplient sur le territoire. Loin de répondre à la demande des brasseries françaises, elles permettent déjà à certaines brasseries de proposer des bières entièrement locales.



5.2/ La fabrication de la bière

*LES ÉTAPES DE LA FABRICATION
QUATRE INGRÉDIENTS*



4

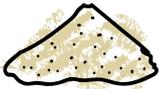
ingrédients :



Malt de
céréales



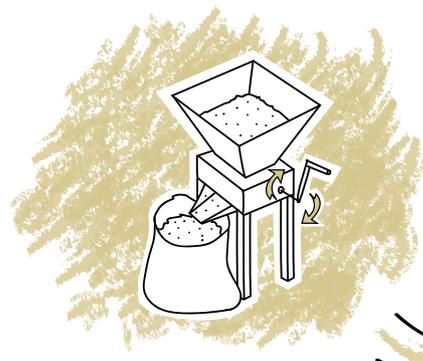
Houblon



Levures



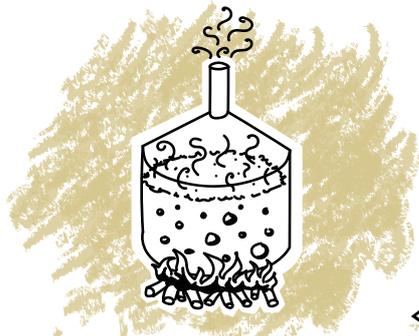
Eau



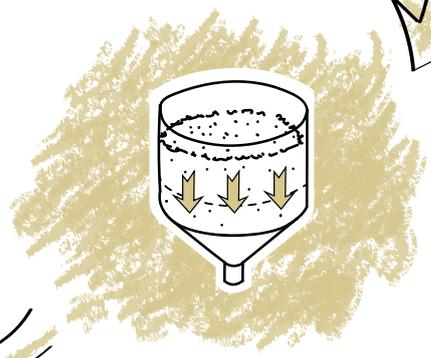
Concassage



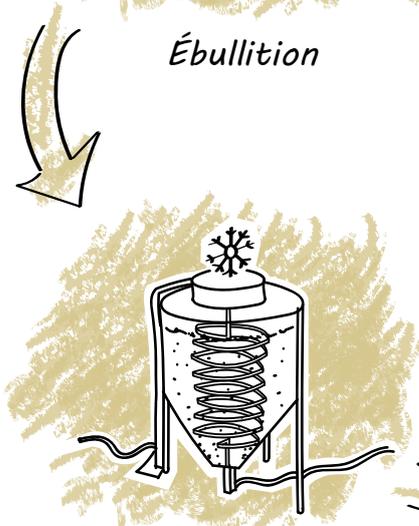
Empâtage



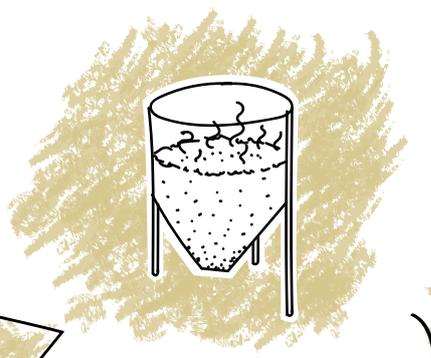
Ébullition



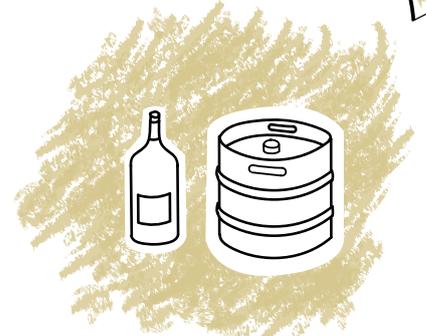
Filtration



Refroidissement



Fermentation



Contitionnement &
carbonatation

LA FABRICATION DE LA BIÈRE

La bière est la plus ancienne boisson alcoolisée fabriquée par les civilisations humaines. Au cours des siècles, les manières de la fabriquer ont sans cesse évolué pour en arriver au breuvage pétillant et amer que nous connaissons de nos jours. Sa fabrication, longue et

complexe, nécessite quatre ingrédients indispensables (le malt, le houblon, la levure et l'eau) et comprend 3 étapes principales (le brassin, la fermentation et le conditionnement).

QUATRE INGRÉDIENTS

Quatre principaux ingrédients sont nécessaires à la fabrication de la bière :

LE MALT DE CÉRÉALES : source du sucre et des enzymes nécessaires à l'élaboration de la bière. Le type de malt choisi déterminera aussi la couleur et certains des arômes de la bière.

LE HOUBLON : ses fleurs confèrent à la bière son amertume et une large variété d'arômes. Le houblon possède également une activité bactériostatique permettant une meilleure conservation de la bière.

LES LEVURES : les levures de bière (*Sacharomyces Cerevisiae*) sont responsables de la fermentation. Au fil des années un grand nombre de souches a été sélectionné, leur choix aura une influence sur le profil de la bière (arômes, taux d'alcool et sucres résiduels).

On distingue les levures en deux types principaux : les levures de haute fermentation (type « ale »), conférant un goût prononcé à la bière. Les levures de basse fermentation (type « lager ») au goût plus neutre. Les levures de haute fermentation nécessitent une température proche de la température ambiante (15-25 °C) tandis que les levures de fermentation basse affectionnent une température plus froide (5 – 10 °C) nécessitant la réfrigération des fermenteurs et donc du matériel plus onéreux. Ceci explique que la majorité des brasseries artisanales produisent des bières de fermentation haute.

L'EAU : principal ingrédient de la bière, le profil de l'eau (pH et salinité) aura une influence sur le goût de la bière. Une bonne bière, c'est avant tout une bonne eau !

LE BRASSIN

A partir du malt, de l'eau et du houblon, l'objectif du brassin est de fabriquer un moût de bière (liquide sucré qui sera ensuite fermenté par les levures). Il s'agit de l'étape la plus importante en brasserie, l'essentiel de ce que deviendra la bière y étant défini. Le brassin dure environ 8 heures, est réalisé dans un ensemble de cuverie appelé « salle à brasser » et comprend 4 étapes principales : l'empâtage, la filtration, l'ébullition et le refroidissement.



L'EMPÂTAGE

Le sucre de la bière, nécessaire à la production d'alcool, provient de l'amidon des céréales, une gigantesque molécule de sucre, trop longue pour être assimilée par les levures. Le but de l'empâtage est de produire le moût en solubilisant l'amidon dans l'eau et en le décomposant en sucres plus petits, assimilables par les levures (sucres fermentescibles) grâce à l'action des enzymes contenues dans le malt.

Concrètement, l'empâtage est réalisé dans la « cuve matière » et consiste à mélanger le malt préalablement concassé avec de l'eau portée à des températures favorisant l'activité des enzymes et ainsi la transformation de l'amidon en sucres fermentescibles. Le mélange de l'eau et du grain est appelé « la maische ».

Il existe 2 principales enzymes décomposant l'amidon dans le malt :

- **L'AMYLASE-B (TEMPÉRATURE OPTIMALE = 62-63 °C)** qui transforme l'amidon en sucres fermentescibles, lesquels pourront être transformés en alcool par les levures.
- **L'AMYLASE-A (TEMPÉRATURE OPTIMALE = 70-72 °C)** qui transforme l'amidon en sucres non fermentescibles,

les dextrines, lesquelles apporteront un goût sucré et favoriseront la tenue de la mousse mais ne pourront pas être transformées en alcool par les levures. Elles constitueront le corps de la bière.

Le profil d'une bière est défini en jouant sur la durée de ces deux paliers de température. Ainsi, une bière plus sèche sera obtenue en favorisant le palier de l'amylase-β, une bière plus lourde en favorisant le palier de l'amylase-α. L'empâtage dure entre 60 et 90 min et prend fin lorsque la totalité de l'amidon a été transformée en sucres.

Un grand nombre d'autres enzymes sont également présentes dans le malt et peuvent intéresser le brasseur. Les plus connues sont les protéinases qui, elles, ne concernent pas la décomposition de l'amidon mais celle des protéines. Ainsi, favoriser leur activité permettra de jouer sur le ratio de protéines entières/décomposées, lequel influence la tenue de mousse, le trouble de la bière et le bon déroulement de la fermentation.

LA FILTRATION

Après l'empâtage, le moût doit être filtré afin de se débarrasser des grains vidés de leur sucres (la drêche). La filtration est réalisée en transférant le mélange grain/moût (la maische) au sein d'une « cuve filtre » munie généralement d'un fond filtrant. Une fois dans la cuve, la drêche sédimente et forme une épaisse couche sur le fond filtrant appelée le gâteau de drêche, lequel remplira véritablement le rôle de filtre. C'est en aspirant le moût par le bas de la cuve filtre qu'on oblige celui-ci à passer à travers les interstices du gâteau de drêche, ce qui a pour effet de le filtrer.

Une fois la totalité du moût transféré vers la cuve d'ébullition, la drêche est rincée avec de l'eau chaude à 80 °C afin de récupérer le sucre restant. L'eau de rinçage sera également envoyée dans la cuve d'ébullition venant ainsi diluer progressivement le moût. Le rinçage est interrompu lorsque le moût contenu dans la cuve atteint la bonne densité en sucres.

La filtration est une étape délicate dont le bon déroulement dépend de nombreux facteurs (type de malt, concassage du grain, force d'aspiration, ...). En cas de concassage trop fin ou d'aspiration trop forte, le gâteau peut se colmater et devenir quasiment imperméable au moût, ralentissant alors considérablement la vitesse de filtration.

Une fois la filtration terminée, les drêches sont vidées de la cuve filtre pour être éliminées (dédreçage). Il s'agit probablement de l'opération la plus fatigante, impliquant de déplacer des centaines de kilos de grains chauds et humides et souvent réalisée manuellement dans les brasseries artisanales. Ainsi, la mise en place de solutions ergonomiques pour cette opération est particulièrement importante. Une fois éliminée, la drêche constitue un déchet pouvant être valorisé de nombreuses manières : alimentation pour le bétail, bio méthanisation, compostage, pellets de chauffage, ...

L'ÉBULLITION

Une fois filtré, le moût va être porté à ébullition pendant 60 à 90 min. C'est durant cette phase que le houblon (et éventuellement d'autres épices) sera ajouté au moût.

. Les objectifs de l'ébullition sont multiples :

- **LA STÉRILISATION DU MOÛT** : nécessaire au bon déroulement de la fermentation,
- **L'ÉLIMINATION DES DMS (DIMÉTHYLSULFURE)** : composés conférant de mauvais goût à la bière

• L'EXTRACTION DES COMPOSÉS AMERS DU HOUBLON (ACIDES ALPHA)

Il s'agit de l'opération la plus énergivore. Le brasseur souhaitant limiter son empreinte écologique et sa facture énergétique devra être particulièrement attentif dans le choix du matériel d'ébullition, en particulier de son système de chauffe.

LE REFROIDISSEMENT

Après l'ébullition, le moût est envoyé vers le fermenteur mais nécessite d'être refroidi jusqu'à une température d'environ 20 °C pour permettre l'ensemencement des levures. Pour des raisons sanitaires, il est préférable que le refroidissement soit effectué le plus rapidement possible. Dès qu'il commence à refroidir, le moût, stérile et sucré, constitue milieu de culture idéal pour les microorganismes et risque d'être « infecté ». Une fois la fermentation initiée, la présence d'alcool, lié au développement des levures, limite le risque d'infection par d'autres microorganismes.

Des échangeurs thermiques utilisant l'eau comme liquide caloporteur sont généralement utilisés pour mener à bien cette opération lors du transfert du moût vers le fermenteur. Les échangeurs à plaques sont le plus souvent utilisés car efficaces et bon marché. Aujourd'hui, certaines brasseries s'intéressent aux échangeurs tubulaires, rares et onéreux mais plus faciles à nettoyer, réduisant ainsi considérablement les risques d'infection lors de cette étape critique.

LE BRASSAGE : À L'ANGLAISE VS À LA BELGE

Si le brassin comporte toujours les mêmes processus et opérations, il existe différentes manières de les réaliser impliquant un équipement différent. Les 2 modes de brassage les plus utilisés aujourd'hui sont le brassage « à la belge » et le brassage « à l'anglaise ».

LE BRASSAGE À LA BELGE (OU MULTI-PALIER), implique de réaliser plusieurs paliers de température, correspondant chacun à la température d'optimale d'une enzyme. Le temps accordé à chaque palier détermine le profil de la bière. L'équipement doit donc permettre de pouvoir changer de température durant l'empâtage, il se compose généralement de :

- Une cuve matière équipée d'un système de chauffe pour faire varier la température et d'un agitateur pour remuer continuellement.
- Une cuve filtre distincte de la cuve matière

Une fois l'empâtage terminé, la maische est transférée vers la cuve filtre. Le moût filtré est alors renvoyé vers la cuve matière dans laquelle l'ébullition sera réalisée.

LE BRASSAGE À L'ANGLAISE (OU MONO-PALIER) ne comprend qu'un seul palier à une température intermédiaire entre la température optimale des 2 amylases (α et β). Le choix de cette température définira le profil de la bière. L'équipement

se compose généralement de :

- **Une cuve matière**, bien isolée, sans agitateur et sans système de chauffe. Elle est généralement pourvue d'un faux fond, faisant ainsi office de cuve filtre.
- **Une cuve d'ébullition** munie d'un système de chauffe

L'eau, chauffée au préalable dans la cuve d'ébullition, est mélangée avec le grain dans la cuve matière. La température de l'eau aura été déterminée pour atteindre la température du palier une fois mélangée avec le grain. Durant les 90 min d'empâtage, la maische ne sera presque pas mélangée et la température unique sera maintenue grâce à l'isolation de la cuve. Le moût, une fois filtré, sera envoyé vers la cuve d'ébullition.

