

TRAITÉ DE
BRASSERIE

SONIA COLLIN

TRAITÉ DE
BRASSERIE

TOME 1

LA BIÈRE ET SES MATIÈRES PREMIÈRES

DUNOD

Direction artistique : Nicolas Wiel
Graphisme de couverture : Pierre André Gualino
Illustration de couverture : Dies-irae/Shutterstock.com

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du

Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2022

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-083186-9

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

Préface de la première édition du <i>Cours de Brasserie</i> de J. De Clerck	1
Préface de la présente édition	3
Introduction de la présente édition	5
Historique de l'École de brasserie de l'Université catholique de Louvain	9

Partie A

Les matières premières

Chapitre 1 ■ L'orge	19
Benoît Descamps, Sonia Collin	
1 Introduction	19
1.1 Historique	19
1.2 Taxonomie	20
1.3 Contexte économique	20
2 Culture de l'orge	21
2.1 Climat et sol	21
2.2 Types d'orge	21
2.3 Maladies	24
2.4 Réponses apportées aux changements climatiques et à la demande d'orges « bio »	27
2.5 Choix de la variété	28
3 Sélection de l'orge de brasserie	30
4 Anatomie du grain d'orge	32
4.1 Caractères morphologiques	32
4.2 Constitution du grain	33
5 Composition chimique de l'orge	36
5.1 Répartition des principales composantes	36
5.2 L'amidon	37

5.3 Les autres hydrates de carbone	38
5.4 Les matières azotées	42
5.5 Les matières grasses	44
5.6 Les minéraux	45
5.7 Les polyphénols	45
6 Choix et appréciation de l'orge	46
6.1 Caractéristiques externes ou appréciation à vue	46
6.2 Analyses standardisées de l'orge et normes	47
6.3 Micromaltages	51
Chapitre 2 ■ Les grains crus et les sucres	53
Benoît Descamps, Sonia Collin	
1 Introduction	53
2 Les grains crus entiers	57
2.1 Le riz	57
2.2 Le maïs	60
2.3 Le froment	66
2.4 L'orge crue	70
2.5 Le sorgho	71
2.6 Le manioc	77
2.7 Autres céréales	79
3 Les grains crus modifiés	80
3.1 Les flocons	80
3.2 Les amidons	80
4 Les sucres et édulcorants	81
4.1 Les édulcorants	81
4.2 Les sucres et sirops	83
4.3 Les sucres caramélisés et colorants	88
4.4 Les extraits de malt	89
5 Contrôle de qualité des grains crus	90
5.1 Analyses physiques	90
5.2 Analyses chimiques	90
Chapitre 3 ■ Le houblon	93
Cécile Chenot, Sonia Collin	
1 Description et culture	93
2 Classification et sélection de nouvelles variétés	97

3	Provenance	104
4	Composition chimique du houblon	105
4.1	Résines	105
4.2	Tanins et polyphénols	110
4.3	Polysaccharides	119
4.4	Protéines et acides aminés	119
4.5	Lipides	120
4.6	Huiles essentielles	120
4.7	Précurseurs d'arômes	134
4.8	Techniques d'analyse de base du houblon	143
5	Stockage et dérivés du houblon	146
5.1	Les pellets	148
5.2	Les extraits	149
5.3	Les dérivés isomérisés	150
5.4	Les dérivés spéciaux	152
6	Pouvoir bactériostatique et effet santé	153
Chapitre 4 ■ L'eau		157
Thibaut Lepage, Marc Maudoux, Sonia Collin		
1	Propriétés physiques de l'eau	157
1.1	La densité	157
1.2	La viscosité et la tension superficielle	160
1.3	La solubilité des gaz	160
2	Potabilité de l'eau et aspects légaux	161
2.1	Propriétés organoleptiques	161
2.2	Propriétés physico-chimiques et substances toxiques	162
2.3	Paramètres microbiologiques	164
2.4	Aspects théoriques sur les bactéries pathogènes	164
3	Qualités physico-chimiques de l'eau en brasserie	165
3.1	Dureté	165
3.2	Alcalinité et pH	169
3.3	Impact des différents ions présents dans l'eau	173
4	Utilisation de l'eau en brasserie	178
4.1	Catégories d'eau en brasserie	178
4.2	Consommation de l'eau en brasserie	183

5 Sources d'eau	186
5.1 Eaux de puits et eaux de sources	186
5.2 Eaux de surface	186
5.3 Eau de ville	186
5.4 Autres sources d'eau	187
6 Déminéralisation de l'eau de brassage et corrections	187
6.1 Résines échangeuses d'ions	187
6.2 Osmose inverse et nanofiltration	189
6.3 Correction par addition d'acides	190
6.4 Correction par addition de sulfates de calcium ou de chlorures de calcium	191
7 Stérilisation des eaux	191
7.1 Chloration	191
7.2 Traitement par rayonnements UV	192
7.3 Ozonation	193
7.4 Addition d'ions argent	194
7.5 Microfiltration et ultrafiltration	195
7.6 Récapitulatif des méthodes de désinfection de l'eau	195

Partie B

Le maltage

Chapitre 5 ■ La préparation de l'orge	199
Quentin Malache, Sonia Collin	
1 Aspects théoriques	199
1.1 Introduction au maltage	199
1.2 Dormance	199
1.3 Conservation	200
1.4 Attentes du malteur	203
2 Réception de l'orge	204
2.1 Acheminement	204
2.2 Contrôle qualité	207
3 Nettoyage et calibrage	213
3.1 Généralités	213

