



Haute Ecole Lucia de Brouckère

Catégorie technique long

Institut Meurice

Institut Supérieur Industriel

## Contribution à l'étude du malt sur aire produit en "République Tchèque".

Directeur externe:

**Bruno Godin** - CRA-W

Directeur interne:

**Anne Pietercelie** - HELdB

Mémoire présenté par

**Charles SCHWEICHER**

en vue de l'obtention du diplôme de

Master en sciences

de l'ingénieur industriel

Section Biochimie

**Septembre 2019**

# Remerciements

---

À Anne Pietercelie qui m'a accueilli sympathiquement lors d'une journée "porte ouverte" et qui m'a introduit dans l'ARFB. Ce qui a conforté mon choix de venir finaliser le master en biochimie à l'Institut Meurice.

À Bruno Godin du CRA-W qui a permis de réaliser mon rêve de faire mon stage en Tchéquie.

Merci à tous deux pour leurs conseils et encadrement tout au long de ce travail, de leurs disponibilités et suggestions lors de la rédaction.

Au service de brasserie de l'Institut Meurice pour leur fraternité et bonne humeur.

Aux personnels du CRA-W pour m'avoir accordé du temps et pour leur explication sur les différentes analyses réalisées dans le cadre de ce travail.

À Tomáš MAIER de l'université des sciences de la vie de Prague.

À Psota Vratislav, directeur de l'institut de recherche de la bière et du malt à Bruno pour son support.

À Martin Slabý, chef du département de technologie de RIBM Prague pour m'avoir accueilli comme un ami et merci à l'équipe sympathique du brassage.

À Milan Starec qui m'a montré et expliqué l'ampleur de l'histoire de la malterie en Tchéquie et à son collègue le maître brasseur Jarin.

À Milos de la malterie de Nymburk qui m'a montré et expliqué les subtilités du maltage sur aire.

À tous ceux qui m'ont accueilli dans leur malterie, brasserie et centre de recherche.

À tous les étudiants et professeurs qui m'ont aidé et conseillé.

À ma femme qui depuis le début croit en mes capacités et m'encourage à poursuivre jusqu'au bout cette aventure universitaire.

---

## Résumé

---

Jusque fin 19<sup>ème</sup> siècle, le maltage sur aire était la seule technique traditionnelle pour produire du malt. Cette technique a été remplacée progressivement par la technologie pneumatique. La Tchéquie est un des rares pays à avoir préservé une partie de ses malteries traditionnelles. Aujourd'hui, il est un fait que leurs bières fabriquées comme fin du 19<sup>ème</sup> siècle se démarquent du reste du monde au point que le pays obtient un label d'indication géographique protégé en 2008.

Cette étude tente de comprendre quelle part du malt réalisé par la technique traditionnelle contribue à cette qualité de bière qui a justifié un label de protection géographique.

Pour ce faire, les analyses standards EBC ont été réalisées sur des échantillons d'orge, de malt et de bière provenant de République tchèque. Les résultats des malts sur aire ont été comparés avec des malts produits par la technologie en case Saladin. L'étude a permis de différencier deux groupes: les malteries indépendantes dites industrielles et celles qui produisent uniquement pour la brasserie de l'entreprise, dites artisanales.

Nous avons pu conclure qu'il n'y avait pas de différence significative entre les malts sur aire et ceux produits en case Saladin, du moins en ce qui concerne les analyses standards. Cependant, sur certains critères comme la friabilité et le rendement, les malts artisanaux se dérobent à la rigueur industrielle. Pourtant cela ne se traduit pas sur la qualité de la bière. La méthode par décoction utilisée traditionnellement par les Tchèques serait-elle mieux adaptée pour niveler des imperfections du malt?

## Abstract

---

Before 19th century, floor malting was the only way to produce malt. This technology was evincing definitively mid-20. So, why does the Czech Republic still have a dozen of floor malting?

Czech Republic didn't suffer the international economic crisis after World War II and kept the industry the same way when the country was supervised by the communist party. They still produced beer as they used to be with the decoction method. They even got a protected geographical protection for their beer in 2008.

This study will evaluate barley and floor malt recommended for Czech beer. We make a comparison between floor malt and his rival produced by Saladin technology. From the results we were able to divide two groups. Those that work only for their brewery and the industries that uses only a small amount for their beer production. There was a significant difference in quality between those two groups on criteria like friability and malt extract. But all produce good quality beer. Does the decoction method used traditionally by Czech brewer a better way to produce beer with floor malt?

---

# Table des matières

---

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>I</b>
<b>RÉSUMÉ.....</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>II</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES .....</b>	<b>III</b>
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES.....</b>	<b>VI</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. ORGE: <i>HORDEUM VULGARE</i> L.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. CAHIER DES CHARGES DE L'ORGE BRASSICOLE .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. SÉLECTION ET AMÉLIORATION DES VARIÉTÉS BRASSICOLES .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4. STRUCTURE D'UN GRAIN ORGE.....</b>	<b>4</b>
1.4.1. EMBRYON.....	4
1.4.2. ENDOSPERME.....	5
1.4.3. COUCHE À ALEURONE .....	5
1.4.4. TESTA ET PÉRICARPE .....	5
1.4.5. GLUMELLES.....	6
<b>1.5. BIOCHIMIE DE L'ORGE.....</b>	<b>6</b>
1.5.1. COMPOSITION BIOCHIMIQUE .....	6
1.5.2. HUMIDITÉ ET L'ACTIVITÉ D'EAU ( $A_w$ ).....	7
1.5.3. PROTÉINES OU MATIÈRES AZOTÉES.....	8
1.5.4. BIOCHIMIE DE LA GERMINATION ET LES ENZYMES.....	8
1.5.5. AMIDON.....	9
<b>1.6. MALTAGE.....</b>	<b>11</b>
1.6.1. TREMPE .....	11
1.6.2. GERMINATION.....	13
1.6.3. TOURAILLAGE .....	14
1.6.4. DÉGERMAGE .....	14
1.6.5. STOCKAGE DU MALT .....	15
1.6.6. TRANSPORT ET POUSSIÈRES.....	15
1.6.7. MALTERIE SUR AIRE MÉCANISÉE.....	15
<b>1.7. BRASSAGE .....</b>	<b>15</b>
<b>1.8. BIÈRE TCHÈQUE .....</b>	<b>16</b>
<b>1.9. INDICE DE QUALITÉ DU MALT. ....</b>	<b>17</b>
<b>2. OBJECTIFS DU TRAVAIL .....</b>	<b>18</b>
<b>3. MATÉRIELS ET MÉTHODES.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1. ÉCHANTILLONS .....</b>	<b>19</b>
3.1.1. CONDITIONNEMENT .....	19
3.1.2. NETTOYAGE .....	19
<b>3.2. ORGE .....</b>	<b>20</b>
3.2.1. HUMIDITÉ (EBC 3.2) .....	20
3.2.2. TEMPS DE CHUTE DE HAGBERG (ISO 3093:2009).....	20

3.2.3.	TEMPÉRATURE DE GÉLATINISATION PAR LE RVA (MEBAK 2.7)	21
3.2.4.	CALIBRAGE (EBC 3.11.1)	22
3.2.5.	ÉNERGIE ET POUVOIR GERMINATIF (EBC 3.6.2)	23
3.2.6.	POIDS DE 1000 GRAINS (EBC 3.4)	23
3.2.7.	TENEUR EN PROTÉINES TOTALES, DUMAS (EBC 3.3.2)	23
<b>3.3.</b>	<b>MALT</b>	<b>24</b>
3.3.1.	HUMIDITÉ (EBC 4.2)	24
3.3.2.	TEMPÉRATURE DE GÉLATINISATION PAR LE RVA (MEBAK 2.7)	24
3.3.3.	FRIABILITÉ (EBC 4.15)	24
3.3.4.	POIDS DE 1000 GRAINS (EBC 4.4)	24
3.3.5.	TENEUR EN PROTÉINES TOTALES, DUMAS (EBC 4.3.2)	24
3.3.6.	LE BRASSIN CONVENTIONNEL (EBC 4.5.1)	24
3.3.6.1.	TEMPS DE SACCHARIFICATION	25
3.3.6.2.	TEMPS DE FILTRATION	25
3.3.6.3.	DENSITÉ DU MOÛT (EBC 4.5.1)	25
3.3.6.4.	RENDEMENT SEC DU MALT (EBC 4.5.1)	26
3.3.7.	VISCOSITÉ (EBC 4.8)	26
3.3.8.	pH (EBC 8.17)	26
3.3.9.	COULEUR (EBC 4.7.1)	26
3.3.10.	AZOTE A-AMINÉ LIBRE (FAN) (EBC 4.10) (EBC 9.10)	26
3.3.11.	POLYPHÉNOLS TOTAUX (EBC 8.12) (EBC 9.11)	27
3.3.12.	PROTÉINES SOLUBLES, INDICE KOLBACH (EBC 4.9.3)	27
3.3.13.	PROFIL EN SUCRE (EBC 8.7)	28
<b>3.4.</b>	<b>BIÈRE</b>	<b>29</b>
3.4.1.	DOSAGE DES ISOHUMULONES (BIÈRE) EBC 9.8	29
3.4.2.	DÉTERMINATION DU TROUBLE (BIÈRE) EBC 9.29	29
3.4.3.	TANNOÏDES ET PROTÉINES SENSIBLES (EBC 9.40)	29
<b>3.5.</b>	<b>VALEURS DE RÉFÉRENCE</b>	<b>30</b>
<b>4.</b>	<b>RÉSULTATS</b>	<b>32</b>
<b>4.1.</b>	<b>ORGE DE BRASSERIE</b>	<b>33</b>
4.1.1.	HUMIDITÉ	33
4.1.2.	TEMPS DE CHUTE DE HAGBERG - RATIO RVA	34
4.1.3.	TEMPÉRATURE D'EMPESAGE ORGES - MALTS RVA	34
4.1.4.	ÉNERGIE, POUVOIR GERMINATIF ET SENSIBILITÉ À L'EAU	35
4.1.5.	LE POIDS DE 1000 GRAINS (PMG)	36
4.1.6.	CALIBRAGE	37
4.1.7.	TENEUR EN PROTÉINES TOTALES	38
4.1.8.	DISCUSSION SUR LES ORGES	39
<b>4.2.</b>	<b>MALT</b>	<b>40</b>
4.2.1.	HUMIDITÉ	40
4.2.2.	FRIABILITÉ	40
4.2.3.	SACCHARIFICATION ET TEMPS DE FILTRATION	41
4.2.4.	RENDEMENT	41
4.2.5.	COULEUR	42
4.2.6.	pH	43
4.2.7.	VISCOSITÉ	43
4.2.8.	INDICE DE KOLBACH	44
4.2.9.	PROFIL EN SUCRE	45
4.2.10.	AZOTE A-AMINÉ LIBRE	45
4.2.11.	POLYPHÉNOLS	46
4.2.12.	DISCUSSION SUR LES MALTS	47
<b>4.3.</b>	<b>BIÈRE</b>	<b>48</b>

4.3.1.	EXTRAIT ORIGINAL ET TENEUR EN ALCOOL.....	48
4.3.2.	ATTÉNUATION APPARENTE ET RÉELLE DE FERMENTATION .....	49
4.3.3.	PH ET COULEUR .....	49
4.3.4.	AZOTE A-AMINÉ LIBRE.....	50
4.3.5.	POLYPHÉNOLS .....	50
4.3.6.	PROTÉINES SOLUBLES.....	51
4.3.7.	DOSAGE DES ISOHUMULONES .....	51
4.3.8.	DÉTERMINATION DU TROUBLE.....	51
4.3.9.	TANNOÏDES ET PROTÉINES SENSIBLES.....	52
4.3.10.	DISCUSSION SUR LES BIÈRES .....	53
<b>5.</b>	<b><u>DISCUSSION GÉNÉRALE.....</u></b>	<b>54</b>
<b>6.</b>	<b><u>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES .....</u></b>	<b>55</b>
<b>7.</b>	<b><u>RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE .....</u></b>	<b>56</b>
<b>8.</b>	<b><u>ANNEXES.....</u></b>	<b>59</b>
8.1.	COMMISSION 2008 SUR LA BIÈRE TCHÈQUE .....	59
8.2.	EXTRAIT DE L'ANNUAIRE RIBM 2018 DE L'ORGE .....	60
8.3.	RÉSULTAT D'ANALYSE DU TÉMOIN TCHÈQUE.....	61
8.4.	TEMPS DE CHUTE DE HAGBERG POUR DÉTECTER UNE PRÉGERMINATION DE L'ORGE .....	62
8.5.	ÉTALONNAGE DE LA DROITE À L'ALANINE POUR LES FAN .....	63

# Liste des abréviations et acronymes

---

Acronyme	Dénomination
2RP	deux rangs de printemps ou orge de printemps
ADF	Apparent Degree of Fermentation (%)
AG	acide gibbéréllique
ASBC	AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS fondé en 1934
BC	Brassin Conventionnel
BRF	Brewing Research Foundation (BRF) de 1976
CRA-W	Centre de recherche agronomique de Wallonie
cP	centiPoise (ancienne unité: 1cP = 1 mPa s)
d=0.01g	sur les balances électroniques, d désigne la plus petite variation affichable sur l'écran de la balance et est généralement inférieur à l'incertitude de pesée $\epsilon$ (classiquement $\epsilon=10$ d) Cela correspond à la LOD en chimie analytique.
EBC	European Brewery Convention
EBU	European Bitterness Unit = IBU
FAN	Free Amino Nitrogen, azote $\alpha$ -aminé libre
FN	Falling Number (FN) renseigne une mouture d'orge ou de malt réalisée pour les analyses Hagberg et RVA. Mouture réalisées sur un CT193 Cyclotec de FOSS
gr	grain
H	humidité en pourcent massique, % m/m
HPLC	high performance liquid chromatography, chromatographie en phase liquide à haute performance
IBD	Institute Of Brewing and Distilling récupère IoB en 2005
IFBM	Institut Français de la Brasserie et de la Malterie fondée en 1962
IKA	renseigne une mouture d'orge réalisée sur un appareil IKA10
LOX	Lipoxygénase
MS	masse rapportée en Matière Sèche, MH matière humide
NIR	Near Infra-Red Reflectance
NIT	Near Infra-Red Transmittance
PG	Partially Glassy, partiellement vitreux
PMG	le poids de mille grains, thousand grain weight (TGW)
PVP	polyvinylpyrrolidone ou polyvidone
RIBM	Research Institut of Brewing and Malting Czech. Le centre à Prague pour la bière, le centre à Brno pour l'orge et le malt.
RVA	Rapid Visco Analyser
VLB	Versuch- u. Lehranstalt für Brauerei. Institut de recherche et de fermentation pour la brasserie fondé à Berlin en 1883

---

## Introduction

---

*"La production de bière mondiale est en augmentation depuis plusieurs années (elle a doublé en 20 ans). Le secteur est majoritairement dominé par 4 grands groupes, avec en tête ABInBev. Pour assurer de tels volumes de production, **les malteries se sont industrialisées.** Mais **les habitudes de consommation changent et on observe une augmentation de l'intérêt pour les bières spéciales et de terroir**, au détriment des bières de type pils. Or, cette diversification des types de bières (224 brasseries et 2500 marques en Belgique tout de même !) **appelle à une diversification des malts et à des volumes de production plus petits.** Nous nous retrouvons donc rapidement face à un problème d'échelle !" (Mathilde , Nature&Progrès / juillet 3, 2018)*

Le malt constitue la matière première de base pour la production de bière. Les tendances actuelles de la malterie industrielle sont: de mieux maîtriser le procédé pour produire un malt d'une qualité constante et de réduire les coûts en énergie.

Une autre tendance du marché est de contrer la mondialisation du produit en la rendant de plus en plus locale à une région. Beaucoup de brasseurs tentent de se démarquer en prônant que leur bière se fait à base de matières premières locales et avec pour certains une certification 'bio'.

La Belgique est le 4<sup>ème</sup> producteur de malt en Europe mais en achetant des orges provenant des pays limitrophes comme la France. Dans ce marché, il y a une réelle opportunité à saisir, car la production belge d'orge brassicole périclité d'année en année.

La création de micro-malteries permettrait de combler un vide dans cette filière. Non seulement cela valoriserait la production d'orge brassicole locale, mais cela permettrait d'assurer une rentabilité garantie aux agriculteurs.

La Tchéquie a su préserver une partie de ses malteries sur aire pendant le régime communiste. Il existe actuellement 15 malteries sur aire en service produisant un total de 26'000 tonnes en 2017. La taille de ses malteries va de 100 à 6'000 tonnes de production annuelle. On distingue deux groupes: les malteries dites artisanales produisent exclusivement pour leur brasserie associée et les entreprises indépendantes dites industrielles dont une partie de la production alimente la brasserie associée. Dans ce dernier groupe, le standard commercial tourne autour de 2'000 tonnes par an.

Huit malteries de différentes tailles ont été visitées pour récolter des échantillons. Cette étude permettra d'évaluer dans son ensemble la qualité des malts sur aire.



## 1.1. Orge: *Hordeum vulgare* L.

L'orge commune (*Hordeum vulgare* L.) est une plante de la famille des *Poaceae*, anciennement graminées et appartenant à la catégorie des céréales (plante cultivée principalement pour ses graines utilisées pour l'alimentation humaine et animale).

Le genre *Hordeum* comporte une quarantaine d'espèces, mais une seule est cultivée pour son grain: l'orge commune (*H. vulgare*). La plante est diploïde avec  $2n=14$  chromosomes, mais il existe quelques espèces sauvages tétra ou hexaploïdes.

On distingue deux grandes espèces cultivées (Fig. 1):

- Les orges à six rangs (*Hordeum hexastichum*) dont tous les épillets sont fertiles. On les appelle six rangs d'hivers (6RH) ou escourgeon, elles sont généralement semées avant l'hiver, car la plante a besoin d'une période froide pour produire des fleurs (vernalisation). La moisson se fait généralement fin juin.
- Les orges à deux rangs (*Hordeum distichum*) dont seul l'épillet central est fertile. Dans cette catégorie, on scinde les orges d'hivers (2RH) des orges de printemps sensibles au gel (2RP) dont le semis se fait suivant les régions du 25 février au 15 mars et est récolté habituellement mi-juillet.

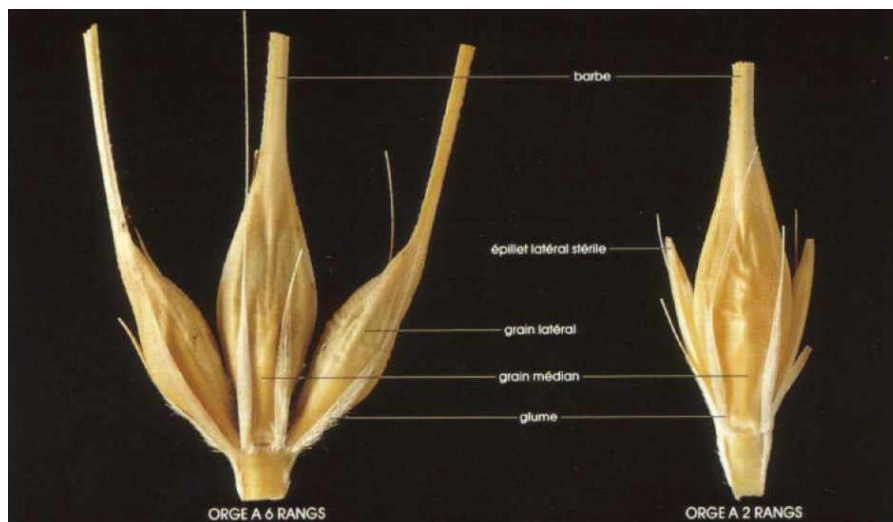


Fig. 1. Comparaison d'un triplet d'épillets d'orge à six rangs et d'orge à deux rangs.

La culture des orges d'hivers est propre à l'Europe de l'ouest et l'escourgeon est une spécialité française.

## 1.2. Cahier des charges de l'orge brassicole

La distinction des orges se fait selon leur utilisation: alimentation animale (orge fourragère), alimentation humaine et production de bière (orge brassicole). L'orge de brasserie est considérée comme une céréale très laborieuse par les agriculteurs. Elle nécessite une attention toute particulière avant même le semis et ceci jusqu'au stockage des grains.

Pour être considérée comme brassicole, l'orge doit répondre à certaines normes de qualité dont les plus importants sont:

- une humidité inférieure à 14.5 % ;
- une teneur en protéines comprise entre 9.5 et 11.5 %;
- une faculté de germination supérieure à 97 % en 3 jours ;
- une variété brassicole admise au catalogue, avec une pureté variétale > 93%
- des impuretés étrangères inférieures à 0.5%
- une qualité sanitaire (métaux lourds, mycotoxines, pesticides)
- une traçabilité
- un rendement au brassage supérieur à 80% pour l'industrie brassicole

Les attentes de l'agriculteur, du malteur et du brasseur ont des critères d'importance différents.

La qualité d'une orge brassicole dépend beaucoup de la variété, mais encore plus des conditions pédoclimatiques. Il n'y a aucune orge parfaite pour obtenir un bon malt. La composition de la matière première est liée aux divers facteurs extrinsèques tels que l'année de récolte, le site de culture, la nature du sol, la fumure apportée (intrants) et surtout des conditions climatiques tout au long de la culture.

La composition du grain d'orge est très importante pour la qualité finale du malt. La caractérisation de l'orge devient donc une étape essentielle pour adapter les conditions du maltage. Cela correspond à la partie des analyses au laboratoire.

### 1.3. Sélection et amélioration des variétés brassicoles

L'orge brassicole est une suite de sélections, de croisements et de cultures successives en rapport avec le cahier des charges de l'orge brassicole. Avec les méthodes classiques, il faut entre 9 et 12 ans pour inscrire une nouvelle variété au catalogue français.

La figure (**Fig. 2**) montre un extrait du pedigree de la variété populaire *Bojos* enregistré au catalogue en 2005 (<http://genbank.vurv.cz/barley/pedigree/pedigree.asp>). Ceci pour montrer qu'au moins une de ses lignées remonte au célèbre ancêtre des variétés brassicoles Tchèques **Proskowetz Hanna**.

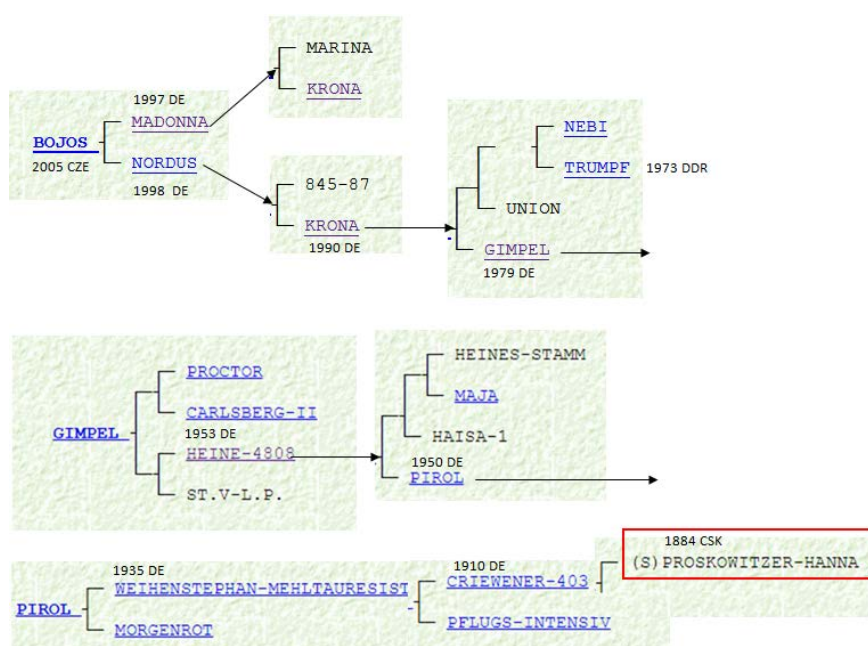


Fig. 2. Extrait du pedigree de la variété Bojos.

La sélection des différentes variétés d'orge au royaume de Bohême a commencé fin du 19ème siècle suite à l'invasion des orges populaires anglaises *Imperial* et *Chevalier*, car celles-ci étaient inadaptées aux conditions de sécheresse locale. Cette recherche a permis d'optimiser les caractères des orges brassicoles. (Psota, 2009)

## 1.4. Structure d'un grain orge

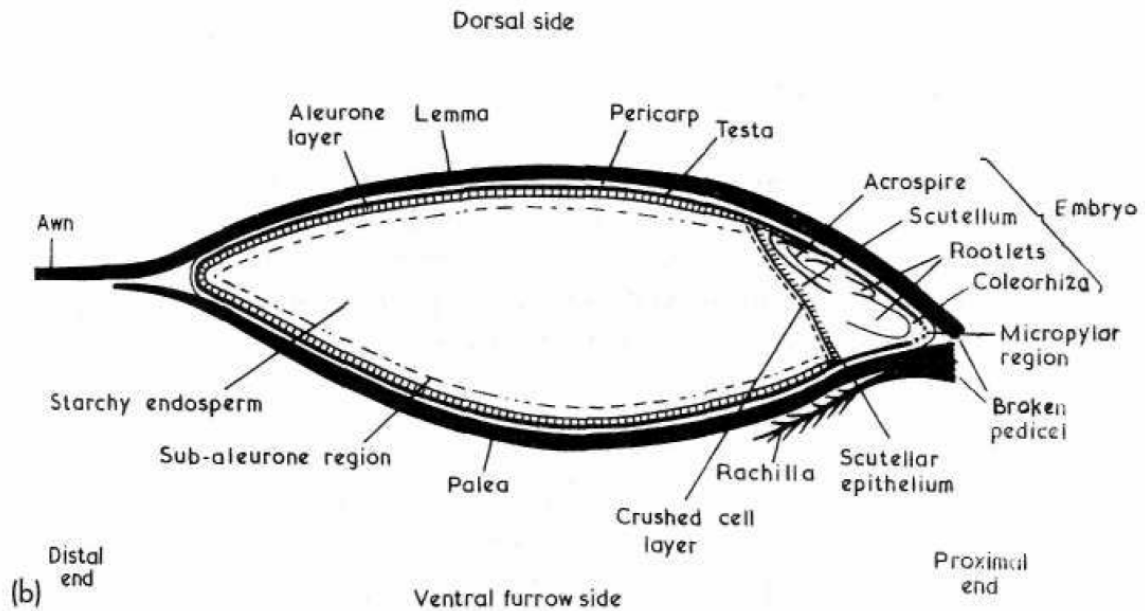


Fig. 3. Coupe longitudinale d'un grain d'orge. (Briggs, 1998)

Le grain d'orge vêtu est constitué de l'intérieur vers l'extérieur:

3%	embryon,
79%	endosperme,
5-7%	couche à aleurone,
3%	péricarpe testa,
10%	des glumelles.

(Briggs, 1998)

### 1.4.1. Embryon

L'embryon est séparé de l'endosperme par une fine couche appelée épithélium d'absorption permettant la diffusion des hydrolysats de l'endosperme vers le scutellum. Il possède une radicule et une plumule (gemmule et tigelle) qui sont attachées au scutellum. Il est l'organe de contrôle principal dans la phase de germination du caryopse. Cet organe d'accumulation est une source de réserves amylacées, lipidiques et protéiques. Ces principales fonctions sont: imbibition et absorption d'eau, contrôle et régulation de la croissance de l'embryon par émission de facteurs hormonaux tel l'acide gibbéréllique (AG), synthèse et sécrétion d'enzymes, zone d'échanges glucidiques.

Des gaines transitoires pointues (coléoptile et coléorhize) protègent et entourent la première pousse (plumule) et les radicelles lors de la germination. Ces gaines sont: la pointe blanche que l'on voit dépasser et sortir du grain (grain piqué) et la plumule qui s'appelle "Hussard" lorsqu'elle sort de l'enveloppe du grain.

### 1.4.2. Endosperme

L'endosperme est la source énergétique de l'embryon jusqu'à ce que la plante devienne autotrophe. Après maturité du grain, on considère que les cellules de l'endosperme sont inertes. L'endosperme est constitué de 65% d'amidon, de 7 à 12% de protéines, de 6 à 8% de gommes et de matériels celluloseux dans les parois cellulaires (70% de  $\beta$ -glucanes, 20% d'arabinoxylanes) et de 2 à 3% de lipides.

### 1.4.3. Couche à aleurone

La couche à aleurone entoure l'endosperme, mais pas l'embryon. Cette couche est capitale, car elle est le lieu des synthèses enzymatiques. Lors de la germination, l'hormone AG se diffuse dans cette couche et provoque la synthèse des enzymes hydrolytiques

Cette couche se compose de protéines (20%), lipides (20%), glucides (10%), sels minéraux (20%), acide phytique, vitamines du groupe B,  $\beta$ -glucanes et arabinolyanes.

### 1.4.4. Testa et péricarpe

Dans un grain, ces couches ne sont pas différenciables visuellement. Pour comprendre le rôle différent de ces couches, prenons comme exemple un abricot. Le testa représente la peau de l'amande à l'intérieur du noyau. Le péricarpe représente l'ensemble noyau et chair du fruit: péricarpe (autour de la graine) = {endocarpe=noyau, mésocarpe=chair du fruit, épicarpe=la peau extérieure du fruit}.

La fig. 4 montre un schéma détaillé des différentes structures du grain d'orge.

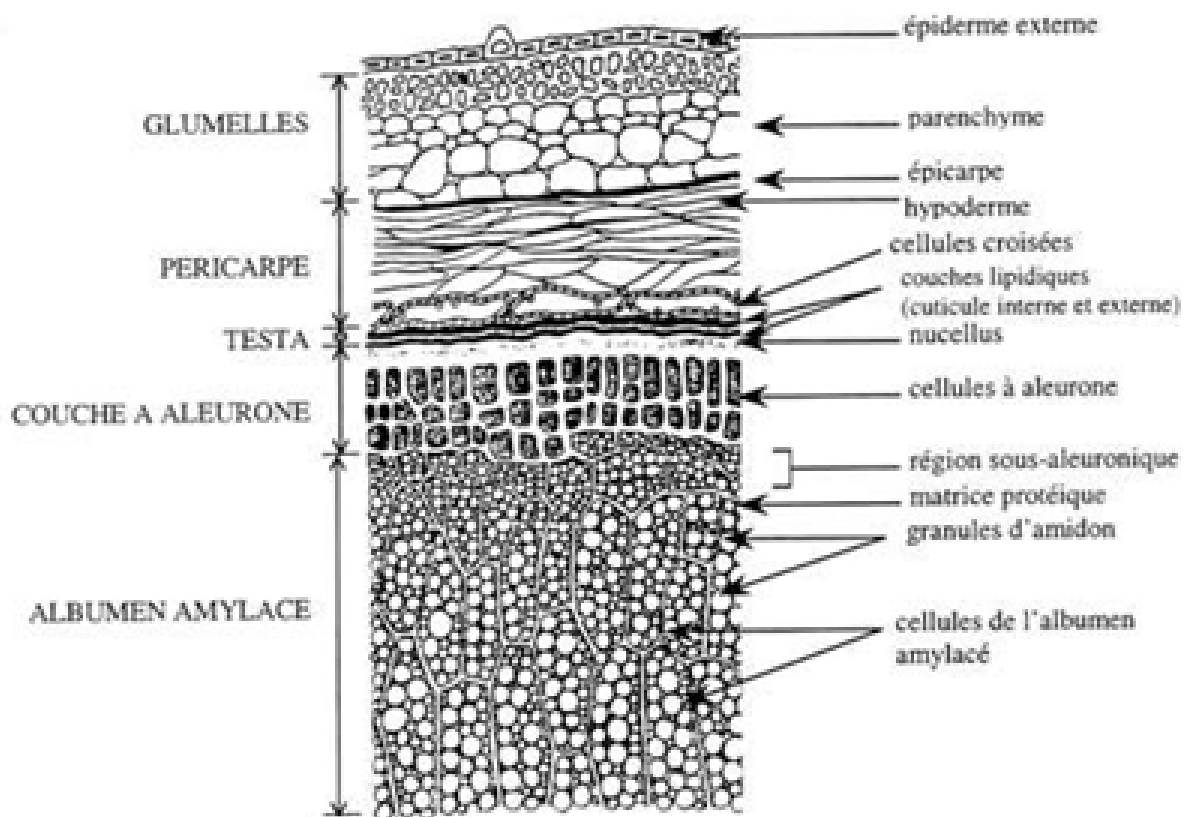


Fig. 4. Schéma de la coupe transversale d'un grain d'orge (d'après Briggs, 1998)

L'ensemble péricarpe-testa est riche en polyphénols simples (acides phénoliques) et en proanthocyanidines (le pigment de l'enveloppe). Il est composé de cellulose (20%), de protéines (6%) et des lipides (0.5%).