Le matériel brassage à l'anglaise est plus simple et moins onéreux que celui nécessaire au brassage à la belge, il s'agit donc du mode de brassage le plus souvent choisi par les petites brasseries en phase de lancement. Le brassage à la belge, admettant la multiplicité des paliers permet de jouer sur l'activité d'un plus grand nombre d'enzymes. Cela permet plus de finesse dans l'établissement des recettes et de s'adapter à tous les types de malts. À terme, la plupart des brasseurs finissent par se tourner vers ce type d'équipement.

LA FERMENTATION

Une fois dans le fermenteur, le moût refroidi va être ensemencé avec les levures sélectionnées par le brasseur, la fermentation peut commencer. Généralement, celle-ci comporte deux principales étapes, la fermentation primaire et la garde :

LA FERMENTATION PRIMAIRE (OU ALCOOLIQUE) dure environ 2 à 5 jours pendant lesquels les sucres fermentescibles seront transformés en alcool et en CO₂ par les levures. La bière est alors maintenue à une température précise dépendant de la levure utilisée (5-10 °C pour les levures de basse fermentation et 15-25 °C pour les levures de haute fermentation). A ce stade ; le CO₂ produit par la fermentation est évacué du fermenteur au moyen d'un dispositif appelé le barboteur. La fermentation primaire prend fin lorsque les levures ont transformé tout le sucre qu'elles pouvaient. Au final, la majorité des levures meurent et sédimentent dans le fond du fermenteur pour former la lie.

LA GARDE a pour objectif principal de réduire le trouble de la bière. Une fois la fermentation primaire terminée, la bière

est refroidie et maintenue aux alentours de 1 °C, ce qui a pour effet de réduire l'agitation thermique, et de permettre la sédimentation des particules en suspension (farine, levures). La durée de la garde est de minimum une semaine et peut être prolongée pendant plusieurs mois, offrant ainsi la possibilité de conserver la bière en cuve plutôt qu'en bouteilles ou en fûts.

Les fermenteurs, sont généralement en inox et auront idéalement une forme cylindro-conique permettant de concentrer la lie dans un petit volume pour permettre de l'évacuer en perdant un minimum de bière. Les fermenteurs peuvent également être équipés d'une double paroi abritant le circuit de liquide de refroidissement qui permet de contrôler la température du fermenteur. Les fermenteurs et le système de refroidissement proposés par les constructeurs sont généralement très onéreux. Or, il existe des solutions alternatives et fonctionnelles permettant de limiter les dépenses.



LE CONDITIONNEMENT

MISE EN BOUTEILLE ET MISE EN FÛTS

Le mode de conditionnement est déterminé par le mode de commercialisation. La bière sera mise en bouteilles lorsqu'elle est destinée à la vente au détail et sera mise en fûts lorsqu'elle est destinée à être consommée rapidement et en grande quantité (bars et événements). Dans un cas comme dans l'autre, le risque de contamination est élevé, rendant le respect de l'hygiène très important.

LA MISE EN BOUTEILLES, longue et répétitive, n'est pas l'opération préférée des brasseurs. Généralement, les bouteilles sont achetées neuves, supposées propres et sont remplies au moyen d'embouteilleuses. Il existe des embouteilleuses manuelles, bon marché mais n'offrant qu'une faible cadence de travail et des chaînes

d'embouteillage, beaucoup plus rapides mais beaucoup plus chères et capricieuses. Dans ce domaine, la sophistication du matériel et la contrainte de l'hygiène réduisent considérablement les possibilités d'autoconstruction.

LA MISE EN FÛTS est beaucoup plus rapide mais également plus risquée. Un fût contaminé entraînant la perte de 80 fois plus de bière qu'une bouteille de 25 cl. Contrairement, aux bouteilles, les brasseurs sont généralement propriétaires des fûts, lesquels sont réutilisés et donc nettoyés. La perte importante de produit liée à un mauvais nettoyage rend la qualité de ce dernier fondamentale. De plus en plus de petits brasseurs s'équipent de laveuses de fût, des machines très efficaces mais dont le prix élevé a tendance à décourager. Plusieurs brasseries se sont lancées dans l'autoconstruction de ce type de matériel.

LA CARBONATATION

À la fin de la fermentation, la bière est encore plate. C'est pendant le conditionnement que le niveau de pétillance de la bière (ou carbonatation) est déterminé. Il existe deux principaux modes de carbonatation : la refermentation et la carbonatation forcée.

LA REFERMENTATION consiste à relancer une fermentation au sein du contenant fermé (fût ou bouteille) afin d'y enfermer le CO₂ issu de cette refermentation. Pour ce faire, une quantité précise de sucre est ajoutée juste avant le conditionnement. Les contenants sont ensuite placés 10 – 15 jours en chambre chaude (25 °C) afin de relancer la fermentation. Il s'agit du mode de carbonatation le plus utilisé en brasserie artisanale car nécessitant le moins de matériel. Si elle convient bien pour les bouteilles, la refermentation pose souvent problème avec les fûts :

- Il s'agit d'un processus biologique influencé par de nombreux paramètres, ce qui rend difficile d'atteindre une carbonatation précise. Or, les fûts nécessitent plus de précision que les bouteilles. Si la carbonatation est trop faible, la bière sera plate. Si elle est trop élevée, la tireuse ne sortira que de la mousse.
- La refermentation entraîne un redéveloppement des levures, lesquelles se déposeront au fond du fût, rendant

plus difficile leur nettoyage.

- Les fûts devraient passer deux semaines en chambre chaude, impliquant ainsi une planification long terme de leur commercialisation. Or ils permettent souvent de répondre à des demandes urgentes (manifestations et événements).

LA CARBONATATION FORCÉE consiste à mettre la bière sous pression en y injectant du CO₂. Ce procédé est plus précis et permet de se passer de chambre chaude. Généralement, la bière est mise sous pression au sein du fermenteur et est ensuite transférée vers les contenants.

Ce procédé nécessite donc :

- d'être équipé de fermenteurs pressurisés, relativement facile à trouver, même d'occasion
- de pouvoir transférer la bière sous pression vers le contenant. Ce qui est facile à mettre en œuvre pour les fûts mais pose problème pour les bouteilles.

En l'absence de fermenteurs pressurisés, il est possible de carbonater ses fûts en y injectant directement le CO₂.



5.3/ Brasserie et technologies appropriées

S'ÉQUIPER AUTREMENT !

SE MÉNAGER

PRÉVENIR LES INFECTIONS

MINIMISER L'IMPACT ÉCOLOGIQUE



S'ÉQUIPER AUTREMENT !

La réapparition des brasseries artisanales ces trente dernières années a laissé le temps aux constructeurs de matériel brassicole de répondre aux besoins en équipement pour tous les modes et volumes de production. Si le matériel adapté existe, il est souvent très onéreux et accompagné des dernières technologies. Le financement de ce matériel oblige les brasseries à un volume de production élevé et les rend dépendantes du constructeur en ce qui concerne l'entretien et les réparations. S'équiper autrement permettra de limiter la facture et de s'affranchir au maximum des injonctions productivistes.

Le développement de la brasserie artisanale et des plateformes de vente en ligne de particulier à particulier (Leboncoin, Agriaffaires, ...) ont multiplié considérablement les opportunités de récupération et d'achat d'occasion concernant le matériel brassicole. Ainsi, savoir récupérer, faire de bonnes affaires et détourner certains éléments de leur utilisation première sont les principales compétences permettant de limiter les investissements en matériel.

Savoir brasser, c'est aussi savoir bricoler. Mécanique, plomberie, électronique, travail du métal, représentent des savoir-faire précieux qui permettront aux brasseries d'autoconstruire, d'adapter et d'entretenir leur matériel et, ainsi, de gagner en autonomie.

Cela concerne particulièrement le travail de l'acier inoxydable, lequel est présent à tous les niveaux de la brasserie car il présente une bonne diffusion de la chaleur et offre une grande facilité de nettoyage sur le long terme. Malheureusement, l'inox de qualité alimentaire est cher et son utilisation en brasserie nécessite une mise en œuvre irréprochable pour se prémunir des risques de contamination. Ceci rend les brasseries dépendantes des constructeurs et prestataires extérieurs.

Mais tous les postes ne présentent pas les mêmes

risques de contamination. Il est seulement nécessaire d'être vigilant après l'ébullition (phase à froid). Il reste donc préférable de confier les modifications qui concernent la phase à froid à des professionnels mais le bricolage est tout à fait possible durant la phase à chaud : modification de cuverie, modification de la tuyauterie, ajout/suppression de raccords, optimisation du matériel de nettoyage et d'assainissement (boules de lavage, station CIP, laveuse de fûts, ...), améliorations de la sécurité et de l'ergonomie, etc.

Devant l'importance du travail de ce savoir faire en brasserie, l'Atelier Paysan a organisé une première formation autour du travail de l'acier inoxydable à destination des paysans brasseurs. Celle-ci s'est déroulée en octobre 2018 au sein de la ferme brasserie de la Mousson (voir répertoire des autoconstructeurs). Des formations similaires pourront être dispensées à la demande des paysans.

Au fil de nos visites, nous avons pu rencontrer des paysans qui, en combinant ingéniosité, bricolage et bonnes affaires, ont réalisé des innovations leur permettant de réduire la facture et d'améliorer leurs conditions de travail. Certaines de ces innovations sont présentées par les fiches expériences à la fin de ce chapitre.



UNE FORMATION D'INITIATION AU TRAVAIL DE L'INOX À DESTINATION DE LA BRASSERIE

En 2018, Rémi Boudes, l'un des paysans-brasseurs de la ferme brasserie de la mousson (GAEC des Petits Grains), a interpellé l'Atelier Paysan pour appuyer la construction d'un concentrateur solaire. Ce dispositif permet de soutenir la production de sa chaudière à gaz pour fournir de la vapeur en limitant la consommation de gaz les jours de beau temps. La vapeur ainsi produite est utilisée comme source de chaleur dans les travaux de brasserie et comme moyen de stérilisation du matériel.

Pendant 5 jours, sous le soleil radieux de la Drôme provençale, les participants et participantes ont pu s'initier à la soudure à l'arc et à la soudure inox, apporter des modifications sur leur propre matériel (installation de raccords, modifications de cuverie) et contribuer à la réalisation du concentrateur solaire. La formation était encadrée par un Ingénieur Formateur de l'Atelier Paysan et un intervenant du GRETA de Grenoble apportant son expertise dans le domaine particulier de la soudure Inox.



SE MÉNAGER

La brasserie ne manque pas d'opérations pénibles et répétitives (manutention de grains, de fûts et de bouteilles, mise en place de circuits de tuyauteries, nombreux déplacements, ...). Pour pouvoir effectuer ce métier sur la durée, il est nécessaire de garder un œil ouvert sur les aspects ergonomiques. Or, en raison du prix du matériel et de l'urgence imposée par la production, l'ergonomie est souvent reléguée au second plan. Pourtant, il est possible d'améliorer nettement ses conditions de travail sans pour autant se ruiner.

La considération de l'ergonomie est le principal critère dans l'aménagement d'une brasserie et doit être réfléchi dès le départ. Il n'existe pas de règles en la matière car cela dépend des contraintes propres à chaque projet (locaux, budget, nombre de travailleurs, etc.). Cependant, certains points de vigilance peuvent être identifiés :

EXPLOITER LA GRAVITÉ : à condition que le bâtiment le permette, aménager sa brasserie en hauteur permettra de limiter le travail de manutention, de limiter l'utilisation des pompes.

PENSER SON SOL : un sol bien conçu permettra de limiter considérablement le travail de nettoyage, omniprésent en brasserie. Le choix de l'emplacement des caniveaux (et donc de la mise en place du système d'évacuation) devra être fait en tenant compte de l'ensemble des

opérations, déplacements et modifications futures éventuelles. Le sol devra être suffisamment en pente (2 à 4 %) pour alimenter naturellement les caniveaux. Le revêtement devra être lisse, solide et résistant aux hautes températures. Les matériaux à envisager sont le béton lissé et les résines époxy.

PLACE ET AGENCEMENT : il est important de choisir un bâtiment disposant de suffisamment d'espace et d'agencer correctement les différents postes de la brasserie (en fonction des principaux déplacements). Cela permet d'apporter un grand confort de travail et de limiter considérablement le travail de manutention. Beaucoup de brasseries n'accordent pas assez d'importance à ces paramètres.

Des solutions ergonomiques ponctuelles permettant de réduire l'impact des opérations les plus pénibles peuvent également être apportées. Par exemple, à la brasserie de la Mousson :

- **LA CUVE FILTRE** a été équipée d'un ingénieux système de dédrêchage autoconstruit lequel permet de faciliter cette opération, probablement la plus pénible de la brasserie.
- **UN INGÉNIEUX SYSTÈME DE TUYAUTERIE INOX ET DE VANNES**, appelé « clarinette », a été mis en place au niveau de la salle à brasser, facilitant ainsi la mise en place des circuits durant le brassage.