3.2 Pré-nettoyage	213
3.3 Ébarbeurs	216
3.4 Épierreurs	216
3.5 Trieurs	217
3.6 Calibreur	219
3.7 Table densimétrique	220
3.8 Diagramme de nettoyage	220
4 Transport	221
4.1 Transporteurs mécaniques	221
4.2 Transporteurs pneumatiques	223
5 Stockage en malterie	225
5.1 Séchage et ventilation	225
5.2 Enceinte de stockage	226
6 Pesée des grains	226
Chapitre 6 ■ Le trempage de l'orge	227
Quentin Malache, Sonia Collin	
1 Aspects théoriques	227
1.1 Introduction à la trempe	227
1.2 Absorption d'eau	227
1.3 Physiologie du déclenchement de la germination	229
1.4 Transformation de l'orge au trempage	229
2 Procédés et technologie	230
2.1 Les cuves à tremper	230
2.2 Gestion de l'eau	232
2.3 Diagramme de trempe	232
2.4 Techniques de trempe	233
2.5 Décuvage	234
3 Additions diverses au trempage	235
3.1 Désinfection des grains	235
3.2 Activateurs de germination	236
3.3 Réduction des tanins	236

Chapitre 7 ■ La germination de l'orge	237
Thibault Peters, Julien Slabbinck, Sonia Collin	
1 Contexte de la germination	237
1.1 Objectifs	237
1.2 Intérêt de la germination en brasserie	238
1.3 Transformations morphologiques et désagrégation du malt	239
2 Hydrolyses enzymatiques au cours de la germination	241
2.1 Dégradation des parois cellulaires	242
2.2 Dégradation de l'amidon	245
2.3 Hydrolyse des protéines	251
2.4 Hydrolyse des acides nucléiques et d'autres fractions azotées	253
2.5 Hydrolyse des lipides	253
2.6 Hydrolyse de l'acide phytique	254
2.7 Oxydation des polyphénols	254
3 Étapes et paramètres de la germination	254
3.1 Influence de l'humidité du grain	255
3.2 Influence de la température de l'air	255
3.3 Influence de l'aération	256
3.4 Influence de la durée de germination	256
3.5 Influence des auxiliaires technologiques	257
4 Techniques de germination	259
4.1 Germination sur aire	259
4.2 Germination pneumatique	261
5 Maltage d'autres céréales que l'orge	271
5.1 Le riz	271
5.2 Le maïs	272
5.3 Le sorgho	272
5.4 Autres céréales	274
Chapitre 8 ■ Le touraillage	275
William Donck, Sonia Collin	
1 Objectifs généraux du touraillage	275
2 Le séchage du malt et l'inactivation des enzymes	276
3 La dégradation de la S-méthylméthionine (SMM)	278
4 Arômes et coloration du malt	278

4.1 Réactions de Maillard	278
4.2 Formation des aldéhydes de Strecker	282
4.3 Formation des hétérocycles azotés	283
4.4 Évolution des teneurs en sucres simples et en acides aminés	286
5 Impact du touraillage sur la teneur en polyphénols	287
6 Technologie du touraillage	289
6.1 Construction des tourailles	289
6.2 Conduite du touraillage	298
6.3 Aspects énergétiques du séchage	301
6.4 Dégermage du malt	303
6.5 Élimination des grains durs	304
6.6 Les radicules	305
6.7 Conservation du malt	306
6.8 Gains et optimisations énergétiques	307
Chapitre 9 ■ L'appréciation du malt	321
Celso Lorenzo, Sonia Collin	
1 Caractéristiques physico-chimiques déterminées sur malt	321
1.1 Humidité	321
1.2 Poids de 1 000 grains	321
1.3 Triage des grains entiers	322
1.4 Friabilité	322
1.5 Taux de désagrégation et homogénéité, déterminés au calcofluor	323
2 Paramètres physico-chimiques et organoleptiques déterminés sur moût	324
2.1 Brassins conventionnels et rendement en extrait	324
2.2 pH	327
2.3 Coloration	327
2.4 Matières azotées	329
2.5 Viscosité	333
2.6 Bêta-glucanes	333
3 Activités enzymatiques du malt	334
3.1 Pouvoir diastasique et temps de saccharification	334
3.2 Activité alpha-amylase	336
3.3 Activité bêta-amylase	337

4 Analyses chromatographiques avancées (sur moût conventionnel ou sur malt)	338
4.1 Dosage de la S-méthylméthionine (SMM, PDMS)	338
4.2 Dosage des contaminants du malt	338
5 Valeurs de référence pour des malts séchés sur touraille	340
Chapitre 10 ■ Les malts spéciaux	343
Sonia Collin, Julien Slabbinck	
1 Malts produits avec intensification des réactions de Maillard et/ou de caramélisation	343
1.1 Dénomination des différents malts colorés	343
1.2 Voies de production des malts colorés	345
1.3 Coloration et type de malt	350
1.4 Arômes spécifiques des malts spéciaux	352
1.5 Pouvoir antioxydant des malts spéciaux	364
1.6 Contaminants des malts spéciaux	365
1.7 Dispositifs technologiques récents pour la production de malts colorés	368
2 Autres procédés de production de malts avec germination ou touraillage non conventionnels	370
2.1 Malts diastasiques	370
2.2 Malts tourbés et fumés	371
2.3 Malts piqués	371
2.4 Malts acides	371
3 Malts biologiques	372