Le testa est entouré de deux fines couches (cuticule interne et externe), ce sont des biopolymères lipidiques (cutines) associés à des cires (mélange de différents lipides aliphatiques, esters, acides gras, etc.). La nature lipidique du matériau lui confère des propriétés hydrophobes.

Dans un grain comme l'orge, les enveloppes (glumelles) de la petite fleur (fleuron) sont toujours adhérentes au caryopse (fruit sec). La fine couche séparant l'épicarpe des glumelles est une cuticule également (épicarpe).

Ces trois cuticules sont des barrières hydrophobes, qui vont d'une part limiter la perte en eau lors la quiescence du grain et générer une zone pauvre en eau à la surface du grain pour contrer un éventuel développement des moisissures. Malheureusement ces cutines et cires vont fortement limiter l'imbibition en eau du grain lors de la trempe tant que la dormance n'est pas levée.

#### **1.4.5. Glumelles**

Les glumelles enveloppent le caryopse. On distingue la glumelle dorsale (lemma) de la ventrale (palea) reconnaissable à son sillon. Les glumelles sont principalement formées de cellulose (20 %), d'hémicellulose (30-45 %) et de lignine (10-20 %). Elles contiennent également des polyphénols.

Pendant la dormance, les glumelles seraient responsables du manque de transfert d'oxygène dû à des phénomènes oxydatifs. Les composés phénoliques se font oxyder en priorité par les polyphénols-oxydases (PPO). (GUIGA, 2006)

Les enveloppes jouent un rôle important. D'une part, elles protègent l'embryon contre les chocs de transport. D'autre part, elles sont utilisées comme matériau de filtration en brasserie qui utilise des cuves filtres.

### **1.5. Biochimie de l'orge**

#### **1.5.1. Composition biochimique**

La composition de l'orge est importante pour la qualité finale du malt. Chaque classe de constituant (glucides, lipides, protéines, ...) joue un rôle particulier dans le déroulement de la germination. La composition biochimique en matière sèche de l'orge et du produit fini (le malt) est donnée dans le tableau 1.

Tableau 1: Composition biochimique de l'orge et du malt (Guiga, 2006).

Constituants biochimiques	ORGE Teneur en % du poids sec	MALT Teneur en % du poids sec
<b>Glucides</b>	78-85	79-88
Amidon	63-65	58-60
Saccharose	1-2	3-5
Sucres réducteurs	0,1-0,2	3-4
Polysaccharides solubles dans l'eau (gommes)	1-1,5	2-4
Polysaccharides solubles dans les solvants organiques (hémicelluloses)	8-10	6-8
Cellulose	4-5	5
Autres	1	2
<b>Lipides</b>	2-3	2-3
<b>Protéines</b>	8-11	8-11
Albumine	{ métaboliques de structure	0,5
Globuline		2
Hordéine	{ de réserve	3
Glutéline		-
Acides aminés et peptides	3-4	2
	3-4	3-4
	0,5	1-2
<b>Acides nucléiques</b>	0,2-0,3	0,2-0,3
<b>Sels minéraux</b>	2	2,2
<b>Autres dont lignine...</b>	5-6	6-7

### 1.5.2. Humidité et l'activité d'eau ( $a_w$ )

À la moisson, l'attribut le plus critique est la teneur en eau du grain (son humidité résiduelle). Ce critère détermine la bonne suite du stockage afin d'éviter tout développement des nuisibles (insectes) et des moisissures générant des mycotoxines.

Le grain n'est pas une matière pulvérulente inerte comme le sable. La biochimie de la graine est dépendante de l'activité d'eau. Il y a donc une relation entre la température, la teneur en eau et l'activité d'eau.

Des études ont montré que le seuil critique de l'activité d'eau pour mettre le métabolisme du grain au ralenti correspondait à un taux d'humidité de 14%, le **seuil de stabilisation**. A ce taux, le grain ne contient plus suffisamment d'eau libre pour son métabolisme ni pour le développement des moisissures. Son activité respiratoire est très faible, on parle de quiescence (Shafiur Rahman (Eds), 2007) (Arvalis).

Si le grain est trop humide, il est nécessaire de le sécher. La température de séchage forcé ne doit pas dépasser 45°C pour l'orge de brasserie (Reykdal, 2018). Un grain trop sec devient fragile à manipuler (cassant) et le pouvoir germinatif diminue.

Si la conservation est inférieure à six mois, les conditions idéales de stockage de l'orge se situent dans une plage d'humidité de 12% à 14% avec une température en dessous de 12°C, et une humidité relative de l'air inférieur à 80% (Arvalis).



### 1.5.3. Protéines ou matières azotées

Le taux de protéines est bien l'attribut le plus problématique concernant l'orge de brasserie. En Europe le seuil maximum des protéines est généralement fixé à 11.5% (limites tolérées suivant les années de 9 à 12%). Au-delà, le lot est déclassé en orge fourragère. Il faut noter que ce seuil limite n'est pas le même partout dans le monde (e-malt.com). L'association des Malteurs de France indique que l'optimum de la teneur en protéines se situe entre 10 et 11%.

L'année 2018 était dramatique pour l'orge de brasserie en Tchéquie. La teneur en protéines était anormalement élevée à cause d'une sécheresse prolongée. La division tchèque de SOUFFLET a même relevé exceptionnellement le seuil maximal à 12.5%.

Ce taux de protéines n'est pas une mesure exacte. Il est calculé à partir de la mesure en azote total contenu dans le grain multiplié par un facteur de 6.25. Ce facteur est une norme et tient d'une statistique reconnue par la communauté internationale. Par ce principe, on obtient une base commune de comparaison.

Les taux élevés sont défavorables au rendement et à la stabilité de la bière. Des taux plus faibles font craindre des bières vides. Un minimum est toutefois nécessaire pour donner le moelleux à la bière et comme source d'azote pour les levures. De même pour le malt, un excès de protéines est néfaste, car cela freine l'absorption d'eau dans le grain ce qui a comme corolaire un ralentissement des modifications de l'endosperme en rapport avec les  $\beta$ -glucanes. (Briggs, 1998)

Pour une même variété, il peut y avoir de fortes différences. Cela provient de beaucoup de facteurs: du type de sol, du niveau de réserve de la nappe phréatique, du profil cultural (tassement du sol), de l'assolement, de la fertilisation apportée, de son dosage et du moment de son application, mais dépend beaucoup du climat au cours des différents stades de la plante. Les orges sont également sensibles aux températures élevées (supérieure à 25°C) au cours du remplissage du grain (le phénomène d'échaudage). Du point de vue agriculture, le taux de protéines dépend essentiellement du rapport du nombre de grain et de la quantité d'azote absorbée au m<sup>2</sup> (efficience de l'azote). (Le Bail, 2000)

### 1.5.4. Biochimie de la germination et les enzymes

Pour éviter une germination dans la mauvaise période de l'année, la plante a mis en place un système protecteur: la **dormance**. Celle-ci est liée aux cuticules hydrophobes qui se trouvent dans le péricarpe-testa. Ces couches semi-perméables freinent la diffusion de l'eau, mais laissent passer l'oxygène.

Lorsque la dormance est levée et que les conditions extérieures sont réunies (température, humidité) la graine va s'imbiber en eau. Lorsque l'activité d'eau est suffisante, la biochimie va synthétiser des hormones pour sortir la graine de sa quiescence.

Ces phytohormones diffusent dans le grain pour atteindre les cellules de la couche à aleurone. En réponse, elles produisent le bagage enzymatique nécessaire pour utiliser la réserve d'énergie de l'endosperme. (Fig. 5). Les enzymes qui nous intéressent sont celles qui hydrolysent des parois cellulaires ( $\beta$ -glucanases et xylanases), celles qui hydrolysent les protéines de réserve (protéases et peptidases) et celles qui hydrolysent les granules d'amidon (amylases).

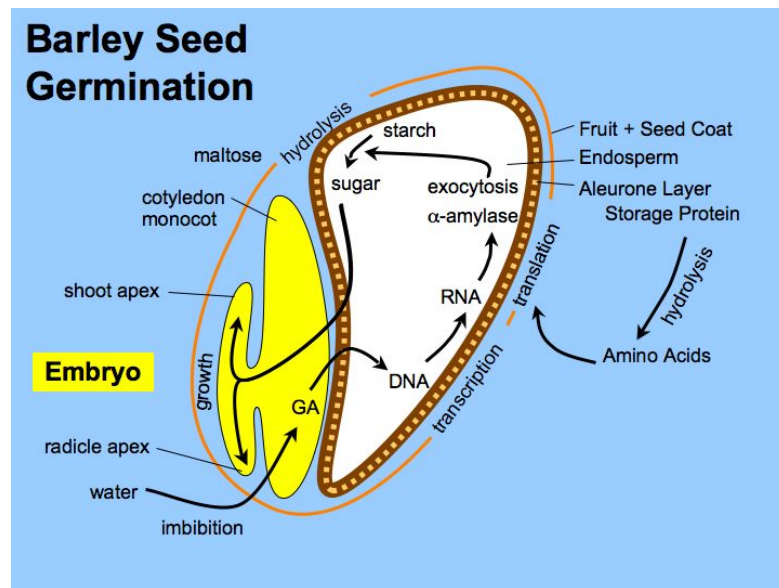


Fig. 5. Schéma de principe de la germination.

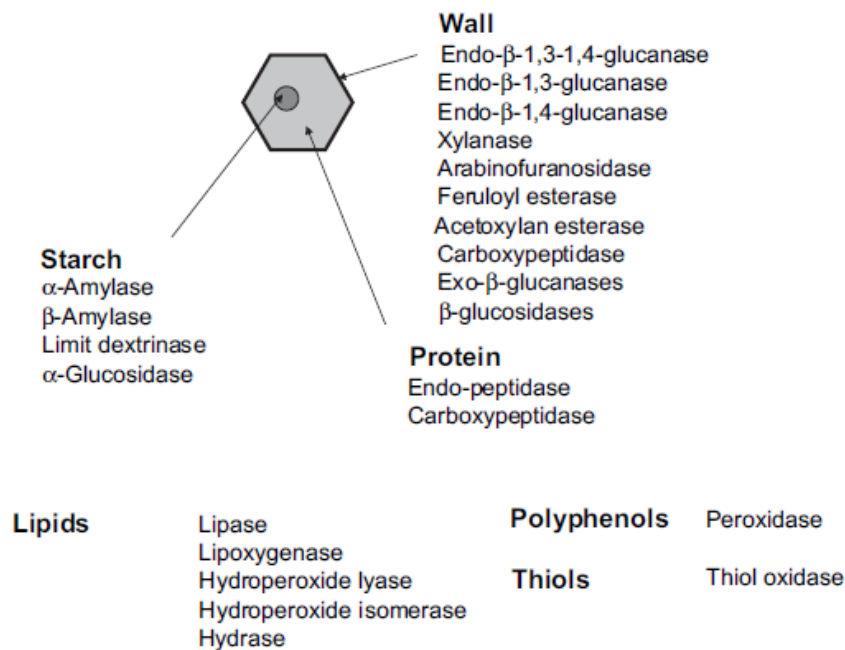


Fig. 6. Enzymes intervenant dans la germination (Bamforth 2009)

Suite aux sélections des variétés, la dormance a été réduite à environ quatre semaines alors qu'au 19<sup>ème</sup> elle était encore à deux mois.

### 1.5.5. Amidon

L'amidon est la source de carbone et d'énergie qui sera utilisée par l'embryon pour sa croissance. L'amidon est très semblable au glycogène, sauf que ce dernier est soluble dans l'eau tandis que l'amidon est insoluble dans l'eau à température ambiante.



L'amidon se trouve dans les vacuoles des cellules végétales de l'endosperme (amyloplaste) (Fig. 7).

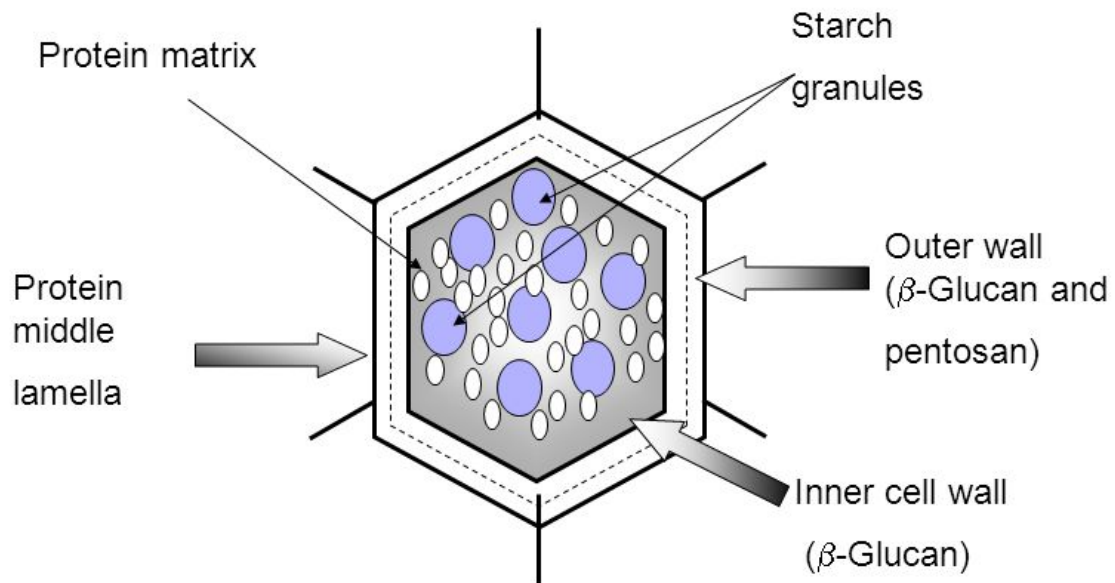


Fig. 7. Schéma d'une cellule de l'endosperme.

L'amidon est une structure constituée par des chaînes polymériques de glucose. Lorsque le glucose est relié par des liens  $\alpha$ 1-4, le polymère s'appelle **amylose**. Les chaînes ont une longueur de 500 à 5000 unités glucose. L'amylose contient parfois des branchements aléatoires  $\alpha$ 1-6 (9 à 20 branchements de 4 à 100 unités).

**L'amylopectine** a des branchements  $\alpha$ 1-6 beaucoup plus complexes. On dénombre 3 types de chaînes (A, B, C). La chaîne 'C' est l'origine des ramifications avec une extrémité réductrice. On dénombre des chaînes B et A. Le polymère A n'a pas de ramification et contient environ 15 unités. Les branchements B sont aussi ramifiés par des chaînes B (15 à 45 unités) et des chaînes A. 5% de la structure est un branchement  $\alpha$ 1-6, ce qui fait environ un branchement tous les 20-25 unités. Le rapport moyen d'amylose-amylopectine est généralement de 25% -75%. (Bamforth, 2003)

On observe une alternance de zones amorphes (amylose) et semi-cristallines (amylopectine). Dans une cellule, on observe des grosses granules lenticulaires (granule A 15-25  $\mu$ m de diamètre) et des petites granules (granule B <10  $\mu$ m). Les petites granules comptent pour 80-90% du nombre, mais seulement 10-15% en masse de l'amidon total.

Les granules B ont un pourcentage supérieur en amylopectine 75-77% tandis que dans les granules A, ont une proportion plus faible 71-76%. À la surface des granules, on observe des pores d'entrées qui laissent passer l'eau. Les petites granules s'hydrolysent plus rapidement, car elles offrent un ratio de surface plus grand.

Lorsque l'amidon est chauffé au-delà d'une température critique, les granules absorbent l'eau et gonfle plusieurs fois leur taille d'origine, ce phénomène s'appelle **l'empesage**. Les petites granules ont une température d'empesage supérieur aux grosses granules.

La température moyenne d'empesage est en relation avec le rapport petites/grosses granules et donc indirectement au rapport amylopectine/amylose. (Bamforth, 2003)

## 1.6. Maltage

La bière et le whisky dépendent directement de la transformation du sucre en éthanol par un micro-organisme. La levure est de loin l'organisme le plus utilisé, car facile à gérer et dont les réactions sont bien connues. La source principale en sucre pour la levure est le maltose qui est le produit majoritaire de l'hydrolyse de l'amidon par les amylases.

L'amidon n'est pas exploitable directement. Pour accéder à cette source de carbone et d'énergie, on utilise la biochimie de la germination. L'objectif du maltage est de produire un bagage enzymatique pour permettre la dégradation de l'amidon en sucres fermentescibles lors du brassage. Le maltage est une germination contrôlée. Le processus biochimique est arrêté dès que la charge enzymatique est suffisante pour le brassage.

Le maltage se décompose en quatre phases: la trempe, la germination, le touraillage et le dégermage (Fig. 8).

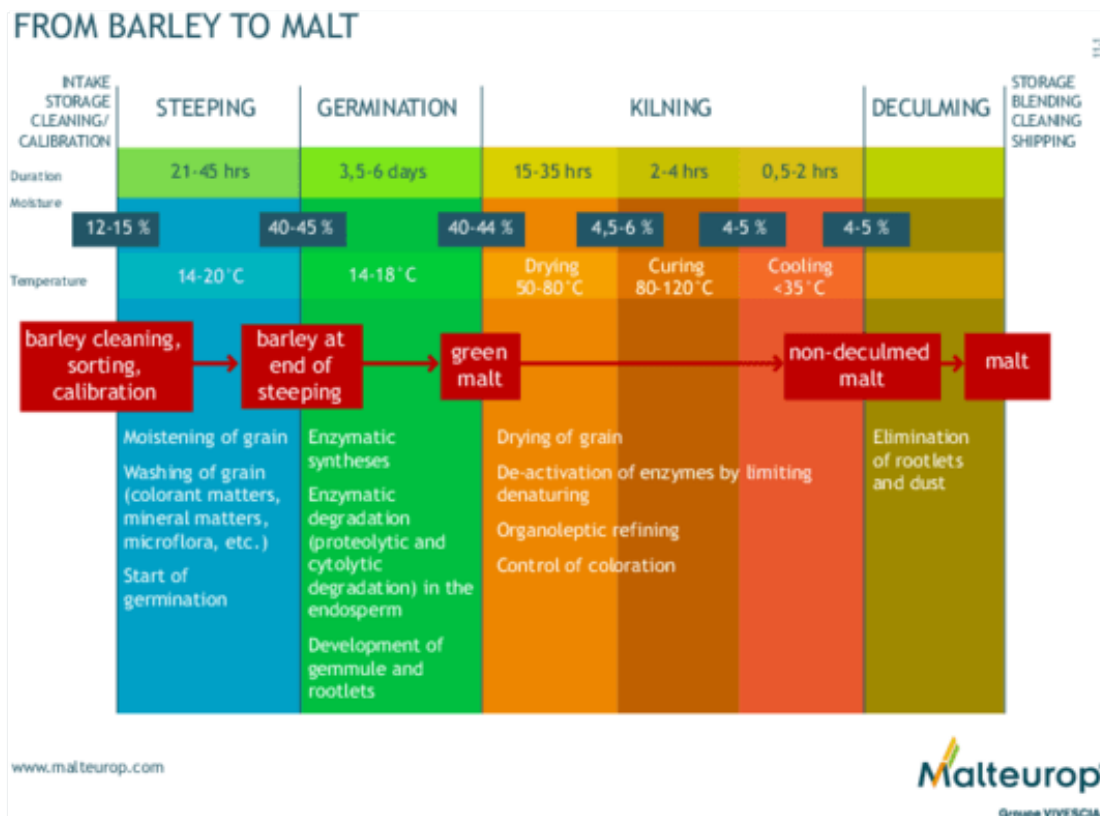


Fig. 8. Schéma des opérations nécessaires pour obtenir du malt à partir de l'orge (Malteurop).

### 1.6.1. Trempe

Le but de la trempe est d'hydrater uniformément le grain pour qu'il ait une activité d'eau suffisante durant toute la phase de germination. Cette étape délicate du maltage influence considérablement la suite du procédé. Elle permet à l'embryon de sortir de sa quiescence. Pratiquement, on fait monter l'humidité de 14% à 45%.

La trempe commence par une phase de lavage du grain qui se fait par débordement. Ce lavage permet d'éliminer les poussières, des micro-organismes à la surface du grain.

La prise en eau d'une céréale suit une relation de type tangente hyperbolique. Après une augmentation rapide, la prise en eau ralentit et tend vers un maximum d'environ 45% (Fig. 9).

Les phases sous-eau permettent l'imbibition du grain et d'assurer une diffusion vers l'intérieur du grain.

La trempage est une alternance de 2 à 3 sous-eaux entrecoupées de périodes sous-air pour éviter un manque d'oxygène. Le grain respire, il prend de l'oxygène pour sa respiration et rejette du CO<sub>2</sub> qui est plus lourd que l'air.

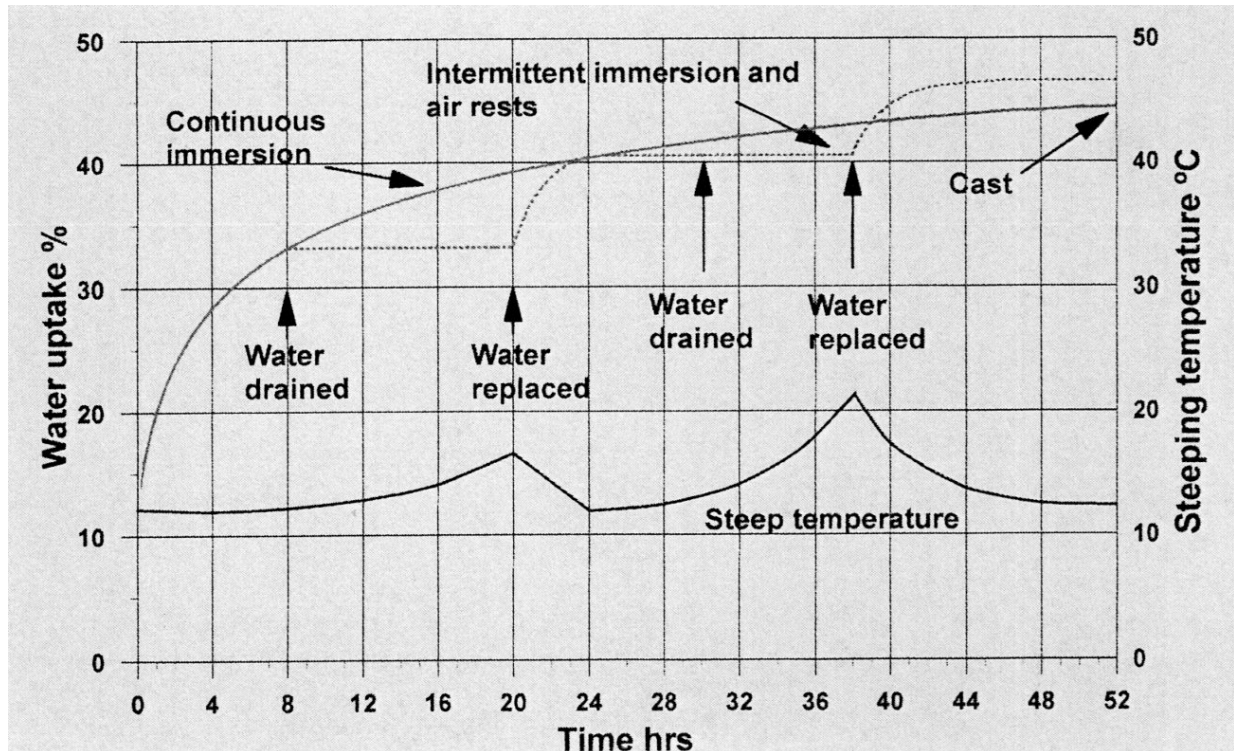


Fig. 9. Exemple de profil de trempage à trois sous-eau.

L'aspiration du CO<sub>2</sub> se fait typiquement par le bas lors de la phase sous-air pour éviter une asphyxie du grain. La température de l'eau est typiquement 12-14°C ou à température de source. La durée de trempage est de 2 à 3 jours. Généralement une trempage d'orge de printemps est sur 2 alternances et un 6RH 3 alternances.

La trempage en Tchéquie se fait généralement en cuve cylindro-conique. Pour maintenir une température homogène et une régularité dans la prise en eau du grain, on utilise de l'air comprimé pour mélanger la cuve. Le profil de trempage est typiquement avec trois alternances.

En fonction des variétés et des années, la sensibilité à l'eau est différente. Le malteur adapte le profil de trempage en fonction. A la fin de la trempage, le décuvage se fait par le bas dans des petites trémies triangulaires mobiles pour répartir uniformément le grain trempé en couche de 15 à 20 cm sur la surface du sol.

Il vaut toujours mieux tremper trop peu que trop, parce que les grains malades et défectueux absorbent plus rapidement l'eau que les grains sains. (De Clerck, 1948)

### 1.6.2. Germination

Au départ, on aperçoit une pointe blanche, (grain piqué) ensuite les racelles sortent. La plumule grandit sous le lemma lorsque qu'elle sort du grain, on l'appelle Hussard.

Toute la stratégie est d'obtenir une germination homogène sur l'ensemble de la couche. La germination du grain est optimale lorsque la glumelle se trouve entre la moitié et les trois-quarts du grain. Le grain est trop désagréé lorsqu'on aperçoit le Hussard. Le grain respire et rejette du CO<sub>2</sub> et la température de la couche augmente, les racelles grandissent et s'entremêlent. Il est nécessaire de retourner la couche régulièrement pour éviter le feutrage et pour homogénéiser l'humidité et la température de la couche.



Fig. 10. Maltomobile tchèque pour retourner la couche.

Depuis les années 1960, cette opération est réalisée à l'aide de maltomobiles électriques (Fig. 10). Anciennement, cette opération délicate était réalisée avec des pelles en bois et occupait une main-d'œuvre importante.

Les couches sont retournées en moyenne quatre fois par jour. Cela dépend de la température extérieure et de l'efficacité du refroidissement de l'aire de germination à l'aide des ventilateurs. La température optimale de l'air ambiant est de 11°C, pour une température de couche de 15 à 17°C.

A la fin de la germination, le ramassage est réalisé avec des machines récolteuses (Fig. 11) qui déverse dans des brouettes à grain. Ces dernières sont poussées manuellement et déversées dans la trémie qui achemine le malt vert à l'étage supérieur de la touraille à l'aide d'un transport vertical à godet.



Fig. 11. Machine récolteuse et brouette à grain.

### 1.6.3. Touraillage

Le touraillage permet d'arrêter la germination en tuant l'embryon. Cette opération réduit l'humidité du grain, d'inactiver les enzymes d'intérêt, d'en préserver suffisamment pour le brassage et de développer l'arôme et la couleur du malt.

Pratiquement on fait descendre l'humidité de 45% à 5%. Le touraillage s'effectue en faisant traverser un courant d'air chaud à travers les couches de grains de malt vert au travers d'un plancher grillagé. Ce courant d'air chaud augmente par paliers de température. Un suivi de la température et de l'humidité relative de l'air est nécessaire durant le touraillage. En effet, selon la température et sa durée, le grain va devenir plus ou moins coloré et aromatisé. Suivant le touraillage il a une couleur blond pâle (pilsen) jusqu'à des malts colorés (pale-Ale, munich, aromatic). Les réactions de Maillard et de Strecker sont responsables de ces deux critères.

Le touraillage se déroule en deux étapes, une phase de dessiccation et "le coup de feu." Il faut d'abord éliminer l'eau libre pour éviter de dénaturer les enzymes en partant d'une température basse autour de 45-55°C jusqu'à obtenir une humidité de 10-15%. Ensuite la température peut monter au-dessus de 65-70°C. Le "coup de feu" de quelques heures à température de 80-85°C permet de descendre la teneur en eau à 4-5 pour obtenir un malt pâle. La température et la durée du coup de feu sont différentes pour les malts colorés.

Enfin le malt sec est refroidi avec de l'air frais pour le ramener en dessous de 35°C.

Le séchage sur deux niveaux dans les tourailles classiques tchèques se fait généralement sur 18 heures suivi d'un refroidissement. La première journée, le malt vert est transporté de la germination sur le plateau supérieur pour subir la dessiccation. Le lendemain le malt est déchargé sur le plateau inférieur pour continuer la dessiccation et pour réaliser le "coup de feu". Le lendemain, le malt sec est déchargé dans les trémies.

Si les conditions de trempage et de germination sont relativement proches entre les malteries sur aire, le touraillage est personnalisé. Chaque malterie a un profil de température légèrement différent.

Excepté une, les malteries sur aire visitées utilisent la touraille traditionnelle sur 5 étages à deux niveaux, construite fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Ces malteries ont été transformées, rénovées et adaptées au fur et à mesure de l'avancement de la technologie.

### 1.6.4. Dégermage

Après la phase de refroidissement, le malt sec est transporté immédiatement des trémies vers la dégermeuse. Le malt est compté automatiquement en passant dans une balance mécanique pour être finalement convoyé vers la zone de stockage.

Les radicelles qui donnent une saveur amère à la bière sont éliminées dès la sortie de touraille, car elles sont fortement hygrophiles. Les lipoxygénases (LOX) font partie des problèmes dans le processus de vieillissement de la bière, elles sont principalement situées dans les radicelles et la plumule.

L'opération de dégermage se déroule dans un tambour rotatif grillagé légèrement incliné. À cette humidité, les radicelles desséchées cassent facilement. Le transport du malt produit beaucoup de poussières par simple frottement et par abrasion dans les conduits.



Les poussières sont éliminées lors du dégermage par aspiration dans un cyclone. Les racines sont réservées et vendues.

