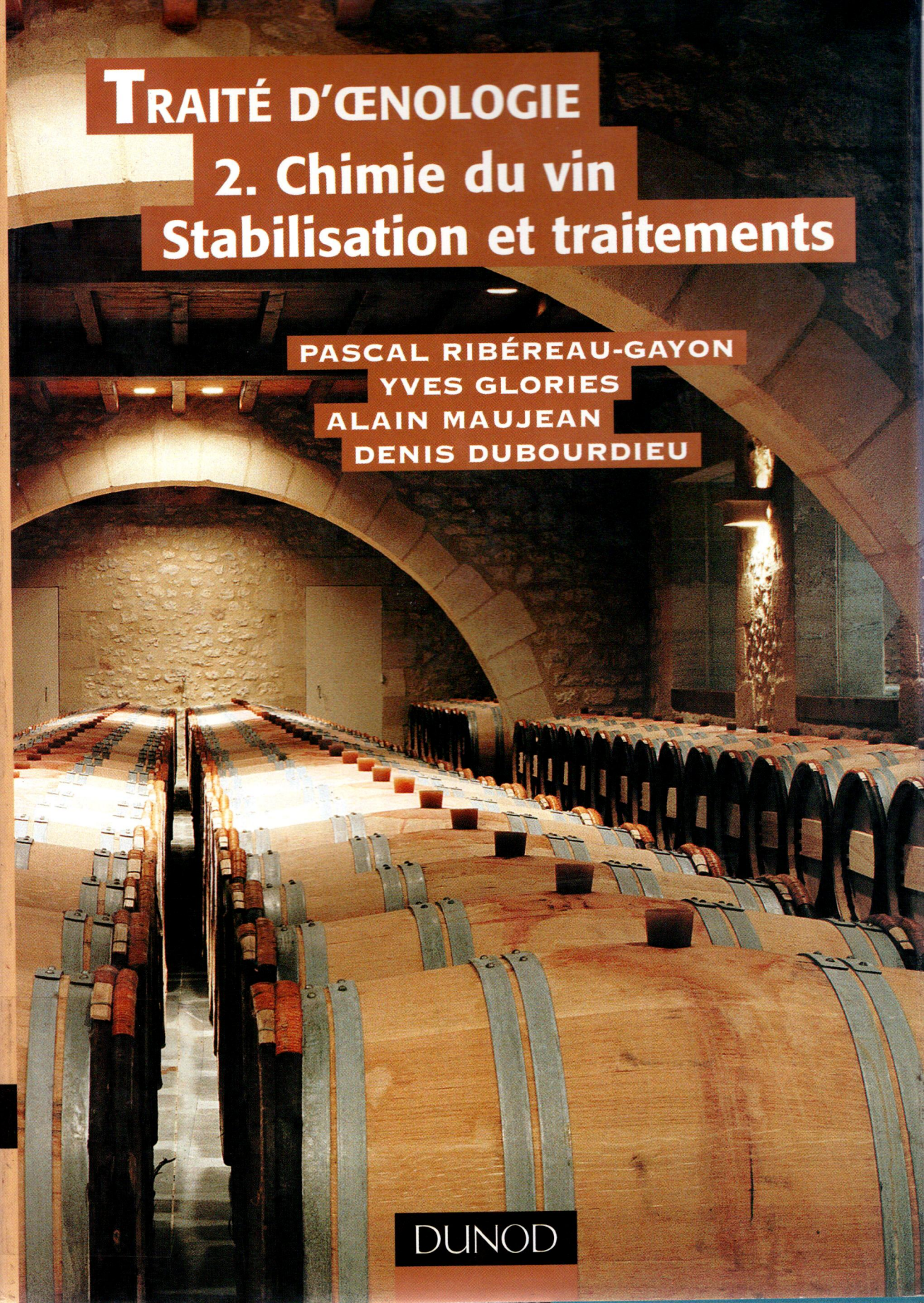


A photograph of a wine cellar. Rows of wooden barrels are arranged in long aisles, receding into the distance. The cellar has a vaulted stone ceiling and walls. Warm, focused lighting illuminates the barrels and the arches, creating a sense of depth and atmosphere. The barrels are made of light-colored wood with metal hoops and have dark, possibly cork, stoppers.