Partie C

La bière finie

Chapitre 11 ■ Le paysage brassicole mondial et les principaux types de bière	377
Margaux Simon, Serge Deboot, Sonia Collin	
1 Le paysage brassicole au ^{xxi} ^e siècle	378
1.1 Grands groupes brassicoles et brasseries indépendantes	378
1.2 Dimension de brasserie et optimisation du procédé de fabrication	384

2 Les bières de fermentation basse	385
2.1 La lager viennoise	386
2.2 La Pilsner	386
2.3 Les bières de fermentation basse allemandes	386
2.4 Autres lagers européennes	391
2.5 La lager américaine	393
3 Les bières de fermentation haute	393
3.1 Les bières de fermentation haute de type anglais ou irlandais	394
3.2 Les bières de fermentation haute de type belge	397
3.3 Les bières de fermentation haute de type allemand	401
3.4 Les bières de fermentation haute de type français	404
3.5 Les bières de fermentation haute de type américain	405
4 Les bières de fermentation mixte et/ou spontanée	408
4.1 Lambic, gueuze, kriel et faro	408
4.2 Rouge des Flandres	411
4.3 Vieille brune flamande	411
5 Bières biologiques	412
5.1 Définition et législation	412
5.2 Disponibilité des matières premières	414
5.3 Méthode de production et précautions	414
5.4 Exemples	415
6 Bières sans gluten	415
6.1 Définition et législation	415
6.2 Méthodes de production	416
6.3 Exemples	420
7 Bières non alcoolisées ou faiblement alcoolisées (NABLABs)	420
7.1 Définitions et législations	421
7.2 Méthodes de production	422
7.3 Quelques exemples de NABLABs	431
7.4 Bière de spécialité	432
Chapitre 12 ■ Qualités et défauts de la bière	435
Sonia Collin	
1 Qualités visuelles d'une bière	436
1.1 La couleur	436
1.2 La brillance	436

1.3 La saturation et le pétillant	438
1.4 La mousse	438
2 Flaveurs d'une bière fraîche	442
2.1 Arômes d'une bière fraîche	442
2.2 Saveurs d'une bière fraîche	453
3 Valeurs nutritives	457
4 Évolution des arômes au cours du vieillissement de la bière	458
4.1 <i>trans</i> -2-Nonénal	458
4.2 Méthional, autres aldéhydes de Strecker et aldéhydes hétérocycliques	473
4.3 Diméthyltrisulfure	474
4.4 3-Méthyl-2-butène-1-thiol (MBT, isopenténylmercaptan, goût de lumière)	476
4.5 3-Sulfanyl-3-méthylbutyl formate (défaut de ribes, de cassis)	478
4.6 Perte des thiols polyfonctionnels responsables de l'arôme houblonné	479
4.7 Bêta-damascénone et autres dérivés de glycosides	479
4.8 Phénols volatils	481
4.9 2-Furfuryléthyléther et autres dérivés d'une substitution nucléophile par l'éthanol	482
4.10 Sotolon (défaut de Madeire)	484
5 Évolution du goût, du trouble et de la couleur au cours du vieillissement de la bière	486
5.1 Évolution de l'amertume	486
5.2 Instabilité colloïdale de la bière	487
5.3 Évolution de la couleur	492
6 Instabilité microbiologique de la bière	492
6.1 Types de micro-organismes potentiellement présents dans la bière finie	492
6.2 Instabilité de la bière liée à la présence de moisissures	494
Chapitre 13 ■ Le débit de la bière	495
Pierre Baraut, Nicolas Declercq	
1 Tirage d'une bière à la pression	495
1.1 Introduction	495
1.2 Pression dans le fût	496

1.3 Installation de la tireuse	500
2 Service de qualité	506
2.1 Le verre	506
2.2 Le rinçage du verre	507
2.3 Le geste	508
3 Tendances et innovations	508
3.1 Alternatives à la tireuse à bec traditionnel	508
3.2 Petite tireuse à bière en restauration	509
3.3 Les tireuses à bière domestiques	510
3.4 Le growler, système de bière pression à emporter	510
4 Entretien du bar	512
4.1 Nettoyage des tuyauteries	512
Références	515
Livres communs à tous les chapitres	515
Introduction	516
Partie A	516
Partie B	526
Partie C	533
Index	545

Préface de la première édition du *Cours de Brasserie* de J. De Clerck

Les présentes « leçons », qui constituent le *Cours de Brasserie* professé par M. De Clerck, seront très utiles non seulement à ses élèves, mais également à ceux qui, depuis plus d'un demi-siècle, sont passés par l'École de brasserie de Louvain. De nombreux autres techniciens en bénéficieront également. En effet, tous y trouveront le moyen de se mettre systématiquement au courant des connaissances variées indispensables à un brasseur moderne.

La littérature brassicole ne manque guère, mais elle est divisée et disséminée dans de nombreuses publications périodiques. Il n'existe que peu de traités généraux de brasserie, à la fois complets et détaillés – du moins peu de dates récentes –, exposant méthodiquement toute la science brassicole, c'est-à-dire embrassant l'ensemble de cette grande industrie depuis ses matières premières jusqu'au contrôle final de leur utilisation, et cela avec toutes les descriptions et explications que pareil exposé comporte.