### **1.6.5. Stockage du malt**

Sorti de touraille, le malt a généralement une humidité entre 4 et 5%. A ce taux il peut être conservé plusieurs mois. Le malt a besoin d'une période de repos avant son usage en brasserie, cette phase de stabilisation et généralement de 4 à 6 semaines.

Les malteries artisanales stockent le malt en tas dans les greniers. Certaines malteries industrielles ont investi dans un ou plusieurs silos.

### **1.6.6. Transport et poussières**

L'orge et le malt produisent beaucoup de poussière. Un nuage de poussière peut conduire à une inflammation rapide sous une simple étincelle électrostatique suivie d'une explosion si les gaz sont confinés dans un volume fermé. Les réglementations de sécurité recommandent une aspiration des poussières dans les conduits de céréales, une mise à la terre obligatoire des parties métalliques et plusieurs poches à explosion qui sont des endroits prévus pour la rupture en cas de déflagration (cf. explosion dans un silo de céréales le 6 juin 2018 à Strasbourg).

### **1.6.7. Malterie sur aire mécanisée**

Les malteries sur aire fonctionnent encore aujourd'hui parce ce sont des bâtiments qui ont été construits pour la plupart début du 20<sup>ème</sup> siècle. Elles ont pu mécaniser un certain nombre de tâches lourdes en main d'œuvre. À part le touraillage qui est contrôlé par ordinateur, elles ne sont pas automatisées et nécessitent encore l'usage de plusieurs ouvriers. Une malterie sur aire de 1'500 tonnes de production annuelle fonctionne avec 3 ouvriers de manutention par jour. Le poste qui demande le plus en main-d'œuvre reste le ramassage du malt vert. Comme la main d'œuvre est bon marché, ces industries sont rentables en Tchéquie.

En République tchèque, l'activité de malterie et de brasserie appartient à l'ensemble des activités artisanales et est par définition une profession réglementée.

## **1.7. Brassage**

Le brassage tchèque est resté le même depuis que la bière dorée est née à Plzen en 1842. Tout commence par une production de bière brune infectée. La ville de Plzen décide de construire une brasserie municipale avec les meilleures méthodes du moment. Ils choisissent de produire une bière bavaroise de basse fermentation. Le malt sera produit sur le principe des malteries sur aire anglaises. Lorsque le maître brasseur bavarois réalise la bière à partir du malt, le résultat était inattendu, car la bière était blonde et brillante pour la première fois. Les malteries-brasseries tchèques se sont calquées sur le nouveau modèle devant le succès de la bière produite à Plzen. De la bière brune haute fermentation, les Tchèques sont passés à la bière blonde de basse fermentation en l'espace d'un demi-siècle.

Le système de brassage par décoction venue de Bavière est devenu la norme. Il est d'ailleurs imposé pour le label IGP. Le brassage à Plzen se fait traditionnellement en trois décoctions, mais la majorité des brasseries tchèques utilisent une double décoction. La fig. 12 présente le profil de brassage à double et triple décoction. Le principe est de prendre

une partie de la maïsche que l'on porte à ébullition. En retournant cette partie dans le brassin, on fait monter la température du brassin.

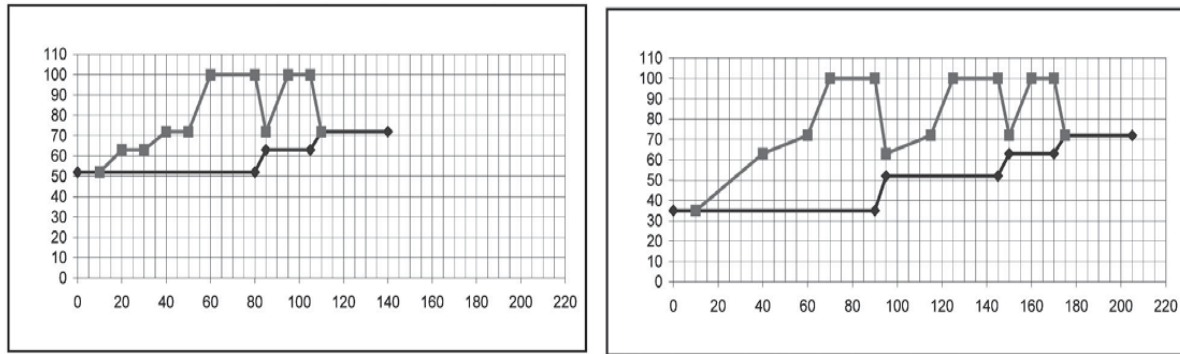


Fig. 12. Profil de brassage, double et triple décoction.

Les brasseries industrielles possèdent un vaisseau dédié à chaque opération. Les brasseries artisanales limitées à deux cuves utilisent la cuve filtre pour la maïsche centrale pendant que la décoction se déroule dans la cuve d'ébullition.

## 1.8. Bière Tchèque

Le cahier des charges (CDC) IGP (annexe 8.1) des bières thèques se divise en 5 catégories: Lager blonde, bière de débit blonde, bière légère, Lager brune et bière de débit brune.

La majorité des bières tchèques de fermentation basse utilise une des trois souches de levure *Pastorianus* (N°2, 95, 96). Le centre de recherche de la bière et du malt à Prague (RIBM Prague) possède une collection de 130 souches de levure qui peuvent être achetées sur simple demande dans les trois formats habituels.

Le CDC IGP précise une évaporation de minimum 6% lors de l'ébullition, un refroidissement à 8-10° pour inoculer la levure et une température de fermentation principale ne dépassant pas 14°C. S'ensuit un transvasement dans des cuves sous pression réglable. La bière va continuer sa fermentation à température basse (0°C). Cette maturation se prolonge de trois à six semaines pour atteindre la concentration en CO<sub>2</sub>. L'avantage de ce principe est d'obtenir une libération lente avec de très fines bulles ce qui donne une mousse crémeuse.

Le refermentation en bouteille en ajoutant du sucre avant le soutirage n'est pas d'usage en République tchèque.

Au final, le principe de la décoction entraîne une atténuation apparente plus faible avec comme corollaire un taux d'alcool plus faible. L'amertume de la pils est plus élevée que le standard international. Cette bière est aussi caractérisée par un taux en polyphénols et un niveau de pH plus élevés.

## 1.9. Indice de qualité du malt.

Devant la liste des critères de plus en plus nombreux sur le malt, et exprimé de façon très diverse, le brasseur ne s'y retrouve plus. Certains paramètres ne sont pas en relation avec l'aptitude du malt à être de bonne qualité pour le brassage. Pour simplifier la lecture, le centre de recherche de Brno a mis en place un indice de qualité du malt (MQI).

L'approche est intéressante parce que l'idée est de réduire le nombre de critère en évaluant le malt dans son ensemble. Le calcul tchèque se sert de huit paramètres pour évaluer la qualité du malt (MQI). (Psota, 2002).

Tableau 2. Paramètres utilisés pour le calcul de l'indice de qualité du malt.

Paramètres (i)	Limite inacceptable	Seuil ou plage	
		optimale	poids statistique
Protéine totale du malt	<9.5 >11.7	10.2-11.0	1%
Rendement sec	81.5	83.0	30%
Rendement relatif à 45°C	< 35.0 >53.0	40.0-48.0	20%
Kolbach indice	<40.0 >53.0	42.0-48.0	10%
Pouvoir diastatique	<220	300	10%
Attén. finale apparente	<79	82.0	10%
Friabilité	<79.0	86.0	10%
Beta-glucanes dans le moût	>250	100	10%

On remarque que le paramètre le plus important est le rendement sec du malt (30%) suivi par un paramètre qui n'est plus utilisé chez nous, l'indice d'Hartong ou le rendement relatif à 45°C (20%). Curieusement le taux de protéines ne possède que 1% de poids. En réalité, l'indice Kolbach résume à lui seul la balance entre les protéines solubles et les protéines totales, le poids de l'ensemble des protéines est de 10+1=11%.

L'indice de qualité MQI obtient 1 pour une orge brassicole inacceptable et 9 pour la meilleure qualité. Chaque variété d'orge brassicole est évaluée chaque année à partir de micromaltage à RIBM Brno.

Quelques exemples: le MQI 2017 des variétés *Bojos* et *Francin* est respectivement 5.3 et 5.0; 6.9 pour *KWS Irina* et 7.1 pour *Sebastian*. *RGT Planet* est en cours d'évaluation pour entrer au catalogue. Les variétés tchèques IGP n'ont pas les meilleurs MQI. Elles se trouvent dans une plage moyenne de 4 à 7.



## 2. Objectifs du travail

---

Nous sommes toujours dans le cadre de promouvoir la production d'orge brassicole en Wallonie pour des bières spéciales au terroir belge. Cette promotion s'appuie sur les caractères "**production locale**" et "**production de qualité différenciée**".

*La valorisation des produits wallons de qualité différenciée demande des bonnes connaissances mutuelles des attentes des partenaires de la filière et le dernier mot appartiendra aux acteurs de la filière: agriculteurs, stockeurs, malteurs et brasseurs.* (Bruno Monfort).

L'étude précédente avait montré qu'il est tout à fait possible de produire de l'orge de qualité sur notre territoire. De toute évidence, les brasseurs sont d'accord pour acheter un malt local.

Le problème majeur vient du fait que les agriculteurs ne veulent plus voir leurs lots systématiquement déclassés par les grands groupes industriels. Le redéploiement de micro-malteries permettrait plusieurs avantages:

- la production sur des petites parcelles pour les agriculteurs
- possibilité de produire certifié 'bio'
- une plus grande variété d'orge brassicole
- l'assurance d'un prix équitable aux agriculteurs
- la production de malt à façon artisanale

L'objectif du travail est de caractériser l'orge brassicole tchèque en général, de caractériser le malt sur aire, de comparer les résultats avec des malts produits par la technologie en cases Saladin et finalement d'évaluer la bière de façon générale. Les analyses classiques ont été utilisées dans cette étude.

Pourquoi évaluer le malt sur aire ?

Parce que dans le cadre de redéployer des micro-malteries, le maltage sur aire est une réalisation facile à atteindre sans trop d'investissement.

Est-ce que le maltage sur aire donne une "signature" à la bière ? En d'autres termes, est-ce que la technologie utilisée pour réaliser du malt influence le métabolisme de la germination ? L'étude permettra de vérifier s'il est possible de différencier un malt sur aire par rapport à un malt industriel en utilisant les méthodes standards d'analyses.

Cette étude permet d'évaluer dans son ensemble la qualité du malt tchèque réalisé par cette technologie pour obtenir une autre perspective. Ces malteries sur aire ont pour la plupart une centaine d'années à leur actif. Elles ont donc un savoir-faire incontournable.

## 3. Matériels et méthodes

### 3.1. Échantillons

Des échantillons de 8 malteries sur aire provenant de République tchèque ont été analysés et comparés avec 4 malts provenant de malteries industrielles de technologie Saladin. Les échantillons d'orges tchèques sont des variétés 2RP de la récolte 2018 pour produire de la bière IGP. Le tableau récapitulatif des échantillons se trouve au chapitre 4.

Six échantillons de bières tchèques de type "Lager Blonde" de productions artisanales et industrielles produites avec des malts provenant des mêmes malteries ont été analysés pour avoir une vue générale.

#### 3.1.1. Conditionnement

Les échantillons ont été prélevés directement sur la couche extérieure d'un tas dans un grenier, soit ils ont été donnés par le malteur.

Les échantillons sont conservés dans des seaux en plastique alimentaire blanc avec un sachet de 50 g de gel de silice comme disséquant pour prévenir d'une éventuelle reprise en humidité.

Tous les échantillons sont valables pour le label IGP tchèque, c.-à-d. d'orges brassicoles ou de malt produits à partir de variété recommandée par RIBM Brno.

#### 3.1.2. Nettoyage

Tous les échantillons sont nettoyés avec un appareil de laboratoire *MLN de Chopin Technologie* (Fig. 13) muni d'un tamis de 2.2 mm. Cette opération permet de retirer les impuretés et les poussières.

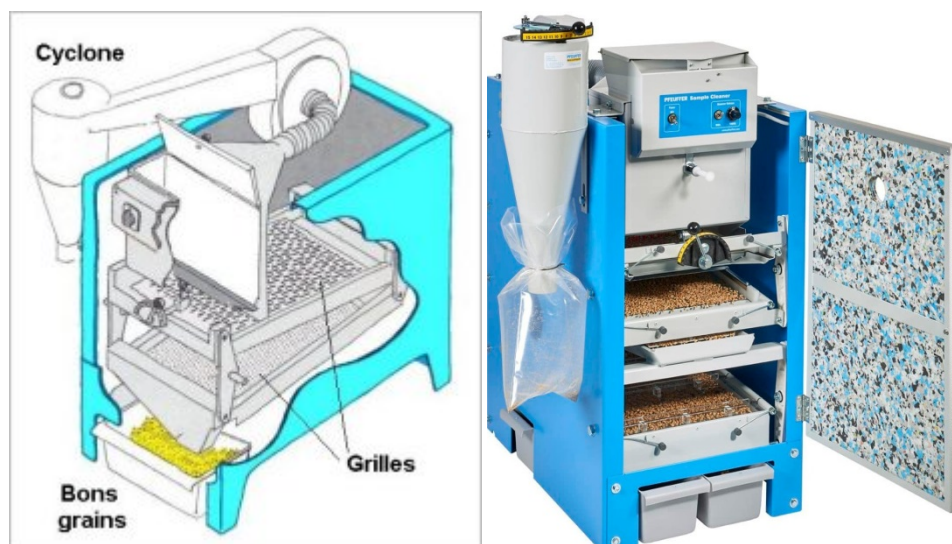


Fig. 13. Nettoyeur MLN.

Cette procédure permet d'homogénéiser les lots. Sauf si précisé autrement, les analyses sont réalisées en duplicata.

## 3.2. Orge

### 3.2.1. Humidité (EBC 3.2)

L'humidité est un attribut important de l'orge. Cette simple mesure permet de contrôler si les conditions de stockage ont été respectées.

La pesée est réalisée sur une balance analytique Sartorius ( $d=0.1$  mg). L'opération est réalisée par la méthode ISO des céréaliers sur de l'orge à partir d'une mouture obtenue sur un broyeur *IKA A10B*. La déshydratation est conduite dans une étuve *Chopin EM10* pendant 2 heures à  $130^{\circ}\text{C}$ .

D'autres méthodes ont été utilisées afin de réaliser des comparaisons et des corrélations entre la méthode de référence ISO et les méthodes NIR et NIT (en grains par technologie NIT avec un *Infratec NOVA de FOSS*, en grains et en mouture FN sur un *NIR DS2500 de FOSS*). La mesure NIT est très utilisée par les céréaliers parce qu'elle est non destructive et qu'elle donne une bonne approximation en moins d'une minute.

$$H = \frac{m_0 - m_1}{m_0} 100$$

$H$  = humidité nette avec une décimale (g/100g MH)

$m_0$  = masse de l'échantillon avant dessiccation

$m_1$  = masse de l'échantillon après dessiccation

### 3.2.2. Temps de chute de Hagberg (ISO 3093:2009)

Cette analyse permet d'évaluer l'activité des  $\alpha$ -amylases. Elle ne fait pas encore partie des analyses EBC. Elle permet de confirmer en quelques minutes une activité de prégermination invisible à l'œil nu qui est une conséquence d'un mauvais stockage de l'orge.

Les moutures FN (Falling Number) ont été réalisées sur un *Laboratory Mill 3100 de Perten Instrument* avec un tamis de 0,8 mm. Les moutures sont utilisées pour ce test et l'analyse suivante. Le protocole du froment est appliqué à une farine d'orge:  $7.00 \pm 0.05$  g de mouture FN sont mélangées dans  $25.0 \pm 0.2$  mL d'eau déminéralisée dans un tube à essai de 21 mm de diamètre intérieur et de 220 mm de long. Le mélange est homogénéisé avec un *Shakematic de Perten Instruments* et les tubes sont insérés dans le bain d'eau bouillante. La mesure a été conduite sur l'appareil *FN1000 de Perten Instruments*.

Le pompage automatique du plongeur pendant 55 secondes permet d'homogénéiser la suspension durant la gélatinisation, ensuite le plongeur est libéré en position haute. Le temps de chute s'additionne à la première minute durant laquelle la température du mélange atteint  $80^{\circ}\text{C}$ . L'intervalle de temps depuis le début de l'empesage à la dénaturation des enzymes est d'environ 30 secondes. (Perten, 1964).

Un temps de chute supérieur à 250 secondes est considéré comme exempt de prégermination pour l'orge, mais chaque laboratoire devrait adopter un seuil en fonction des variétés en se basant des seuils du froment (Tordenmalm, 2004). Comme exemple, le laboratoire de Carlsberg utilise comme seuil de refus 220 secondes pour l'orge de brasserie (Perten).

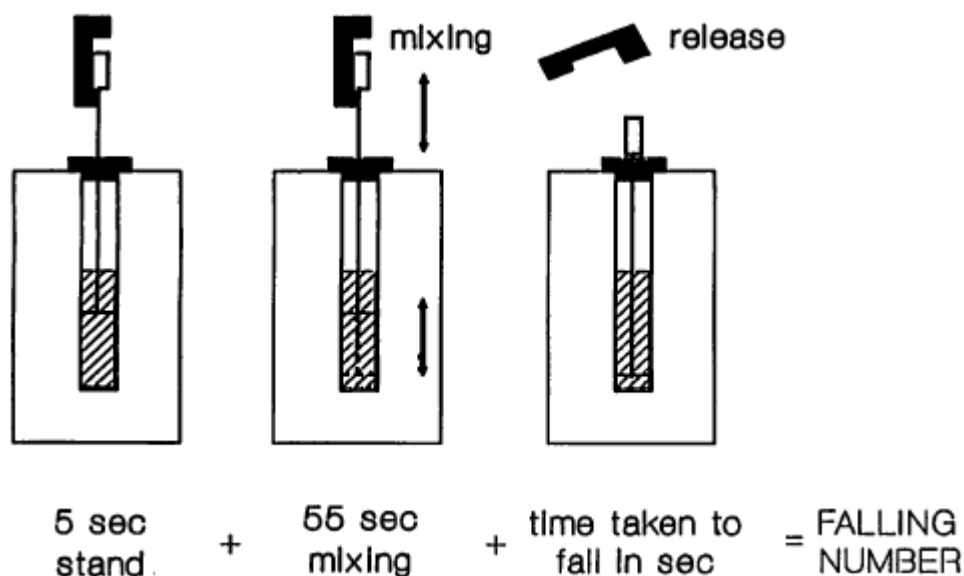


Fig. 14. Schéma de principe du temps de chute de Hagberg.

### 3.2.3. Température de gélatinisation par le RVA (MEBAK 2.7)

L'empesage des suspensions aqueuses d'amidon par le *Rapid Visco Analyser* (RVA) permet de suivre la variation de la viscosité lors de l'empesage et de la rétrogradation. Cette analyse est enregistrée dans les méthodes du MEBAK.

Elle permet de contrôler une activité de prégermination de l'orge et de mesurer la température d'empesage de l'amidon qui commence au début de la pente ascendante de la viscosité. Une concentration de 0.01M de nitrate d'argent permet d'inhiber l'activité des amylases. La différence entre l'essai à l'eau et l'essai additionné de nitrate d'argent permet d'évaluer l'activité enzymatique.

Le profil de température a une augmentation linéaire de température de 50°C à 90°C sur 5 minutes, s'ensuit un plateau de 5 minutes suivi d'un refroidissement de 5 minutes jusqu'à 50°C.

L'analyse est réalisée sur un 4500 de *Perten Instrument* avec  $4.00 \pm 0.01$  g de mouture sèche FN sur une base de 24.00 g d'eau. Les échantillons sont donc ajustés en masse par rapport à leur humidité et le volume d'eau minimisé en conséquence.

Les analyses sont réalisées en duplicata et lorsqu'un essai ne se trouve pas dans une plage de  $\pm 5\%$  par rapport à la moyenne, l'essai est réitéré jusqu'à obtenir deux essais concluants. Les valeurs mesurées du RVA sont représentées sur le schéma de la fig. 15.

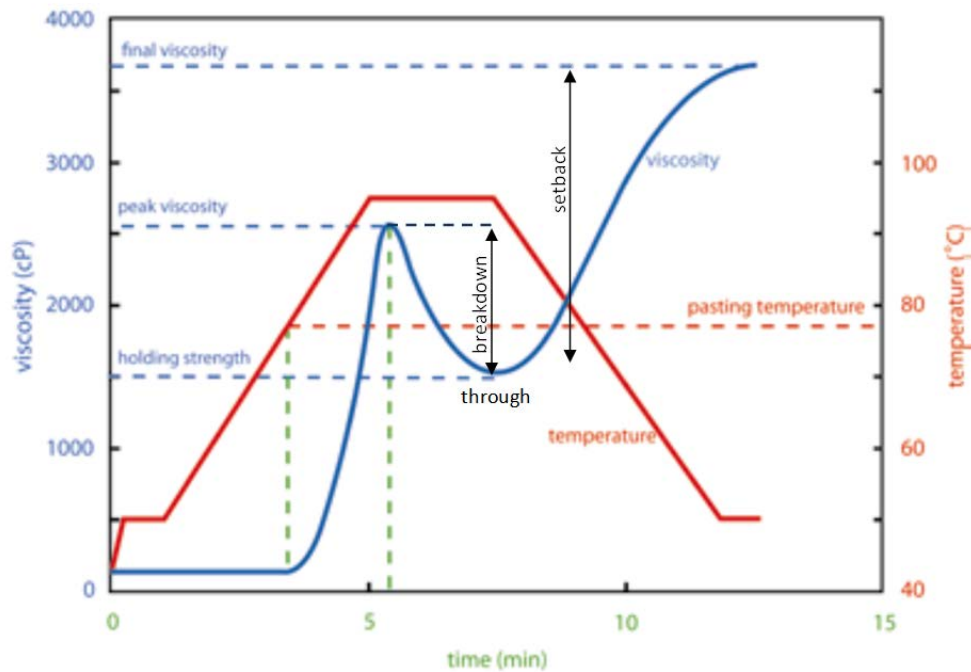


Fig. 15. Courbes du RVA: température en rouge, viscosité en bleu: mesures relevées: peak, through, breakdown, final viscosity, setback, peak time, pasting temp, peak area.

Le RVA permet de mettre en évidence une prégermination de l'orge en utilisant le ratio des pics de viscosité suivant la formule suivante:

$$ratio\ RVA = \frac{A - B}{B}$$

A = pic de viscosité avec les enzymes inhibés par l'AgNO<sub>3</sub>

B = pic de viscosité de l'essai à l'eau

### 3.2.4. Calibrage (EBC 3.11.1)

Le calibrage de laboratoire est réalisé sur un calibre rectangulaire à trois tamis (2.8/2.5/2.2 mm) de *Glasbläserei des Instituts für Gärungsgewerbe* de Berlin. L'opération consiste à passer 100 ± 0.01 g d'échantillon sur le calibre sous agitation de 5 minutes. Ensuite des trois tamis, on retire les fractions {E, F, G} avant de peser les fractions {A, B, C, D} (Tableau 3).

Tableau 3. Calibration.

Fraction	Dénomination
A >2.8 mm	orge
B >2.5 mm	orge
C >2.2 mm	orge
D	orgettes
E	grains cassés ou sans germes
F	autres céréales
G	autres graines, grains mois, gravier, ergot

Les résultats sont rapportés en pourcentage massique avec une décimale (% m/m).

### 3.2.5. Énergie et pouvoir germinatif (EBC 3.6.2)

L'énergie germinative est le nombre de grains qui ont germé rapporté à 100 grains sur une période de 72 heures, le pouvoir germinatif sur une période de 120 heures. Le test de germination est opéré au laboratoire dans une étuve régulée à 20°C.

Cette mesure a été réalisée en triplicata en plaçant 50 grains calibrés des fractions A-B-C déposés sur deux couches de papier filtre dans boîte de Pétri de 90 mm en ajoutant 4mL d'eau déminéralisée. Pour obtenir la sensibilité à l'eau, l'expérience est réitérée avec 8 mL. Les boîtes de Pétri ont été placées en chambre noire à la température régulée de 20°C. Les grains sont comptés lorsque les radicules sont apparentes.

### 3.2.6. Poids de 1000 grains (EBC 3.4)

Basé sur le fait que l'amidon est le composant le plus lourd de l'orge, le poids de mille grains donne une bonne estimation du remplissage du caryopse. Ce qui permet d'avoir une estimation des lots ayant le plus d'extraits. (De Clerck, 1948)

N'ayant pas un échantillon suffisamment représentatif du lot, la mesure sera menée avec  $40.0 \pm 0.1$  g de produit calibré des fractions A-B-C. La masse a été mesurée sur une balance Sartorius ( $d=0.01$ ).

Le comptage a été réalisé sur un appareil *NUMIGRAL* de *Chopin Technologies*.

$$PMG = \frac{M}{N} \times \frac{1000}{100} \times (100 - H)$$

PMG = masse de 1000 grains MS (g)

M = masse du lot (g)

N = le nombre de grains

H = humidité de l'échantillon (% m/m)

### 3.2.7. Teneur en protéines totales, Dumas (EBC 3.3.2)

L'analyse de l'azote total a été réalisée par la méthode de Dumas. Le principe consiste en une combustion totale de la matrice sous oxygène. Les gaz produits sont réduits par du cuivre puis desséchés, le CO<sub>2</sub> et autres gaz sont piégés. L'azote est ensuite quantifié à l'aide d'un détecteur universel.

La mesure est réalisée sur un appareil *TruMac Series* de *LECO Corporation* en utilisant 300 mg d'une mouture FN pesée sur une balance analytique Sartorius ( $d=0.1$  mg).

Pour calculer la teneur en protéines sur matière sèche, la méthode ISO des céréaliers est retenue, car les équations sont basées sur cette température.

Conversion en matière sèche

$$PT = TN \times 6.25 = N \times \frac{100}{(100 - H)} \times 6.25$$

PT = teneur en protéines totales (% m/m MS)

TN = azote total (% m/m MS)

N = taux d'azote (% m/m)

H = humidité du malt (% m/m)

### 3.3. Malt

#### 3.3.1. Humidité (EBC 4.2)

L'humidité du malt a été mesurée selon la méthode EBC 4.2 à partir de la mouture fine réalisée pour le brassin conventionnel sur un DFLU de *BUHLER-MIAG*.

#### 3.3.2. Température de gélatinisation par le RVA (MEBAK 2.7)

La méthode est décrite au point 3.2.3. Pour avoir des résultats significatifs avec le malt, la masse de l'échantillon est  $\pm$  triplée. L'essai a été réalisé avec 11.20 g de mouture FN sèche mélangée à 16.80 g d'eau.

#### 3.3.3. Friabilité (EBC 4.15)

Une des propriétés principales du malt de brasserie concerne sa friabilité. Ce critère renseigne sur l'état de la désagrégation des parois cellulaires. Ce test consiste à l'abrasion de  $50 \pm 0.1$  g de malt érodé par des galets en caoutchouc contre un tambour rotatif à mailles fines sur une durée de 8 minutes. La fraction bien désagrégée passe au travers des mailles en laissant la fraction vitreuse. Le refus (A) est pesé, de celle-ci on retire les grains entiers (B). La fraction C correspond au nouveau refus sur un tamis de mailles carrées de 2.2 mm de la fraction A-B.

Ce test dépend fortement de l'humidité du malt qui doit rester dans la plage 3.5 à 5% pour obtenir une bonne reproductibilité.

$$F = 100 - (2A)$$

$$CG = 2B$$

$$PG = 2C$$

F = la friabilité avec deux chiffres significatifs (% m/m)

CG = Completely Glassy, la fraction de grains vitreux (% m/m)

PG = Partially Glassy, la fraction de grains partiellement vitreux (% m/m)

#### 3.3.4. Poids de 1000 grains (EBC 4.4)

La méthode est décrite au point 3.2.6.

#### 3.3.5. Teneur en protéines totales, Dumas (EBC 4.3.2)

La méthode est décrite au point 3.2.7

#### 3.3.6. Le brassin conventionnel (EBC 4.5.1)

Le brassin conventionnel (BC) est une méthode standardisée pour obtenir un moût qui servira à plusieurs analyses. Les moutures ont été réalisées sur un broyeur de laboratoire DFLU de *BUHLER-MIAG*. La mouture fine a été réalisée à 0.2 mm.

Lorsque la température du bain-marie atteint 45°C, 50 g de malt égrugé sont empâtés dans le godet contenant 200 mL d'eau déminéralisée. Le profil de brassage commence par un palier de 30 minutes suivi d'une montée de température jusqu'à 70°C (à 1°C/minute). Arrivé à cette température, 100 mL d'eau chaude (70°C) sont ajoutés avant un palier de 60 minutes qui se termine par un refroidissement rapide. Le moût est mélangé continuellement jusqu'au refroidissement. Le contenu du godet est porté à  $450 \pm 0.1$  g puis filtré sur un filtre de diamètre 32 cm *Whatman*.



Durant la procédure les mesures suivantes sont réalisées:

- le temps de saccharification
- le temps de filtration

À l'aide du moût filtré, les mesures suivantes sont réalisées:

- la densité
- l'extrait calculé en ° Plato
- la couleur
- le pH
- la viscosité

Ensuite deux échantillons de 40 ml de moût seront gardés au congélateur pour réaliser ultérieurement les analyses suivantes:

- le profil en sucre
- les FAN
- les polyphénols
- les protéines solubles

### **3.3.6.1. Temps de saccharification**

Un moyen facile de contrôler qu'il ne reste plus d'amidon ni de dextrine complexe est le test à l'iode. On commence le premier test 10 minutes après le début du palier de 70°C, ensuite toutes les 5 minutes jusqu'à ce que la couleur devienne jaune-brun.

### **3.3.6.2. Temps de filtration**

Le protocole demande seulement de vérifier si la filtration se termine endéans l'heure. La filtration sera arrêtée si le temps dépasse deux heures. Pour cette étude, le temps a été mesuré à la minute près.

### **3.3.6.3. Densité du moût (EBC 4.5.1)**

Les moûts ont été analysés sur un densimètre électronique *d'Anton Paar DM4500* couplé à un spectrophotomètre à infrarouge (*Alcolyser NIR*) muni d'un carrousel pour la prise automatique des échantillons. Le calibrage est réalisé une fois par semaine avec de l'eau et une solution de 10% v/v d'éthanol.

Le ticket imprimé fourni les résultats suivants:

- la concentration d'alcool en masse (ABM) et en volume (ABV)
- la masse volumique (g/cm<sup>3</sup>)
- la densité 20°/20°
- l'extrait réel en Plato (°P)
- l'extrait apparent (°P) Ea
- l'extrait primitif (°P) P
- l'atténuation réelle % RDF
- l'atténuation apparente % ADF
- l'énergie (kJ/100mL)



### 3.3.6.4. Rendement sec du malt (EBC 4.5.1)

Le premier objectif du brassin conventionnel est de calculer le rendement en extrait sec du malt.

$$E = \frac{P (H + 800)}{100 - P} \frac{100}{100 - H}$$

E = le rendement du malt sec avec une décimale (% m/m)

P = l'extrait primitif en Plato (g/100g de moût)

H = l'humidité du malt (% m/m)

800 = masse d'eau (g) dans le brassin avec 100 g de malt

### 3.3.7. Viscosité (EBC 4.8)

Le taux en  $\beta$ -glucanes et en arabinosylanes solubles influence la viscosité. Cette analyse permet d'avoir une évaluation sur la désagrégation du malt. Une viscosité élevée indique une mauvaise désagrégation du malt avec comme corolaire une filtration difficile.