PRÉVENIR LES INFECTIONS

La réglementation européenne n'impose, pour l'instant, aucun critère de sécurité ou d'hygiène des procédés pour la fabrication de la bière. Ceci s'explique par le fait que la bière ne présente aucun risque de contamination par des pathogènes en raison de ses propriétés physico-chimiques (faible pH, présence d'alcool et de houblon, environnement anaérobie). Par contre, certains microorganismes peuvent porter atteinte à la qualité de la bière et apporter de mauvais goûts. C'est pourquoi, la gestion de l'hygiène demeure l'un des principaux sou-

cis du brasseur, pour qui la mise en place de bonnes pratiques et l'acquisition de matériel permettant de réduire les risques de contamination sera fondamentale. Cela explique la place importante de l'acier inoxydable au sein de la brasserie, pour sa facilité de nettoyage sur le long terme.

Le risque de contamination concerne principalement la phase à froid, c'est-à-dire les opérations qui suivent l'ébullition (refroidissement, fermentation et condi-



tionnement). Ainsi, la qualité du matériel impliqué dans cette phase doit être irréprochable (qualité de l'acier, des soudures, ...), ce qui limite les possibilités d'autoconstruction, de récupération et d'achat de matériel d'occasion.

En dehors de la qualité, le choix du type d'équipement utilisé aura aussi une influence sur le risque de contamination. Ceci concerne tout particulièrement le matériel de refroidissement. Les échangeurs à plaques sont responsables de la majorité des contaminations. Ils sont compacte et bon marché mais difficiles à nettoyer (coins et recoins). De plus en plus de brasseries s'équipent avec des échangeurs tubulaires, plus rares, plus chers et plus encombrants mais dont l'absence de recoins offre une grande facilité de nettoyage. La grande simplicité de conception de l'échangeur tubulaire permet d'en envisager l'autoconstruction. Cela reste une entreprise téméraire nécessitant une grande maîtrise de la soudure inox étant donné qu'il s'agit de matériel impliqué dans la phase à froid.

La contamination d'un fût liée à un mauvais nettoyage implique la perte d'une grande quantité de bière.

Contrairement aux bouteilles qui sont achetées neuves et propres, les fûts sont réutilisés et donc lavés à la brasserie. Le nettoyage peut être effectué à la main mais ne garantit pas toujours une qualité de nettoyage suffisante et représente une tâche pénible en raison de la manutention des fûts. Les laveuses de fûts représentent une solution efficace mais sont chères (environ 20 000 €).

C'est pourquoi certaines brasseries ont entrepris l'autoconstruction de laveuses de fûts. C'est le cas de la Ferme Brasserie de la Mousson (Drôme), de la Brasserie l'Ale Out (en Ardèche) de la Brasserie de la Grenaille (en Meurthe-et-Moselle) et de la Brasserie Teddy Beer (en Saône-et-Loire).



La brasserie de la Grenaille

<https://grenaille.blogspot.com/p/autowash-gp-42.html>

Étant donnée la complexité d'une laveuse de fûts, la Brasserie St-Genis a autoconstruit un banc de lavage de fûts. De conception beaucoup plus simple, il permet de réduire le labeur et se dépanner.



Système de banc de lavage pour fûts

Voir page 162

MINIMISER L'IMPACT ÉCOLOGIQUE

À la fois pour des raisons écologiques et économiques, l'un des objectifs d'une brasserie sera de réduire sa consommation en énergie, en eau et en effluents.

ÉNERGIE

La bière est une grande consommatrice d'énergie. Premièrement pour chauffer les grandes quantités d'eau nécessaires à sa fabrication (empâtage et ébullition) et, dans une moindre mesure, pour la production de froid (fermentation). Plusieurs pistes sont à suivre pour réduire la consommation en énergie et ses impacts environnementaux :

- **Opter pour un système de chauffe efficace et écologique** : De nombreux systèmes de chauffe existent dont le choix aura une grande influence sur le rapport énergétique d'une brasserie.
- **Isoler le matériel** : l'isolation de la cuverie et de la tuyauterie permettra de conserver le froid et le chaud chèrement produits.
- **Récupérer l'eau de refroidissement** : L'élimination de l'eau utilisée pour refroidir la bière après ébullition représenterait la perte d'une grande quantité d'énergie. Si elle est potable, elle pourra être directement réutilisée pour l'empâtage d'un suivant brassin. Si elle est non potable, ses calories pourront être récupérées au moyen d'un échangeur thermique.
- **Brasser en hiver** : concentrer l'activité brassicole durant l'hiver, ce qui pourrait être le cas pour certaines fermes brasseries, permettrait de réduire le besoin en production de froid nécessaire à la bonne conduite de la fermentation

EAU

Si l'eau est l'ingrédient principal de la bière, la majorité de l'eau utilisée pour sa fabrication concerne le nettoyage et le refroidissement du moût. On parle de 7 à 10 litres d'eau pour produire un litre de bière. Plusieurs choses permettront de limiter cette importante consommation d'eau :

- **Aménager correctement le sol** : la position des caniveaux,

l'intensité des pentes et le choix du revêtement permettront de réduire fortement la consommation d'eau nécessaire au nettoyage des surfaces

- **Récupérer l'eau de refroidissement** : l'eau chaude récupérée pourra être réutilisée dans un brassin suivant. Ceci n'est intéressant que si le brassin a lieu peu de temps après.

- **Refroidir l'eau de refroidissement** : l'efficacité du refroidissement pourra être augmentée en utilisant un groupe froid pour abaisser la température de l'eau de refroidissement. Cette technique permet de limiter la quantité d'eau nécessaire mais consomme de l'énergie.

EFFLUENTS

Une brasserie génère beaucoup d'effluents qui sont rejetés dans la nature, soit nécessitent un système d'épuration coûteux. Il s'agit principalement des produits de nettoyage (soude caustique, alcalins chlorés, ...) Plusieurs pistes sont possible pour limiter leur utilisation ou leurs effets sur l'environnement :

- **Stériliser à la vapeur** : un générateur vapeur, s'il est utilisé correctement, pourra remplacer l'utilisation d'acide peracétique dans de nombreux cas.
- **Utiliser des enzymes** : Il est possible d'utiliser des enzymes sélectionnées pour dégrader les composés organiques (type EnzyBrew). Elle permettent de remplacer la soude.
- **Utiliser un nettoyeur à pression (type Kaercher) à eau chaude** : Permet de remplacer la soude pour le nettoyage des surface. Electrique ou a essence, il est possible d'en trouver facilement d'occasion.
- **Composter les levures** : Généralement, en fin de fermentation elles sont rincées à l'eau et partent dans le caniveau. Cela représentent une source de pollution importante. Il est possible de les collecter et de les mettre en compostage.



LES PRINCIPAUX SYSTÈMES DE PRODUCTION DE CHALEUR

Les équipements dotés d'un système de production de chaleur sont la cuve d'empâtage ou d'ébullition. Pour une question de confort, le tank d'eau chaude (stock eau chaude) peut lui aussi être équipé d'un système de production de chaleur.

Une brasserie pourra s'équiper soit d'éléments individualisés (résistances électriques, brûleurs), soit d'un système centralisé autour d'une chaudière. Les éléments individualisés conviennent bien aux petites brasseries en phase de lancement car ils représentent une solution meilleur marché et ne nécessitent pas d'aménagements particuliers. La plupart des brasseries finiront par se tourner vers un système centralisé qui offre un meilleur rendement énergétique et un plus grand confort de travail.

LES RÉSISTANCES ÉLECTRIQUES : elles sont bon marché, simples d'installation et permettent un contrôle de la température facile (thermostat). Directement en contact avec le liquide à chauffer, elles conviendront au chauffage d'une cuve d'ébullition, d'un tank d'eau chaude ou d'un réservoir de soude. Elles conviennent moins pour une cuve matière car elles risquent de brûler les grains et seront difficiles à nettoyer. À moins de pouvoir en assurer la production, l'électricité comme source d'énergie est un choix discutable sur le long terme, autant au niveau économique, qu'écologique (l'essentiel de l'énergie électrique étant fournie par le nucléaire en France).

CHAUFFE DIRECTE : avec des brûleur à gaz ou au feu de bois, il s'agit de la solution meilleur marché. Cependant, les flammes étant en contact direct avec la cuve (comme une casserole), le fond devient très chaud, ce qui risque de provoquer des phénomènes de caramélisation qui modifient le goût et la couleur de la bière. Les pertes énergétiques sont importantes. Premièrement, en raison de la dispersion des flammes et des gaz de combustion autour de la cuve (phénomène pouvant être limité par l'installation d'une jupe métallique. Et deuxièmement, parce que la chauffe par flamme directe annule les possibilité d'isolation de la cuve.

LES CHAUDIÈRES : au gaz, au fioul ou au bois, les chaudières permettent une production de chaleur « déportée » et mise à disposition par un fluide caloporteur : vapeur ou eau surchauffée (eau liquide sous pression dont la température monte à plus de 110°C). La chaleur du fluide caloporteur est transférée au moût grâce à un serpentin généralement contenu dans la double paroi de la cuverie. Cela permet un transfert d'énergie efficace et non violent tout en permettant l'isolation de la cuverie. L'utilisation de la vapeur est plus fréquente en brasserie artisanale que l'eau surchauffée. Les installations sont moins chères et la vapeur pourra être utilisée pour la stérilisation du matériel. L'utilisation de l'eau surchauffée, parfois préconisée par certains constructeurs de brasseries, est rare et nécessite une tuyauterie spécialisée permettant de résister à de fortes pressions (> 4 bars). La Ferme-brasserie de la Mousson est équipée d'une chaudière vapeur à gaz. Pour limiter leur consommation de gaz, ils ont entrepris la construction d'un concentrateur solaire qui permettra, les jours de beau temps, de produire une partie de la vapeur nécessaire à la brasserie. La Brasserie Malterie de la Piautre est équipée d'une chaudière eau surchauffée à gaz.



5.4/ Fiches expériences : la brasserie

FICHE 1 : AMÉNAGEMENT D'UNE BRASSERIE

FICHE 2 : ÉCHANGEUR TUBULAIRE

FICHE 3 : CLARINETTE POUR SALLE À BRASSER

FICHE 4 : SYSTÈMES DE REFROIDISSEMENT AVEC GROUPES FROIDS DE RÉCUP'

FICHE 5 : CUVE FILTRE AVEC SYSTÈME DE DÉDRÊCHAGE

FICHE 6 : UN SYSTÈME DE CARBONATATION ORIGINAL

FICHE 7 : UN SYSTÈME DE BANCS DE LAVAGE POUR FÛTS



FICHE 1 : AMÉNAGEMENT D'UNE BRASSERIE

FERME BRASSERIE LA PIAUTRE

Il n'y a pas de règle à suivre lors de l'aménagement d'une brasserie tant les choix à poser sont nombreux et dépendent de la situation et de la philosophie de chaque brasseur-euse. Dans l'aménagement de la brasserie de l'Arnon, Éloi Soulez a su faire la distinction entre ce qu'il pouvait faire lui-même et ce qui devait être sous-traité afin de minimiser les investissements et de maîtriser son matériel sans pour autant devoir transiger sur la qualité de son outil de travail.



SITUATION INITIALE

Ancienne étable

Prix d'achat du bâtiment en l'état :
22 000 €

Superficie du bâtiment :
± 125 m²

Sol en terre battue
Murs en pierre, pas d'isolation

Toiture : charpente saine, simple
couverture en tuiles
(absence de sous couverture).
Pas d'isolation.

TRAVAUX RÉALISÉS

Coût global des rénovations : ± 20 000 €

Sol : installation des caniveaux
d'évacuation et coulage de la dalle de
béton lissé avec une pente de 2 % en
direction des caniveaux. Réalisation d'une
pente plus marquée (3-4 %) autour des
caniveaux (20 cm).

Murs : maçonnerie (ouverture et fermeture
de passages dans les murs, pose de
linteaux), enduit ciment de finition, pose
de carrelage dans la partie salle à brasser.
Pas d'isolation.

Toiture : installation d'une cheminée
d'évacuation des fumées de combustion
du brûleur à gaz

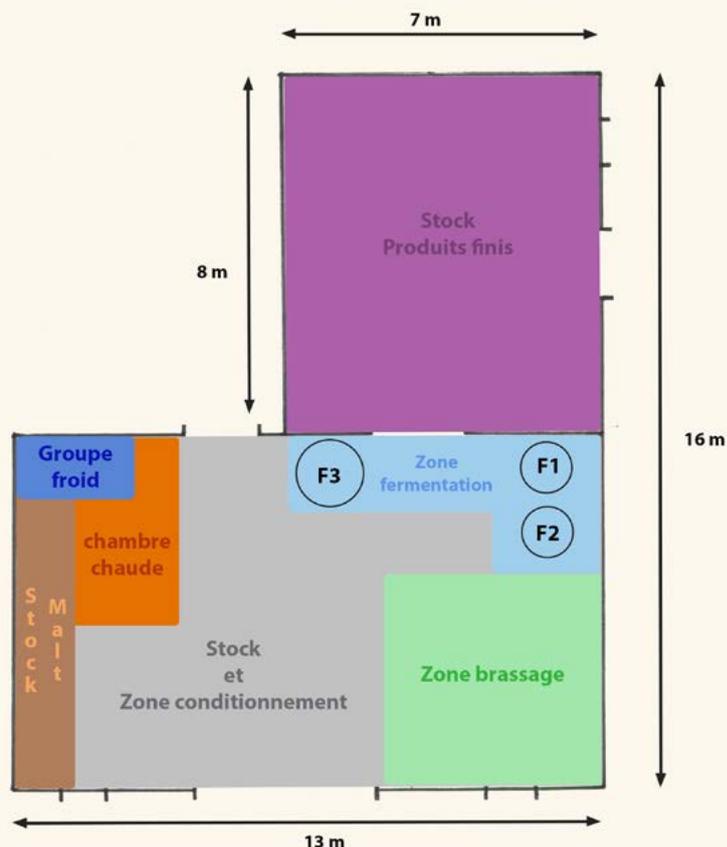
Électricité : réfection entièrement réalisée
par Éloi Soulez.