Le vaste et magnifique travail de M. Jean De Clerck répond à ce constant besoin de savoir qui anime tous les brasseurs soucieux de progrès. Bien rares sont leurs questions qui n'y trouveraient pas réponse.

Ce gros ouvrage comprend deux volumes, dont le premier étudie la fabrication et les installations, tandis que le second sera consacré aux analyses et aux contrôles. Son savant auteur est suffisamment connu, aussi bien à l'étranger que des techniciens belges, pour qu'il soit superflu de leur présenter celui qui a succédé au soussigné à l'université de Louvain.

Nous ne doutons pas que les nouvelles manifestations de la belle érudition du professeur De Clerck soient appréciées comme elles le méritent.

Janvier 1948

Léon Verhelst (†)

Professeur émérite de l'université de Louvain

Préface de la présente édition

« Si j'ai pu voir si loin, c'est que j'étais juché sur des épaules de géants », a écrit Isaac Newton à son collègue, le mathématicien et scientifique Robert Hook, en 1676. Cet aphorisme s'est révélé vrai aussi bien dans la vie en général que dans des domaines d'activités spécifiques tels que la brasserie.

La contribution de Jean De Clerck (né le 24 décembre 1902 à Bruxelles, et décédé le 3 janvier 1978 à Louvain) au développement des sciences du maltage, du brassage et de la fermentation a été telle que l'influence de ce géant de la science brassicole est encore pleinement d'actualité aujourd'hui. Parmi ses nombreux titres honorifiques, il faut souligner qu'il fut professeur émérite à l'université de Louvain, et docteur honoris causa de l'Université technique de Munich. De notre point de vue cependant, une de ses grandes réussites est également d'avoir été élevé au rang de président, puis de président d'honneur, de la European Brewery Convention (EBC), après avoir activement contribué à sa création.

Après la deuxième guerre mondiale, il a, avec son ami Philippe Kreiss, l'ancien directeur des Brasseries de la Meuse, pris grand soin d'entretenir des contacts internationaux : sur un continent ravagé par la guerre, il était en effet essentiel d'œuvrer pour l'unité entre les brasseurs, afin de pouvoir non seulement reconstruire les brasseries, mais aussi soutenir la collaboration internationale et créer un forum d'échange technique pour les brasseurs et les scientifiques brassicoles européens. C'est ainsi qu'en avril 1946, le Centre continental de brasserie fut fondé lors d'une réunion convoquée par M. Kreiss à Paris, où le professeur De Clerck était à la tête de la délégation belge. Lorsque le premier congrès fut organisé un an plus tard dans la ville balnéaire de Scheveningen aux Pays-Bas, il fit partie de l'équipe des 30 brasseurs et chercheurs belges présents, et y a présenté une communication importante intitulée « Détermination de tanins en brasserie ». Le nom du Centre continental de brasserie fut changé en European Brewery Convention durant ce premier congrès.

Une des préoccupations de l'époque était que les communications présentées au congrès étant généralement d'un très haut niveau scientifique, il

semblait y avoir un fossé profond entre ce savoir et son application pratique. Et c'est là que s'est révélé tout le génie de Jean De Clerck : il a pu comme personne allier un équilibre parfait entre théorie et application industrielle. Sa fonction de consultant dans de très nombreuses brasseries et sa présence constante sur le terrain n'y furent certainement pas étrangères : il comprenait à la perfection les besoins et les enjeux des brasseurs. Ce talent s'est entre autres matérialisé dans son fameux *Cours de Brasserie*, qui a été publié pour la première fois en 1948. Ce fut à l'époque le plus important manuel de brassage de langue française à paraître depuis le *Traité complet de la fabrication des bières*, publié en 1905 par Moreau et Levy. Le « De Clerck », comme on l'appelait – ainsi que sa seconde édition de 1962 – a accompagné à peu près tous les brasseurs belges pendant plus de quarante ans ! Une longévité qui montre toute la qualité de son travail.

Peu après leur publication, les deux tomes ont été traduits en allemand par le professeur P. Kolbach et en anglais par le Dr. K. Barton-Wright, tous deux biochimistes respectés. Le *Cours de Brasserie* a pu ainsi toucher largement un public de spécialistes internationaux, étendant son influence. Au moment où le livre en était à sa deuxième édition, le manuel de Jean De Clerck avait déjà atteint un public parmi les brasseurs du monde entier.

Il est intéressant de remarquer qu'en 1994, le Siebel Institute of Technology de Chicago l'a fait réimprimer à destination de ses étudiants, tant il jugeait que cet ouvrage conservait toute sa pertinence pour l'apprentissage de l'art du brassage. Il a à ce moment-là accompagné de nombreux brasseurs qui sont devenus les pionniers de la révolution « *craft beer* » américaine. Il restera un socle majeur de la littérature technique brassicole du xx^e siècle.

La communauté scientifique et technique des brasseurs, ainsi que l'EBC, doivent une grande reconnaissance à Jean De Clerck. Puisse la révision de son œuvre-phare continuer à contribuer à l'avancement du savoir dans le domaine de la brasserie.