L'appareil utilisé est un *Microviscosimètre Lovis d'Anton Paar* à injection manuelle. Le résultat est rapporté en [mPa.s] avec deux décimales.

### 3.3.8. pH (EBC 8.17)

Cette mesure est réalisée sur un pH-mètre C860 de *Consort*. Une calibration à deux-points est réalisée avant chaque série de mesure. Le résultat est exprimé avec deux décimales à la température de 20°C

### 3.3.9. Couleur (EBC 4.7.1)

La couleur du moût est une mesure simple permettant de comparer la bonne conduite du touraillage pour un type de malt. La mesure est réalisée sur un spectrophotomètre en mesurant l'absorbance à 430 nm en multipliant par un facteur contre un blanc d'eau. L'analyse a été réalisée sur un *Spectronic GENESYS 150*.

$$C = A 25 F$$

C = couleur, unité EBC avec deux chiffres significatifs (ex. 3.3 ou 22 EBC).

F = facteur de dilution

A = absorbance à 430 nm avec une cuvette de 10 mm

25 = facteur multiplicatif

### 3.3.10. Azote $\alpha$ -aminé libre (FAN) (EBC 4.10) (EBC 9.10)

La levure a besoin d'une source d'azote pour la synthèse des protéines et des acides nucléiques. Cette mesure permet d'évaluer le potentiel disponible pour la levure. La mesure est réalisée sur un *Spectronic Genesys 150* contre un blanc réactif à base d'eau.

$$FAN = \frac{A F}{2 \text{ pente}}$$

FAN = le taux en mg/L ou ppm

A = absorbance à 570 nm

F = facteur de dilution

pente = le coefficient directeur de la droite d'étalonnage à l'alanine

La pente est obtenue à l'aide d'une droite d'étalonnage à l'alanine  $y = ax + b$ . La pente de la droite est le coefficient  $a$ . Le coefficient  $b$  est négligeable s'il intervient dans les décimales du résultat.

### 3.3.11. Polyphénols totaux (EBC 8.12) (EBC 9.11)

L'analyse consiste en une réaction entre les polyphénols et des ions ferriques en milieu alcalin suivie d'une lecture d'absorbance à 600. Les échantillons sont dilués avec une solution de 1% de carboxyméthyl cellulose (CMC) avec 0.2% d'éthylène diamine tetra.acetic acid (EDTA). L'appareil utilisé est un *Spectronic GENESYS 150*.

$$P = A \ 820 \ F$$

$P$  = le taux en polyphénol (mg/L) arrondi à l'unité.

$A$  = absorbance à 600 nm

$F$  = le facteur de dilution ( $F=1$  si jaugé de 25 mL,  $F=2$  si 50 mL)

### 3.3.12. Protéines solubles, Indice Kolbach (EBC 4.9.3)

La mesure est réalisée par la méthode Dumas. Deux millilitres d'échantillon sont pesés sur une balance analytique ( $d=0.1$  mg) et préalablement déshydratés dans une étuve à  $60^\circ\text{C}$  pendant 5 heures. L'appareil utilisé est un *TruMac* de *LECO*. L'instrument rend le résultat sous forme de pourcentage massique  $N_w$  (% m/m de moût).

Conversion en mg/litre

$$N_v = \frac{10 \times N_w \times SG_{20/20}}{100 \text{ g de moût}} = [mg/L]$$

$N_v$  = taux d'azote soluble du moût (mg/L)

$N_w$  = pourcentage d'azote du moût (% m/m de moût)

$SG_{20/20}$  = gravité spécifique du moût à  $20^\circ\text{C}$ /eau à  $20^\circ\text{C}$

Conversion du pourcentage d'azote en g/100 g de malt en matière sèche.

$$N_s = \frac{N_v \times E_M}{10000 E_W}$$

$N_s$  = azote soluble en matière sèche [% g/100 g malt sec]

$E_M$  = rendement sec du malt [% g/100g de malt sec]

$E_W$  = extrait en gramme par volume du moût [g/100 ml de moût]

Conversion extrait massique en extrait volumique

$$E_W = P \times SG_{W20/20}$$

$E_W$  = extrait en gramme par volume du moût [g/100 mL de moût]

$P$  = extrait en Plato du moût [g/100 g de moût]

L'indice Kolbach est le ratio de l'azote soluble par le taux d'azote total du malt (ou des protéines). Ce paramètre permet d'évaluer l'activité enzymatique protéolytique.

$$K = \frac{N_S}{N_T} 100\% = \frac{PS}{PT} 100\%$$

K = l'indice Kolbach (%)

$N_S$  = le taux en azote soluble (g/100g MS)

$N_T$  = Le taux en azote total (g/100g MS)

PS = protéines solubles (% MS)

TP = protéines totales (% MS)

### 3.3.13. Profil en sucre (EBC 8.7)

Cette analyse permet de déterminer la proportion des différents sucres fermentescibles (fructose, glucose, saccharose, maltose, maltotriose) dans un liquide. Utilisé sur le moût, elle donne une notion de la qualité du profil de brassage. L'atténuation finale du moût dépend directement du rapport de ces sucres fermentescibles par rapport à l'extrait total.

Cette analyse est déterminée sur un HPLC Waters 515 pump équipé d'un détecteur Waters 2414 refractive index detector à 30°. La colonne utilisée est WATERS 5 µm 250 x 4.6 mm. L'éluant utilisé est de l'acétonitrile dilué dans de l'eau désaérée à raison de 3 pour 1 en volume, injecté à un débit de 1 mL/min sous une température régulée à 60°C. La pression de service est de l'ordre de 1250 Psi (86 Bars).

Les échantillons de moût ont été dilués 5X et 10X.

Les temps de détection approximatifs sont:

- glycerol 4.9 m
- fructose 7.3 m
- glucose 9.1 m
- saccharose 11.9 m
- maltose 14.3 m
- maltotriose 23.6 m

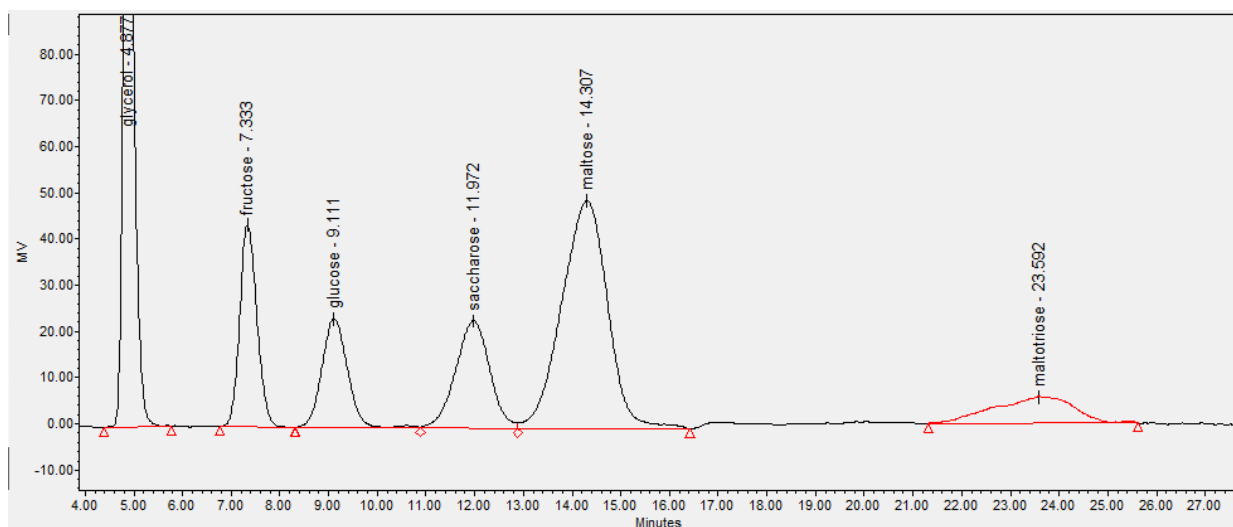


Fig. 16. Exemple de détection sur le standard.

Les résultats sont exprimés en g/L avec une décimale. Précision ±1%.

### 3.4. Bière

Tous les échantillons de bières ont été préparés, la bière est dégazée par ultra-son et filtrée sur papier filtre plissé *Whatman* avant les analyses, sauf pour la mesure du trouble qui est réalisée directement sur la bouteille et la mesure de l'amertume qui se fait sur un échantillon dégazé, mais non filtré.

Les échantillons ont été mesurés à l'aide d'un densimètre électronique d'Anton Paar DM4500 couplé à un spectrophotomètre à infrarouge (Alcolyser NIR).

Les analyses suivantes ont été réalisées sur les échantillons préparés suivant les procédures décrites au chapitre du malt.

- pH (EBC 9.35)
- Couleur (EBC 9.6)
- Azote  $\alpha$ -aminé libre (FAN) (EBC 9.10)
- Polyphénols totaux (EBC 9.11)
- Protéines solubles, Dumas (EBC 9.9.2)

#### 3.4.1. Dosage des isohumulones (bière) EBC 9.8

La mesure de l'amertume est basée sur l'extraction presque sélective des isohumulones par l'isooctane à partir d'un échantillon acidifié de bière dégazée non filtrée. La mesure est réalisée sur un spectrophotomètre *GENESYS 6* réglé sur 275 nm (gamme UV-C) contre un blanc d'isooctane.

$$BU = A \cdot 50$$

BU = Bitterness Unit = la concentration en isohumulones arrondi à l'unité (mg/L).

A = absorbance à 275 nm

#### 3.4.2. Détermination du trouble (bière) EBC 9.29

La détermination du trouble par néphélométrie a été réalisée avec l'appareil *ROTA 90/25 de Haffmans*. Les mesures directes sur les bouteilles (sans préparation de l'échantillon) sont réalisées à  $\angle 90^\circ$  à 4°C pour montrer la présence d'un trouble colloïdal. Les résultats affichés sont exprimés en unité de trouble EBC avec une décimale.

#### 3.4.3. Tannoïdes et protéines sensibles (EBC 9.40)

Les **tannoïdes** sont définis comme la fraction des polyphénols qui peuvent être précipités avec du polyvinylpyrrolidon (PVP). Cela inclut les petites et moyennes molécules, des polymères de catéchine et d'anthocyanogen. Ils proviennent du malt et du houblon. Bien que leurs concentrations soient faibles, ils jouent un rôle important dans le trouble colloïdal et dans la stabilité de la bière.

Le PVP se lie aux polyphénols par des liens hydrogènes ce qui donne un complexe insoluble formant un trouble. La concentration en PVP pour atteindre le maximum est proportionnelle à la concentration des tannoïdes contenus dans l'échantillon. L'appareil mesure le trouble obtenu [EBC] en rapport avec le volume de PVP injecté. Les résultats sont mesurés en [mg PVP/L].

Le réactif utilisé est le PVP K-90 de la marque ISP. Les mesures ont été réalisées sur un tanomètre PFEUFFER. C'est un microtitrateur couplé à un photomètre qui possède une régulation de la température. L'homogénéisation est assurée par un mini barreau magnétique. La mesure a été réalisée une fois sur les échantillons.

Les **protéines sensibles** sont par définition celles qui ont une grande affinité avec les tanins. Lors de la maturation des bières de basse fermentation, les tannoïdes se condensent en tanins. Ils sont alors capables de se coupler avec des protéines et de former un trouble. C'est la première étape vers la formation d'un trouble permanent. Pour simuler l'augmentation de tanin, l'appareil injecte du tanin de noix de Galle. Le complexe formé est insoluble et peut être mesuré. Le résultat est exprimé en unité de trouble EBC.

La mesure a été réalisée en duplicata sur le même appareil. La solution titrante a été préparée avec 0.1008 g d'acide tannique dans 1 L d'eau déminéralisée. L'analyse est recommencée si la différence entre les deux mesures est supérieure à 0.3 EBC.

### 3.5. Valeurs de référence

Les analyses réalisées lors de ce travail de fin d'études permettront de caractériser les échantillons obtenus en République Tchèque. Les résultats obtenus seront comparés aux valeurs de références utilisées dans l'industrie de l'orge brassicole.

Le tableau 4 se base sur les seuils de la précédente étude Les seuils IGP sont définies dans le journal de la commission (annexe 8.1)

Tableau 4. Valeurs de références pour les analyses de l'orge et du malt.

<b>ORGE</b>	<b>Seuil industriel valeurs typiques</b>	<b>Seuil de refus ou d'alerte</b>	<b>Seuil IGP</b>
Humidité (% m/m)	14	>14.5%	
Energie germinative (72h)	>97%	<93%	
Temps de chute de Hagberg (s)	>220s	<180s	
Protéines totales (% MS)	9.5-11.5	9.0-12.0	
Poids de 1000 grains (g à 15%H MS)	43-52		
Calibrage A+B (%)	>90	<86	
Calibrage D+E (%)		>3	
<b>MALT</b>			
Humidité (% m/m)	4-5	3-5.5	
Friabilité 2RP (% m/m)	>80	<75	>75
Poids de 1000 grains (g à 15%H MS)	39-48		
Protéines totales (% m/m MS)	9.5-11.5	9.0-12.0	
Temps de saccharification (min)	-	>15	
Rendement sec (% MS)	>80	<76	>80
pH	5.6-6.0		6
Couleur du malt pâle (EBC)	3-4	2-5	
Viscosité 2RP (mPa.s)	1.48-1.55	>1.65	
FAN (mg/l)	>160	<120	
Indice Kolbach (% MS)		35-45	36-42

Le tableau 5 présente les seuils de références sur les critères retenus pour l'obtention du label IGP des bières tchèques (Commission, 2008).

Tableau 5. Seuils IGP pour les bières blondes.

<b>Bière "Lager blonde"</b>	<b>Seuil IGP</b>
Extrait original du moût (°P)	11.00-12.99
Alcool (% v/v)	3.8-6
Couleur (EBC)	8.0-16
Substances amères (EBC)	20-45
pH	4.1-4.8
$\Delta$ (atténuation apparente et réelle) (%)	1,0-9,0
Polyphénols (mg/L)	130-230
Atténuation apparente (%)	82 max

## 4. Résultats

Ce chapitre réunit l'ensemble des résultats obtenus des méthodes décrites dans le chapitre précédent. Les résultats sont présentés sous forme d'histogrammes.

S'ils ne sont pas redéfinis préalablement pour un graphique, les codes couleur utilisés dans les graphiques de ce chapitre sont les suivants:

- les échantillons d'orges de printemps et les malts sur aire en bleu
- les échantillons de malts de technologie Saladin en rouge ocre
- les témoins d'orges et de malts de technologie Saladin en gris
- les seuil d'alertes ou de refus en lignes rouges
- les seuils sévères ou industriels en lignes orange
- la plage typique en ligne bleue
- les valeurs extrénum IGP en lignes vertes
- les moyennes sont représentées en lignes pointillées

Le tableau 6 récapitule les huit malteries sur aire et les 4 malteries de technologie Saladin triées par ordre croissant de production. Celles qui produisent uniquement pour leurs brasseries (dites artisanales) sont représentées par une lettre minuscule et les malteries indépendantes (dites industrielles) par une lettre majuscule. Les malteries belges sont représentées par une lettre grecque. Si la variété est connue, elle est inscrite dans la colonne. Le signe  $\angle$  derrière l'échantillon indique qu'il a été prélevé sur un tas, les parenthèses () indiquent qu'il provient d'un sac commercial. Les autres échantillons ont été donnés par le malteur.

Les variétés utilisées pour obtenir le label IGP sont exclusivement des 2RP et recommandées par RIBM Brno. Les échantillons sont de la récolte 2018 sauf si précisé dans le tableau.

Tableau 6. Récapitulatif des échantillons 2018.

Malterie	Pays	Type	Batch (t)	Production annuelle (t)	Nombre d'échantillons		Variété
					Orge	Malt	
a	Cz	sur aire	2	100	0	1 $\angle$	
b	Cz	sur aire	4	650	1 $\angle$	4 $\angle$	<i>Francin</i>
c	Cz	sur aire	4	700	1	1	<i>Francin</i>
d	Cz	sur aire	6	1'500	1 $\angle$	5 $\angle$	
E	Cz	sur aire	10	2'200	1	1	<i>Bojos</i>
F	Cz	sur aire	10	2'300	1	3	<i>Bojos</i>
G	Cz	sur aire	10	2'400	1	1	<i>Bojos</i>
H	Cz	sur aire	18	4'000	1	1	
I	Cz	Saladin		110'000		(1)	
*	Cz	Saladin				témoin 2017	
$\alpha$	Be	Saladin		24'000		(1)	
$\beta$	Be	Saladin		30'000		(1)	<i>RGT Planet</i>
$\gamma$	Be	Saladin		34'000		1	
[R]	Be	Saladin			référence témoin		<i>RGT Planet</i>
#	Be	micro- maltage			essai 2017	test	<i>Francin</i>

La malterie 'a' n'a pas pu fournir d'échantillon d'orge, car la production de malt s'est terminée fin décembre 2018. Les malteries qui ont donné plusieurs échantillons de malt seront évaluées sur la moyenne des résultats.

L'échantillon '#' belge est une orge de variété *RGT Planet* de la récolte 2018. Il est utilisé pour comparer les résultats avec les orges tchèques.

Les références de comparaison des résultats proviennent de l'annuaire de l'orge 2018 tchèque publié par RIBM Brno qui compile et publie annuellement toutes les analyses réalisées par le centre de recherche sur l'orge et le malt (annexe 8.2)

## 4.1. Orge de brasserie

L'échantillon belge '[R]' de la récolte 2018 est une orge 2RP de variété française *RGT Planet*. Les résultats des analyses réalisées par le Centre de Recherche Agronomique de Wallonie à Gembloux (CRA-W) sont ajoutés comme référence pour comparer les résultats avec les orges tchèques. La variété *RGT Planet* du semencier RAGT Semences est inscrite au catalogue Français depuis 2014. Elle est dans la classe des "variétés préférés" en France depuis 2016.

L'échantillon belge '#' de la récolte 2017 est une orge 2RP de variété tchèque *Francin* et cultivée comme essai en Belgique. Elle est inscrite au catalogue Tchèque depuis 2014 par le semencier SELGEN. Les résultats des analyses réalisées l'année dernière au CRA-W sont ajoutés comme essai de comparaison dans les graphiques.

### 4.1.1. Humidité

L'humidité est un facteur clé dans le stockage de l'orge. Une humidité supérieure au seuil conseillé entraîne inévitablement une prégermination invisible à l'œil nu lorsque la dormance est levée. Mais surtout, elle donne l'opportunité aux moisissures et insectes de se développer. Cette mesure simple à la livraison de l'orge permet au malteur d'évaluer la qualité du stockage du fermier-céréalier ou du négociant-stockeur.

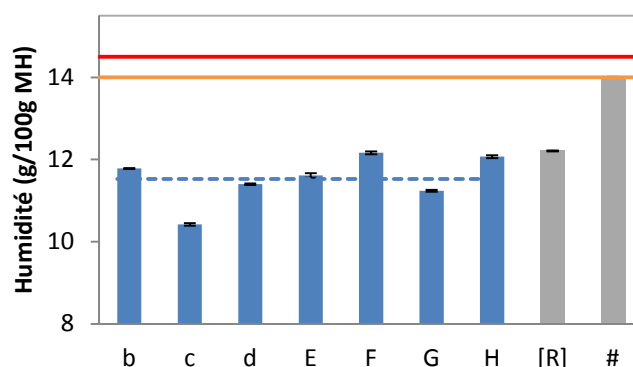


Fig. 17. Humidité des échantillons d'orges.

Les résultats (Fig. 17) montrent que les échantillons sont tous inférieurs au seuil d'humidité de 14% avec une moyenne de 11,5%. L'année 2018 accusait une longue période de sécheresse avant la moisson. En comparaison, la valeur moyenne des orges tchèques de 2017 est de 12.1%.

Le malteur ajuste son profil de trempage en fonction du taux d'humidité du lot.



### 4.1.2. Temps de chute de Hagberg - ratio RVA

L'analyse RVA consiste à relever l'évolution de la viscosité en suivant un profil de température. Lors de la prise en eau de l'amidon, le mélange d'eau et de farine va s'épaissir. La différence du pic de viscosité entre l'essai à l'eau et celui inhibant les enzymes renseigne l'activité enzymatique (ratio RVA). Ces deux paramètres sont présentés dans les histogrammes de la fig. 18.

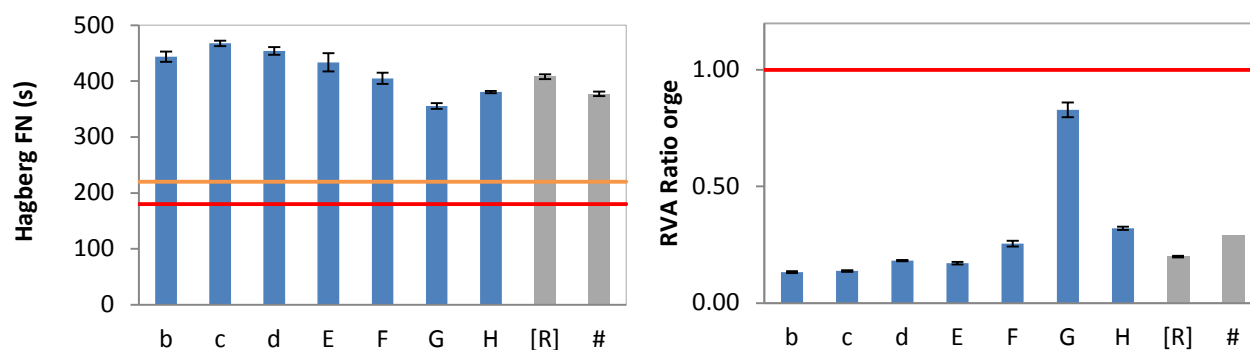


Fig. 18. Gauche: temps de chute de Hagberg. Droite: ratio du pic de viscosité RVA.

Les échantillons n'ont pas subi de prégermination. Il existe une étude sur les orges de brasseries, mais l'auteur précise que chaque laboratoire doit ajuster son seuil en fonction des variétés et en se basant sur le référentiel du froment (Tordenmalm, 2004) (Perten).

Il y a déjà eu des études pour déterminer la qualité du malt à l'aide de ce simple test. Le problème majeur est de contrer la mousse lors de l'agitation initiale, car la mousse empêche le plongeur de descendre. (Best, 1991).

Pour le ratio du pic de viscosité du RVA, tous les échantillons se trouvent en dessous du seuil arbitraire de 1 qui est considéré comme la valeur minimale pour détecter une activité de prégermination.

### 4.1.3. Température d'empesage orges - malts RVA

La collecte des informations du RVA permet de suivre la viscosité en temps réel. La température d'empesage se repère dans l'évolution de la courbe (voir Fig. 15). Elle est définie par une augmentation de 24 cP en moins d'une seconde.

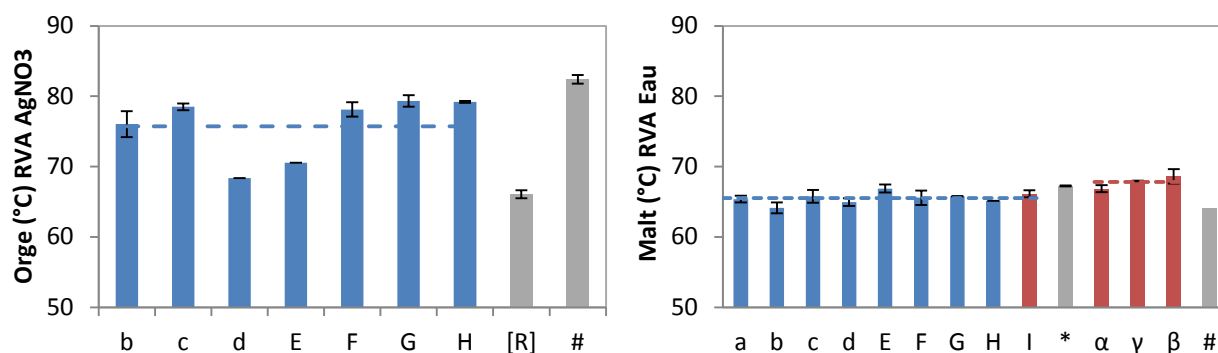


Fig. 19. Température d'empesage. Gauche: des orges. Droite: des malts.

La fig. 19 présente les résultats pour l'orge et le malt. Il est intéressant de comparer afin de constater deux choses. Premièrement une baisse moyenne d'environ 10°C et deuxièmement un nivellement de la température pour les malts alors qu'elle était plus variée pour les orges. Ces deux conséquences sont justifiées par l'activité amylasique.

L'amidon est insoluble dans l'eau à température ambiante, mais à une certaine température une granule d'amidon absorbe de l'eau et gonfle de manière irréversible et perd sa structure. La température d'empesage moyenne de l'amidon de l'orge dépend du rapport entre les grosses (A) et les petites (B) granules d'amidon, car la vitesse d'hydratation n'est pas la même.

Dans un malt la température d'empesage dépendra plus du travail des amylases qui vont fractionner la taille des granules au fur et à mesure du gonflement. De taille réduite ces fragments de granule ont une prise hydrique plus rapide.

La température moyenne des lots d'orges brassicoles tchèques 2018 se situe à  $75.7 \pm 3.6^\circ\text{C}$  tandis que celle des malts tchèques arrive à  $65.5 \pm 0.6^\circ\text{C}$  et la moyenne des malts belges à  $67.8 \pm 0.6^\circ\text{C}$ .

#### 4.1.4. Énergie, pouvoir germinatif et sensibilité à l'eau

Le pourcentage de germination est un paramètre essentiel pour le malteur. Il permet en premier lieu de vérifier si la dormance est levée, deuxièmement de contrôler l'homogénéité de la germination.

Le pourcentage de germination est un sujet contradictoire dans la littérature. Avec un temps de germination des orges de plus en plus court, on devrait adapter la norme. Les Malteurs de France ont pris l'initiative d'adapter le seuil de 72 heures à 97%. Anciennement l'énergie germinative était à 90% et le pouvoir germinatif à 95%.

Le graphique de gauche la fig. 20 présente l'énergie germinative. Les lots {b, c, H} n'atteignent pas le seuil industriel de 97%.

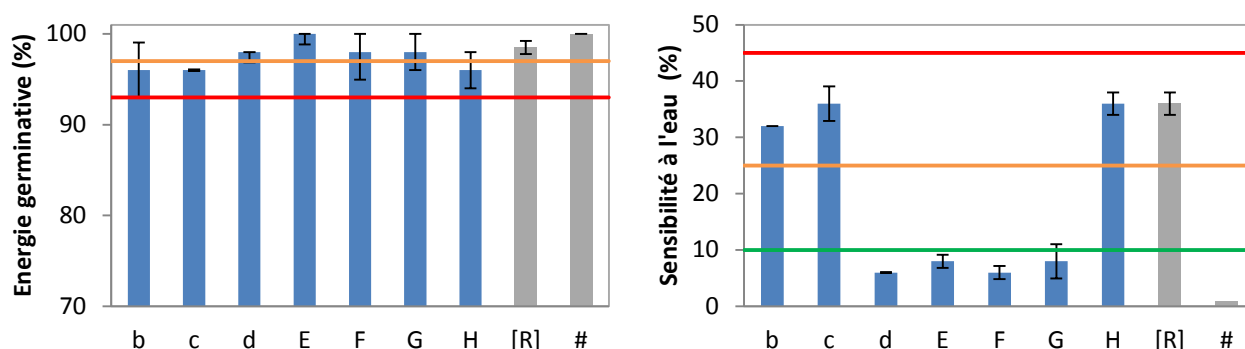


Fig. 20. Gauche: énergie germinative. Droite: Sensibilité à l'eau.

Le graphique de droite la fig. 20 présente la sensibilité à l'eau qui est la différence en pourcentage entre l'essai à 4 mL et 8 mL sur une durée de 72 heures. Les couleurs utilisées pour les seuils de sensibilité sont définies dans le tableau 7.

Tableau 7. Définition des seuils de sensibilité à l'eau.

Sensibilité	Seuil	Ligne
peu sensible	<10%	verte
sensible	<25%	orange
modérément	<45%	rouge
très sensible	>45%	

On a quatre échantillons qui sont modérément sensibles à l'eau {b, c, H, [R]}. Par ce simple test, les variétés ressortent plus différenciées {b, c} et {E, F, G}.

La sensibilité dépend de la variété, mais aussi des conditions pédoclimatiques donc des années et des régions. La variété *RGT Planet* de l'échantillon belge '#' se retrouve modérément sensible en 2018 alors qu'elle est normalement considérée comme peu sensible. On a la même observation pour *Francin* {b, c} en 2018 et '#' en 2017.

La moyenne de la sensibilité à l'eau sur trois années des orges tchèques présente des variations importantes {2015: 16.8% 2016:35.5% 2017:21.5%} (Psota & al, 2018).

La sensibilité à l'eau a une influence directe sur le profil de trempe du malteur qui doit être adapté chaque année par rapport aux variétés et par lot.

#### 4.1.5. Le poids de 1000 grains (PMG)

Le poids de 1000 grain (PMG) est un attribut propre à la variété, mais il dépend des conditions de culture et des conditions climatiques. Pour le malteur, il renseigne surtout de la qualité du remplissage du grain et donne une bonne estimation sur le potentiel en extrait.

La littérature ne précise pas toujours si les valeurs du PMG sont avec ou sans humidité. L'EBC recommande de convertir les résultats sur matière sèche. Le PMG utilisé par RIBM est indiqué avec une humidité de 14% (Psota, 2018 ).

Pour comparer les variétés et les lots ayant des humidités différentes, les résultats de cette étude sont ajustés sur le seuil des céréaliers à 15% d'humidité sur matière sèche pour les orges et les malts. Les lignes bleues des graphiques de la fig. 21 représentent la plage des valeurs typiques en matière sèche recalculée à 15% d'humidité.

Le PMG des orges et des malts est présenté en parallèle pour montrer la perte de masse causée par l'enlèvement des radiculles sur le malt. Cette étude peut seulement comparer sur une moyenne d'ensemble puisque le malt provient de lots différents. La moyenne tchèque 2018 de nos échantillons d'orges se situe à  $49.0 \pm 1.5$  g et descend à  $46 \pm 1.5\%$  pour les malts. Ce qui donne une perte moyenne de 3.0 g.