Plomberie (arrivée de gaz et d'eau) :
réalisée par un prestataire extérieur.

1

RÉNOVATION DU BÂTIMENT

Début 2016, **Éloi Soulez** fait l'acquisition d'un bâtiment lui permettant de commencer son activité de brasserie. Assez spacieux pour se lancer, celui-ci nécessite toutefois certaines rénovations.



150

Du champ à la chope • Brasserie

AMÉNAGEMENT DE LA BRASSERIE (2016)

Le choix et l'installation du matériel de la brasserie ont entièrement été réalisés par Eloi. Le bâtiment offre une faible superficie (environ 125 m²), il a donc fallu exploiter la hauteur sous plafond pour gagner en espace utile. Pour ce faire, certains éléments ont été installés sur des structures métalliques récupérées lors du démontage d'un bâtiment agricole (poutres IPE galvanisées et soudées entre elles). L'essentiel de la brasserie est concentré sur une centaine de m² (les zones de brassage, de fermentation et de conditionnement, la chambre chaude et les stocks de matière première). Le reste de la surface sert au stockage des produits finis (environ 25 m²).

- Coût global : Eloi évalue l'ensemble de son investissement en matériel de brasserie à 75 000 € (dont 3000 € de fûts inox et 5-6000 € pour la laveuse de fûts).

CUVE MATIÈRE

Conçue par Éloi Soulez et réalisée par un chaudronnier

Volume : 2 000 litres
Chauffe directe au gaz

Double paroi : le 1/3 inférieur est laissé vide pour contenir les fumées du brûleur et récupérer une partie de leur chaleur. Une cheminée permet l'évacuation des fumées vers l'extérieur. Les 2/3 supérieurs sont isolés.

Munie d'un agitateur, ce qui permet d'effectuer des brassins multipaliers
Munie d'une boule de lavage

Coût : 12 000 €

CUVE FILTRATION

Tank à lait horizontal à double paroi isolé de récupération

Volume : 2000 litres

Fond filtrant démontable découpé au laser et posé sur structure fixe en tubes carré inox soudés à la cuve.

Piquage ajouté au centre de la cuve juste au-dessus du fond filtrant pour le transfert de mûsche depuis la cuve matière.

Une canne double sortie se connecte sur le piquage pour une meilleure répartition de la mûsche lors du transfert.

Présence d'un évent débouchant sous le fond filtrant pour rétablir la pression entre le faux fond et l'extérieur. Cela permet d'éviter les phénomènes de succion pouvant conduire au colmatage du filtre.

La cuve étant située à mi-hauteur entre le tank d'eau chaude et la cuve matière, la réception de l'eau de rinçage (depuis le tank d'eau chaude) et l'évacuation du moût filtré (vers la cuve matière) peuvent être réalisés sans l'aide de pompe (en gravitaire).

Coût global : ± 1500 €

LA ZONE DE BRASSAGE

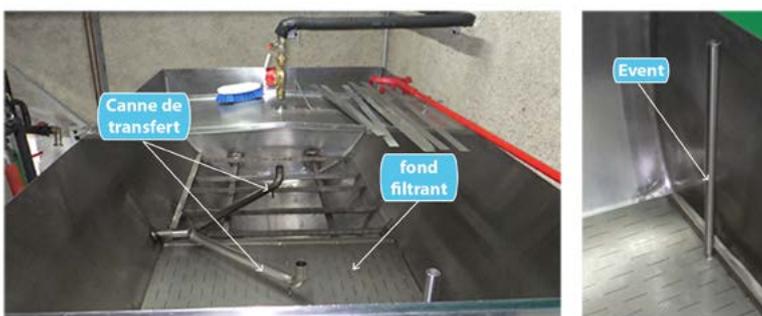
TANK D'EAU CHAUDE

Tank à lait horizontal de récupération

Volume : 2400 litres

Chauffe avec des résistances électriques. Permet d'atteindre une température de 78°C
Perché à 4 m de hauteur, le tank permet d'alimenter la cuve de filtration (rinçage des drêches) et la cuve matière (empâtage) sans utiliser de pompe.

Coûts : tank = 500 € ; résistances = 300 €



LA ZONE DE FERMENTATION



FERMENTEURS

- 2 fermenteurs double paroi cylindro-coniques, volume = 1000 litres. Achetés neufs, fabrication espagnole (Cespedes). Coût approximatif : 4-5000 € par fermenteur.
- 2 fermenteurs double paroi à fond plat, volume = 2000 litres. D'occasion, prix approximatif : 1000 € modifications comprises.



REFROIDISSEURS

- Le système de refroidissement des fermenteurs fonctionne à l'aide d'un tank à lait faisant office de groupe froid.

LE CONDITIONNEMENT

- Mise en bouteille : embouteilleuse et capsuleuse manuelles. Il s'agit d'un matériel peu cher convenant au lancement d'activité mais chronophage et laborieux. Le maximum raisonnablement embouteillable en une journée est de 1000 litres, ce qui limite la production.
- Mise en fûts : refermentation en fûts (remplissage à la pompe). Cette technique présente l'inconvénient de salir d'avantage les fûts que la carbonatation forcée. Eloi a donc investi dans une laveuse de fûts (coût = 5 - 6000€).

3

AGRANDISSEMENT DE LA BRASSERIE (2018)

Le nouveau hangar permettra d'augmenter la production annuelle à environ 700 hl (contre 250 hl aujourd'hui). Une telle capacité de production ne serait pas nécessaire à Eloi dans un premier temps mais pourrait permettre de partager la brasserie avec un·e autre brasseur·euse indépendant·e pour partager l'investissement en matériel.



CONSTRUCTION DU HANGAR

DIMENSIONS : 200 m² (18 x 11 m)

COÛT GLOBAL : ± 40 000 € (soit 200 €/m²)

SOL :

- Terrassement et dalle réalisés par un intervenant extérieur
- Coûts : Terrassement = 4000 € et dalle = 6000 €

CHARPENTE :

- Charpente traditionnelle en treillis en douglas (fermes moisées) : 5 portiques (largeur = 11 m), 4 travées (espacement = 4 m).
- Couverture : pannes, chevrons, Steico 35 mm (isolant, pare-pluie, coupe-vent en fibres de bois compressées), contre-lattes, tuiles en terre cuite de récupération

MURS :

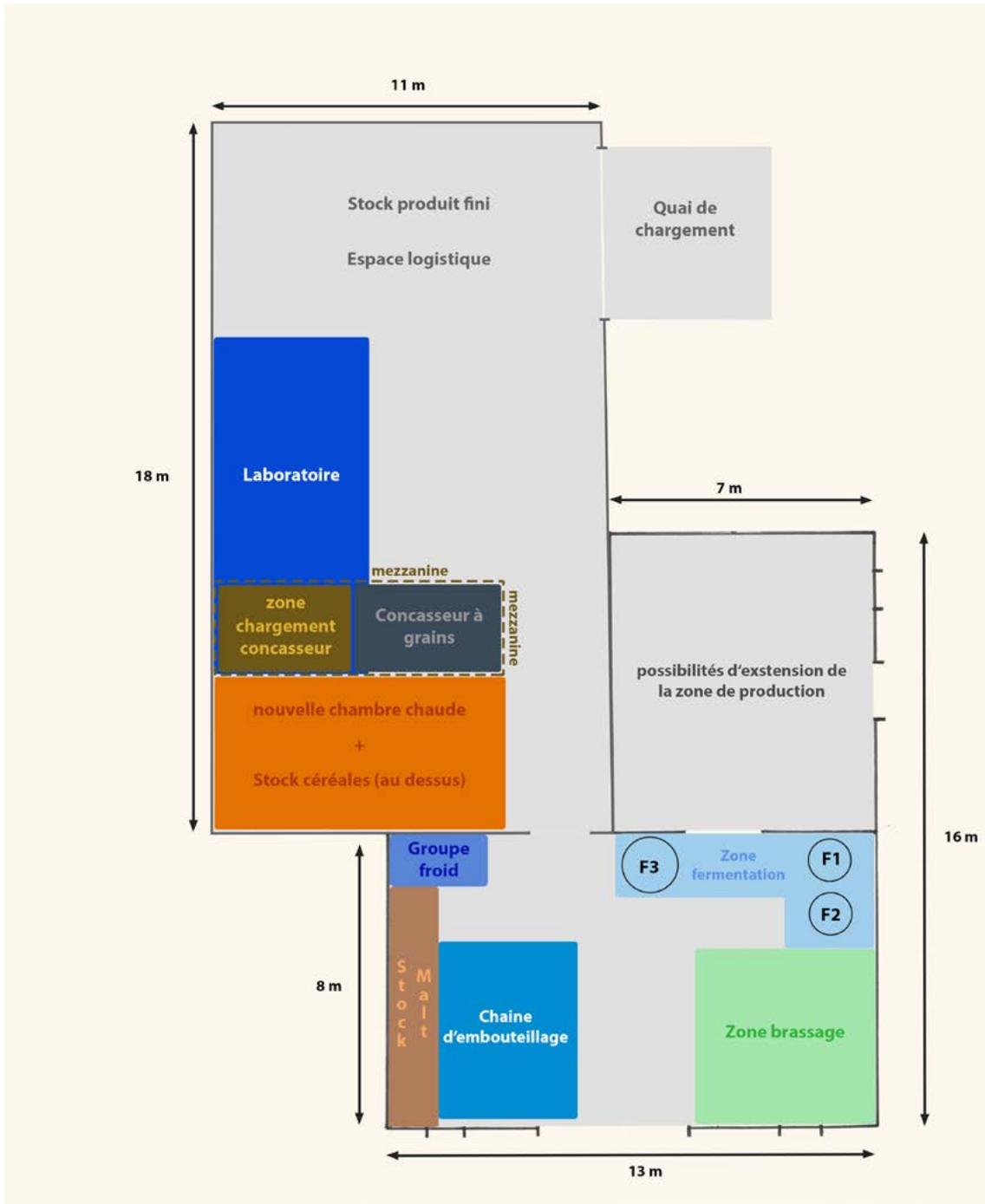
- Montants sol - sablières (réduisant l'espacement entre 2 portiques)
- Contreventement extérieur et isolation thermique avec AGEPAN 20 mm (panneaux en fibres de bois compressées)
- Contre-lattes + chevrons (peuplier)
- Bardage en mélèze



UN NOUVEL AMÉNAGEMENT

Un nouveau hangar entraîne un nouvel aménagement :

- La chambre chaude sera agrandie et déplacée dans le nouveau bâtiment.
- Les matières premières seront stockées au-dessus de la nouvelle chambre chaude.
- Une mezzanine sera construite dans le prolongement de la chambre chaude et accueillera le concasseur à grain. Celui-ci sera rempli depuis la mezzanine et le grain concassé tombera dans une benne roulante pour être facilement transporté jusqu'à la cuve matière.
- Un laboratoire sera aménagé dans le nouveau bâtiment.
- Le reste du hangar sera dédié à la logistique et au stock des produits finis. Un quai de chargement a été aménagé à cet effet.
- La place laissée par l'ancienne chambre chaude permettra l'installation d'une chaîne d'embouteillage.
- Le déplacement du stock de produits finis vers le hangar permet une potentielle extension de la zone de production (ajout de fermenteurs, etc).



FICHE 2 : ÉCHANGEUR TUBULAIRE

BRASSERIE DE LA MOUSSON

Les échangeurs tubulaires, utilisés depuis longtemps en viticulture, en distillation et dans l'industrie pharmaceutique, sont de plus en plus en vogue dans le milieu brassicole. En effet ils présentent le net avantage d'être simplement conçus et beaucoup plus simples à nettoyer que les échangeurs à plaques (majoritairement utilisés en brasserie). Lorsqu'on a conscience que la majorité des contaminations survient durant la phase de refroidissement, on comprend l'aspect primordial que représente la facilité de désinfection d'un échangeur thermique en brasserie. Le désir de passer à ce type d'échangeurs et leur facilité de conception ont poussé Rémi Boudes, de la brasserie de la mousson, à se lancer dans l'autoconstruction de son échangeur tubulaire.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

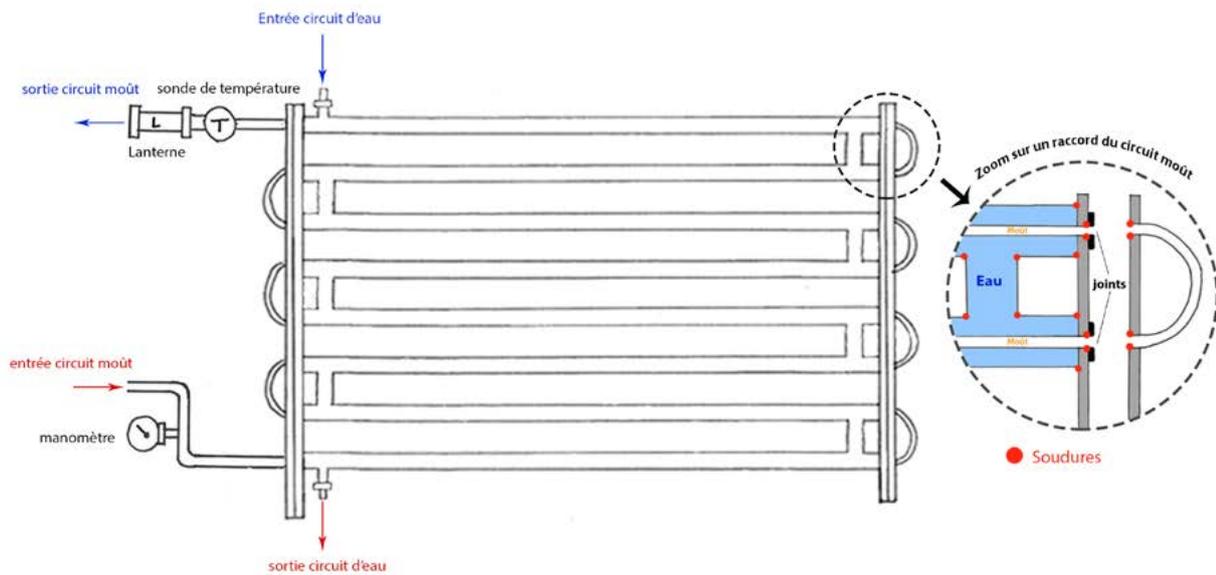
- **Efficacité de refroidissement** : 1 litre d'eau à 12 °C permet de refroidir 1 litre de moût de 100 à 20°C.
- **Débit de refroidissement** : 400 l/h
- **Dimensions** :
 - **Longueur de l'échangeur** : 3 mètres
 - **Nombre d'allers-retours** : 26
 - **Longueur totale de parcours** : 78 mètres
 - **Tuyaux du circuit moût** : $\varnothing = 12$ mm, épaisseur = 1 mm
 - **Tuyaux du circuit eau** : $\varnothing = 25$ mm, épaisseur = 1 mm
- **Coûts** : ± 2000 € (sans la sonde de température, le manomètre et la lanterne)

CONSTRUCTION & FONCTIONNEMENT :

La conception de cet échangeur est des plus simples et consiste en un circuit de fins tuyaux pour le moût contenu dans un circuit de plus gros tuyaux pour l'eau de refroidissement. L'ensemble a été réalisé en inox et les soudures ont été réalisées au TIG.