Septembre 2021

John Marius Brauer
EBC Executive Officer

Introduction de la présente édition

La dernière édition du *Cours de Brasserie* du professeur Jean De Clerck date de 1962... il y a près de 60 ans! Encore aujourd'hui, il n'y a pas beaucoup de brasseries en Europe, en Afrique ou en Amérique où l'on ne trouve pas un exemplaire dans la bibliothèque du directeur technique ou du chef de fabrication. Beaucoup d'eau a toutefois coulé sous les ponts depuis, et de très grandes quantités de bière ont été produites. Il y a eu beaucoup d'effervescence, dans les écoles de brasserie et les brasseries elles-mêmes, ce qui fait que le paysage brassicole mondial a changé de façon significative. On peut se demander ce qui fait courir, vibrer et pétiller tout ce beau monde. Poser la question, c'est un peu y répondre. Toute cette dynamique est provoquée par la bière elle-même. Ce vieux breuvage, produit depuis plus de 3 000 ans, suscite toujours autant de passion, probablement provoquée par cette dichotomie si particulière qui existe dans le monde de la bière.

D'une part, le produit a traversé les siècles et s'est chargé d'histoire et de tradition. Chaque brasserie, chaque bière a une histoire spécifique qui tient à cœur son producteur ou son consommateur. Certaines de ces bières sont issues du mouvement « Craft » actuel et sont des produits récents. D'autres sont beaucoup plus anciennes et rattachées à des brasseries plusieurs fois centenaires qui ont survécu à tous les aléas de l'histoire. Tout cela fait que la brasserie et la bière sont ancrées profondément dans notre patrimoine, notre héritage et notre tradition.

D'autre part, la brasserie est l'une des industries alimentaires les plus développées, faisant l'objet de nombreuses recherches scientifiques. Il y a 3 000 ans, la production de bière relevait probablement beaucoup plus de la magie, du mystère et du savoir-faire de quelques personnes particulières. Au fil des années, les brasseurs ont essayé de mieux comprendre ce qui se passait dans leurs différentes cuves. Tout doucement, ils ont compris que les premières étapes de la fabrication consistaient à transformer l'amidon du brassin en sucres fermentescibles. Qu'ensuite, en donnant ce mélange de sucres à des levures, celles-ci le transformaient en bière. De fil en aiguille, de recherches en découvertes, les connaissances sur les mécanismes biologiques et biochimiques qui se déroulent lors de chacune des étapes de la

production, du maltage à la mise en bouteille, n'ont cessé de s'accumuler. Si bien qu'on connaît aujourd'hui la moindre composante du malt, du houblon et de la bière.

Cette dichotomie entre histoire et tradition d'une part, sciences et connaissances d'autre part, est très particulière au monde de la brasserie. La bière est un produit festif par excellence. Chaque fois qu'il y a quelque chose à partager en famille ou entre amis, on le fait autour d'un bon verre de bière que l'on consomme toujours avec amour... et modération, bien sûr. Tous les acteurs qui gravitent autour de ce merveilleux breuvage partagent en commun leur passion, qu'il soit question de microbrasseries récentes ou de grands noms qui ont plusieurs siècles d'histoire, qu'il s'agisse de consommateurs, de zythologues amateurs ou de brasseurs expérimentés.

Dans ce nouveau traité, nous avons voulu transmettre toutes les connaissances récentes sur la bière et sa fabrication, mais également la passion qui les anime. La dernière édition du *Cours de Brasserie* de Jean De Clerck datant d'il y a 60 ans, il s'agissait d'une refonte totale du livre de départ, même si son ADN a pu être conservé.

Les auteurs renouvellent leurs sincères remerciements à tous les co-auteurs (repris ici dans l'ordre d'apparition des chapitres), principalement des ingénieurs brasseurs de notre École, qui ont apporté leur compétence pour la rédaction de ce Tome 1 dédié aux matières premières, au maltage et à la bière finie :

- Benoît Descamps : brasseur expérimenté et consultant à l'international ;
- Cécile Chenot : spécialiste du houblon et enseignante au sein de notre diplôme de Master spécialisé en Génie brassicole ;
- Thibaut Lepage : jeune brasseur dans une multinationale ;
- Marc Maudoux : consultant en brasserie au sein de notre service d'analyses et enseignant au sein de notre diplôme de Master spécialisé en Génie brassicole ;
- Quentin Malache : jeune diplômé de notre École ;
- Thibault Peters : jeune diplômé de notre École ;
- Julien Slabbinck : malteur expérimenté et brasseur indépendant, enseignant au sein de notre diplôme de Master spécialisé en Génie brassicole ;
- William Donck : jeune diplômé de notre École ayant une expérience antérieure en malterie ;
- Celso Lorenzo : spécialiste des analyses des matières premières et de la bière ;
- Margaux Simon : spécialiste des bières sans alcool, participant aussi à l'encadrement au sein de notre diplôme de Master spécialisé en Génie brassicole ;

- Serge Deboot : spécialiste gestion globale des achats au sein d'une grosse multinationale, après avoir été précurseur dans le monde des microbrasseries ;
- Pierre Baraut : jeune diplômé de notre École ayant une expérience antérieure en malterie et en brasserie industrielle ;
- Nicolas Declercq : brasseur indépendant ayant une longue expérience à l'international, et enseignant au sein de notre diplôme de Master spécialisé en Génie brassicole.