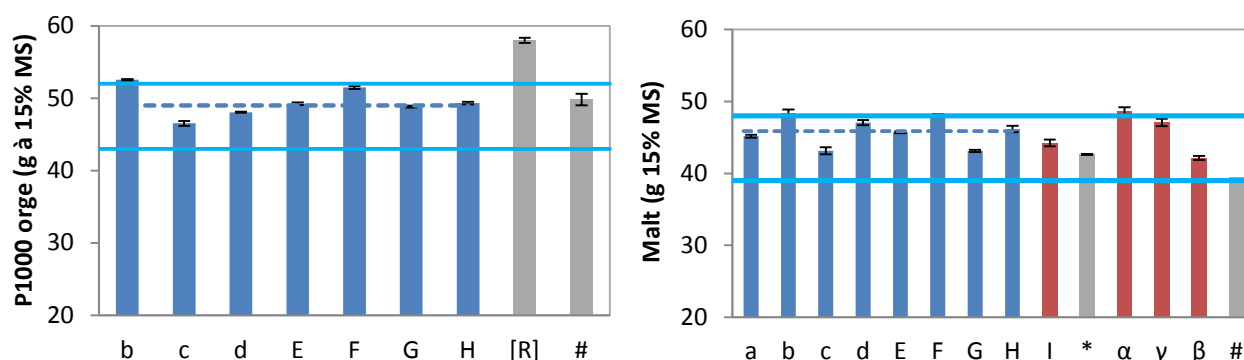


Fig. 21. Poids de 1000 grains calculé à 15% d'humidité sur matière sèche.

Comme référence, la perte moyenne des radiculles est de 4.8% (Psota & al, 2018). Ce qui correspond à une perte moyenne de 2.4 g sur un PMG d'orge de 50 g.

En comparaison, la valeur moyenne des orges tchèques de 2014 à 2017 est de 48.0 g pour les variétés *Bojos* et *Francin*. La moyenne toutes variétés confondues est de 41.9 g pour 2017. (Psota & al, 2018).

Le PMG du malt ne se trouve pas sur les fiches d'analyses. Cette caractéristique ne sert qu'au malteur pour contrôler la régularité du maltage sur un même lot.

#### 4.1.6. Calibrage

Le nettoyage-triage des orges est essentiel. Cette opération retire les matières inertes (poussières métalliques, graviers, pailles et poussières), les graines étrangères (graines de moutarde, ...) et surtout les grains cassés qui moisissent rapidement pendant la germination.

Le but final est d'obtenir un meilleur rendement en extrait sec par le contrôle d'une germination la plus homogène possible. Pour réaliser cet objectif, le malteur industriel nécessite que le lot d'orge ait un minimum de 90% de grains supérieur à 2.5 mm.

Les résultats dépendent beaucoup de la qualité des machines de nettoyage (séparateurs, épierreurs, plansichters, cribleurs, calibreurs et trieurs alvéolaires). Le calibrage de laboratoire permet de contrôler la qualité de cette opération unitaire qui est réalisée soit chez le négociant-stockeur, soit chez le malteur, voire les deux !

Les échantillons (Fig. 22) sont au-dessus du seuil industriel de 90% avec une moyenne de 95%. Comme référence, le calibrage moyen des orges tchèques de 2014 à 2017 est de 94% pour *Bojos* et *Francin* (Psota & al, 2018).

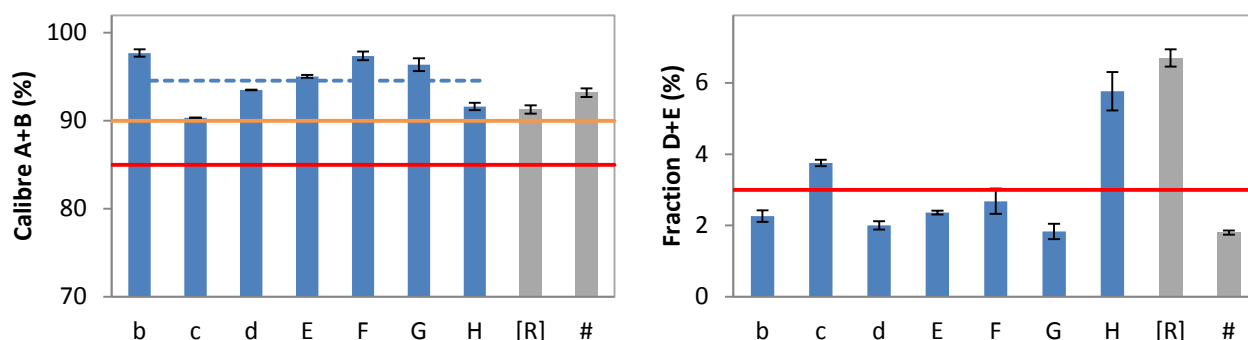


Fig. 22. Gauche: calibre >2.5 mm. Droite: Calibrage fraction D+E orgettes et grains cassés.

La fraction D+E est problématique pour le malteur. Les orgettes et les grains cassés s'imbibent plus vite et permettent aux moisissures de se développer pendant la germination.

Le graphique gauche de la fig. 22 montre la fraction D+E qui comprend les orgettes avec les grains cassés. Les échantillons {c, H, [R]} dépassent le seuil de 3%. Les lots concernés devraient surtout passer par un triage alvéolaire pour éliminer un maximum de grains cassés. Ça diminuerait le risque de contamination par des moisissures lors de la phase de germination. Dans le cas du malteur, il devrait contrôler les machines de cette opération pour une éventuelle défectuosité ou opérer un réglage plus fin.

### 4.1.7. Teneur en protéines totales

Les graphiques des protéines sont présentés en parallèle pour les orges et les malts pour montrer que le taux de protéines du malt reste dans les mêmes proportions (voir tableau 1).

Les échantillons collectés sont tous de lots différents, mais la moyenne de l'ensemble {b, c, d, E, F, G, H} permet de se faire une idée globale. Les résultats montrent une moyenne des orges à 12.6% contre une moyenne de 12.5% pour les malts sur cet ensemble.

Les mesures relevées par la méthode Dumas (Fig. 23) indiquent un taux bien au-dessus du seuil de déclassement de 12%. Seuls deux échantillons d'orges tchèques sur sept restent dans les limites. Le graphique de droite montre que les malteries tchèques ont malté de l'orge bien au-dessus du seuil acceptable des brasseurs. Ces lots auraient été déclassés en orge fourragère en Belgique.

Comme référence, la teneur moyenne en protéines des malts tchèques de 2015 à 2017 est de 10.2% pour *Bojos* et de 9.7% pour *Francin* (11.2% et 10.7% respectivement pour les orges). On a une perte moyenne par variété de 1% en protéines (Psota & al, 2018).

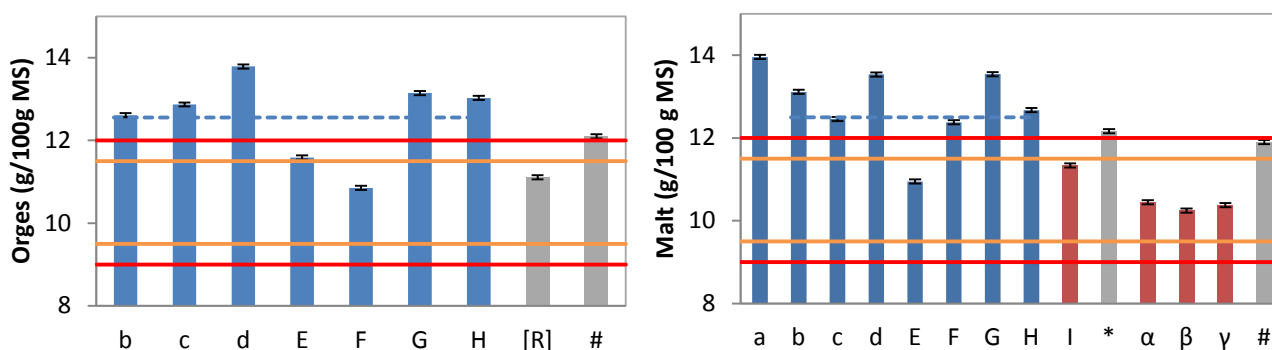


Fig. 23. Teneurs en protéines totales sur matière sèche. Gauche: orge. Droite: malt.

Les résultats moyens de 2018 publiés par Malteurs de France annoncent un taux de protéines centré à 10.3% pour les orges (11.0% en 2017). La sécheresse et la chaleur de l'année 2018 ont provoqué une concentration élevée de protéines en Tchéquie, au point que les malteries industrielles ont relevé le seuil à 12.5%.

Le stress thermique ralentit la photosynthèse : c'est le phénomène d'échaudage qui peut être fortement accentué par le cumul d'autres stress comme un stress. La chaleur a été responsable d'un échaudage qui a eu comme conséquence une haute teneur en protéine.

Les malteries qui achètent directement l'orge aux agriculteurs comme 'a' et 'd' ne refusent jamais l'orge de brasserie, quelle que soit la teneur en protéines.

### 4.1.8. Discussion sur les orges

Le tableau 8 ci-dessous reprend de manière synthétique les résultats de l'orge présentés dans le même ordre vertical que les graphiques. Les cases vertes signifient que l'échantillon satisfait les seuils industriels, les cases orange montrent une qualité inférieure au standard, les cases rouges indiquent une alerte, le lot concerné aurait été refusé ou déclassé en France.

Tableau 8. Synthèse des résultats obtenus pour les échantillons d'orge.

Echantillons	Humidité	Hagberg	Energie germinatif	PMG (15% MS)	Calibrage A+B	Calibrage D+E	Protéines
b	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Vert	Rouge
c	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Rouge	Rouge
d	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Rouge
E	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
F	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
G	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Rouge
H	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Rouge	Rouge
[R]	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Rouge	Vert
#	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange

De manière générale, les résultats des analyses sur les orges sont bons. L'année 2018 est considérée comme atypique avec un taux de protéines particulièrement élevées en République Tchèque.

La malterie H doit faire attention au calibrage D+E contenant 5.8% de grains cassés. Les lots d'orges reçus des malteries commerciales E et F sont de premières qualités pour le maltage. Le test de culture 2017 sur la variété tchèque *Francin* '#' est de première qualité.

## 4.2. Malt

L'échantillon '\*' tchèque est un malt industriel 2017 de technologie Saladin qui est vendu aux laboratoires d'analyses en échantillon de 50 g avec une fiche d'analyse réalisé par RIBM Brno. Ces valeurs sont utilisées comme témoin de référence pour vérifier la pertinence des analyses réalisées. La fiche d'analyse présente la moyenne des résultats réalisés vingt fois sur une période d'un mois (annexe 8.3).

### 4.2.1. Humidité

Après la phase de touraillage, l'humidité du malt descend à 4-5%. La fig. 24 présente les résultats. L'échantillon 'a' démontre que le malt est hygrophile. Laissée en tas dans un grenier depuis fin décembre, la couche extérieure reprend vite de l'humidité pour se stabiliser autour d'une plage de 8-10 %. Trois échantillons se trouve à la limite toléré

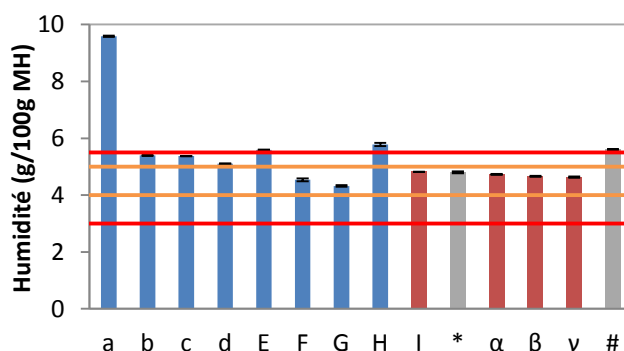


Fig. 24. Humidité des échantillons de malt.

{E+0.1%, H+0.3%, #+0.1%}, probablement due à la reprise d'humidité en tas. Les malts produits sur aire ne restent généralement en tas que pendant la période de repos de 4 à 6 semaines avant d'être soit utilisés en brasserie, soit ensachés.

### 4.2.2. Friabilité

L'importance de ce paramètre est telle que par exemple la malterie *Boormalt* de Gembloux n'utilise que ce seul paramètre journalièrement pour évaluer le produit fini. Il permet d'évaluer la désagrégation et la vitrosité du malt qui dépendent directement de la bonne conduite du trempage et de la germination.

La fig. 25 présente les résultats sur la friabilité des malts avec un seuil industriel à 80% (ligne orange) et un seuil d'alerte à 75% (ligne rouge) qui est également le seuil minimum IGP (ligne verte). L'optimum de friabilité d'un malt se situe à 86% selon le MQI tchèque.

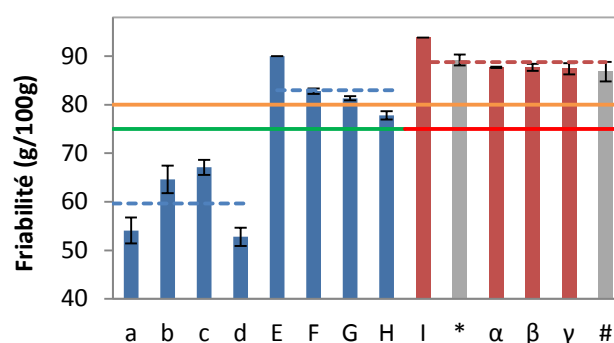


Fig. 25. Friabilité des malts.



Comme l'appareil n'a pas été calibré lors des mesures, les valeurs de la fiche du lot du malteur vont permettre de contrôler si les mesures sont acceptables. Le témoin tchèque '\*' indique 89.7% et notre valeur arrive à 89.2%, le malt 'β' indique 88.0% pour ce lot et notre valeur 87.7%. Les mesures obtenues sont donc valides.

Les malts de production Saladin dépassent le seuil industriel de 80.0% avec une moyenne de 88.8%. Les malteries industrielles obtiennent une moyenne de 83.0% et les malts artisanaux obtiennent une moyenne de 59.7%. Ces malts artisanaux seraient certainement refusés dans les brasseries.

Comme référence, la friabilité moyenne des malts tchèques de 2015 à 2017 réalisé par micromaltage est de 86% pour *Bojos* et *Francin* (la variété *Accordine*<sup>2018</sup> obtient un score de 97%) (Psota & al, 2018).

### 4.2.3. Saccharification et temps de filtration

Deux paramètres sont mesurés pendant le brassin conventionnel: le temps de saccharification et le temps de filtration. Tous les échantillons ont saccharifié endéans les 15 minutes, ce qui indique une bonne activité enzymatique de tous nos échantillons.

Le seuil pour la filtration de la fine mouture (FM) est de moins d'une heure représenté

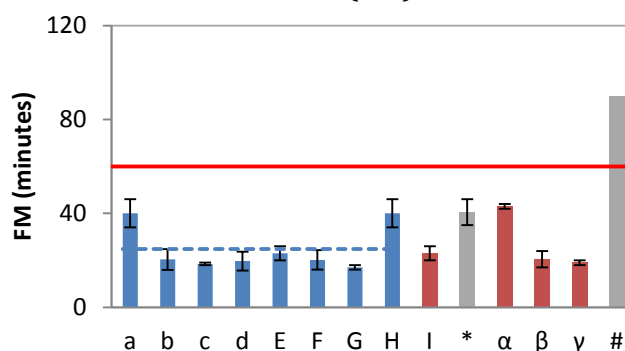


Fig. 26. Temps de filtration des moûts.

par la ligne rouge sur la fig. 26. Seul le test '#' 2017 a dépassé le seuil. Le temps de moyen de filtration des malts sur aire est de 25 minutes. Le témoin tchèque '\*' indiquait  $9 \pm 3$  minutes et notre résultat est de 41 minutes. Cette différence est probablement due à un type de filtre différent. Suivant les analyses, les filtres sont proposés avec des grades et des temps de filtration lente, moyenne, rapide.

### 4.2.4. Rendement

C'est le paramètre principal du cahier des charges de la qualité du malt pour le brasseur. Il est calculé à partir de l'extrait contenu dans le moût et de l'humidité du malt. Il permet de juger la qualité du malt sur le potentiel en sucres fermentescibles. Le seuil minimum pour le label IGP est de 80,0% et identique au seuil industriel. Une tolérance est acceptée jusqu'à 76,0% pour les malts artisanaux. La fig. 27 présente les résultats avec une moyenne de 78,3% pour les malts sur aire.

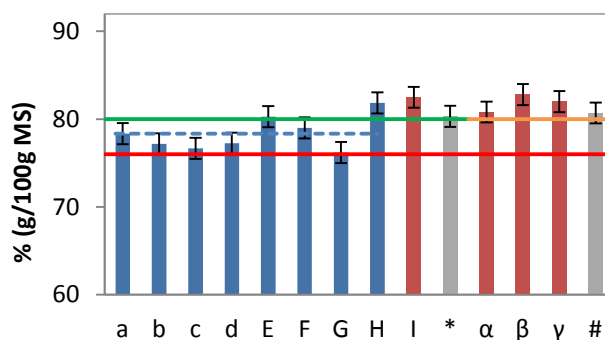


Fig. 27. Rendement sec.

Le rendement moyen tchèque réalisé par micromaltage pour les orges tchèques 2017 est de 82.5% pour *Bojos* et de 82.1% pour *Francin*. (Psota & al, 2018). C'est le paramètre le plus important dans le calcul de l'indice de qualité tchèque, il a un poids statistique de 30%.

#### 4.2.5. Couleur

La fig. 28 présente les résultats de la couleur des moûts du brassin conventionnel.

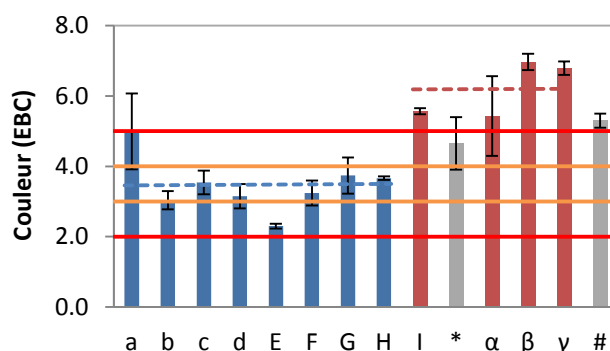


Fig. 28. Couleurs des moûts du brassin conventionnel.

Trois échantillons tchèques {a, E, I} sont en dehors de la plage industriel de la couleur du malt "pilsen" (3-4). On observe une différence de couleur entre les malts sur aire avec une moyenne de 3.5 contre les malts Saladins 2018 avec 6.2. Le malt 'E' était très clair avec une valeur de 2,3 EBC.

Comme référence, la couleur moyenne sur les malts tchèques 2017 est de 2.8 EBC pour *Bojos* et 3.0 EBC pour *Francin*. (Psota & al, 2018). Lors du brassage, le moût va prendre de la couleur lors de l'ébullition. Le moût prend aussi quelques unités de couleur à chaque décoction et les brasseurs tchèques réalisent généralement deux à trois décoctions. Il est donc important d'avoir un malt "pilsen" très pâle lorsqu'on utilise cette méthode de brassage.

### 4.2.6. pH

La fig. 29 présente le pH des moûts des brassins conventionnels. La plage typique se situe entre 5.6 et 6.0.

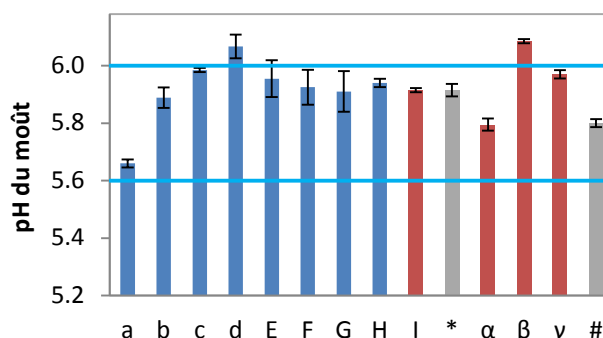


Fig. 29. pH des moûts.

La plage optimale des amylases se situe entre 5.2 et 5.4. Lors du brassage, l'opérateur corrigera l'acidité du moût pour optimiser l'activité des amylases ce qui augmentera le rendement. Comme référence, le pH moyen des malts tchèques 2017 est à 6.0 (Psota & al, 2018).

### 4.2.7. Viscosité

Plusieurs paramètres peuvent influencer la viscosité du moût. Les principaux sont la présence de  $\beta$ -glucanes et d'arabinoxylanes solubles suite à leur désagrégation durant le maltage. Une teneur élevée en protéines solubles peut également influencer. Les seuils sont définis suivant les recommandations d'IFBM listés dans le tableau 1. L'optimum pour de l'orge de printemps est à 1.50 mPa.s.

Tableau 9. Seuils de viscosité selon IFBM pour de l'orge de printemps.

Seuil	Qualité	ligne
1.50	optimum	bleu
<1.55	très bon	orange
<1.60	bon	gris
<1.65	moyen	rouge
>1.65	mauvais	

Excepté 'd', les résultats de la fig. 30 montrent que la viscosité des malts sur aire se trouve dans la plage industrielle 1.48-1.55 qui indique une très bonne désagrégation.

Le groupe {E, F, G, H} est aux environs du seuil optimum 1.50. L'échantillon 'd' qui dépasse le seuil de 1.6 avait le plus mauvais le taux de friabilité.

Par contre l'échantillon 'β' n'est pas dans la moyenne des résultats des malts Saladin pour la viscosité malgré un taux de friabilité élevé. L'origine et la variété de l'orge pourrait justifier cette différence.

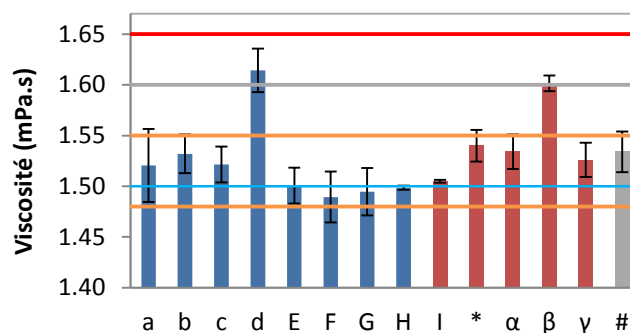


Fig. 30. Viscosité des moûts.

Comme référence, la viscosité moyenne des malts tchèques 2017 est de 1.48 mPa.s pour Bojos et 1.49 mPa.s pour Francin (Psota & al, 2018)

#### 4.2.8. Indice de Kolbach

Il exprime indirectement l'activité des enzymes protéolytiques. Il résume la proportion de protéines désagrégées du malt. Plus l'indice est haut et plus la dégradation protéolytique est importante. Il est en étroite relation avec le taux de protéines solubles qui est le numérateur de la fraction.

La plage IGP de 36 à 42 (lignes vertes) indique une bonne désagrégation protéolytique et jusque 45 (ligne orange) une très bonne désagrégation. À part 'G', les résultats de la fig. 31 montrent les trois groupes de malteries. Les artisanales avec une moyenne de 33.0, les industriels avec une moyenne de 38.8 sans 'G' et les Saladins avec une moyenne de 41.9.

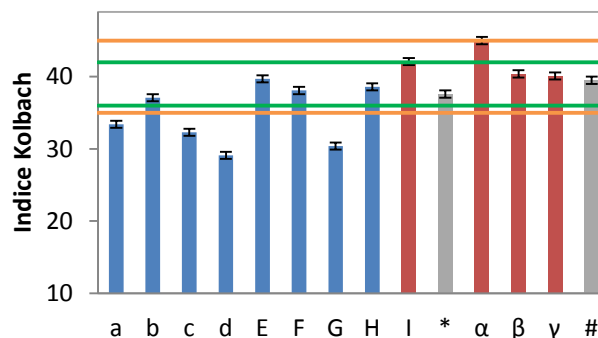


Fig. 31. Indice Kolbach.

Le témoin '\*' est à 37.2 et notre valeur 37.6. L'indice Kolbach est un paramètre dans l'indice de qualité des malts tchèques avec un poids statistique de 10%.

Comme référence, l'indice Kolbach moyen des malts tchèques 2017 est de 42.6 pour Bojos et 43.8 pour Francin. L'écart moyen est de 0.6 sur les trois dernières années ! (Psota & al, 2018).

### 4.2.9. Profil en sucre

Seuls les résultats de la dilution 5X ont été pris en compte. Les résultats (Fig. 32) sont présentés sans le maltotriose qui a posé des problèmes de détection. Le graphique présente le taux de maltose, saccharose, glucose et fructose détectés dans le moût du brassin conventionnel. Comme annoncé dans la théorie la proportion de maltose est la plus importante.

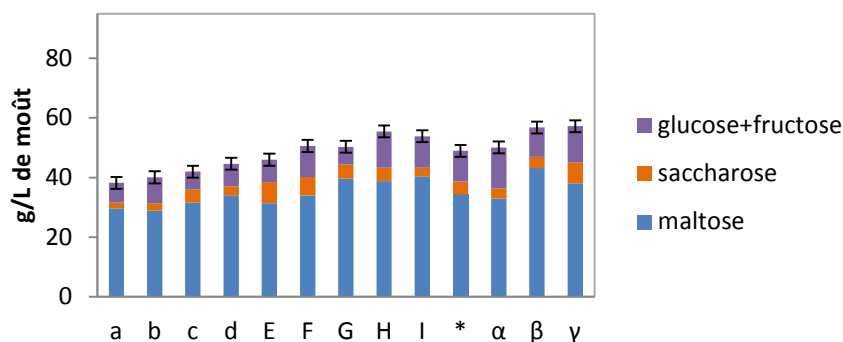


Fig. 32. Profil en sucre des moûts.

### 4.2.10. Azote $\alpha$ -aminé libre

L'azote sous forme  $\alpha$ -aminé libre dans le moût sera la principale source d'azote pour la levure lors de la fermentation. Un taux faible entraîne un mauvais rendement de fermentation. Les échantillons [A-H] donnent une moyenne de 188 mg/L (Fig. 33).

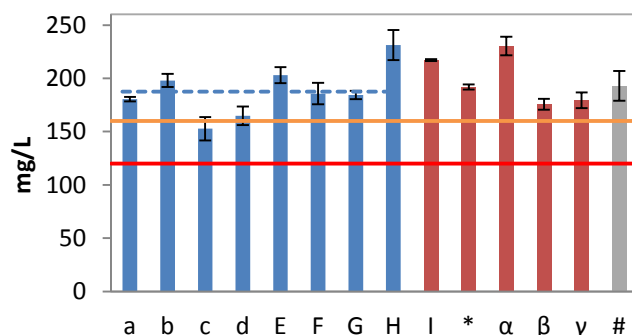


Fig. 33. Taux en azote  $\alpha$ -aminé libre dans le moût.

L'ensemble des échantillons satisfait le seuil industriel de 160 mg/L (ligne orange). Comme référence, le taux en azote  $\alpha$ -aminé libre moyen des malts tchèques 2017 est de 163 mg/L pour *Bojos* et 159 mg/L pour *Francin* (Psota & al, 2018).

### 4.2.11. Polyphénols

Cette mesure des polyphénols sur les moûts n'est pas une analyse courante. Elle a été réalisée dans cette étude pour montrer la fraction de polyphénols obtenus dans le brassin conventionnel pour pouvoir comparer avec le taux de polyphénols dans la bière. Des études ont montré que 60 à 70% du total des polyphénols de la bière sont apportés par le malt, le restant est apporté par le houblon.

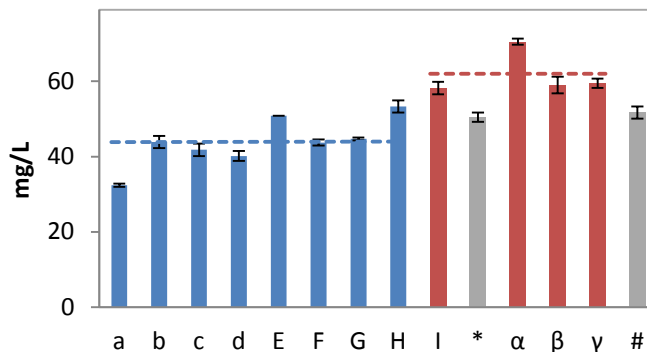


Fig. 34. Concentration des polyphénols dans le moût du brassin conventionnel.

La Fig. 34 montre une moyenne de 43.9 mg/L pour les malts sur aire et une moyenne de 62.0 mg/L pour les malts Saladins 2018. Comme pour la couleur, on observe une différence entre les malts sur aire et les malts Saladins.

Comme référence, le taux en polyphénols des malts réalisés par micro-maltage dans les moûts de brassin conventionnel tchèques 2017 est de 68.1 pour *Bojos*, 69.0 mg/L pour *Francin* (Psota & al, 2018).

### 4.2.12. Discussion sur les malts

Le tableau 10 présente de manière synthétique les résultats sur les analyses des échantillons de malts. Les observations ont permis de diviser le malt en trois groupes: le malt Saladin, le malt industriel sur aire, le malt artisanal. Ce dernier serait probablement refusé par les brasseries belges à cause premièrement de leur teneur en protéines qui dépasse largement le seuil de refus, deuxièmement une friabilité trop faible, troisièmement avec un rendement insuffisant.

Tableau 10. Synthèse des résultats obtenus pour les échantillons de malt

Echantillons	Humidité	Friabilité	Protéines totales	T. de saccharification	T. de filtration FM	Rendement sec	Couleur	pH	Viscosité	Indice kolbach	FAN
a	Orange	Orange	Orange	Vert	Vert	Orange	Orange	Vert	Vert	Orange	Vert
b	Orange	Orange	Orange	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Vert	Orange	Vert
c	Orange	Orange	Orange	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange
d	Orange	Orange	Orange	Vert	Vert	Orange	Vert	Orange	Orange	Orange	Vert
E	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
F	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
G	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Vert	Orange	Vert
H	Orange	Orange	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
I	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert
*	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
$\alpha$	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert
$\beta$	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange	Orange	Vert	Vert
$\gamma$	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert
#	Orange	Vert	Orange	Vert	Orange	Vert	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert

La couleur des malts Saladin est au-dessus du seuil industriel pour les malts de catégorie pilsen. Cette différence de couleur était très marquée entre les malts sur aire et les malts Saladin, cette observation a été réitérée avec la teneur en polyphénols.

Mais cette différence ne permet pas de différencier un malt sur aire d'un malt Saladin car c'est le touraillage qui donne la couleur. On peut juste conclure que la technique et la conduite du touraillage sont différentes.

Malgré un taux important en protéines, tous les moûts de malts tchèques sont brillants et limpides visuellement, à contrario des 3 moûts troubles {O, P, Q} des malts Saladin belges. Un taux de protéines élevés n'est pas en relation directe avec le trouble du moût, mais dépend des proportions des classes de protéines.

Le malt 'E' a satisfait tous les seuils industriels et se retrouve donc avec une appréciation globale supérieure aux malts Saladin.

La détermination de la température d'empesage avec le RVA pourrait être envisagée pour ajuster la température et la durée du palier de brassage des  $\beta$ -amylases en fonction des années de récoltes. En effet, pour ne pas dénaturer les  $\beta$ -amylases au-delà du seuil de 65°C, le brasseur doit adapter son profil de brassage en allongeant ce palier (annexe 8.6).



### 4.3. Bière

Six échantillons de bières tchèques de type "Lager blonde" ont été analysés. Les lettres alphabétiques correspondent au malt "pilsen" utilisé de la malterie, en minuscule les brasseries artisanales et en majuscule les brasseries industrielles. Les brasseries sont triées par ordre croissant de production. Les bières {e1, e2, e3} sont des bières artisanales produites à partir du malt E qui est le seul qui s'est révélé sans défaut dans l'analyse des échantillons de malts. L'échantillon 'e3' vient de la brasserie-restaurant associée à la malterie E.