- **Circuit à contre-courant** : Le moût est introduit dans la partie inférieure de l'échangeur et ressort refroidi dans sa partie supérieure. A l'inverse, l'eau de refroidissement est introduite dans la partie supérieure de l'échangeur et ressort dans sa partie inférieure. Cette circulation à contre-courant permet une meilleure efficacité de refroidissement.
- **Facilement démontable** : L'échangeur a été conçu de manière à ce qu'il soit possible de démonter le circuit du moût grâce à un système de plaques boulonnées entre elles (voir zoom en haut à droite de l'illustration page suivante). Sur l'une des plaques est soudé l'ensemble des tuyaux horizontaux (circuits eau et moût) et sur l'autre plaque sont soudés les coudes du circuit moût permettant de descendre/monter d'un « étage ». Des joints d'étanchéité (type DIN en caoutchouc, $\varnothing = 15$ mm) ont été placés au niveau de la jonction pour permettre l'étanchéité du circuit lorsque les plaques sont boulonnées entre elles. Ce système présente aussi l'avantage constructif de ne pas devoir effectuer de soudure à l'intérieur des tuyaux inox et donc de réduire les risques d'infection.
- **Contrôle de la température de sortie du moût** : grâce à une sonde de température située juste après la sortie de l'échangeur.
- **Contrôle de la vitesse de circulation** : grâce à un manomètre situé à l'entrée de l'échangeur, la pression mesurée étant proportionnelle au débit d'envoi de la pompe. Une pression nulle indiquerait un dysfonctionnement de la pompe.
- **Une deuxième version** : le débit de 400 l/h du premier échangeur impliquait un temps de refroidissement beaucoup trop long (environ 3h pour les 1500 litres d'un brassin). Devant le manque de débit de son échangeur, Rémi a réalisé une nouvelle version d'échangeur tubulaire qui permet un plus grand débit sans pour autant perdre en efficacité de refroidissement. La conception est presque identique si ce n'est que (1) le circuit du moût n'est plus constitué d'un seul tuyau fin mais de quatre (voir illustration) et que (2) l'échangeur est plus long mais fait moins d'allers-retours, ce qui facilite sa construction. Cette nouvelle version lui permet de réaliser le refroidissement de la même quantité de moût en 30 minutes au lieu de 3 heures !





✚ POINTS FORTS :

- Facilité de nettoyage
- Simplicité de conception

▢ LIMITES :

- Débit de refroidissement trop faible de la première version
- Coût élevé par rapport aux refroidisseurs à plaques, très faciles à trouver d'occasion
- L'autoconstruction de matériel utilisé dans la phase à froid présente un risque important de contaminations futures liées à de mauvaises soudures

FICHE 3 : CLARINETTE POUR SALLE À BRASSER

BRASSERIE DE LA MOUSSON

Tout au long du processus de brassage, il est nécessaire de réaliser des transferts de fluides (maïs, moût, froid, chaud, etc). Ces transferts impliquent la mise en place de nombreux circuits différents, nécessitant de continus branchements et débranchements de tuyaux. Ces opérations peuvent, à la longue, se révéler fastidieuses et dangereuses (les tuyaux contenant parfois des liquides bouillants et/ou corrosifs). De plus, la présence au sol des tuyaux flexibles encombrant la brasserie et gênent les déplacements. Pour pallier ce problème et, ainsi, améliorer considérablement leur condition de travail, Rémi et Lucien de la Brasserie de la Mousson, ont entrepris l'autoconstruction d'une clarinette pour leur salle à brasser.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- Capacité de production : 50 kg
- Température de fumage : 100 – 150 °C
- Coût : < 1000 €, entièrement fait de récupération



POINTS FORTS :

- Améliore l'ergonomie et la sécurité durant la phase de brassage



LIMITES :

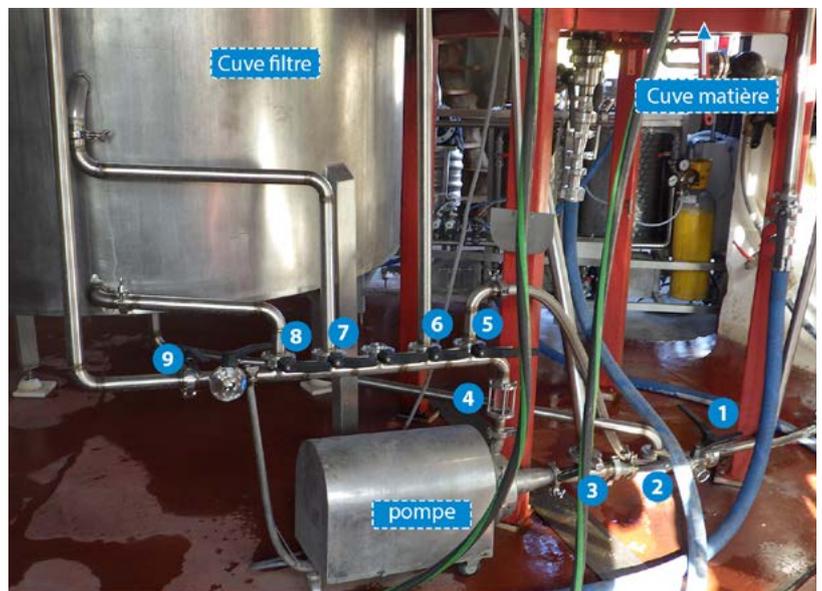
- Coût de réalisation important lié au nombre de vannes papillon

CONSTRUCTION & FONCTIONNEMENT

LA CLARINETTE consiste en un système de vannes et de tuyaux en inox permettant de relier une pompe de manière permanente à différents éléments de la brasserie. En jouant sur les vannes, ce système permet de créer l'ensemble des chemins de transfert de moût nécessaires. Etant donné que la clarinette concerne uniquement des transferts de moût durant la phase à chaud, la soudure ne présente aucun risque potentiel d'infection. L'ensemble des soudures a été réalisé au TIG par Rémi.

L'illustration ci-contre explique le rôle des vannes de la clarinette. À titre d'exemple, pour mettre en place le circuit nécessaire à la recirculation du moût au début de la phase de filtration, il suffit d'ouvrir les vannes 2 et 7 et d'actionner la pompe.

LA LANTERNE (4) permet de contrôler la clarté du moût, et ainsi, de savoir quand la phase de recirculation du moût peut être interrompue. Pour envoyer ensuite le moût vers la cuve matière, il suffira de fermer la vanne 7 et d'ouvrir la vanne 6.



- | | |
|----------------------------------|---|
| 1 Admission eau chaude | 6 Départ vers cuve matière |
| 2 Admission pied de cuve filtre | 7 Départ vers cuve filtre (recirculation) |
| 3 Admission pied de cuve matière | 8 Départ vers cuve filtre (Transfert) |
| 4 Lanterne | 9 Départ vers boules de lavages |
| 5 Admission d'eau froide | |



FICHE 4 : SYSTÈMES DE REFROIDISSEMENT AVEC GROUPES FROIDS DE RÉCUPÉRATION

BRASSERIE DE LA MOUSSON ET DE L'ARNON

En hiver brasse qui veut, en été brasse qui peut ! Ce petit proverbe nous rappelle l'importance de la température de fermentation et du problème que peut poser l'incapacité à contrôler cette température.

En effet, un contrôle correct de la température de fermentation permet de favoriser une fermentation complète (atteindre l'atténuation prévue), de contrôler les aspects organoleptiques liés aux levures, de réduire les risques d'infection, d'assurer une garde efficace et donc une meilleure clarification de la bière et d'être moins tributaire des saisons (température de l'air extérieur).

Les équipements permettant le contrôle de la température au sein des fermenteurs sont souvent onéreux et nécessitent des aménagements conséquents. Cependant, les sources de groupes froids de récupération ne manquent pas et il ne reste qu'à légèrement les détourner pour pouvoir s'en servir dans la brasserie.

Rémi Boude, de la ferme brasserie de la Mousson a réalisé son système de refroidissement à partir de tireuses à bière. Eloi Soulez, de la brasserie de l'Arnon a réalisé le sien à partir d'un tank à lait.



POINTS FORTS :

- Système fonctionnel et bon marché
- Installation indépendante pour chaque fermenteur, ce qui facilite d'éventuelles modifications



LIMITES :

- Difficultés de nettoyage liées à l'échangeur drapeau
- Nécessite un niveau avancé de soudure inox. Sur du matériel impliqué dans la phase à froid (ici fermentation), des soudures mal réalisées peuvent être à l'origine de problèmes sanitaires.



▽ Ci-dessous : système de refroidissement de la brasserie de l'Arnon



REFROIDISSEMENT AVEC DES TIREUSES À BIÈRE

CONSTRUCTION & FONCTIONNEMENT

LES FERMENTEURS

La brasserie possède 2 fermenteurs cylindro-coniques, simple paroi, de récupération auxquels certaines modifications ont dû être apportées :

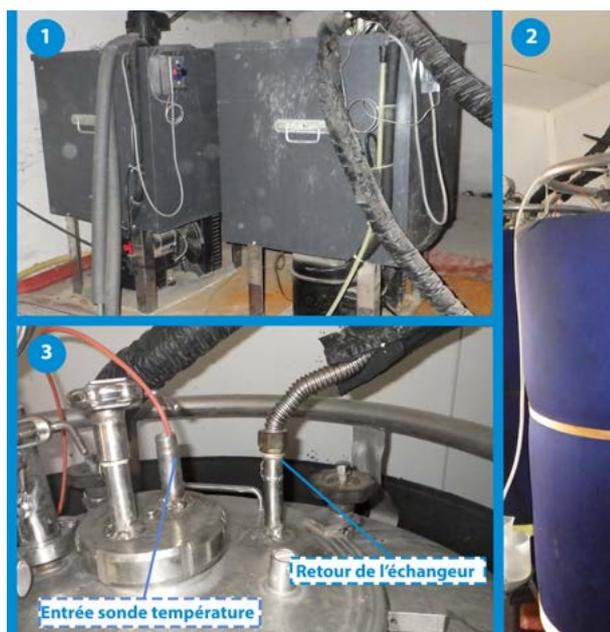
- Ajout d'un échangeur drapeau à l'intérieur des fermenteurs
- Isolation des fermenteurs par l'extérieur en saignant de la mousse isolante sur le pourtour (illustration 2)
- Ajout d'une entrée et d'une sortie au sommet des fermenteurs pour les tuyaux aller et retour de l'échangeur à drapeau (illustration 3)
- Ajout d'une sonde de température qui contrôle le circulateur et assure ainsi le maintien de la bière à température constante (illustration 3)

LE CIRCUIT

Chaque fermenteur dispose d'une tireuse située au-dessus de la salle de fermentation (illustration 1). L'eau de refroidissement circule dans le circuit normalement prévu pour la bière (allant du fût au bec de la tireuse en passant par le groupe froid). Les modifications suivantes ont été apportées au circuit :

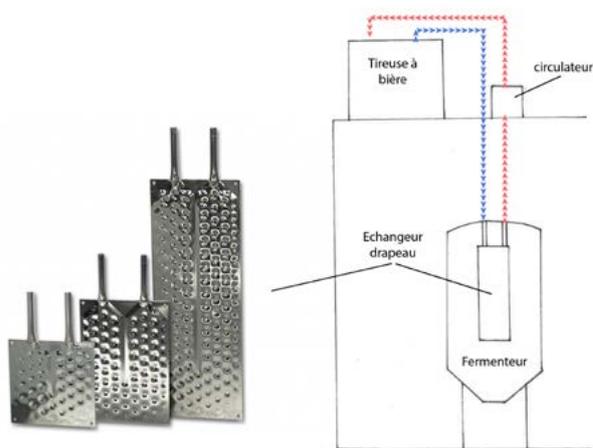
- Ajout d'une pompe python (utilisée sur les lignes de bière en soutien au CO₂ lorsque le dénivelé est trop important) pour boucler le circuit et le mettre en circulation ;
- Isolation des tuyaux avec des gaines en mousse isolante pour limiter les pertes de chaleur.