Nous tenons aussi à exprimer nos remerciements aux nombreux experts ayant participé à la rédaction du Tome 2, dédié au processus de fabrication (bloc chaud et bloc froid), qui cumulent plus de 300 ans d'expérience au sein de brasseries belges ou de groupes de recherches universitaires. Ainsi, à la liste ci-dessus s'ajoutent, par ordre d'apparition :

- Étienne Bodart : technicien en microbrasserie et analyste expérimenté ;
- Pablo Alvarez : spécialiste des fermentations et de solutions innovantes en brasserie, et enseignant au sein de notre diplôme de Master spécialisé en Génie brassicole ;
- Frédérique Harmegnies : spécialiste R&D pour le développement de technologies en salles de brassage à l'international ;
- Christian De Brackeleire : développeur de technologies en salle de brassage à l'international ;
- Sandro Alvarez : spécialiste des arômes de la bière pour la mise en place de solutions à l'échelle industrielle ;
- Carlos Silva Ferreira : spécialiste des bières houblonnées à cru, participant aussi à l'encadrement au sein de notre diplôme de Master spécialisé en Génie brassicole ;
- Pierre Adam : brasseur expérimenté dans une multinationale, spécialiste de la filtration ;
- ainsi qu'Antonin Lomartire et tous les étudiants des promotions 2020-2021 et 2021-2022 qui nous ont aidés à finaliser le travail.

Nous espérons que cette nouvelle édition deviendra à son tour la référence du secteur... et le livre de chevet des étudiants en brasserie, tant de la faculté des bioingénieurs de l'Université catholique de Louvain que des autres écoles de par le monde. Après avoir lu, relu, utilisé et usé son exemplaire, le lecteur ne boira en tout cas jamais plus son verre de bière de la même manière, car il aura pris conscience que chaque gorgée contient des années de tradition et de sciences.

Historique de l'École de brasserie de l'Université catholique de Louvain

À la fin du XIX^e siècle, la Belgique comptait un peu plus de 3 000 brasseries. Un grand nombre d'entre elles étaient construites dans de grandes fermes, ce qui permettait d'abreuver les nombreux travailleurs saisonniers qu'elles engageaient pour les moissons. La consommation de bière par habitant se situait aux environs de 200 litres par an, soit trois fois plus qu'aujourd'hui. Un groupe de brasseurs belges, avec à leur tête Modeste Van den Bogaert, brasseur à Willebroek, fit une série de démarches auprès des dirigeants de notre université pour ajouter une formation en Brasserie à notre Alma Mater. L'université, qui avait créé un Institut agronomique en 1878, officialisa la création de l'École supérieure de brasserie le 12 octobre 1887, rue des Récollets à Louvain.

Jules Vuylsteke n'avait que 22 ans lorsqu'il y commença sa carrière de professeur. Ingénieur Arts et Manufactures, du Génie civil et des Mines, il avait suivi les cours de brasserie à la célèbre école de brasserie allemande de Weihestephan, du réputé professeur Lintner, et avait fait des stages pratiques dans plusieurs pays de l'Europe de l'Est, du Nord et de Grande-Bretagne. Les 21 premiers étudiants de l'École de brasserie de l'Université de Louvain furent diplômés en 1890. Jules Vuylsteke professa de 1889 à 1908.

Après avoir été le bras droit de Jules Vuylsteke pendant 13 ans, c'est le professeur **Léon Verhelst** qui dirigera l'École de brasserie, jusqu'en 1936. Fils d'un brasseur des Flandres, il avait obtenu le diplôme de l'École en 1891. Lorsqu'il rejoint l'université en 1897, il a déjà six années d'expérience de terrain dans la brasserie familiale. En 1898, on lui demande également de s'occuper de la gestion des Brasseries Artois. Il aura donc deux casquettes pendant une bonne partie de sa carrière... De 1901 jusqu'à son décès en 1955,

il sera Président du conseil d'administration des brasseries Artois, aujourd'hui AB InBev. En 1938, Léon Verhelst finança personnellement l'installation du laboratoire de l'École de brasserie dans le nouvel Institut des sciences agronomiques à Louvain.

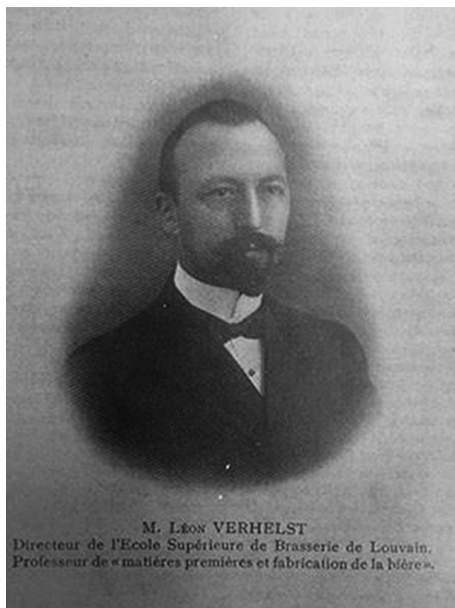


Figure 1 – Léon Verhelst.

De 1936 à 1939, la direction fut attribuée au professeur **Albert Mertens** qui, depuis 1909 déjà, était l'adjoint de Léon Verhelst et professait le cours « Matériel de brasserie ».