RIBM Prague classe les brasseries selon un seuil de production de 10'000 hL: classe A pour les brasseries industrielles avec une production supérieure et classe B pour les brasseries dites artisanales.

Un témoin belge de type "pils" '#' est utilisé pour vérifier les analyses. Le but de ces analyses est de se faire une idée générale sur la variété des bières tchèques de type "Lager blonde".

Tableau 11. Liste des échantillons de bière tchèque.

Brasserie	Classe	matériel	Production (hL)	Malt provenant	vente
e1	B	artisanal	300	malterie E	commerce local
e2	B	artisanal	460	malterie E	restaurant associé
e3	B	artisanal	700	m. associée E	restaurant associé
a	B	industriel	6598	m. associée a	restaurant associé/commerce
F	A	industriel	27234	m. associée F	commerce
C	A	industriel	50000	m. associée C	commerce
#		industriel	---		témoin belge

Sauf précision, les codes couleur utilisés dans les graphiques de ce chapitre sont les suivants:

- les valeurs extrêmes IGP détaillées dans le tableau 6 en lignes vertes
- les moyennes sont représentées par des lignes pointillées.

#### 4.3.1. Extrait original et teneur en alcool

Sauf l'échantillon "e1", les résultats montrent que nos bières sont dans la plage des "Lager blonde" en partant d'un extrait original de 11 à 12.99°P (Commission, 2008).

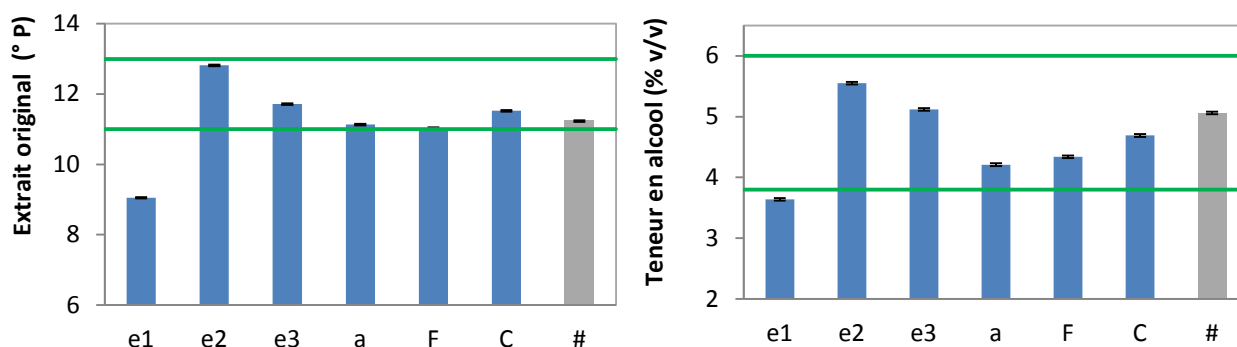


Fig. 35. Gauche: extrait original (°P). Droite: teneur en alcool (% v/v).

La différence en la teneur en alcool annoncée sur l'étiquette et la valeur mesurée est faible. Il est de  $\pm 0.3$  (% v/v) sur les bières industrielles et de  $\pm 0.1$  (% v/v) sur les bières

artisanales. Ce qui témoigne d'une bonne maîtrise du brassage en général puisque le brasseur tchèque utilise traditionnellement un densimètre de précision à échelle Plato (originellement Balling) pour relever l'extrait original du moût avant la fermentation.

#### 4.3.2. Atténuation apparente et réelle de fermentation

L'atténuation d'une bière caractérise la diminution de la quantité de sucre pendant la fermentation. Pour une même quantité de sucre fermentescible dans l'extrait original, une haute atténuation donnera donc une bière plus sèche et plus alcoolisée qu'une bière avec une atténuation plus faible.

L'atténuation apparente représente le rendement de la fermentation, mais sans la composante éthanol. C'est ce rendement qui est généralement indiqué sur les sachets de levure de bière.

Le cahier des charges des bières tchèques indique une atténuation apparente de maximum 82%. Nos échantillons tchèques rentrent dans la norme IGP (Fig. 36). La moyenne des bières industrielles tchèques obtient 77% et le témoin belge '#' atteint une atténuation apparente de 85%.

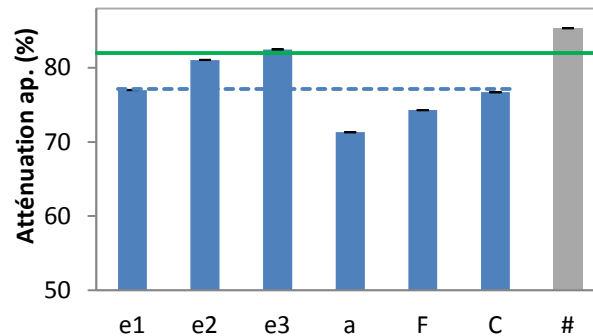


Fig. 36. Gauche: atténuation apparente. Droite: atténuation réelle.

#### 4.3.3. pH et couleur

Les résultats du pH et de la couleur se trouvent dans la plage IGP. La moyenne de la fig. 37 obtient un pH de 4.7 et une couleur de 11 EBC.

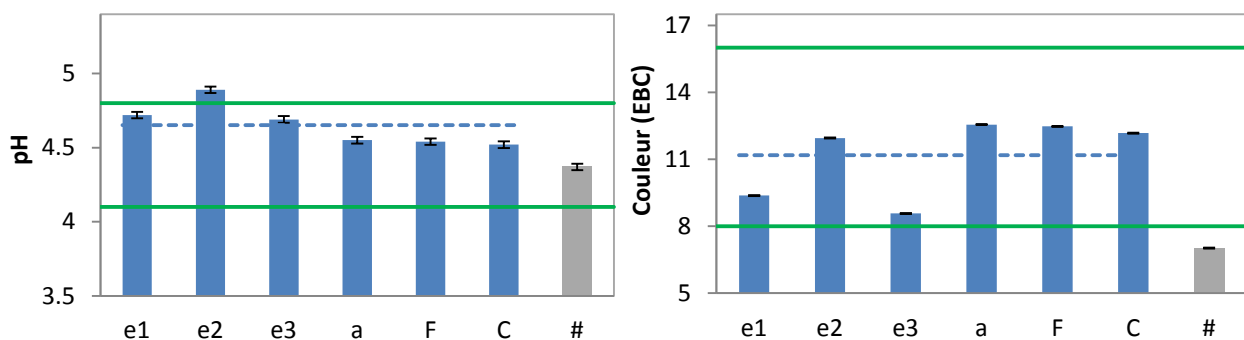


Fig. 37. Gauche: le pH. Droite: la couleur.

Comme référence, le pH moyen est de 4.5 et la couleur moyenne des bières industrielles tchèques est de 12 EBC (Olšovská, 2014).

#### 4.3.4. Azote $\alpha$ -aminé libre

La littérature ne donne aucun seuil pour le taux en azote libre (FAN) dans la bière finie. Les lignes bleues de la fig. 38 renseignent une plage de valeurs typiques (100-120 mg/L) provenant de MEBAK. On obtient une moyenne haute à 243 mg/L et une moyenne basse à 129 mg/L.

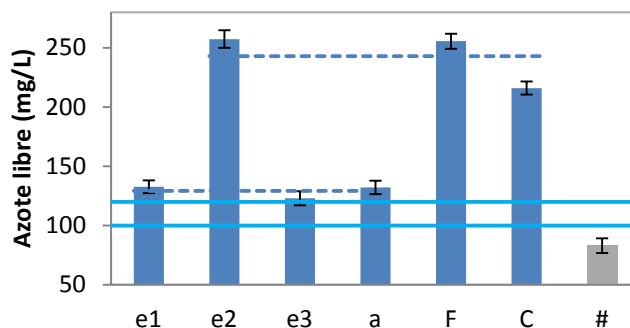


Fig. 38. Azote libre dans la bière.

#### 4.3.5. Polyphénols

Les bières tchèques sont plus riches en polyphénols que la moyenne avec une plage allant de 130 à 230 mg/L pour les "*Lager blonde*" (Commission, 2008), avec une moyenne de 180 mg/L (Obruča, 2009) (Olšovská, 2014).

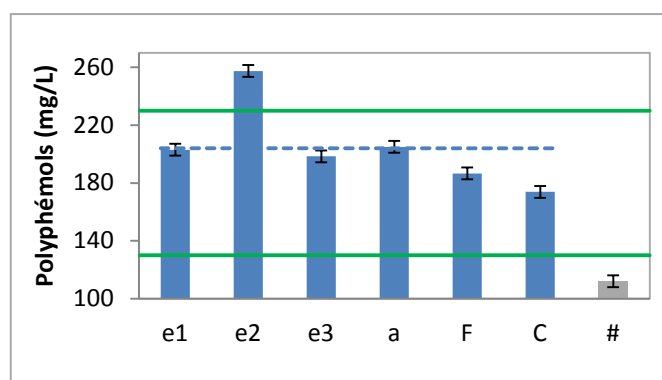


Fig. 39. Polyphénols dans la bière.

La moyenne des valeurs tchèques sur la fig. 39 donne 204 mg/L. La méthode de brassage influence cette prise en polyphénol. Une étude a montré qu'un brassage réalisé avec une double décoction sur moût d'origine de 12°P sans houblon apporte un taux moyen de 137 mg/L dans la bière. (Mikyška, 2002).

### 4.3.6. Protéines solubles

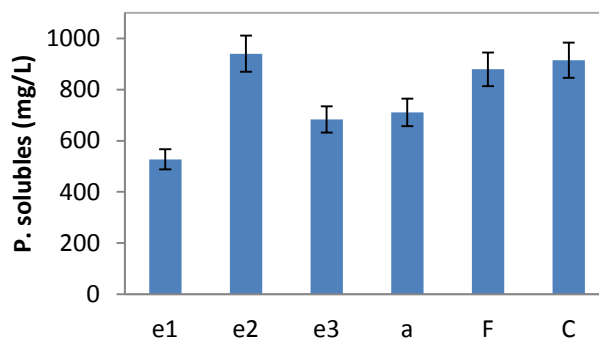


Fig. 40. Protéines solubles dans la bière

L'échantillon 'e2' contient le plus de protéines solubles et de polyphénols, on s'attend à ce qu'il soit celui avec le plus de trouble au froid.

### 4.3.7. Dosage des isohumulones

Les résultats ne seront pas présentés parce que des erreurs de manipulation se sont déroulées lors du dosage. Le témoin belge est largement en dessous de sa valeur habituelle.

### 4.3.8. Détermination du trouble

Les 6 classes de trouble EBC sont présentées dans le tableau 12 et représentées par une ligne de couleur sur les graphiques ci-dessous.

Tableau 12. Seuil des troubles EBC.

dénomination	inférieure à	ligne de couleur
brillante	0.5	jaune
presque brillante	1.0	orange
très légèrement trouble	2.0	grise
légèrement trouble	4.0	brune
trouble	8.0	noire
très trouble		

La fig. 41 présente les mesures du trouble au froid par néphélométrie. Les bières industrielles filtrées {F, C} se remarquent immédiatement par leur brillance. Les bières artisanales {e3, a} sont légèrement troubles, 'e2' est trouble et 'e1' très légèrement.

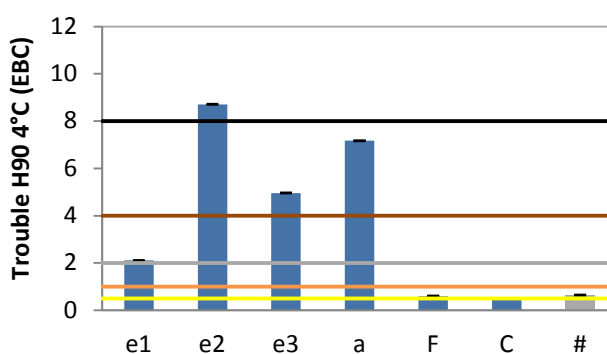


Fig. 41. Mesure du trouble au froid par néphélométrie à 4°C  $\angle$  90°.

Ce trouble est provoqué par une interaction entre les protéines solubles et les polyphénols. On retrouve l'échantillon 'e2' en tête du trouble colloïdal parmi les bières artisanales.

#### 4.3.9. Tannoïdes et protéines sensibles

Suite à un problème technique, le témoin belge '#' n'a pas été analysés. La fig. 42 présente les résultats. La ligne bleue indique le maximum typique obtenu dans les bières. La ligne orange est le seuil de 10 mg PVP/L qui signifie que des bières en dessous de ce seuil ont eu un traitement spécifique pour réduire cette classe de polyphénols, comme l'usage de PVPP.

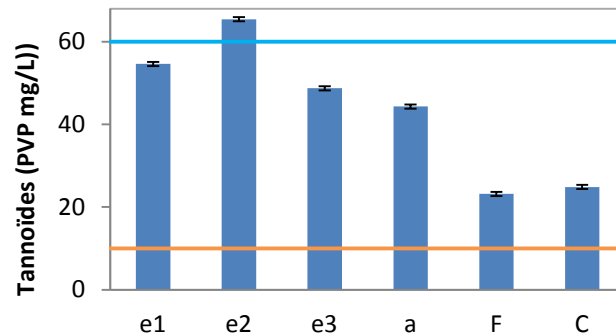


Fig. 42. Taux de tannoïde dans la bière.

L'échantillon 'e2' dépasse le maximum des valeurs typiques des tannoïdes dans la bière avec un taux de 65 mg PVP/L. Les bières industrielles filtrées {F, C} ont deux fois moins de tannoïdes (23 et 25 mg PVP /L) et n'ont pas été traitées au PVPP.

Les graphiques de la Fig. 43 présentent le trouble EBC obtenu avec les tannoïdes et les protéines sensibles qui ont précipité.

Dans le vieillissement de la bière, les tannoïdes se transforment lentement en tanin et vont réagir avec les protéines sensibles ce qui occasionnera un trouble. L'ensemble des bières tchèques testées a une concentration deux fois plus importante en protéines sensibles que le témoin industriel belge '#'. Les bières {e1, e3, a} vont malt vieillir et formeront un trouble.

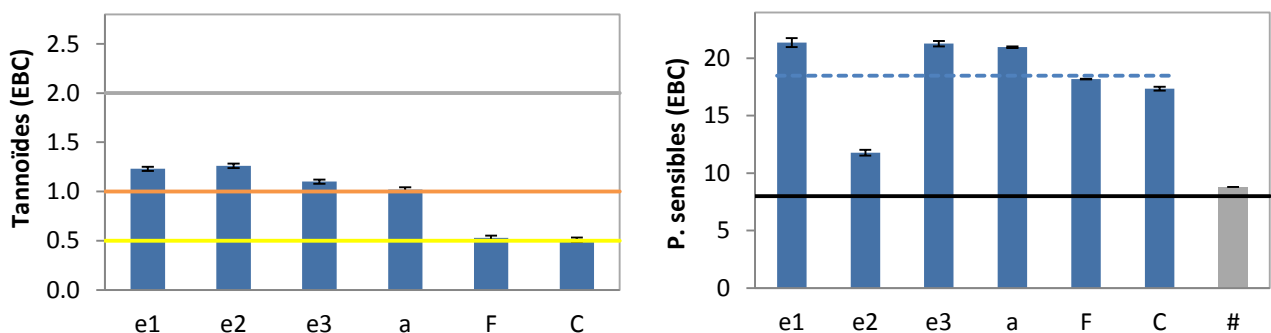


Fig. 43. Trouble obtenu. Gauche: Tannoïdes. Droite: protéines sensibles.

L'échantillon 'e2' qui avait le plus de polyphénols et de protéines solubles possède deux fois moins de protéines sensibles que les bières artisanales {e1, e3, a}.

### 4.3.10. Discussion sur les bières

Cette étude sur les quelques échantillons tchèques a permis de montrer que les bières produites ne présente pas de réel défaut si ce n'est un trouble colloïdal important pour les bières artisanales (Tableau 13). Elles répondent généralement aux critères du cahier des charges pour la bière IGP tchèque. Il y a cependant une différence importante entre les bières artisanales et industrielles. Ces dernières sont filtrées ce qui permet d'avoir la brillance de la "pils". Le témoin belge '#' a montré trois critères qui indiquent qu'il n'est pas dans le cahier des charges du label IGP pour les bières "Lager blonde".

Tableau 13. Synthèse des résultats obtenus des échantillons de bière.

Echantillons	Extrait original	Teneur en alcool	Atténuation apparente	pH	Couleur	Polyphénols	Trouble colloïdal
e1	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Yellow
e2	Green	Green	Green	Red	Green	Red	Red
e3	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red
a	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red
F	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
C	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
#	Green	Green	Red	Green	Red	Red	Green

Les paramètres ressortant de cette étude pour différencier la bière tchèque sont la couleur avec une moyenne de 11 EBC, et un taux élevé en polyphénols avec une moyenne de 204 mg/L. Les bières tchèques ont un taux élevé en protéines sensibles.

L'atténuation apparente moyenne des bières tchèques obtient une moyenne de 77% contre 85% pour la référence belge.

D'après les résultats, la haute teneur en protéines des variétés tchèques 2018 n'affecte pas la bière. La brasserie 'a' utilise du malt de sa malterie associée. La teneur en protéine du malt 'a' est de 14% mais la bière se retrouve dans la même plage que les autres bières testées.

Les bières {e1, e2, e3} sont produites sur base du malt produit à la malterie 'E' qui avait une teneur optimale en protéines avec 10.9%. Toutefois il n'y avait pas de différence significative avec la bière 'a'.

---

## 5. Discussion générale.

---

Malgré les résultats obtenus des malts artisanaux sur aire en ce qui concerne les critères de friabilité, de viscosité, de teneur en protéines totales et de rendement, n'empêchent pas les brasseries de produire des bières sans défaut apparent.

Il est de notoriété que les bières tchèques ont une courte date conseillée de consommation. Nos analyses montrent des bières artisanales avec un trouble et un taux important en protéines sensibles. Les bières industrielles testées sont filtrées et présentent une teneur plus faible en tannoïdes.

La brasserie 'a' qui produit la bière avec son malt ne remplit pas les critères industriels. Sa production annuelle est de 6'600 hL de bière. Cette malterie artisanale nous intéresse particulièrement, car elle est dans la plage de production d'une micro-malterie. Les résultats obtenus montrent qu'avec un malt de qualité moindre, on peut faire de la bière "sans défaut" même en ayant une teneur élevée en protéines dans le malt.

La majorité des bières de basse fermentation sont produites à partir de seulement deux souches différentes (Martin SLABY RIBM Prague). Les brasseries utilisent des variétés de houblons tchèques qui sont des variétés actuelles, mais dérivées du Saaz, donc assez semblable. Leur méthode de brassage traditionnel est la décoction et pourtant leurs variétés de bières "Lager blonde" sont très différenciées de bière à bière. Il ne reste donc que le malt qui apporte des éléments importants dans cette différenciation.

Le maltage sur aire a certainement contribué à la spécificité de la bière avant l'arrivée de la technologie Saladin. La commission ne précise pas la technologie du maltage. Elle recommande un minimum de 80% du malt doit provenir d'une production réalisée à partir de variétés d'orge tchèque recommandée par RIBM.



## 6. Conclusions et perspectives

---

L'étude précédente sur l'aptitude des orges brassicoles cultivées en Wallonie avait montré la faisabilité d'une production de qualité.

Pour combler le vide dans cette filière, la création de micromalterie est nécessaire. Elle permettrait de mettre en confiance les agriculteurs. Leur permettre de cultiver sur des petites parcelles et de leur garantir un prix équitable sans déclasser la production.

L'objectif du travail était de caractériser l'orge brassicole tchèque en général et le malt sur aire pour avoir une perspective différente. Des résultats obtenus, deux groupes se démarquent: les malteries indépendantes dites industrielles et celles qui produisent uniquement pour la brasserie de l'entreprise dites artisanales. On pouvait s'attendre à avoir un malt irréprochable avec le savoir-faire des Tchèques en la matière. Quelle n'a pas été notre surprise de constater que les malteries artisanales dérogent à certains critères industriels comme la friabilité et le rendement. Certaines malteries sur aire industrielles ont produit du malt d'une qualité irréprochable.

Nous pouvons conclure qu'il n'y avait pas de différence significative entre les malts sur aire et ceux produits par technologie en case Saladin. Cette différenciation de technologie reste indéterminée avec des analyses standards. Deux critères permettent de les différencier, mais ces critères dépendent du touraillage et non de la germination.

On ne relève pas d'impact négatif sur la qualité des bières même avec un taux de protéine atypique dans le malt. La méthode par décoction semble être bien adaptée pour niveler les petites imperfections de certains malts sur aire. Il serait intéressant de faire une étude sur ce sujet afin de comparer des malts sur aire mal adapté à notre technique de brassage par infusion.

Le taux élevé en protéines de 2018 en Tchéquie n'a pas perturbé la production de bière. Le maître brasseur corrige sa recette en fonction d'après les dires des managers des brasseries visitées.

Cette étude montre que refuser de l'orge sur simple base du taux de protéines totales n'est pas suffisant. Il faudrait une analyse pour différencier la classe de protéines

Il y a donc une réelle opportunité pour des micromalteries en Belgique pour produire du malt pour des brasseries qui veulent se différencier.

*"Le monde n'a jamais été changé que par les pionniers !"*

## 7. Références et Bibliographie

- AUTRAN, Jean-Claude. 1995.** *Science et technologie des céréales*. Montpellier : INRA - ENSA.M, 1995.
- AVELANGE-MACHEREL, Marie-Hélène, IRHS. 2019.** Semences végétales, quels enjeux pour notre avenir ? *www.fun-mooc.fr, Agrocampus Ouest*. [En ligne] mai 2019.
- Bahrani, Seyed Amir. 2013.** *Modification des propriétés physico-chimiques de l'amidon par procédés hydrothermiques*. THESE : université de La Rochelle, 2013.
- Bamforth, Charles. 2003.** Barley and Malt Starch in Brewing: A General Review. *MBAA TQ*. 2003, Vol. 40, 2 pp89-97.
- Baxter and O'Farrel, E. 1983.** USE OF THE FRIABILIMETER TO ASSESS HOMOGENEITY OF THE MALT. *J. Inst. Brew.* May-June, 1983, Vol. 89 pp210-214.
- Best, Sarah Best and Robert Muller. 1991.** USE OF THE HAGBERG FALLING NUMBER APPARATUS TO DETERMINE MALT AND BARLEY QUALITY. *J. Inst. Brew.* July-Augus, 1991, Vol. Vol. 97, pp. 273-278.
- Boivin, Patrick. 2012.** Maltage à faible humidité pour réduire la consommation d'énergie. *Industrie Alimentaire et Agricoles*. 2012, Mai/Juin.
- Bonnot, Titouan. 2016.** *Réponse du grain de blé à la nutrition azotée et soufrée*. s.l. : Université Blaise Pascal, 2016. THESE DE DOCTORAT.
- Boulanger, Eugène. 1924.** *Malterie Brasserie*. Paris : s.n., 1924.
- Briggs, Denis. 1998.** *Malt and malting*. University of Birmingham : s.n., 1998.
- Clark, Christine. 1998.** *The British Malting Industry since 1830*. London : s.n., 1998.
- Commission. 2008.** REGLEMENT CESKE PIVO IGP. 2008. CE: CZ/PGI/005/00375/14.10.2004.
- Cook (Eds.). 1962.** *Barley and Malt. Biology, Biochemistry, Technology*. London : A. H. Cook, 1962.
- De Clerck, Jean. 1948.** *Cours de brasserie volume II, méthode d'analyse, contrôle de la fabrication*. s.l. : Université Catholique de Louvain, 1948.
- Evans, D. Evan. 2011.** A Comprehensive Revaluation of Small-Scale Congress Mash Protocol Parameter for Determining Extract and Fermentability. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 2011, Vol. 69, 1, pp. 13-27.
- Evans, D. Evan, Collins, Helen et Wilhelmson, Annika. 2005.** Assessing the Impact of the Level of Diastatic Power Enzymes and Their Thermostability on the Hydrolysis of Starch During Wort Production to Predict Malt Fermentability. *JASBC*. 2005, 63: 185-198.
- Guido, Luis F., Patrick Boivin, Nizar Benismal. 2005.** An early development of the nonenal potential in the malting process. *Eur Food Res Technol*. 16 August 2005, 220, pp. 200-206.
- GUIGA, Wafa. 2006.** *Identification des inhibiteurs de la germination de l'orge et mise au point d'un procédé de traitement des eaux de trempage en malterie en vue de leur recyclage*. THESE DE DOCTORAT : Institut National polytechnique de Lorraine, 2006.
- Hudson, O. P. 1986.** Centenary Review Malting Technology. *J. Inst. Brew.* March-April 1986, Vol. 92., pp. 115-122.
- Jalowetz, E. 1931.** *Pilsner Malt*. Plzen : s.n., 1931. traduit en anglais en 2005.
- Jalowetz, Prof. Eduard. 1930.** *Pilsner Beer*. Plzen : traduit en anglais en 2001, 1930.
- Le Bail, Marianne. 2000.** Itinéraires techniques et maîtrise du taux de protéines. *Institut National de la Recherche Agronomique*. 2000, Vol. octobre/décembre, 8.
- Lévy, Lucien. 1899.** *La pratique du maltage*. 1899. Leçons professées en 1897-1898 à l'Institut des fermentations de l'université nouvelle de Bruxelles..
- Malteurop.** Elaboration des malts utilisés en brasserie. *Techniques de l'Ingénieur*.

- Mikyška, Alexandr. 2002.** The Role of Malt and Hop Polyphenols in Beer Quality, Flavour and Haze Stability. 2002, Vol. 108.
- Moll, M., Roland Flayoux. 1986.** Comparison of Different Malt Analyses. *J. Inst. Brew.* 1986, Vol. 92, November-December, pp. 572-583.
- Moll, M. 1981.** *Bières & Coolers*. Paris : APRIA, 1981.
- Obruča, S., I. Márov, K. Pařilov, L. Müller Z. Zdráhal. 2009.** A Contribution of "Czech Beer" Authenticity. *Czech J. Food Sci.* 2009, Vol. 27.
- Olšovská, J., Čejka P., Sigler K., Hönigová V. 2014.** The Phenomenon of Czech Beer: a review. *Czech J. Food Sci.* 2014, Vol. 32, No. 4: 309–319.
- OLŠOVSKÁ, Jana, Alexandr MIKYŠKA, Pavel ČEJKA, Martin SLABÝ, Vratislav PSOTA. 2018.** Study on technological properties of the historical barley variety Proskovcuv. *Kvasny Prum.* 2018, Vol. 64, 4.
- Paul D Shaw, Martin Graham, Jessie Kennedy, Iain Milne and David F Marshall. 2014.** Helium: Vizualisation of Large Scale Plant Pedigrees. *BMC Bioinformatic.* 2014, Vol. July.
- Perten.** The Falling Number Method for Detection of Sprout Damage in Barley. [En ligne] [www.perten.com](http://www.perten.com).
- Perten, Harald. 1964.** Application of falling number for evaluating alpha-amylase activity. *CEREAL CHEMISTRY.* 1964, Vol. 41, 3.
- Peter R. Shewry and Steven E. Ullrich (Eds.). 2014.** *Barley. Chemistry and Technology.* s.l. : AACC, 2014.
- PIXTON, S.W. and SYLVIA Warburton. 1971.** Moisture Content/Relative Humidity Equilibrium of Some Cereal Grains at Different Temperatures. 1971, Vol. 6, p283-293.
- Psota & al, Ing. Vratislav CSc, Ing. Olga Dvorackova, Ing. Milan Necas, Ing. Marketa Musilova. 2018.** *Barley Book*. Brno : RIBM, 2018.
- Psota, J. Hartmann, Š. Sejkorova, T. Loučková and K. Vejražka. 2009.** 50 years of Progress in Quality of malting Barley Grown in the Czech Republic. *J. Inst. Brew.* 2009, 115(4), 279-291.
- Psota, V., KAREL KOSAR. 2002.** MALTING QUALITY INDEX. *KVASNY PRUMYSL.* 2002, Vol. 48.
- Raguin, Adélaïde and Oliver Ebenhöh. 2017.** Design starch: stochastic modeling of starch. *Biochemical Society Transactions.* 2017, Vol. 45.
- Reykdal, Ólafur. 2018.** *Drying and storing of harvested grain. A Review of Methods.* s.l. : Food Research, Innovation & Safety, 2018. ISSN 1670-7192.
- RUNAVOT, Jean-Luc. 2011.** *Maltage à faible hydratation : dégradation des structures pariétales, diffusion et modification des protéines aleuroniques et caractérisation des barrières hydrophobes cuticulaires.* THESE DE DOCTORAT : UNIVERSITÉ DE NANTES, 2011.
- Schmitt, Marc. 2015.** Orge de brasserie: la traque des grains GI. *Phytoma.* Aout-Septembre, 2015.
- Shafiur Rahman (Eds). 2007.** *Handbook of Food Preservation.* s.l. : CRC Press, 2007.
- SPW.** Plan stratégique de développement de l'orge brassicole 2017-2027. *Grandes cultures.*
- Tordenmalm. 2004.** Sprout Damage in Barley. *JASBC.* 2004, Vol. 62:1, 49-53, DOI: 10.1094/ASBCJ-62-0049.
- Vallade, Jean. 2004.** Endosperme ou albumen? Petite histoire d'un choix de terminologie relatif à l'organisation de l'ovule et de la graine chez les Phanérogames. 2004, Vol. 151:2, 205-219.
- Zavřelová, Ing. Marta Ph.D., Ing. Kateřina Vaculová CSc. 2018.** *Collection of spring barley genetic resources, varieties from Hana region.* Kromeriz : Agricultural Research Institute, 2018.



## **8. ANNEXES**

---

### **8.1. COMMISSION 2008 sur la bière tchèque**

## AUTRES ACTES

## COMMISSION

**Publication d'une demande d'enregistrement au sens de l'article 6, paragraphe 2, du règlement (CE) n° 510/2006 du Conseil relatif à la protection des indications géographiques et des appellations d'origine des produits agricoles et des denrées alimentaires**

(2008/C 16/05)

Cette publication confère un droit d'opposition au sens de l'article 7 du règlement (CE) n° 510/2006 du Conseil <sup>(1)</sup>. Les déclarations d'opposition doivent parvenir à la Commission dans un délai de six mois à partir de la présente publication.

## RÉSUMÉ

## RÈGLEMENT (CE) N° 510/2006 DU CONSEIL

## «ČESKÉ PIVO»

N° CE: CZ/PGI/005/00375/14.10.2004

AOP ( ) IGP ( X )

Ce résumé présente les principaux éléments du cahier des charges du produit à des fins d'information.

**1. Service compétent de l'État membre:**

Nom: Úřad průmyslového vlastnictví  
Adresse: Antonína Čermáka 2a  
CZ-160 68 Praha 6-Bubeneč  
Tél.: (420) 220 383 111  
Fax: (420) 224 324 718  
E-mail: posta@upv.cz

**2. Groupement:**

Nom: Sdružení České pivo  
Adresse: Lípová 15  
CZ-120 44 Praha 2  
Tél.: (420) 224 914 566  
Fax: (420) 224 914 542  
E-mail: —  
Composition: producteurs/transformateurs ( X ) autres ( X )

**3. Type de produit:**

Classe 2.1: Bières

<sup>(1)</sup> JOL 93 du 31.3.2006, p. 12.