REMARQUE : les échangeurs drapeaux pourraient être remplacés par un serpentin (plastique, inox ou cuivre) faisant le tour de la paroi extérieure des fermenteurs et isolé par la mousse isolante. L'efficacité de l'échange thermique serait peut-être moindre mais réduirait les risques sanitaires liés à la difficulté de nettoyage des échangeurs drapeaux.



CARACTÉRISTIQUES :

- Fermenteurs cylindro-coniques simple paroi, volume = 800 litres
- 1 tireuse (refroidissement à eau) par fermenteur
- Permet le contrôle de la température de fermentation et de garde
- Coûts par fermenteur:
 - 1 tireuse (refroidissement à eau) d'occasion (prix très variable) : 250 - 1000 €
 - 1 échangeur drapeau (neuf) : 400 - 700 €
 - 1 pompe python
 - Le reste du système est constitué d'éléments de récupération



POINTS FORTS :

- Système fonctionnel et bon marché
- Installation indépendante pour chaque fermenteur, ce qui facilite d'éventuelles modifications



LIMITES :

- Difficultés de nettoyage liées à l'échangeur drapeau
- Nécessite un niveau avancé de soudure inox. Sur du matériel impliqué dans la phase à froid (ici fermentation), des soudures mal réalisées peuvent être à l'origine de problèmes sanitaires.

REFROIDISSEMENT AVEC TANK À LAIT

LE SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT

Le système consiste en un tank à lait muni d'un groupe froid fonctionnel constituant une réserve d'eau froide mise en relation par un circuit fermé avec l'ensemble des fermenteurs de la brasserie.

LES FERMENTEURS

La brasserie possède 3 fermenteurs double paroi (2 cylindro-coniques de 1000 litres et 1 à fond plat de 2000 litres), ils sont tous équipés de sondes de température. Il s'agit de matériel neuf et de qualité (Cespedes Industrias).

LE CIRCUIT :

- **UN CIRCUIT COMMUN :** L'ensemble des fermenteurs est connecté par le même circuit à une réserve d'eau froide contenue dans le tank à lait, refroidie par son groupe froid et mise en circulation par une pompe (centrifuge). Le circuit est réalisé avec des tuyaux PVC pression isolés avec des gaines en mousse isolante
- **UN REFROIDISSEMENT INDIVIDUALISÉ :** au niveau de l'arrivée d'eau froide de chaque fermenteur, une électrovanne contrôlée par la sonde de température permet d'ouvrir et fermer le circuit à besoin (les électrovannes ont été doublées par des vannes manuelles en cas de dysfonctionnement des premières).
- **UN « BY-PASS » POUR PROTÉGER LA POMPE :** Si l'ensemble des cuves est à la bonne température, les 3 électrovannes sont fermées, empêchant ainsi tout refroidissement. Pour empêcher que la pompe du circuit ne tourne en continu en buttant sur des vannes fermées, ce qui pourrait l'endommager à la longue, un système de « bypass » a été mis en place sur le circuit. Il s'agit d'une connexion bridée par une vanne manuelle à moitié ouverte entre les tuyaux « aller » et les tuyaux « retour », permettant à l'eau de retourner directement au tank à lait lorsque les fermenteurs n'ont pas besoin de refroidissement.



CARACTÉRISTIQUES :

- Fermenteurs double paroi (2 cylindro-coniques de 1000 litres et 1 fond plat de 2000 litres)
- 1 tank à lait de 500 litres avec groupe froid fonctionnel commun à l'ensemble des fermenteurs
- Permet le contrôle de la température de fermentation et de garde (T° minimale = 5 °C)
- Coûts :
 - Tank à lait de récup. : 400 €
 - Pompe centrifuge : 300 €
 - Electrovannes + sondes de température : 975 €
 - Tableau de contrôle : 300 €



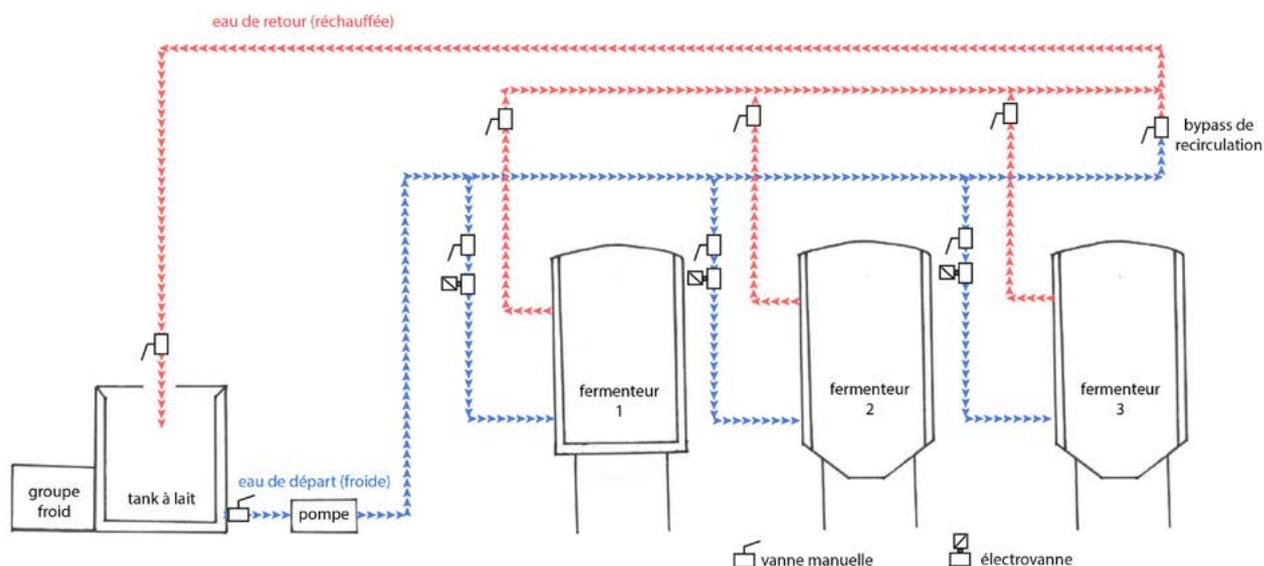
POINTS FORTS :

- Système fonctionnel et bien conçu
- Peu onéreux



LIMITES :

- Coût élevé
- Bon niveau de soudure inox nécessaire



FICHE 5 : CUVE FILTRE AVEC SYSTÈME DE DÉDRÊCHAGE



BRASSERIE DE LA MOUSSON

La filtration est une étape sensible du brassin. Premièrement, l'eau de rinçage peut emprunter des chemins préférentiels au sein du gâteau de drêches, ce qui limite l'extraction des sucres présents dans les drêches et réduit le rendement du brassin. Ensuite, une vitesse initiale de filtration trop importante peut induire des phénomènes de compaction du gâteau pouvant conduire au colmatage du filtre. Enfin, le dédrêchage en fin de filtration est l'opération la plus pénible du brassin. Si une cuve de filtration peut être relativement simple de conception, l'apport de certaines sophistications peut permettre de se sortir de situations délicates et de gagner en ergonomie. De plus, la cuve de filtration est une bonne candidate à l'autoconstruction car, faisant partie de la phase à chaud du brassin, les soudures ne présentent pas de risques sanitaires potentiels. La cuve filtre autoconstruite par Remi Boude de la brasserie de la Mousson a de quoi faire rougir Kaspar Schulz.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- Volume de la cuve : 3000 litres
- Coûts (global) : 3 530 € + prix de l'inox
 - Cuve : 1000 €
 - Trou d'homme : 1500 €
 - Grille : 400 € (200 €/m²)
 - Moteur de récup : 200 €
 - Variateur de fréquence : 400 €
 - Boîtier de contrôle (interrupteur + potentiomètre) : 30 €
 - Acier inox : non précisé

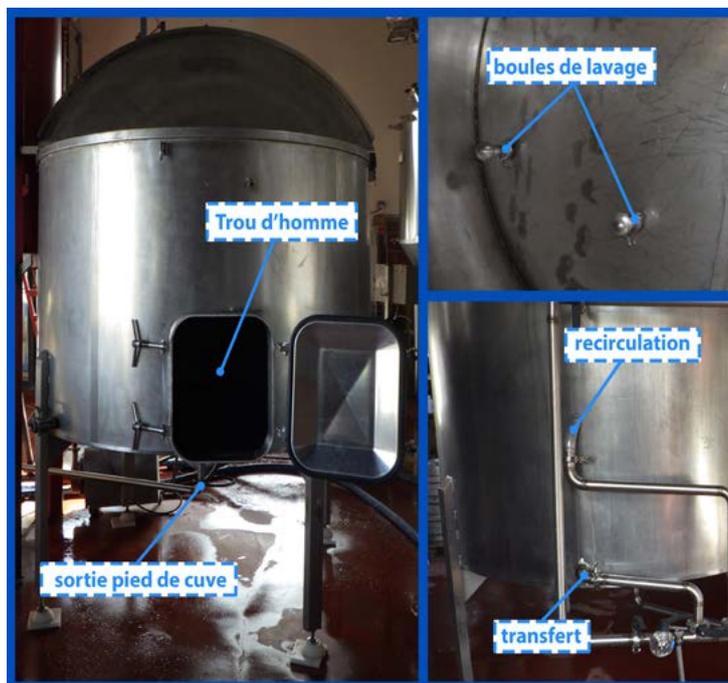
Il s'agit d'une cuve de distillation achetée d'occasion à laquelle certaines modifications ont été apportées afin de l'adapter en cuve de filtration.

INSTALLATION D'UN FOND FILTRANT : la structure porteuse permettant de supporter la grille a été réalisée avec des fers plats inox de 30 mm soudés entre eux pour former une structure en forme de cible (3 cercles concentriques reliés entre eux par une croix), elle-même soudée au fond de la cuve. La grille, d'une surface de 2 m², a été réalisée avec une tôle inox perforée. Elle est constituée de 2 demi-cercles boulonnés à la structure porteuse pour être facilement démontable et permettre l'entretien.

AJOUT D'UN TROU D'HOMME : pour faciliter le vidage des drêches (dédrêchage), un trou d'homme a été ajouté à hauteur du fond filtrant.

INSTALLATION D'ARRIVÉES, DE SORTIES ET DE BOULES DE LAVAGE : une sortie en pied de cuve (pour l'extraction du moût filtré), une entrée juste au-dessus du fond filtrant (pour le transfert de la maïsche) et une entrée plus haute, au-dessus du gâteau de drêches (pour la recirculation du moût en début de filtration).

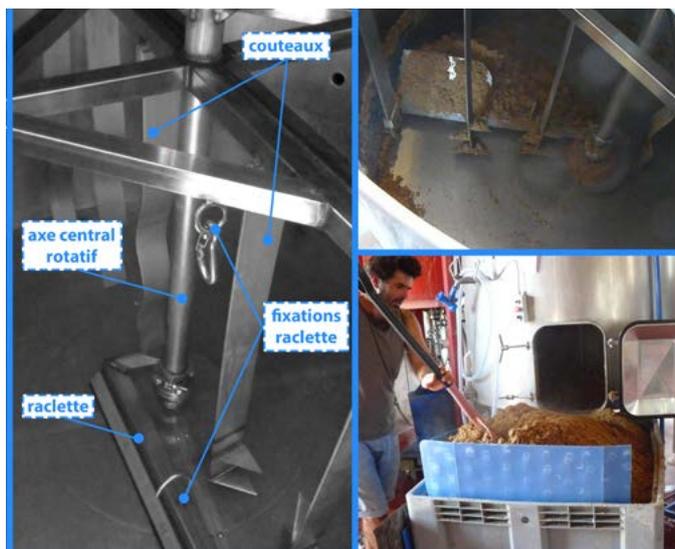
Deux boules de lavage ont été installées sur le plafond de la cuve pour le rinçage des drêches et pour faciliter le nettoyage de la cuve. L'ensemble de ces tuyaux est organisé autour d'une pompe fixe et mis en relation grâce à la « clarinette de la salle à brasser ».



LE SYSTÈME DE COUTEAUX ET DE DÉDRÊCHAGE

Un ingénieux système rotatif, entièrement autoconstruit en inox, a été installé à l'intérieur de la cuve pour permettre (1) grâce à 6 couteaux, de couper le gâteau de drêches en cours de filtration afin de limiter les chemins préférentiels du moût et/ou pour se sortir de situations de colmatage du fond filtrant et (2) grâce à l'installation d'une raclette, de pousser mécaniquement la drêche par le trou d'homme, et ainsi, faciliter grandement le travail de dédrêchage en fin de filtration.