De 1939 à 1972, c'est **Jean De Clerck** qui lui conféra une réputation mondiale. Né en 1902, il devint orphelin dès l'âge de 11 ans. Élevé par ses grands-parents à Bruxelles, il n'a pas les moyens financiers d'entamer des études de médecine et rejoint l'École de brasserie, dont il sera diplômé en 1924. Dès son service militaire à l'artillerie à cheval de Louvain, il passe une grande partie de son temps libre au laboratoire comme assistant, passionné par les sciences brassicoles. Comme l'avait fait son professeur Léon Verhelst, il souhaite toutefois pratiquer sur le terrain avant d'enseigner. Après un an à la brasserie de Haacht où il se rend à vélo chaque jour (1929), il accepte un travail dans une brasserie plus proche à Bruxelles (1930), avant d'être rappelé à Haacht, avec cette fois une très belle maison à sa disposition, à l'entrée de la brasserie... C'est là que Jean De Clerck mettra au point un pH-mètre, long de plusieurs mètres. En 1933, après seulement trois ans

chez Haacht, il devient directeur technique des brasseries Artois, et y crée le laboratoire de contrôle et analyses. En 1939, Léon Verhelst demande à Jean De Clerck de lui succéder comme professeur de l'École de brasserie. Il y restera pendant 34 années, jusqu'à son éméritat en 1972. À partir de cette date, contrairement à ses prédécesseurs, Jean De Clerck consacra 100 % de son temps à notre université. Sa première contribution majeure fut, pendant huit années, la rédaction de son *Cours de Brasserie* qui deviendra on le sait le livre de chevet, certains disent la « bible », des brasseurs de par le monde. Après une relecture par son meilleur étudiant Gustave Van Roey (Chief Technical Officer des brasseries Artois de 1964 à 1988), son livre sera finalement imprimé en deux volumes en 1948 (volume 1 : Matières premières, Fabrication, Installations ; et volume 2 : Méthodes d'analyse, Contrôle de la fabrication), avec une réédition après révision complète en 1962/1963. Bien que parfait quadrilingue (français, néerlandais, allemand et anglais), Jean De Clerck confia la traduction allemande au professeur P. Kolbach, de la réputée école de brasserie VLB de Berlin (*Lehrbuch für Brauerei*, volume 1 en 1950 et volume 2 en 1952). En 1957 parut l'édition anglaise (*A Textbook of Brewing*), traduite par Kathleen Barton-Wright (édition reprise par le Siebel Institute of Technology, Chicago, États-Unis). On peut aussi mentionner deux traductions frauduleuses, l'une en Russe, l'autre en Chinois... Auteur de 250 articles et publications, dont 84 dans des revues étrangères, Jean De Clerck aura formé 266 ingénieurs brasseurs, dont 43 % venant de pays étrangers.

Jean De Clerck mit aussi le laboratoire de l'École de brasserie au service de l'industrie, en proposant un grand nombre d'analyses des matières premières et de la bière, incluant une série de protocoles simples et pratiques tels que la mesure de l'oxygène dissous, du trouble ou de la tenue de mousse. Consultant dans la majorité des grandes brasseries belges et dans de nombreux pays de ce monde, jusqu'en Argentine et au Japon, on lui doit la recette de bières mythiques, parmi lesquelles la Duvel (créée en 1935 avec son ami Albert Moortgat), la Chimay bleue (créée en 1950 avec le père Théodore) et la Super Bock (Portugal). En 1946, à la demande de Philippe Kreiss, directeur de la brasserie de la Meuse en France, il deviendra cofondateur de l'European Brewery Convention (EBC), organisation représentant les intérêts techniques et scientifiques du secteur brassicole en Europe. Jean De Clerck fut président de l'EBC de 1963 à 1971. Il y présida quatre congrès, qui comptaient à l'époque jusqu'à plus d'un millier de participants malteurs et brasseurs. En 1965, il fut nommé Docteur Ingénieur honoris causa de la Technische Hochschule de Munich.



Figure 2 – Jean De Clerk.

En 1968, le cardinal Suenens décide, sous la poussée politique de l'époque, de séparer l'Université catholique de Louvain en deux entités distinctes qui deviendront la KULeuven et l'UCLouvain. La partie francophone de la Faculté des sciences agronomiques quitte Leuven en 1974. Le recteur de l'université, monseigneur Massaux, demande au professeur De Clerck de faire un choix entre les deux langues pratiquées dans ses cours de brasserie, mais ce dernier lui répond que c'est à l'université de décider. Paroles de sage... Puisque la grande majorité des étudiants sont francophones, le recteur opte pour une localisation à Louvain-la-Neuve. Désormais, un diplôme universitaire belge en brasserie ne pourra plus être obtenu qu'à la place Croix du Sud (figure 3).



Figure 3 – L'UCLouvain sur le site de Louvain-la-Neuve.

Les travaux et enseignements de Jean De Clerck ont profondément influencé l'industrie brassicole belge et étrangère. Grâce à lui, l'art de brasser est devenu une science. Il sera considéré à juste titre comme le plus grand scientifique et praticien de l'art de brasser du ^{xx}e siècle. Souffrant d'une maladie dégénérative jusqu'à son décès en 1978, les quatre dernières années de son professorat furent très difficiles. Il ne pourra donc pas, comme ses deux prédécesseurs, assurer sa succession.