#### 4. Cahier des charges:

[résumé des conditions visées à l'article 4, paragraphe 2, du règlement (CE) n° 510/2006]

##### 4.1. Nom: «České pivo»

- 4.2. *Description:* La spécificité de la bière «České pivo» tient à plusieurs facteurs, notamment aux matières premières utilisées, au savoir-faire de l'industrie de la bière qui s'est développée pendant de nombreuses années et aux procédés de brassage spécifiques. La production de cette bière est remarquable par l'application de la méthode de décoction au processus de brassage, par la cuisson du moût houblonné et par la double fermentation. La méthode globale de fabrication (choix rigoureux des matières premières, maltage et préparation de la bière dans une région traditionnelle de la République tchèque) permet d'obtenir un produit spécifique, unique et très renommé.

Les paramètres techniques de la bière «České pivo» sont indiqués dans le texte ci-dessous. Cette bière est reconnaissable à ses notes dominantes de malt et de houblon. Seul un léger goût de pasteurisation, de levures et d'esters est acceptable; les arômes ou les goûts étrangers ne sont pas autorisés. L'arôme un peu moins prononcé de la bière «České pivo» est dû à la teneur relativement faible en produits de fermentation secondaires indésirables. Le corps de la bière est moyen à fort et la libération du gaz carbonique est lente. De même, la densité varie de moyenne à élevée, ce qui est dû notamment aux résidus non fermentés de l'extrait qui sont fonction de la différence entre le degré de fermentation apparent (atténuation) et le degré réel. Un niveau de fermentation plus faible signifie également un taux d'alcool plus faible. Cette bière se caractérise principalement par son goût amer. L'amertume de la bière est moyenne à plutôt élevée, avec une finale d'âcreté très légère à légère, qui se prolonge en bouche. Ainsi, le goût amer agit plus longtemps sur les papilles gustatives et le taux d'amertume plus élevé facilite aussi la digestion. La bière «České pivo» se distingue aussi par sa concentration en polyphénols et son niveau de pH plus élevés.

La bière blonde (lager blonde, bière de débit blonde et bière légère) a un arôme faible à moyen de malt clair et de houblon. La couleur de la bière est or moyen à plutôt foncé. La bière est étincelante et une fois versée dans un verre, elle forme une mousse blanche compacte. La bière brune (lager brune et bière de débit brune) a un arôme prononcé de malt brun et de malt grillé. Son corps est moyen et sa forte densité caractéristique est due à un écart important entre l'atténuation apparente et l'atténuation réelle, ainsi qu'à la présence de substances infermentescibles dans les ingrédients servant à sa fabrication. Le caractère de l'amertume est influencé par la densité élevée de la bière. Quant aux saveurs et aux arômes secondaires, seuls la saveur caramel et un goût douxereux sont autorisés.

#### Paramètres qualitatifs

##### Lager blonde

- Pourcentage d'extrait sec du moût avant fermentation (degrés Balling) 11,00–12,99 (% du poids)
- Alcool 3,8–6,0 (% du volume)
- Couleur 8,0–6,0 (unités EBC)
- Substances amères 20–45 (unités EBC)
- pH 4,1–4,8
- Différence entre l'atténuation apparente et l'atténuation réelle 1,0–9,0 (% relatif)
- Polyphénols 130–230 (mg/l)

##### Lager brune

- Pourcentage d'extrait sec du moût avant fermentation (degrés Balling) 11,00–12,99 (% du poids)
- Alcool 3,6–5,7 (% du volume)
- Couleur 50–120 (unités EBC)
- Substances amères 20–45 (unités EBC)
- pH 4,1–4,8
- Différence entre l'atténuation apparente et l'atténuation réelle 2,0–9,0 (% relatif)



#### Bière de débit blonde

- Pourcentage d'extrait sec du moût avant fermentation (degrés Balling) 8,00–10,99 (% du poids)
- Alcool 2,8–5,0 (% du volume)
- Couleur 7,0–16,0 (unités EBC)
- Substances amères 16–28 (unités EBC)
- pH 4,1–4,8
- Différence entre l'atténuation apparente et l'atténuation réelle 1,0–11,0 (% relatif)

#### Bière de débit brune

- Pourcentage d'extrait sec du moût avant fermentation (degrés Balling) 8,00–10,99 (% du poids)
- Alcool 2,6–4,8 (% du volume)
- Couleur 50–120 (unités EBC)
- Substances amères 16–28 (unités EBC)
- pH 4,1–4,8
- Différence entre l'atténuation apparente et l'atténuation réelle 2,0–11,0 (% relatif)

#### Bière légère

- Pourcentage d'extrait sec du moût avant fermentation (degrés Balling) au maximum 7,99 (% du poids)
- Alcool 2,6–3,6 (% du volume)
- Couleur 6,0–14,0 (unités EBC)
- Substances amères 14–26 (unités EBC)
- pH 4,1–4,8
- Différence entre l'atténuation apparente et l'atténuation réelle 1,0–11,0 (% relatif)

#### 4.3. Aire géographique:

La région de production de la bière «České pivo» est délimitée de la manière suivante:

- au sud-ouest, par le bassin de Cheb, la forêt Český, les montagnes Šumava, la forêt Blanský et le piémont des montagnes Novohradské,
- au sud, par le bassin de Třeboň, la limite sud du Plateau tchèque et morave et par les rivières Dyje et Morava en aval de Hodonín,
- au sud-est, par la limite ouest et nord du territoire protégé par les Carpates blanches,
- à l'est, par la limite ouest, nord et sud-est du territoire protégé par les montagnes Beskydes,
- à l'ouest, par la rivière Ohře (Eger), le bassin de Most et l'Elbe en amont de Děčín,
- au nord-ouest, par les rivières Ploučnice et Kamenice et par les montagnes Lužické,
- au nord, par le bassin de Liberec, les pentes sud des monts Krkonoše, les montagnes Broumovské et les pentes sud des montagnes Orlické,
- au nord-est, par le piémont de Kralický Sněžník, par les montagnes Rychlebské et les collines Zlatohorská vrchovina, par la rivière Opavice jusqu'à sa confluence avec l'Opava, par l'Opava jusqu'à sa confluence avec l'Odra (Oder), par l'Odra jusqu'à sa confluence avec l'Olše, par l'Olše jusqu'à sa confluence avec la Lomná et par la Lomná jusqu'au territoire protégé par les Beskydes.

L'indication géographique «České pivo», bière tchèque, contient le nom du pays car, du fait de sa méthode de fabrication spécifique pluriséculaire et typique de la région indiquée, cette bière est liée à la majeure partie du territoire actuel de la République tchèque. Depuis plusieurs siècles, la quasi-totalité de la bière fabriquée dans cette région est une bière à fermentation basse, caractérisée par une bonne maturation et un même procédé de fabrication, c'est-à-dire la méthode de brassage par décoction, l'ébullition du moût houblonné, la cuisson proprement dite du houblon et la fermentation en deux phases séparées (voir le point 4.5). À la différence des autres bières, la bière «České pivo» présente des valeurs plus élevées pour ce qui est du taux d'extrait non fermenté, de la quantité de polyphénols et du pH.

De même, sa couleur, son amertume et son corps sont plus prononcés. Les spécificités du procédé de fabrication de cette bière, qui ont donné ses propriétés caractéristiques au produit, sont à l'origine de sa renommée ainsi que de son appellation «České pivo», tant dans le pays d'origine qu'à l'étranger, permettant ainsi de faire un lien direct avec le lieu de production — la République tchèque.

Afin de souligner l'importance de cette appellation et la qualité reconnue de la bière «České pivo», cette appellation a été ajoutée au registre des appellations d'origine dans le cadre de l'Accord de 1985 entre le gouvernement de la République socialiste tchécoslovaque et le gouvernement de la République portugaise relatif à la protection des données concernant l'origine, les appellations d'origine et d'autres appellations géographiques et similaires. À cette époque, la région spécifiée ci-dessus ne représentait qu'une partie du pays. Ce n'est que depuis la séparation de la République fédérative tchèque et slovaque en deux pays que cette région couvre la majeure partie de l'État tchèque indépendant. Les consommateurs étrangers associent l'appellation «České pivo» non seulement avec le lieu de sa production, à savoir la République tchèque, mais surtout avec ses propriétés spécifiques et sa qualité.

L'enregistrement de l'indication géographique protégée «České pivo» est demandé par l'association des producteurs qui produisent cette bière sur la quasi-totalité du territoire de la République tchèque. Les propriétés finales ainsi que la renommée de la bière «České pivo» tiennent sans aucun doute au savoir-faire ancestral des brasseurs et des producteurs de bière tchèques, qui se transmettent leur expérience précieuse de génération en génération dans cette région délimitée de la République tchèque.

Par sa superficie, la République tchèque se classe parmi les petits pays européens. Sa taille et son relief permettent, aujourd'hui comme avant, de garantir le respect des conditions de fabrication, c'est-à-dire les technologies et les matières premières nécessaires à la fabrication et le respect du savoir-faire des producteurs sur l'ensemble du territoire délimité.

L'homogénéité de la région délimitée est évidente et incontestable et résulte des faits indiqués ci-dessus. Elle tient notamment à la méthode de fabrication typique et traditionnelle, différente de celle des régions voisines, au goût original et aux propriétés caractéristiques de la bière (voir le point 4.2), dont la notoriété dépasse largement les frontières de cette région.

## Houblon

La plus grande région de culture du houblon en République tchèque est la région Žatecko (région de Saaz), qui compte 355 communes de culture dans les districts de Louny, de Chomutov, de Kladno, de Rakovník, de Rokycany et de Plzeň-sever, suivie par la région Ústěcko avec 220 communes dans les districts de Litoměřice, de Česká Lípa et de Mělník et enfin, par la région Tršicko avec 65 communes dans les districts d'Olomouc, de Přerov et de Prostějov.

Les régions tchèques de culture du houblon sont situées sur un territoire dont le climat se situe à la limite entre le climat maritime tempéré et le climat continental. La région Žatecko se trouve privée d'une partie des précipitations qui tombent avant sur les monts Krušné et la Forêt tchèque, ce qui crée des conditions particulières dans cette zone.

Il existe plusieurs types de sol dans les régions tchèques de culture du houblon (tchernozems, rendzines, brunizems et sols bruns) présentant des caractéristiques différentes (sols sablonneux, argileux et glaiseux). Ces sols se sont formés sur des couches pétrographiques et géologiques différentes.

Dans la région Žatecko, la majorité des plantations houblonnières se trouvent sur des sols formés sur des couches de la formation géologique du permien. Ces sols appelés permien rouges contiennent une grande quantité de composés ferreux (6–7 % d'oxyde ferrique), de manganèse ainsi que d'autres composés métalliques.

La partie orientale de la région de production de houblon Ústěcko est située sur une formation géologique tertiaire du crétacé, la partie centrale, appelée Polepská blata, se trouve sur des sédiments quaternaires et la partie occidentale d'Ústěcko est riche en roches éruptives basaltiques.

Les sols dans la région Tršice sont, pour la plupart, d'origine quaternaire et en partie d'origine tertiaire.

Ce sont les sols rouges permien de la région Žatecko qui sont considérés comme les meilleurs sols produisant un houblon fin de bonne qualité. Ces sols, en majorité argileux et glaiseux, et qui ont été retournés en profondeur, absorbent bien l'eau et l'air et assimilent parfaitement les matières nutritives. Le houblon se plaît le mieux dans des terres légèrement acides à neutres. Les sols qui conviennent pour la culture du houblon doivent avoir certaines propriétés naturelles, mais d'autres aspects jouent également un rôle important comme l'amendement et le travail des sols, l'utilisation d'engrais organiques et de minéraux ainsi que la réalisation d'autres interventions régulières permettant de créer des conditions propices à la croissance et au bon développement du houblon.

- 4.4. *Preuve de l'origine:* Chaque producteur de bière dispose d'un registre de fournisseurs pour toutes les matières premières. Leur origine peut être identifiée sur les bons de commande. En ce qui concerne l'origine du houblon cultivé sur le territoire de la République tchèque, sa traçabilité est obligatoire conformément à la loi n° 97/1996 Sb. Un registre d'acheteurs du produit final est également tenu. Les données obligatoires relatives au producteur et au produit figurent sur chaque emballage du produit, ce qui permet un suivi précis du produit. Le processus de fabrication est contrôlé avec rigueur et précision, et les informations sur les différents brassins sont enregistrées de telle sorte que l'on puisse retrouver ensuite l'origine de toutes les matières premières utilisées pour chaque brassin de bière «České pivo» produite. Le contrôle du respect du cahier des charges est effectué par le bureau compétent de l'Inspection d'État agricole et alimentaire.

- 4.5 *Méthode d'obtention:* Matières premières entrant dans la fabrication de la bière:

Malt — Le malt blond utilisé est appelé Pils. Il est produit à partir d'orge de printemps à deux rangs. Les variétés d'orge pour la fabrication du malt sont dérivées des variétés cultivées qui sont approuvées par l'Inspection d'État agricole et alimentaire de Brno et recommandées par l'Institut de recherche en brasserie et en malterie, s.a. (Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s.) de Prague pour la fabrication de la «České pivo» (toutes les données concernant le moût préparé par une méthode de brassage standard sont indiquées dans le tableau ci-dessous).

La tendance actuelle en Europe et dans le monde quant à la qualité de l'orge de brasserie est de privilégier les variétés ayant une activité enzymatique élevée, un contenu d'extrait élevé et des valeurs de fermentation finale élevées. En revanche, la bière «České pivo» présente un niveau de modification protéolytique et cytologique et un niveau de fermentation inférieurs, ce qui est caractéristique de cette bière et qui se traduit par la présence d'extrait résiduel. Sur la base de ces éléments, les principaux paramètres que doivent satisfaire les variétés d'orge convenant pour la fabrication de la «České pivo» ont été définis.

Extrait sec de malt	(% du poids)	min.	80,0
Indice de Kolbach	(%)		39,0 ± 3
Pouvoir diastasique	(unités W.-K.)	min.	220
Niveau de fermentation réel	(%)	max.	82
Friabilité	(%)	min.	75,0

Le houblon tchèque et les produits à base de houblon — Les variétés utilisées sont notamment les variétés cultivées dans certaines zones des régions suivantes — 1) région Žatecko; 2) région Ústěcko; 3) région Tršicko. Le houblon est cultivé dans des sols argileux ou argilo-glaiseux. Les sols rouges permien sont typiques de la région Žatecko. La température moyenne annuelle la plus favorable pour la culture du houblon est comprise entre 8 et 10 °C.

Le houblon local est tout à fait spécifique et différent du houblon cultivé à l'étranger, notamment par le rapport qu'il présente entre les acides alpha et bêta. Pour les variétés couramment cultivées, ce ratio est en général de 2,5 à 1, tandis que pour les variétés cultivées dans la région délimitée, il est en moyenne de 1 à 1,5. Une autre particularité caractéristique par rapport aux autres variétés de houblon est la teneur en bêta-farnésène, qui représente entre 14 et 20 % de la totalité des huiles essentielles. Les variétés de houblon cultivées dans la région délimitée et d'une manière générale, toutes les variétés de houblon utilisées pour la fabrication de la bière «České pivo», doivent être approuvées par les autorités de contrôle et recommandées par l'Institut de recherche en brasserie et en malterie, s.a.

Eau — L'eau utilisée pour la fabrication de la bière «České pivo» provient de sources locales. Concernant sa dureté, l'eau utilisée pour le brassage de la bière est évaluée comme douce à demi dure.

Levure de bière — Les souches de levures de fermentation basse (*Saccharomyces cerevisiae* subsp. *uvarum*) se révèlent particulièrement adaptées à la fabrication de la bière «České pivo» et créent la différence entre atténuation apparente et atténuation réelle conformément au présent cahier des charges. Les souches les plus souvent utilisées sont les souches 2, 95 et 96. Elles sont déposées dans le Registre des souches de reproduction des levures de bière à l'Institut de recherche en brasserie et en malterie a.s. sous le numéro d'enregistrement RIBM 655 et sont mises à la disposition de tous les producteurs de bière «České pivo».

#### Fabrication:

La fabrication de la bière commence dans la salle de brassage, où le malt égrugé est mélangé avec l'eau et brassé. L'amidon infermentescible est ainsi transformé en sucres fermentescibles. Le processus de brassage est réalisé par décoction en une, deux ou trois phases. La méthode de brassage par infusion n'est pas utilisée. Au moins 80 % de la quantité totale de malt égrugé provient de variétés approuvées, ce qui garantit la caractéristique gustative de la bière «České pivo».

La composition du malt égrugé ainsi que du brassin en préparation est indiquée dans la fiche de brassage. L'origine du malt est justifiée par les bons de livraison. La fiche de brassage contient également les informations sur la température et la durée du brassage. Lorsque le processus de brassage est terminé et que les parties insolubles du malt sont séparées par le processus appelé filtrage, il est procédé à la préparation du moût houblonné par houblonnage. Cette phase dure de 60 à 120 minutes, durant lesquelles au moins 6 % du volume doit s'évaporer. Le houblon est ajouté jusqu'à trois fois. La quantité minimale de houblon tchèque ou de produits à base de houblon est de 30 % pour les lagers blondes et d'au moins 15 % pour les autres sortes de bière. La composition du houblon ainsi que des matières premières de chaque brassin est indiquée dans la fiche de brassage. L'origine des matières premières est spécifiée sur les bons de livraison. À la fin de l'ébullition, le moût est refroidi à la température de fermentation de 6 à 10 °C et aéré. La levure de bière ajoutée (*Saccharomyces cerevisiae* subsp. *uvarum*) n'est utilisée que pour la fermentation basse.

La fermentation se déroule par une température maximale de 14 °C. Ce processus technologique est généralement séparé de la deuxième fermentation, ce qui signifie que la fermentation se déroule en deux phases. L'évolution de la température pendant la fermentation est enregistrée dans le bulletin de fermentation. La deuxième fermentation s'effectue à des températures proches de 0 °C. Le processus de maturation est terminé après la deuxième fermentation de la bière dans des tanks. La bière est alors filtrée et soutirée dans des fûts, des bouteilles, des canettes ou des camions-citernes. Il est également possible de fabriquer des bières non filtrées. Le produit fini doit satisfaire aux paramètres de qualité indiqués au chapitre 4.2.

L'ensemble du processus de fabrication de la bière est contrôlé en permanence.

#### Méthode de contrôle:

##### Moût non houblonné:

Extrait de l'avant-coulant (premier moût) — Une prise est effectuée 10 minutes après le début de la clarification.

Détermination de l'extrait — À l'aide d'un pycnomètre, d'un saccharimètre ou d'un appareil spécial (densimètre Paar ou un autre appareil permettant de mesurer le niveau d'extraction des matières).

Transparence du moût à 25 °C — Déterminée par néphélométrie à 25 °C, mesurée après 30 minutes de maintien de la température.

Mesure de l'extrait du dernier produit de tête à 25 °C: L'extrait est mesuré par la même méthode que pour l'extrait de l'avant-coulant.

Moût houblonné:

Extrait du moût houblonné — Une prise est effectuée 15 minutes après la fin de l'ébullition.

Détermination de l'extrait — À l'aide d'un pycnomètre, d'un saccharimètre ou d'un appareil spécial (densimètre Paar ou un autre appareil permettant de mesurer le niveau d'extraction des matières).

Niveau du trouble — Contrôle visuel du moût mélangé avec le houblon cinq minutes après la fin de cuisson du moût dans une fiole Imhot ou un autre petit récipient permettant d'évaluer le niveau du trouble.

Limpidité du moût houblonné — Le moût houblonné est filtré (papier à filtre analytique, ruban bleu), le filtrat est utilisé pour la néphélométrie sous un angle de 90°. Les mesures sont effectuées à 20 °C (chauffage pendant 20 minutes) et à 5 °C (chauffage pendant 20 minutes).

Détermination de l'amertume du moût houblonné: Teneur en acides iso — alpha (IBU).

Degré de fermentation du moût houblonné pouvant être atteint: à déterminer par une méthode recommandée.

Bière jeune:

Détermination microscopique du nombre de cellules de levure dans la montée.

Détermination de la viabilité des levures (par coloration avec le bleu de méthylène).

Détermination de la teneur en acides iso — alpha (IBU) par les méthodes recommandées.

Bière finie:

Analyse de base — Extrait apparent et extrait réel, taux d'alcool, calcul de l'extrait sec du moût avant fermentation (degrés Balling), détermination des acides iso — alpha (IBU), limpidité de la bière sous un angle de 90°, atténuation réelle, couleur de la bière.

Le contrôle est effectué par le laboratoire de la brasserie ou par un laboratoire spécialisé (par exemple Institut de recherche en brasserie et en malterie, s.a.) selon l'Analytique de brassage et de maltage ou selon l'Analytique EBC.

- 4.6 *Lien:* Les découvertes archéologiques démontrent clairement que de la bière était produite sur le territoire géographique délimité (ci-après désignée comme «territoire concerné») par les Slaves mais aussi par les populations qui l'occupaient avant eux. Les premières mentions relatives à la préparation de la bière sur le territoire concerné sont liées au monastère bénédictin de Břevnov, où les moines produisaient de la bière et du vin en 993.

La trace la plus ancienne de la culture du houblon sur le territoire concerné est l'acte de fondation du prince Břetislav I<sup>er</sup> attribuant au chapitre de Saint Venceslas de Stara Boleslav, les dîmes provenant du houblon cultivé à Žatec (Saaz), à Stara Boleslav et à Mlada Boleslav. Le premier document historique directement lié à la fabrication de la bière est l'acte de fondation du chapitre de Vyšehrad datant de 1088 et édité par Vratislav II, le premier roi tchèque. Ce document, qui a été préservé grâce à ses copies, mentionne l'attribution des dîmes provenant du houblon ainsi que d'autres dons comme des biens immeubles et des rémunérations au profit des chanoines du chapitre de Vyšehrad. Un grand nombre d'autres documents de la période de 1090 à 1100 traitent de la culture du houblon, du malt, de la bière, du droit de brassage et de l'exportation de la bière. À partir de 1330, de nombreux documents royaux, de la noblesse et de la bourgeoisie décrivent la production du malt et de la bière.

Le savoir-faire concernant la fabrication de la bière s'est transmis de génération en génération. Au départ, le privilège de fabriquer la bière n'était réservé qu'à certaines personnes (par exemple, les bourgeois disposant du droit de brassage ou la noblesse). Au XIV<sup>e</sup> siècle ont été créées des corporations de maîtres brasseurs et de producteurs de bière. La fabrication de la bière à fermentation basse et haute a connu un grand essor, qui a abouti à la fondation des brasseries industrielles perpétuant la tradition de la bière «České pivo» jusqu'à nos jours. L'année 1842, date de la fondation des Brasseries de la ville de Pilsen, a été un tournant important.

La fabrication de la bière à fermentation basse s'est sans cesse améliorée, à tel point que les caractéristiques de cette bière sont devenues au fil du temps très différentes de celles des bières fabriquées jusqu'à cette époque. Cette boisson pétillante de couleur or, au goût houblonné très agréable et possédant une belle mousse compacte s'est fait connaître dans le monde entier. Ainsi s'est ouverte une nouvelle ère dans le développement de l'industrie de la bière mondiale, qui a connu une croissance exceptionnelle non seulement dans les pays tchèques mais aussi dans l'empire austro-hongrois, en Allemagne et dans d'autres pays européens. Au cours des décennies suivantes, de nombreuses brasseries ont été fondées et équipées des technologies les plus modernes. Les installations techniques et les procédés ont été progressivement mis au point pour aboutir à la production moderne à grande échelle que nous connaissons aujourd'hui. Le principe de base, lui, est resté inchangé. La bière a été et est toujours fabriquée à partir des matières premières essentiellement d'origine locale (c'est-à-dire provenant du territoire défini, caractérisé par un sol et des conditions climatiques spécifiques). La bière «České pivo» a réussi à se créer une solide position et une notoriété à l'étranger. De nombreux documents relatifs à l'exportation témoignent de la popularité de cette bière dans le passé comme de nos jours.

La bière «České pivo» est fabriquée selon le procédé décrit ci-dessus, basé sur le savoir-faire des brasseurs tchèques, elle est produite exclusivement sur le territoire défini et essentiellement à partir des matières premières locales possédant les qualités requises et de l'eau de source locale. Tous ces éléments, associés à la composition unique de la bière «České pivo», lui procurent des propriétés spécifiques.

Les études élaborées par l'Institut de recherche en brasserie et en malterie, s.a. de Prague ont mis en évidence les grandes différences qui distinguent la bière «České pivo» des bières étrangères. Plusieurs bières tchèques et étrangères ont été choisies pour faire l'objet d'une évaluation analytique et sensorielle précise.

Le modèle détaillé analytique et statistique qui a été préparé, a permis de décrire les propriétés similaires communes et les différences entre les bières sélectionnées. Les résultats ont été obtenus à l'aide de méthodes statistiques multidimensionnelles (analyse de dispersion, analyse factorielle, analyse de faisceaux...). Il a ainsi été prouvé que la bière «České pivo» peut être distinguée des bières étrangères de la même catégorie.

Dans la plupart des cas, la bière «České pivo» contient des résidus (non fermentés) de l'extrait, ce qui constitue l'une des caractéristiques typiques de cette bière. De plus, par rapport aux bières étrangères, sa couleur est plus prononcée, son amertume et son pH sont plus élevés et sa teneur en polyphénols plus importante. La couleur plus prononcée et la teneur en polyphénols plus élevée sont dues à la méthode de brassage par décoction, méthode la plus souvent utilisée en République tchèque. Tous ces paramètres sont déterminés par la qualité et la composition des matières premières ainsi que par les conditions techniques et technologiques. Du point de vue technologique, les éléments essentiels sont la composition du malt égrugé, la quantité de houblon, le choix de la souche des levures et de la méthode de fermentation utilisée, associés à la tradition brassicole et au facteur humain. Du point de vue gustatif, la bière «České pivo» est une bière dont la densité et l'amertume sont plutôt élevées, avec une finale de goût amer assez longue et avec une présence de saveurs et d'épices exotiques assez rare.

La particularité de la production de la bière «České pivo» repose sur une tradition pluriséculaire de fabrication de la bière sur le territoire défini et sur la transmission, de génération en génération jusqu'à nos jours, des spécificités de ce métier. Les conditions favorables à la culture du houblon sur le territoire considéré, ainsi que les grandes qualités professionnelles dont fait preuve le personnel formé à tous les niveaux dans les écoles tchèques, confèrent à cette bière une excellente réputation dans le monde entier. L'appellation «České pivo» était déjà définie dans l'annexe de l'Accord entre le gouvernement de la République socialiste tchécoslovaque et le gouvernement de la République portugaise relatif à la protection des données concernant l'origine, l'appellation d'origine et d'autres appellations géographiques et similaires. Cet accord a été publié par décret du ministre des affaires étrangères n° 63/1987 Sb., le 18 mai 1987.

En 2003, l'Agence centrale tchèque du tourisme a réalisé une enquête sur la perception de la République tchèque et sur les motivations des touristes pour le choix de leur destination. Le groupe cible se composait de touristes allemands, autrichiens, polonais, italien, néerlandais, américains, japonais, scandinaves, russes, coréens du sud et des pays arabes. Au total, 1 800 personnes ont été interrogées (soit 150 personnes par pays ou par groupe de pays), dont 66 % d'hommes. L'enquête a révélé que la République tchèque était généralement associée à Prague (47 %) et à de la très bonne bière (45 %). La question posée était: «Lorsque j'entends "République tchèque", la première idée qui me vient à l'esprit est ...».

L'engouement pour la bière «České pivo» se traduit également par la croissance de ses exportations.

4.7. *Structure de contrôle:*

Nom: Státní zemědělská a potravinářská inspekce

Adresse: Květná 15  
CZ-603 00 Brno

Tél.: (420) 543 540 205

Fax: (420) 543 540 210

E-mail: sekret.ur@spzi.gov.cz

4.8 *Étiquetage:* L'appellation «České pivo» fait partie de la marque commerciale figurant sur l'étiquette principale du produit.

Aucune information indiquée dans le cahier des charges de la bière «České pivo» ne vise à interdire les références à la fabrication de la bière en République tchèque pour les bières qui ne sont pas désignées comme «České pivo» conformément aux exigences tchèques et communautaires. Cependant, ces références ne devraient pas faire partie de la marque commerciale sur l'étiquette principale de ces bières.

Les références à l'indication géographique protégée, IGP et au symbole communautaire correspondant, doivent être clairement liées à l'appellation «České pivo» et ne doivent pas donner l'impression que les autres appellations indiquées sur l'étiquette sont des appellations enregistrées.