- **LE RACK ROTATIF** : il s'agit d'un rack horizontal, destiné à accueillir les couteaux mis en rotation autour d'un axe central. Le rack a été réalisé avec des tubes carrés inox de 40 mm soudés entre eux. La partie centrale du rack a été contreventée pour contrer le couple engendré par la résistance des couteaux tournant dans le gâteau de drêches. L'axe central traverse la cuve de haut en bas. L'extrémité inférieure est reprise par un raccord de tuyauterie (type DIN) soudé au fond de la cuve et contenant une bague en téflon. L'autre extrémité est connectée à un moteur de récupération (muni d'un motoréducteur) situé au-dessus de la cuve et qui permet la mise en rotation de l'ensemble de la structure. Un variateur de fréquence commandé par un boîtier de contrôle (interrupteur + potentiomètre) permet d'adapter la vitesse de rotation.
- **LES COUTEAUX** : Ils permettent de couper le gâteau de drêche durant la filtration et ont été réalisés avec des fers plats inox (40 X 5 mm). Ils sont répartis en 2 groupes de 3 de chaque côté de l'axe central. Chaque groupe de couteau présente une forme différente : ondulée ou droite avec des griffes. Les ondulations ont été faites manuellement à l'étau.
- **LA RACLETTE** : Celle-ci est maintenue au-dessus du gâteau de drêches durant la filtration et descendue au moment du dédrêchage. Elle a été fabriquée avec un tube carré qui supporte deux lames inox boulonnées entre-elles pour enserrer une lame de caoutchouc. Aux extrémités, des attaches lui permettent de coulisser verticalement le long de l'axe central et de l'un des couteaux droits. Un crochet au centre permet de la fixer à un mousqueton soudé à la structure du rack rotatif pour la maintenir en position haute.



POINTS FORTS :

- Meilleur contrôle de la filtration (système de couteaux)
- Gain ergonomique (connexion à la clarinette de la salle à brasser et système de dédrêchage)
- Aucun risque sanitaire lié à la soudure (phase à chaud)



LIMITES :

- Coût élevé
- Bon niveau de soudure inox nécessaire

FICHE 6 : UN SYSTÈME DE CARBONATATION ORIGINAL

FERME BRASSERIE DELUGE

La carbonatation d'une bière exprime son degré de pétillance, soit la quantité de CO₂ dissout dans celle-ci. Le procédé nécessitant le moins de matériel pour carbonater une bière est la refermentation qui est donc majoritairement utilisée par les petites brasseries. Si elle convient bien pour la carbonatation des bouteilles, elle pose par contre souvent problème en ce qui concerne les fûts. Ainsi, de plus en plus de petites brasseries envisagent des solutions alternatives à la refermentation : les techniques de carbonatation forcée qui consistent à injecter du CO₂ dans les fûts à partir d'une bonbonne de CO₂. Le matériel clé en main permettant de réaliser la carbonatation forcée coûte cher et peut aisément être remplacé avec un peu d'imagination. C'est précisément ce qu'a fait Christophe Rey, de la Ferme Brasserie Deluge, en mettant au point ce système de carbonatation, simple, ingénieux, bon marché et original.

CONSTRUCTION & FONCTIONNEMENT :

INJECTION DU CO₂ : Une fois lavés et remplis de bière plate, les fûts sont mis sous pression grâce à une bonbonne de CO₂ et à un détendeur (branchement avec une tête de fût plate ou creuse).

QUANTIFICATION DU CO₂ INJECTÉ : La quantité injectée est évaluée en plaçant la bonbonne sur une balance. La variation du poids de la bonbonne permet de connaître la quantité de CO₂ introduite dans le fût au gramme près.

AGITATION DU FÛT : Pour permettre la diffusion du CO₂ dans la bière, le fût doit être agité continuellement. Une tâche très pénible (si l'on considère le poids d'un fût plein, la durée du transfert de gaz et le nombre de fûts à carbonater). Initialement, Christophe réalisait cette opération à la main. Il a résolu ce problème en utilisant le cadre d'une vieille machine à coudre « Singer », d'un petit moteur (moins de 1 kW) et une courroie. Le fût branché à la bonbonne est déposé sur le plateau oscillant du cadre de la machine à coudre, lequel est entraîné par le moteur et une courroie. La mise en fût peut donc se réaliser tranquillement dans un coin de la brasserie.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- Coûts :
 - Balance : 400 €
 - Détendeur : ± 50 €
 - Reste : récupération



LIMITES :

Nécessite une balance à la fois précise au gramme prêt et pouvant accueillir le poids d'une bonbonne de CO₂ (soit environ 30 kg pleine). Une telle balance sera difficile à trouver d'occasion et sera chère neuve.

POINTS FORTS :

- Système très bon marché
- Permet une grande précision
- Ne nécessite pas de connaître la température de la bière pour évaluer la quantité de CO₂ dissoute

FICHE 7 : UN SYSTÈME DE BANC DE LAVAGE POUR FÛTS

FERME BRASSERIE SAINT-GENIS

Le nettoyage et la désinfection des fûts est une étape cruciale en brasserie et représente l'une des principales sources d'infection du produit fini en brasserie. Si certaines brasseries réalisent encore cette opération à la main, la plupart s'équipent de laveuses de fûts. Ces machines sont très efficaces mais représentent un coût (entre 10 000 et 20 000 € neuves) qui décourage souvent les petites brasseries en phase de lancement. La brasserie de Saint-Génis conduite par Camille et Thomas a trouvé une solution à mi-chemin entre le nettoyage à la main et la laveuse de fûts : un système de bancs de lavage !



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- 3 bancs de lavage (2 rinçage et 1 nettoyage)
- - nettoyage de 2 fûts en simultané
- - coût : gratuit (entièrement de la récup)

CONSTRUCTION & FONCTIONNEMENT :

Ce système permet de réaliser le nettoyage de 2 fûts simultanément. Il est constitué de 3 bancs de lavage (2 pour le rinçage à l'eau claire et 1 pour le nettoyage à la soude). Les fûts sont débarrassés de leurs plongeurs au préalable. Ils subissent un premier rinçage à l'eau sur le premier banc, ensuite ils sont nettoyés à la soude chaude sur le deuxième banc et, une fois propres, ils reçoivent un deuxième rinçage sur le troisième banc afin de se débarrasser des restes de soude. Avant la mise en fûts, le banc de nettoyage peut également être utilisé pour effectuer la désinfection à l'acide per acétique.

LES BANCS DE RINÇAGE : réalisés avec des tubes inox de récup assemblés au TIG, ils comportent deux boules de lavage connectées entre elles par une tuyauterie débouchant sur une vanne permettant la connexion à l'eau du réseau. La pression de rinçage est donc dictée par la pression du circuit.

LE BANC DE NETTOYAGE : Très similaire au bancs de rinçage, le banc de nettoyage est prévu pour être supporté par un tank à lait et alimenté par une pompe. Le tank à lait permet (1) de préparer et chauffer la solution de soude et (2) de récupérer la solution une fois ressortie des fûts. Il permet donc de fonctionner en circuit fermé, la solution étant pompée par la vanne du tank, injectée dans les fûts par les boules de lavage pour retomber ensuite dans le tank.

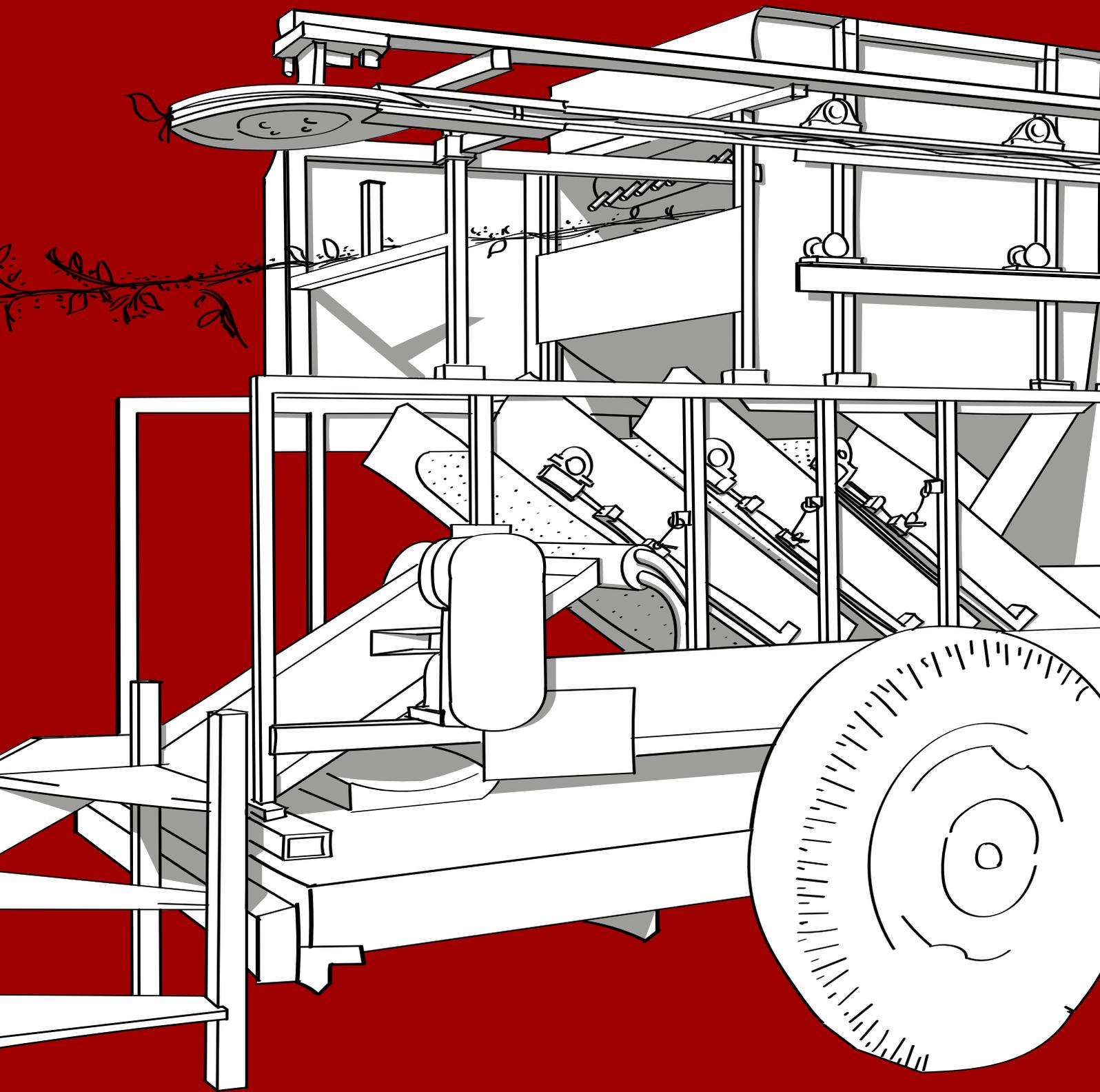


POINTS FORTS :

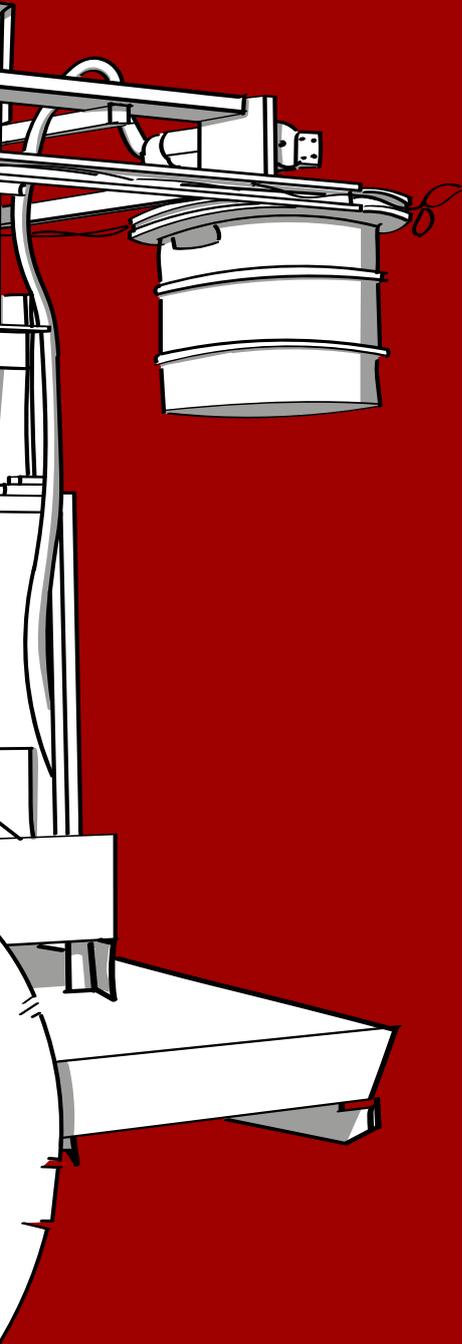
- Très simple de conception
- Très bon marché

LIMITES :

- Ne garantit pas une qualité de nettoyage suffisante (pas de lavage à la vapeur)
- Implique de nombreux déplacements de fûts (d'un banc à l'autre)



CONCLUSION



Ouverture **166**

Bibliographie **168**

Ouverture

La brasserie artisanale constitue une réelle voie d'installation ou de diversification. Le marché, loin d'être saturé, présente de réels besoins en matière première biologique et locale et l'absence de normes offre une grande liberté dans l'élaboration de l'outil de travail (achat d'occasion, récupération et autoconstruction). La concentration et l'industrialisation des processus de transformation alimentaire au cours du siècle dernier a contribué à rendre les technologies démesurées (et inaccessibles) pour une production à taille humaine. Ainsi, la mise en place d'une brasserie paysanne s'appuyant sur les principes d'autonomie, de respect de l'environnement et d'égalité sociale, doit s'accompagner d'une réflexion quant aux technologies permettant la mise à disposition de matériel adapté. La brasserie paysanne est multiple et rassemble plusieurs métiers qui, du point de vue de l'équipement, comportent chacun leurs propres besoins et problématiques.