En 1973, le professeur **André Devreux** rejoint à son tour l'Université catholique de Louvain. Il a travaillé de nombreuses années avec son père dans la brasserie familiale à Mons, jusqu'à sa fermeture en 1973. Il est habitué au métier d'enseignant qu'il pratique depuis 1950 au CERIA à Bruxelles, école dont il est diplômé Ingénieur technique des industries de fermentation (1941) et où il a fondé en 1952 le laboratoire de recherche qui porte son nom. Il participera tout au long de sa carrière à divers enseignements à l'université de Porto, à Gand... tout en restant très proche du terrain, au travers d'activités de consultance pour différents groupes brassicoles (UNIBRA et différentes brasseries indépendantes en Afrique, Cardinal en Suisse, bière de Madère...). Le professeur André Devreux aimait le contact avec la production, ses anciens étudiants faisant régulièrement appel à lui lorsqu'ils étaient confrontés à des problèmes technologiques. C'est au travers de ses très nombreuses anecdotes qu'il arrivait à passionner l'auditoire des heures durant. Il restera pour la plupart des auteurs de ce livre notre modèle. Membre du Conseil de l'EBC durant de très nombreuses années, on se souviendra qu'il est aussi l'inventeur du « Bac décanteur Devreux ». Jusqu'à ses 97 ans (décès en 2019), il nous a fait le plaisir et l'honneur de soutenir notre enseignement en brasserie, à chaque fois que l'occasion lui était donnée.

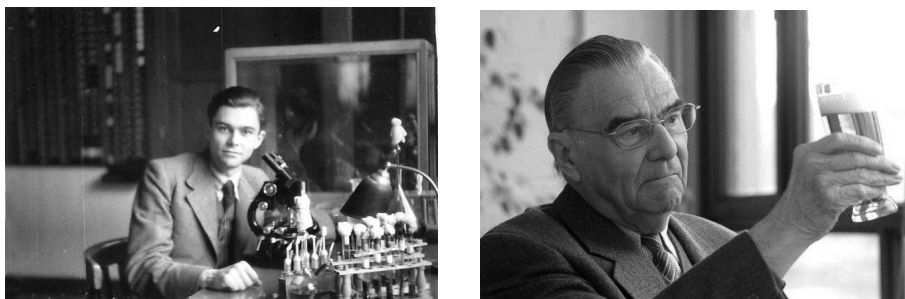


Figure 4 – André Devreux.

De 1984 à 1992, le professeur **Jean-Pierre Dufour** reprendra les cours de chimie et de biochimie brassicoles ainsi que la responsabilité de l'unité de Brasserie, André Devreux conservant néanmoins l'enseignement des cours

technologiques à l'exception du cours de filtration donné par le professeur Jacques Hermia. Bioingénieur de l'UCLouvain, Jean-Pierre Dufour avait réalisé sa thèse sous la promotion du professeur André Goffeau, célèbre pour avoir dirigé le séquençage génomique d'un premier organisme eucaryote entier (*Saccharomyces cerevisiae*). Les publications scientifiques du professeur Jean-Pierre Dufour concernent principalement le métabolisme de la levure (production d'esters, de diméthylsulfure...), le maltage du sorgho et les lipides du moût.

Après un bref passage de Jean-Louis Van Haecht (1993, groupe Castel), **Sonia Collin** reprend la direction du Laboratoire de Brasserie en 1995. Docteur en Sciences chimiques des facultés universitaires de Namur, le professeur Sonia Collin rejoint l'UCLouvain dès 1989, pour être ensuite nommée Chercheur qualifié du Fonds national de la recherche scientifique en 1992, poste qu'elle se verra dans l'obligation de quitter en 1995 pour se consacrer pleinement au métier de professeur d'université. Professeur ordinaire depuis 2009, elle a publié plus de 200 articles dans les meilleurs journaux scientifiques du domaine alimentaire et de la brasserie. Une vingtaine de thèses de doctorat (A. Bouseta (94), M.F. Hérent (98), S. Noël (98), P. Perpète (00), G. Piraprez (01), G. Lermusieau (02), L. Gijs (03), C. Liégeois (04), Ch. Counet (04), C. Vermeulen (05), D. Callemien (07), V. Jerkovic (07), J. Gros (12), H. Tran Thi Thu (14), C. Scholtes (15), C. De Taeye (17), M.L. Kankolongo (17), C. Chenot (22) et C. Silva (22)) et près de 300 mémoires défendus sous sa promotion ont participé au rayonnement de l'École de brasserie. Ceux-ci ont d'ailleurs largement contribué à enrichir le contenu de ce traité en y apportant les dernières découvertes du secteur. Ses travaux de recherche concernent principalement la chimie des polyphénols, les défauts d'arômes générés durant le vieillissement, les arômes soufrés, les réactions de Maillard et la chimie du houblon. Plusieurs arômes d'intérêt en brasserie ont également été étudiés dans d'autres matrices comme le chocolat et le vin. Elle a mené de nombreux projets de recherche d'envergure financés tant par les pouvoirs publics (CEE, Région wallonne...) que par l'industrie brassicole. Ses travaux ont notamment mené au dépôt de brevets. Créatrice de la recette de quelques belles bières régionales et de la Blonde of Saint-Tropez, elle a animé des séances de dégustation et organisé des formations professionnelles en brasserie, parfois devant un public prestigieux. Pour son activité de près de 30 ans au profit du monde brassicole belge, elle a reçu en septembre 2018, à l'instar du professeur De Clerck, les insignes de la Chevalerie du Fourquet des Brasseurs, aux côtés de Carlos Brito et Charles Michel (CEO AB InBev et Premier ministre belge de l'époque) (figure 5).