---

## **8.2. Extrait de l'annuaire RIBM 2018 de l'orge**



# 2.21 CHARACTERISTICS OF SPRING BARLEY VARIETIES (CISTA, 2014-2017)

32

CATEGORY OF RECOMMEND			Recommended																Provisionally recommended			Other							
			Unit	Intensity	Average t/ha <sup>1</sup>	Czech beer				malting				non-malting				Czech beer	malting	non-malting	Czech beer	malting	NM						
						Bojos	Francin	Laudis 550	Malz	Mania	Kangoo	KWS Amadora	KWS Irina	Odyssey	Overture	Sebastian	Sunshine	Tango	Aligator	Azli	Kampa **	Vendula **	LG Monus *	Soumate *	Forman *	Ovalon *	Petrus	Pionier	Xanadu
Yield of grain in:			%																										
Maize production area			U	6.17	97	97	97	96	101	92	102	100	101	94	92	101	97	98	100	100	105	104	103	106	108	102	99	96	101
			T	6.42	101	100	101	98	105	99	106	104	102	98	98	105	101	105	102	102	109	106	108	109	107	106	108	98	102
Sugar beet production area			U	8.83	97	98	97	92	100	91	101	103	102	100	99	98	99	100	99	102	100	101	103	105	105	100	96	93	104
			T	9.16	99	100	99	95	103	97	105	109	107	103	101	102	106	107	102	106	107	105	106	108	111	102	102	95	104
Cereal production area			U	8.04	98	99	98	94	98	91	101	103	103	99	99	99	100	100	103	99	101	102	106	101	101	98	94	102	
			T	9.06	107	110	108	104	111	105	115	119	116	111	108	109	114	114	109	112	115	113	115	117	119	110	98	104	
Potato production area			U	6.94	99	97	98	94	95	90	102	101	103	98	98	99	96	101	99	106	98	103	102	106	107	100	96	92	102
			T	7.91	110	108	108	105	110	106	117	119	115	109	110	112	116	118	110	117	116	114	118	122	119	110	112	106	111
Grain over 2.5 mm:			%																										
Maize production area			U	5.21	99	98	101	99	92	88	105	89	107	95	78	105	95	88	106	96	102	109	100	97	107	103	101	103	105
			T	5.62	104	107	107	105	99	101	113	98	110	101	90	113	103	102	109	102	111	115	109	107	113	108	109	108	108
Sugar beet production area			U	8.51	97	98	98	93	97	91	102	101	102	100	98	99	97	99	99	102	98	100	103	103	105	100	95	94	100
			T	8.83	99	100	99	96	101	98	105	107	108	103	100	104	104	106	102	107	106	105	106	105	110	102	102	96	104
Cereal production area			U	7.66	98	99	98	94	96	91	101	101	104	100	97	100	98	97	100	103	97	100	100	102	100	102	98	95	103
			T	8.81	108	111	110	106	112	107	117	121	119	113	109	112	115	115	111	114	116	114	117	118	121	111	112	109	114
Potato production area			U	6.39	100	98	97	96	93	91	102	99	104	101	97	102	95	101	100	108	94	103	101	103	107	106	97	93	103
			T	7.58	115	112	112	109	113	110	122	123	121	113	113	117	121	122	114	122	119	118	122	126	123	114	117	111	115
Agronomical data:																													
Earing – difference of Sebastian varietie in days																													
Ripeness – difference of Sebastian varietie in days																													
Number of productive stems			pc/m <sup>2</sup>																										
Plant height			cm																										
Resistance to lodging			g-1																										

Resistance to diseases:		9-1																							
Powdery mildew ( <i>Blumeria graminis</i> )			8.9	7.1	8.9	5.8	8.8	4.0	8.9	8.8	8.9	8.8	5.6	6.2	8.9	8.9	5.6	7.2	7.2	9.0	8.9	9.0	8.9	8.9	4.7
Leaf brown rust of barley ( <i>Puccinia hordei</i> )			6.5	6.5	6.4	6.2	6.8	7.0	4.4	6.6	4.6	6.5	6.2	7.3	6.8	5.5	7.4	6.3	7.2	6.4	5.6	6.9	4.3	6.6	6.7
Leaf spots ( <i>Pyrenophora teres</i> )			6.0	6.0	5.4	5.4	5.6	6.5	5.9	6.3	6.2	6.5	6.5	6.3	5.4	5.7	6.9	6.4	4.7	5.6	5.7	5.7	6.1	6.9	6.0
Leaf scald ( <i>Rhynchosporium secalis</i> )			5.0	5.3	6.7	6.8	5.8	6.3	5.8	6.7	6.7	6.5	6.8	5.9	6.1	6.2	7.3	6.6	5.0	7.0	4.6	7.3	6.6	6.1	5.8
Scab of barley			7.6	7.6	8.1	7.8	7.5	7.5	7.3	7.6	7.4	7.0	7.5	6.8	7.0	7.6	7.8	7.8	6.9	7.1	7.6	7.6	7.4	7.6	7.7
Physiological leaf spots of barley (non-specific leaf spots)			5.4	5.7	7.1	7.2	6.6	7.6	7.2	7.5	7.4	7.4	7.4	7.3	7.1	7.1	7.3	7.2	6.5	7.5	7.4	7.7	6.9	7.2	7.6
Technological quality:																									
Grain:																									
Weight of 1000 grains		g	48	48	47	48	49	50	50	49	50	48	47	50	49	47	50	50	48	53	47	50	50	52	53
Yield of grain over 2.5 mm		%	94	94	94	95	91	94	95	91	95	94	91	95	92	92	95	94	92	94	93	91	93	94	94
Malting quality index		9-1	5.3	5.0	5.5	7.2	7.5	6.3	7.3	6.9	7.8	8.3	7.1	7.7	8.7	-	-	-	-	5.0	8.5	-	-	4.5	7.4
Protein content d.m.		%	11.3	10.8	11.2	11.1	10.5	10.8	10.2	10.3	10.2	10.3	10.5	10.9	10.0	-	-	-	-	10.5	9.9	-	-	10.9	10.5
Malt:																									
Extract yield d.m.		%	82.3	82.1	82.0	83.1	82.9	82.1	83.6	82.7	83.1	83.8	82.8	82.6	83.1	-	-	-	-	82.5	84.1	-	-	81.7	82.5
Relative extract at 45 °C		%	37.5	38.9	38.2	41.0	38.7	40.1	49.3	41.7	41.0	48.5	39.5	42.6	43.8	-	-	-	-	41.0	42.6	-	-	37.7	43.8
Kolbach index		%	42	43.1	42.9	44.4	43.4	44.1	50.8	46.3	45.6	47.9	44.1	48.0	47.1	-	-	-	-	42.6	48.8	-	-	41.2	49.3
Diastatic power		WK	358	335	333	322	277	431	380	310	301	332	379	407	334	-	-	-	-	256	395	-	-	400	388
Apparent final attenuation		%	79.4	79.4	80.6	81.5	81.4	82.9	73.6	82.4	82.1	83.2	82.0	83.1	83.6	-	-	-	-	80.8	83.7	-	-	82.1	83.0
Friability		%	86	84	86	86	90	91	97	86	89	90	83	93	93	-	-	-	-	80	97	-	-	85	93
β-glucan content in wort		mg/l	175	195	164	205	146	144	48	216	172	136	191	57	72	-	-	-	-	253	71	-	-	197	85
Haze of wort (90°)			0.75	1.24	0.90	0.74	0.97	0.06	0.98	1.00	0.69	1.03	1.86	0.88	0.63	-	-	-	-	0.94	0.99	-	-	0.97	0.90
Haze of wort (12°)			0.84	1.35	1.05	0.94	1.22	1.10	1.12	1.29	0.90	1.03	1.87	1.13	0.77	-	-	-	-	1.05	1.20	-	-	1.24	1.14
Year of registration:			2005	2014	2013	2022	2016	2008	2015	2014	2014	2014	2005	2012	2016	2016	2008	2015	2013	2017	2017	2017	2017	2016	2005

Notes: \* Limited data - new variety.

(\*\*) - the variety was included in the category of the "non-malting varieties" due to a low interest of malthouses. Relative values are related to mean of standard varieties (Sunshine, Laudis 550, KWS Irina and KWS Amadora) in untreated variant of growing in the given area.

Intensity: U = untreated with fungicides and morphoregulators (basic intensity) Point evaluation: 9 = non lodging, resistant to diseases, the best quality NM = non-malting  
T = treated with fungicides (increased intensity) 1 = fully lodging, fully attacked, without malting quality malt = malting = Varieties for common beer.

Malting quality assessment was carried out by the Research Institute of Brewing and Malting - Malting Institute Brno.

(-) The quality of non malting varieties was not further followed.

Czech Beer - Varieties recommended by the RIBM for production of beer with the PGI "České pivo".

Table can be published only as a whole and with a source, no data can be eliminated.

33



## 2.26 SLADOVNICKÉ HODNOTY / MALTING VALUES (2015–2017)

odrůda variety	Y	Nlb Pb	E E	RE45 VZ45	K K	DM DP	DSP FA	F F	BGw BGw	Nlm Pm	CNm TNm	CRNw TSNw	CRNm TSMm	CPw TPw	Vw Vw	Bw Cw	DZ SR	Sz GC	ČSZ PUG	Hf Hf	Cw Aw	Z12 H12	Z90 H90	VAN FAN
Accordine	2018	10.4	83.3	45.2	49.2	378	83.1	97	56	9.4	1.498	821	0.733	78.3	1.45	3.3	10.00	0.0	0.0	100.0	1.00	1.23	1.09	178
Bojos	2005	11.2	82.5	37.9	42.6	358	79.4	86	176	10.2	1.641	782	0.698	68.1	1.48	2.8	10.75	0.1	0.9	99.1	1.08	0.89	0.80	163
Francin	2014	10.7	82.1	39.0	43.8	335	79.7	86	184	9.7	1.559	764	0.682	69.0	1.49	3.0	10.25	0.2	1.6	98.4	1.08	1.27	1.16	159
Kango	2008	10.7	82.2	40.5	44.6	428	83.1	92	134	9.9	1.583	790	0.705	75.2	1.49	3.0	10.67	0.0	0.6	99.5	1.00	1.07	1.03	165
KWS Amadora	2015	10.1	83.6	49.5	51.2	371	83.6	97	51	9.1	1.463	837	0.747	84.9	1.45	3.5	10.00	0.0	0.2	99.8	1.08	1.26	1.12	202
KWS Fantex	2018	10.2	83.1	43.4	46.5	337	80.5	89	160	9.3	1.493	770	0.687	81.5	1.47	3.5	10.25	0.1	1.0	99.0	1.08	1.40	1.16	165
KWS Irina	2014	10.3	82.7	41.8	46.8	313	82.5	87	197	9.2	1.478	773	0.689	88.3	1.48	3.4	10.92	0.1	1.1	98.9	1.00	1.09	0.95	165
Laudis 550	2013	11.2	82.2	38.6	43.5	340	80.8	86	153	10.2	1.627	791	0.705	66.1	1.49	2.8	10.50	0.1	1.0	99.0	1.00	1.03	0.86	163
Leenke	2017	10.4	83.3	47.9	48.2	354	83.2	94	78	9.5	1.524	819	0.730	76.7	1.46	3.5	10.00	0.0	0.3	99.7	1.17	1.60	1.80	173
LG Monus	2017	10.3	82.6	40.9	43.2	248	80.8	81	251	9.5	1.517	731	0.653	74.1	1.48	2.8	10.25	0.1	2.4	97.6	1.08	1.22	1.08	161
LG Nabuco	2018	10.3	83.8	45.2	48.2	305	82.3	93	115	9.4	1.509	807	0.721	77.1	1.46	3.4	10.00	0.1	0.5	99.5	1.00	0.88	0.73	175
Malz	2002	11.0	83.1	41.1	44.5	314	81.8	87	202	10.1	1.621	805	0.719	71.6	1.50	2.8	10.25	0.1	1.5	98.5	1.00	0.97	0.77	174
Marta	2016	10.4	83.0	38.7	43.8	278	81.5	92	134	9.4	1.510	740	0.659	69.8	1.49	2.9	10.00	0.0	0.7	99.3	1.00	1.29	0.96	159
Odyssey	2014	10.2	83.1	41.4	46.3	302	82.3	89	175	9.2	1.472	755	0.674	82.1	1.47	3.1	10.25	0.1	1.1	99.0	1.00	1.01	0.76	163
Overture	2014	10.2	83.9	49.0	49.0	330	83.4	92	130	9.1	1.461	798	0.713	81.4	1.47	3.0	10.25	0.0	0.4	99.6	1.17	1.19	1.22	173
Petrus	2013	10.7	81.8	37.7	42.0	381	82.1	85	193	9.8	1.562	734	0.655	80.4	1.49	2.9	10.00	0.2	2.1	97.9	1.08	1.34	1.07	154
Pilote	2018	10.4	82.7	40.5	45.5	322	83.2	87	146	9.3	1.485	752	0.671	71.3	1.46	3.4	10.25	0.1	1.9	98.1	1.08	1.18	1.05	163
Pionier	2016	10.4	82.5	43.7	49.8	300	82.8	93	87	9.4	1.507	839	0.748	74.1	1.46	3.3	10.00	0.0	0.2	99.8	1.17	1.21	0.96	180
Sebastian	2005	10.5	82.8	39.7	44.2	397	82.1	84	183	9.6	1.536	757	0.677	69.3	1.50	3.2	10.67	0.2	2.5	97.6	1.42	1.92	1.95	166
Soulmate	2017	9.9	84.0	42.5	49.2	385	83.6	97	79	8.9	1.421	781	0.698	89.6	1.45	3.3	10.00	0.0	0.1	99.9	1.08	1.22	1.00	172
Spillire	2018	10.4	84.0	45.9	51.1	364	83.2	97	64	9.5	1.524	867	0.775	79.7	1.46	3.2	10.00	0.0	0.1	99.9	1.00	0.90	0.77	188
Sunshine	2012	10.8	82.6	43.2	49.0	401	83.3	94	55	9.7	1.559	856	0.764	70.8	1.45	3.0	10.00	0.0	0.2	99.8	1.00	1.20	0.93	164
Tango	2016	9.8	83.3	44.1	47.4	327	83.6	95	11	9.0	1.436	760	0.678	76.4	1.44	3.1	10.00	0.0	0.2	99.8	1.00	0.82	0.69	167
Xanadu	2006	11.2	82.8	45.3	44.2	401	80.7	84	122	10.3	1.644	812	0.725	66.8	1.46	3.1	10.25	0.2	1.4	98.6	1.00	0.84	0.68	181
KWS Ariane	2015	11.2	80.9	35.4	42.5	393	81.9	79	191	10.3	1.649	781	0.696	78.5	1.51	2.9	10.25	0.5	2.7	97.3	1.58	2.58	2.27	154
KWS Donau	2018	11.1	81.4	37.1	40.8	447	81.4	80	207	10.4	1.657	753	0.671	70.3	1.51	2.8	10.50	0.4	2.7	97.3	1.50	2.52	2.12	151
Y – Registre / Registration																								

Y – Registre / Registration

Znaky Parameters	Zkratky Abbreviations	Jednotky Units	Znaky Parameters	Zkratky Abbreviations	Jednotky Units
Dusíkaté látky (bílkoviny) v ječmeni (faktor 6.25)	Nlb	%	Volný aminodusík	VAN	mg/l
Protein content of barley (factor 6.25)	Pb	%	Free amino nitrogen	FAN	
Extrakt sladu, kongresní sladina	E	%	Celkový rozpustný dusík ve sladu, metodou podle Kjeldahla	CRNm	%
Extract of malt, congress mash	E	%	Total soluble nitrogen of malt, Kjeldahl method	TSNm	
Relativní extrakt při 45 °C	RE45	%	Celkové polyfenoly ve sladíně	CPw	mg/l
Mash method according to Hartong and Kretschmer VZ 45 °C	VZ45	%	Total polyphenols in wort	TPw	
Kolbachovo číslo	K	%	Viskozita sladiný	Vw	mPa.s
Kolbach index	K	%	Viscosity of laboratory wort from malt	Vw	
Diastatická mohutnost	DM	WK	Barva sladiný	Bw	EBC u.
Diastatic power	DP		Colour of malt, visual method	Cw	
Dosažitelný stupeň prokvašení	DSP	%	Doba zukušení	DZ	min
Final attenuation of laboratory wort from malt	FA	%	Saccharification rate	SR	
Friabilita	F	%	Sklovitá zrna	SZ	%
Friability	F	%	Glassy corns	GC	
Obsah vysokomolekulárních β-glukanů, metodou SFA	BGw	mg/l	Částečně sklovitá zrna	ČSZ	%
High molecular weight β-glucan content of malt, SFA	BGw		Partly unmodified grains	PUG	
Dusíkaté látky (bílkoviny) ve sladu (faktor 6.25)	Nlm	%	Homogenita friabilitmetrem	Hf	%
Protein content of malt (factor 6.25)	Pm	%	Homogeneity (from friability measurement)	Hf	
Celkový dusík ve sladu, metodou podle Kjeldahla	CNm	%	Čírost sladiný	Cw	1-4*
Total nitrogen of malt, Kjeldahl method	TNm		Clarity (Appearance of wort)	Aw	
Celkový rozpustný dusík ve sladíně, metodou podle Kjeldahla	CRNw	mg/l	Zákal 12°, 90°	Z12, Z90	EBC u.
Total soluble nitrogen of wort, Kjeldahl method	TSNw		Haze 12°, 90°	H12, H90	

\* 1 = čirá / clear, 2 = slabě opalizující / weakly opalizing, 3 = opalizující / opalizing, 4 = zakalená / hazed

Table 3 The average values of barley quality in the CR in 2011–2017

Parameter	Moisture content (%)	Grading (%)	GAUM (%)	GAPUM (%)	N-substances in dry matter (%)	Germination capacity (%)
2011	13.4	95.2	1.7	5.0	10.9	97.8
2012	12.1	89.4	1.4	4.1	12.1	98.1
2013	12.3	90.1	2.2	3.7	11.2	97.8
2014	13.2	91.4	1.8	4.5	10.9	98.5
2015	11.8	93.1	1.8	5.4	11.8	98.8
2016	12.8	92.0	1.4	5.2	11.6	98.4
2017	12.1	88.2	1.7	5.2	12.2	98.6

GAUM – Grain admixtures unusable for malting (mechanically damaged grains, physiologically damaged grains, thermally damaged grains, biologically damaged grains, grain fractions, green grains)  
 GAPUM – Grain admixtures partly usable for malting (grains without hulls, grains with black tips, grains with the awn)

Table 4 The percentage of barley samples which do not meet by the values of their malting barley quality parameters the requirements of CSN 46 1100-5

Parameter	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Moisture higher than 15%	6.7	3.9	0.9	5.3	0.8	4.5	0.0
Grading lower than 85%	2.4	19.5	17.0	14.8	7.1	12.0	25.7
Grain admixtures unusable for malting above 3%	9.8	7.4	22.0	14.4	8.7	3.0	7.6
Grain admixtures partly usable for malting above 6%	14.6	17.0	15.7	23.6	36.2	36.0	30.3
N-substances lower than 10% or higher than 12%	31.7	53.5	39.9	35.4	46.9	36.0	56.3
Germination capacity lower than 96%	7.3	3.9	7.8	3.0	0.8	3.5	1.8

### 3.2 Micromalting

191 malt samples were prepared by micromalting from the barley samples. Average quality parameters of barley (Table 5) and malt (Table 6) were calculated from the results of all analyzed samples.

#### 3.2.1 Barley

The average values of volume weight and thousand grain weight were 68.8 kg and 41.9 g, respectively. The average value of germination energy at 4 ml was 98.7%, which is a favorable value and the average value of germination rate was 87.4%. The average germination energy at 8 ml was 77.2%. The difference between the values of germination energy at 4 ml and 8 ml (21.5%) indicates that barley was less sensitive to water. The average value of germination capacity in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> was 98.5%. Germination capacity lower than 96% was detected in 1.2% of samples. Average moisture of barley grain was 12.2%. Barley grain had an increased content of nitrogenous substances (11.9%) and average starch content (62.9%). 141 barley samples had content of nitrogenous substances to 12.0% and 103 barley samples had the content of nitrogenous substances 12.1 and more.

Table 5 Quality of barley – micromalting

Year	2015	2016	2017
Number of samples	242	245	244
Vol. weight (kg)	71.3	67.4	68.8
Thousand grain weight (g)	42.3	41.7	41.9
Germination energy 4 ml (%)	98.2	98.0	98.7
Germination energy 8 ml (%)	81.4	62.5	77.2
Sensitivity to water (%)	16.8	35.5	21.5
Germination rate (%)	84.7	85.2	87.4
Germination capacity H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (%)	98.7	98.2	98.5
Moisture content (%)	11.8	12.5	12.2
Starch content (%)	62.5	63.7	62.9
Nitrogenous substances content (%)	11.8	11.6	11.9



### 3.2.2 Malting

Uptake of water of barley at steeping was lower than in 2016. Water content after the first steeping was on average 30.4% with the values ranging from 27.3–33.6%; after the second steeping it was on average 39.0% in the detected range from 36.0–41.7%.

The achieved average value of malting yield of 91.3% was favorable. Average losses in rootless (4.8%) and average losses by airing. 3.9% correspond to the values of laboratory malting. The comparison of the set of samples with protein content in barley to 12.0% (water content at malting 45%) and the set of samples with protein content in barley over 12.1% (water content at malting 46.5%) showed the effect of higher water content at malting of barley with higher protein content on reducing of malting yield – on average by 1.0% lower.

### 3.2.3 Malt

Totally 191 malt samples were analyzed. The average saccharification time was 10.8 min and 75.9% of malt samples saccharified to 10 min, 20.4 samples after 10–14 min and 3.7% samples after 15 min. The average wort running off time was 13.4 min. In wort clarity assessed visually, 95.3% samples were clear, 3.7 of samples were slightly opalizing and wort of 1% of samples was slightly opalizing.

The average value of wort viscosity of 1.49 mPa.s was favorable, the average value of wort pH. 6.0 was also favorable. The average wort color reached the value of 2.7 EBC un. and the difference between both groups of malts with protein content in barley to 12.0% and over 12.1% was 0.1 EBC un.

The average value of malt extract in fine flour was 81.2%. The group of barleys with protein content to 12.0% had an average starch content of 63.6% and average extract content was 81.8%. The group with protein content above 12.1% had an average starch content of 61.9% and average extract content was 80.4%.

k kilo  
M mega  
G Giga

Table 6 Quality of malt - micromalting

Parameter	2014	2015	2016
n	181	185	191
Color of malt (EBC un)	2.8	3.1	2.7
Malt extract (%)	81.7	81.4	81.2
Extract difference in DLFU (%)	1.4	1.4	1.5
Relative extract 45 °C	40.0	37.8	38.6
Apparent final attenuation (%)	81.0	81.0	80.8
Diastatic power (un.WK)	349	365	398
Kolbach index	41.4	41.9	40.6
Soluble nitrogen (mg/100 ml)	77	79	78
α-amino nitrogen content (mg/l)	157	157.3	166
Friability (%)	80.4	84.7	84.5
β-glucan content in wort (mg/l)	260	156	147
Wort haze measured at 12° (EBC un.)	1.1	1.2	1.0
Wort haze measured at 90° (EBC un.)	0.8	1.2	0.9
Malt yield (%)	91.8	91.6	91.3

The average values of relative extract (38.6%), diastatic power (39 WK un.), final attenuation (80.8%), soluble nitrogen (78.3 mg/100 ml) and α-amino nitrogen (166 mg/l), show that the produced malt was of a good quality. The average values of wort haze measured at 12 ° was 1.0 EBC un. and at 90 ° 0.9 EBC un.

The average β-glucan content in wort was 147 mg/l, at the detected scope of 16 to 370 mg/l. β-glucan content higher than 200 mg/l was determined at 18% of malt samples, in 4% of samples, β-glucan content was higher than 250 mg/l.

### 4 CONCLUSION

The quantity of harvested barley is 1.1 mil. tons. Barley grain has a high content of nitrogenous substances and lower values of sieving fractions above 2.5 mm, mainly in the areas with low rainfall. The low incidence of biologically and physiologically damaged grains is favorable. Germination capacity of grain is good. Compared to the previous harvest, the more fre-

10<sup>6</sup> or M<sub>g</sub>

1000 thousand = M

10<sup>6</sup>

million every industry

### **8.3. Résultat d'analyse du témoin tchèque**



**Research Institute of Brewing and Malting, Plc.**  
Analytical testing laboratory - Malting Institute Brno  
Mostecká 7, 614 00 Brno, Czech Republic  
Tel: 545 214 110, Fax: 00 420 545 321 225  
www.beerresearch.cz

## Comparative malt sample

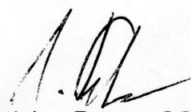
	Unit	Average result	Uncertainty
Moisture content	%	4,7	±0,2
Friability	%	89,7	±3,4
Homogeneity by friabilimeter	%	99,4	±0,5
Glassy corns	%	0,4	
Partly unmodified grains	%	0,6	
Extract fine flour	%	80,7	±0,6
Extract coarse flour	%	79,8	±0,5
Wort colour	u. EBC	3,2	±0,3
Wort colour after boiling	u. EBC	5,4	±0,6
Diastatic power	u.WK	319	±18
Viscosity of wort (8,6%)	mPa.s	1,51	±0,02
pH of wort		6,00	±0,05
Relative extract at 45°C	%	36,7	±0,9
Apparent final attenuation	%	79,5	±0,7
Total nitrogen in malt	%	11,5	±0,3
Soluble nitrogen of wort	mg/100ml	76,6	±3,0
Kolbach index	%	37,2	±1,7
B-glucans in wort	mg/l	97	±28
Haze of wort 90°	u. EBC	3,58	±0,94
Haze of wort 12°	u. EBC	4,02	±0,70
Saccharification rate	min.	11	±3
Aroma of wort		malty	
Speed of filtration	min.	9	±3
Clarity of wort (visual)		weakly opalizing	
α-amylase (SFA analyzer)	D.U.	51	±4
Free amino nitrogen	mg/l	151	±10
Homogeneity (Calc.)	%	93,1	±9,7
Modifikace (Calc.)	%	99,1	±1,3

4.278 P  
0,6844

The analysis was carried out 20 times within 1 month according to EBC and VÚPS methodology.

Brno, 19 March 2018



  
Ing. Vratislav Psota, CSc.  
Manager of laboratory

#### **8.4. Temps de chute de Hagberg pour détecter une prégermination de l'orge**





# The Falling Number Method for Detection of Sprout Damage in Barley



**The World Standard  
Method for  $\alpha$ -  
amylase activity:**  
ICC 107/1  
AACC 56-81B  
ISO/DIS 3093

Falling Number 1900

## Field Sprouting of Barley

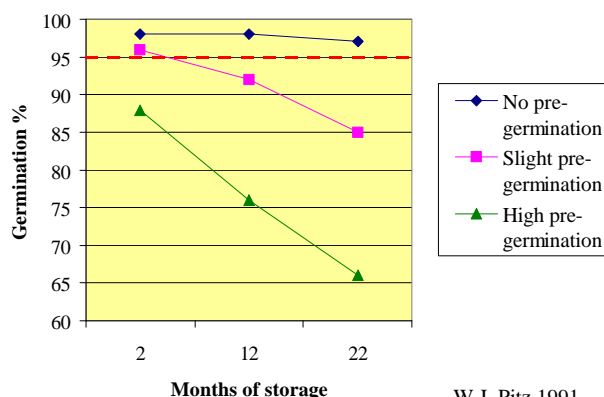
Sound, viable grains are required for a high germination in malting barley. Several studies have shown that barley that has pre-germinated in the field has a decreased ability to germinate during the malting process, leading to high levels of beta-glucan in the wort. Even barley with a low degree of pre-germination will be affected. The ability to germinate further decreases during storage, and barley with acceptable germination at harvest could only months later exhibit germinations significantly lower than the generally requested 95%. The slight pre-germination is not possible to detect through visual inspection, but through measurement of  $\alpha$ -amylase activity.

## The Falling Number Method

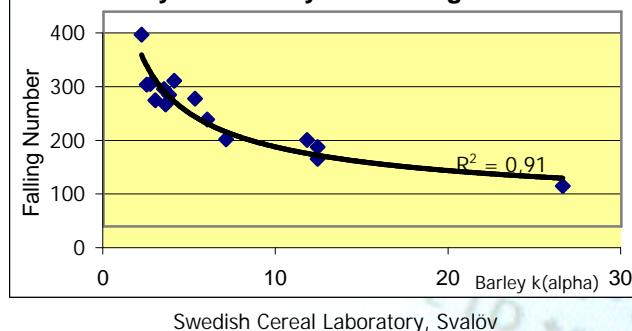
The Falling Number method is widely used in the grain and milling industries for rapid sprout damage detection in grain. The method is standardized and officially approved by important organizations such as AACC, ICC and ISO.

The principle of the method is to heat a mixture of water and ground grain, thus gelatinizing the starch. The starch will then be hydrolyzed if  $\alpha$ -amylase is present. The higher the  $\alpha$ -amylase activity the more starch will be hydrolyzed, thus lowering the viscosity of the mixture. The viscosity is measured by letting a rod fall through the mixture, measuring the time it takes for it to fall a specified distance. That time correlates to the  $\alpha$ -amylase activity and is the Falling Number (FN) of the sample.

Malting barley germination stability



Relationship between barley  $\alpha$ -amylase activity and Falling Number



## Industrial Use – Barley Intake

To avoid purchase of pre-germinated barley the Falling Number analysis can be used for acceptance testing at the barley intake. The method is rapid and determines if the barley is pre-germinated within 5 minutes. Carlsberg Sweden in Stockholm uses Falling Number 220 as a limit when purchasing malting barley.

FN > 220 Sound barley, batch OK for intake  
FN < 220 Pre-germinated. Risk for poor germination, further tests needed.

## Literature

- W. J. Pitz. *Rapid and Objective Methods for the Estimation of Pre-germination and Viability in Barley*. ASBC Journal Vol. 49, No. 3 1991.
- P. A. Brookes. *The Significance of Pre-harvest Sprouting of Barley in Malting and Brewing*. Cereal Research Communications, Vol. 8, No. 1, 1980.



## **8.5. Etalonnage de la droite à l'alanine pour les FAN**

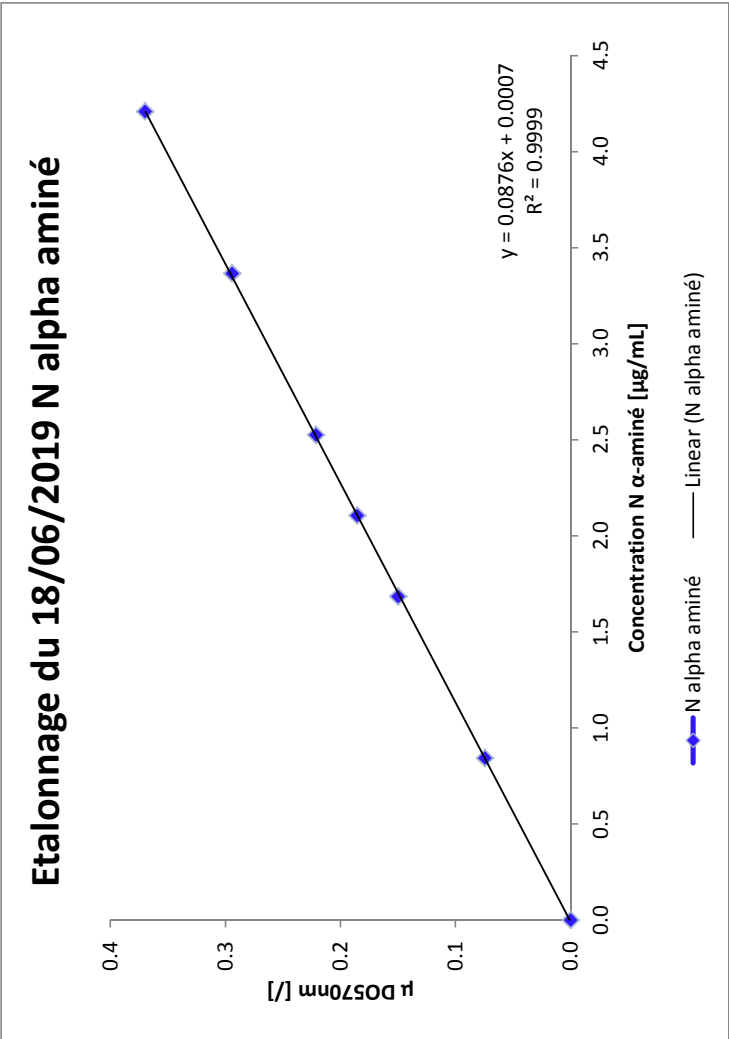
ETALONNAGE N α-AMINE

Date: 18/06/2019  
Concentration alanine (pesée) [g/L]: 0.0134  
Concentration N α-aminé [g/L]: 2.1038E-03  
Concentration N α-aminé [µg/mL]: 2.1038

Volume slt° alanine [mL]	Concentration N α-aminé [µg/mL]	DO <sub>570nm</sub> vx spectro [l]	µ DO <sub>570nm</sub> vx spectro [l]
0.0	0.000	0.000	0.000
0.4	0.842	0.074	0.075
0.8	1.683	0.148	0.150
1.0	2.104	0.189	0.186
1.2	2.525	0.224	0.222
1.6	3.366	0.290	0.295
2.0	4.208	0.365	0.370

Linéarisation (y=ax+b)

a	0.0876
b	0.0007
R²	0.9999



FAN ppm ou mg/L ou µg/mL =  $\frac{(A_{570} \cdot F)}{2 \text{ pente}}$