Dans ce recueil, nous avons mis en lumière certaines réalisations mises en place pour y répondre sur le terrain et repérées en 2019-2020.... Il y a sûrement bien d'autres depuis et ailleurs ! Cependant, pour permettre la souveraineté technologique au sein de cette filière, de nombreux défis restent à relever, lesquels diffèrent selon les maillons.

La culture de l'orge, pratiquée en France depuis des temps immémoriaux et au sein de tous les terroirs, dispose du matériel adapté à tous les besoins, quels que soit les dimensionnements et les pratiques culturelles. Si le matériel nécessaire est important et de plus en plus coûteux, les solutions alternatives à l'achat individuel de matériel permettront de le rendre accessible, les possibilités de mise en commun du matériel étant particulièrement nombreuses en grande culture céréalière. Cependant, le retour du maltage à la ferme réintroduit la question du tri et du stockage à la ferme, étapes jusqu'alors principalement prises en charge par les coopératives céréalières. Pour permettre la fabrication d'un malt de qualité et donc d'une bière de qualité au sein des fermes, un travail reste à mener pour mettre à disposition des solutions adaptées et accessibles aux

petites structures permettant de mener à bien ces opérations déterminantes.

En ce qui concerne le houblon, la France est une petite productrice et concentre l'essentiel de sa production en Alsace. Pour répondre aux nouveaux besoins en houblon local et biologique engendrés par la multiplication des brasseries artisanales, on assiste à l'apparition des néo-houblonniers partout sur le territoire. Si le matériel adapté au modèle de culture alsacien existe, il ne correspond souvent pas aux besoins des néo-houblonniers. Ce manque de matériel adapté constitue l'un des nombreux freins à la multiplication des néo-houblonniers et ne risque pas d'être comblé par les constructeurs de machinisme agricole, étant donné le faible marché qu'ils représentent. Ainsi, répondre aux besoins en équipements de cette nouvelle paysannerie nécessite un important travail de réflexion devant émaner des paysan-ne-s eux-mêmes. Et, si certaines pistes de solutions semblent émerger, l'essentiel reste à faire !

Les malteries artisanales et les fermes brasseries effectuant elles-mêmes le maltage sont de plus en plus nombreuses et expriment des besoins en équipement profondément différents des gigantesques malteries industrielles dominant la production de malt française. En raison de la singularité de la conception et de l'aménagement de chaque malterie, de la grande liberté laissée par l'absence de normes sanitaires, l'autoconstruction semble être une piste à suivre par les malteries artisanales pour s'équiper. Dans sa version la plus simple, mettre en place une malterie ne comporte pas de défis techniques insurmontables pour qui aime bricoler et de plus en plus d'exemples de solutions sont disponibles, notamment au sein de ce recueil. Les principales difficultés résident dans les choix à poser selon les contraintes inhérentes à chaque projet (main d'œuvre et temps disponible, budget, espace, locaux, volume de production, exigences vis-à-vis de la qualité, etc.). Ainsi, du point de vue de l'équipement, la malterie artisanale française a surtout besoin de conseils et de mise en partage des solutions. Aussi, la mécanisation voire l'automatisation de certains processus peuvent

s'avérer utiles en malterie pour améliorer les conditions de travail.

La multiplication des brasseries artisanales s'est quant à elle accompagnée de la mise à disposition de matériel adapté à tous les modes et volumes de production : le matériel de brasserie est donc disponible mais il est particulièrement cher (tout inox, garant de la propreté, production de chaleur, production de froid) aussi l'investissement qu'il représente oblige à un niveau de production élevé. Ainsi, il n'est pas toujours accessible à ceux et celles qui veulent produire peu. Toutefois, il est possible de s'équiper autrement ! Le développement conjoint des brasseries artisanales et des plateformes de vente de particulier à particulier a rendu nombreuses les opportunités d'achat d'occasion et de récupération de matériel pouvant être utilisé en brasserie. Pour qui sait bricoler, les possibilités pour réduire la facture en matériel sont nombreuses. Cela nécessite en particulier de maîtriser le travail de l'inox qui est présent partout en brasserie : la priorité pour accompagner l'autonomie des brasseurs et brasseuses et leur permettre de s'affranchir des constructeurs et des prestataires extérieurs est donc de réintroduire le savoir-faire du travail du métal et du travail de l'inox en particulier.

De nombreux sujets sont donc sur la table pour accompagner l'appropriation des technologies de la filière brassicole : tri et stockage des céréales, culture du houblon de l'installation au conditionnement, entretien et maintenance du matériel agricole, mécanisation et automatisation en malterie, travail de l'inox en brasserie, aménagement des espaces... A travers ses formations à l'autoconstruction et à la réflexion sur l'impact des choix d'équipement, mais aussi la mise au jour et la discussion sur les innovations de terrain sur son forum et la diffusion de ses plans et tutoriels sur site web, et pourquoi pas, le cas échéant, l'accompagnement de projets collectifs de R&D sur des besoins en équipement particuliers, l'Atelier Paysan pourra être mobilisé comme ressource par les acteurs et actrices intéressé-e-s.

D'ores et déjà, n'hésitez pas à faire vivre ce recueil, ces innovations mises au pot commun, en les répliant, les commentant sur le forum, en y ajoutant vos propres constructions ou adaptations, en le complétant par toutes les astuces et bidouilles que vous repérez autour de vous ! Bonne autoconstruction, bonne mousse à tous et toutes !

Pour donner suite à la lecture :

-  **Le site de l'Atelier Paysan :**
<https://www.latelierpaysan.org/>
-  **L'esprit et la méthode de l'Atelier Paysan :**
<https://www.latelierpaysan.org/Qui-sommes-nous>
-  **Des dizaines de technologies paysannes diffusées sous forme de tutoriels :**
<https://www.latelierpaysan.org/Plans-et-Tutoriels>
-  **Plusieurs centaines de machines et bâtis paysans recensés sur les fermes et chroniques (le forum) :**
<http://forum.latelierpaysan.org/>
-  **Les formations dispensées par l'Atelier Paysan et ses partenaires :**
<https://www.latelierpaysan.org/Les-formations>
-  **Faire naître un outil :**
<https://www.latelierpaysan.org/Faire-naître-un-outil>

Bibliographie



ORGE

DOCUMENT ET BROCHURES :

- DRILLAUD-MARTEAU Céline, *Orges : Surface, critère de qualité, potentialité*. Arvalis - Institut du végétal. Consulté en 2018. Lien web : https://www.arvalisinstitutduvegetal.fr/plugins/WMS_BO_Gallery/page/getElementStream.jspz?id=24560&prop=file
- RENOULET Damien, *Des filières locales de malt et de houblon pour nourrir l'ogre brassicole*. Rue89 Lyon, 2017. Consulté en 2018. Lien web : <https://www.rue89lyon.fr/2017/04/09/des-filieres-locales-de-malt-et-de-houblon-pour-de-meilleures-bieres/>
- MARGUERIE Mathieu, *Grandes culture Bio – Fiches Techniques # 4 (La culture d'orge Bio)*. Réseau Bio de Provence-Alpes-Côte d'Azur (FNAB), 2017. Consulté en 2020. Lien web : http://www.produire-bio.fr/wp-content/uploads/2017/05/bio_de_paca_orge-1.pdf
- BIO WALLONIE, *Fiche technique : La culture de l'orge brassicole*. Bio Wallonie, 2017. Consulté en 2020. Lien web : <https://www.biowallonie.com/wp-content/uploads/2017/08/Montage-Fiche-technique-orge-brassicole-HD.pdf>
- BARANGER Edouard, *Choisir & Décider – Synthèse Nationale – Céréales à pailles (variétés et interventions d'automne)*. Arvalis, 2019. Consulté en 2020. Lien web : https://www.arvalis-infos.fr/file/galleryelement/pj/b0/6a/00/f4/choisir1_cap_2019_national_orge_hiver546735825513418807.pdf
- FRANCEAGRIMER, *Variétés et rendements biologiques, céréales, oléagineux et protéagineux – Récolte 2015*. FranceAgriMer, Octobre 2016. Consulté en 2020. Lien web : <https://www.franceagrimer.fr/content/download/47751/457662/file/11%20-%20Vari%C3%A9t%C3%A9s%20et%20Rendements%20C%C3%A9r%C3%A9ales%20Biologiques%20-%202015.pdf>

SITES INTERNET :

- Fiches Variétés d'Arvalis (site consulté en 2018) : www.fiches.arvalis-infos.fr/liste_fiches.php?fiche=var
- FAOSTAT - Food and Agriculture Organisation (site consulté en 2018) : <http://www.fao.org/faostat/>
- Terre Net (site consulté en 2018) : <https://www.terre-net.fr>
- Passion céréales (site consulté en 2018) : <https://www.passioncereales.fr/>



HOUBLON

DOCUMENTS ET BROCHURES :

- FURET A., L'ORPHELIN S., PEYRARD X. et VIDAL R., *La culture de houblon bio : référentiel technico-économique en Auvergne-Rhône-Alpes*. Lyon, France. Guide commandité et financé par l'association Bierra.
- FRANCEAGRIMER, *Le houblon : chiffres clés*. Conseil spécialisé, Filières spéciales (4 septembre 2019). FranceAgriMer, 2019. Lien web : <https://www.franceagrimer.fr/content/download/62176/document/LA%20FILIERE%20HOUBLON%20EN%202018.pdf>
- EMMANUEL Gillard., *La bière en France*. Éditions « projet amertume », 2020. Lien web : http://projet.amertume.free.fr/index_redirection.htm
- BIO WALLONIE., *Fiche technique – Conseil technique de saison : La culture de houblon*. Bio Wallonie, 2017. Consulté en 2018. Lien web : <https://mk0biowalloniejo431r.kinstacdn.com/wp-content/uploads/2017/08/Montage-Fiche-technique-houblon-HD.pdf>
- FREDON Romain, *La filière du houblon se dynamise, quelles perspectives pour la bio ?* Bio Centre, 2017. Consulté en 2018. Lien web : <https://www.bio-centre.org/index.php/a-la-une/156-la-filiere-houblon-francaise-se-dynamise-quelles-perspectives-pour-la-bio>
- DE LA HÉRONNIÈRE Lucie, *Petits brasseurs cherchent bon houblon français*. Slate, juin 2018. Consulté en 2018. Lien web : <https://www.slate.fr/story/162530/biere-houblon-france-brasserie>

SITES INTERNET :

- Houblon de France (site consulté en 2018) : <https://www.houblonsdefrance.fr/>
- Brasseurs de France (site consulté en 2018) : <https://www.brasseurs-de-france.com>
- FAOSTAT – Food and Agriculture Organization (site consulté en 2018) : <http://www.fao.org/faostat/>



MALTERIE

DOCUMENTS ET BROCHURES :

- ROBERT H., *Étude du maltage artisanal de l'orge brassicole pour son développement en circuit court en Wallonie : Travail de fin d'étude*. Gembloux Agro-Bio-Tech, 2017. Lien web : https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/3013/3/TFE_Robert_Hugo.pdf
- DUTIN Robert, *Annuaire professionnel 2017 – Brasserie, malterie, houblon*. MA Éditions, 2017.
- MALTERIES SOUFFLET, *L'utilisation des malts spéciaux*. Soufflet, Février 2012.
- GILLARD Emmanuel, *La bière en France*. Éditions « projet amertume », 2020. Lien web : http://projet.amertume.free.fr/index_redirection.htm

SITES INTERNETS :

- Malteurs de France : <https://malteursdefrance.fr>
- Brasseurs de France : <https://www.brasseurs-de-france.com/>
- Soufflet malterie : <https://www.soufflet.com/>
- Malt Europe : <https://www.malteurop.com/fr/france>



BRASSERIE

DOCUMENTS ET BROCHURES :

- DUTIN Robert, *Annuaire professionnel 2017 – Brasserie, malterie, houblon*. MA Éditions, 2017.
- GILLARD Emmanuel, *La bière en France*. Éditions « projet amertume », 2020. Lien web : http://projet.amertume.free.fr/index_redirection.html

SITES INTERNET :

- Brasseurs de france : <https://www.brasseurs-de-france.com/>
- SNBI : <https://www.brasseurs-independants.fr>
- FAOSTAT – Food and Agriculture Organization : <http://www.fao.org/faostat/>

Ce projet est soutenu dans le cadre du Réseau Rural National (www.reseaurural.fr) par des fonds Européens FEADER, des crédits du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt et du Commissariat Général à l'Égalité des Territoires.



Cette action est cofinancée par le Fonds européen agricole pour le développement rural : l'Europe investit dans les zones rurales.



Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Les propos contenus dans cette publication n'engagent que leurs auteurs.

Un ouvrage collectif concocté par l'Atelier Paysan,
dont la présente version est en date de décembre 2020.

Nous tenons à remercier tout le comité de travail qui a participé activement à la mise en place de ce document et à en nourrir les différentes parties.

Lorsqu'elles ne sont pas sourcées, les illustrations sont mises à disposition par l'Atelier Paysan (licence Creative Commons CC-by-NC-SA).

PARTICIPEZ AU COLPORTAGE DE CES COMMUNS !



Accessibles librement pour tou·te·s, les ouvrages de **La Petite Bibliothèque Paysanne** ont tout intérêt à s'enrichir des remarques, questions et contributions des utilisateurs et utilisatrices qui les consultent au quotidien.

En nous en faisant part de vos retours, tant sur le fond que sur la forme, vous participez donc au développement de ces communs !

Mail : noscommuns@latelierpaysan.org