TRAITÉ D'ŒNOLOGIE

2. Chimie du vin
Stabilisation et traitements

PASCAL RIBÉREAU-GAYON

YVES GLORIES

ALAIN MAUJEAN

DENIS DUBOURDIEU

DUNOD

Pascal Ribéreau-Gayon
Yves Glories
Alain Maujean
Denis Dubourdieu



TRAITÉ D'ŒNOLOGIE

2. Chimie du vin

Stabilisation et traitements

Paru à l'origine à la fin des années quarante, régulièrement complété et mis à jour depuis cette date par des spécialistes réputés, traduit en plusieurs langues, le **Traité d'œnologie** s'est imposé comme la référence par excellence dans le domaine des sciences et techniques du vin.

Il s'adresse d'abord à tous les professionnels du vin, scientifiques, techniciens, viticulteurs, qui, dans leur pratique quotidienne, sont confrontés à des problèmes qu'ils doivent résoudre dans le respect de la qualité des produits. Il sera également la référence incontournable pour ceux qui suivent une formation d'œnologue.

Associant les sciences fondamentales et leurs applications, ce deuxième tome du Traité d'œnologie se propose d'interpréter, à partir des connaissances les plus modernes de la chimie, les différentes transformations dont le vin peut être le siège durant son élevage et les opérations qui permettent d'en valoriser la qualité.

Ce volume est complété par un premier tome intitulé :

Microbiologie du vin – Vinifications

qui se propose, dans le même esprit, de traiter les problèmes scientifiques et techniques soulevés par la mise en œuvre de différentes vinifications.

PASCAL RIBÉREAU-GAYON
YVES GLORIES
DENIS DUBOURDIEU

sont tous les trois professeurs
à la faculté d'œnologie
de l'université Victor Segalen
Bordeaux II.

ALAIN MAUJEAN

est professeur émérite au
laboratoire d'œnologie
de l'université de Reims-
Champagne-Ardenne.



ISBN 2 10 003948 2
Code 043948



TABLE DES MATIÈRES

Remerciements

XV

A

Chimie du vin

1 • Les acides organiques du vin	3
1.1 Introduction	3
1.2 Les principaux acides organiques	3
1.2.1 La configuration stérique des acides organiques	3
1.2.2 Les acides organiques du raisin	3
1.2.3 Les acides organiques de fermentation	6
1.3 Les différentes formes d'acidité	8
1.3.1 L'acidité totale	8
1.3.2 L'acidité volatile	9
1.3.3 L'acidité fixe	10
1.4 La notion de pH et ses applications	11
1.4.1 Définition	11
1.4.2 L'expression du pH des vins	12
1.4.3 La capacité « tampon » des moûts et des vins	13
1.4.4 L'application du pouvoir tampon à l'acidification et à la désacidification des vins	16
1.5 Le mécanisme et la prévision de la précipitation des sels de l'acide tartrique	19
1.5.1 Principe	19
1.5.2 La cristallisation et la précipitation des sels de l'acide tartrique	24
1.5.3 L'utilisation de la conductivité électrique pour le suivi des précipitations tartriques	26
1.6 Les tests de prévision de la stabilité des vins	27
1.6.1 Le test au réfrigérateur	27
1.6.2 Le test « mini-contact »	27
1.6.3 Le test de Wurdig et la notion de température de saturation du vin	30
1.6.4 La relation entre la température de saturation et la température de stabilisation d'un vin	33
1.6.5 L'application industrielle de la relation entre les températures de saturation et de stabilité d'un vin	37

1.7 La prévention de la précipitation des sels de l'acide tartrique	38
1.7.1 Introduction	38
1.7.2 La stabilisation par le froid de longue durée, sans ensemencement avec des cristaux de tartre	38
1.7.3 La stabilisation par le froid de courte durée. Procédé par contact statique	39
1.7.4 La stabilisation par le froid de courte durée Le procédé par contact en régime dynamique continu	40
1.7.5 La prévention contre les troubles de tartrate de calcium	41
1.7.6 L'utilisation de l'acide métatartrique et de la carboxyméthylcellulose	42
1.7.7 L'utilisation des mannoprotéines de levures	47
 2 • Les alcools et les autres produits volatils	 51
2.1 L'alcool éthylique	51
2.2 Les autres alcools simples	53
2.2.1 L'alcool méthylique	53
2.2.2 Les alcools supérieurs d'origine fermentaire	54
2.2.3 Les alcools divers	56
2.3 Les polyols	57
2.3.1 Le glycérol, polyol en C3	57
2.3.2 Le 2,3-butanediol et l'érythritol, polyols en C4	58
2.3.3 L'arabitol, polyol en C5	59
2.3.4 Le mannitol, le sorbitol et le mésoinositol, polyols en C6	59
2.4 Les acides gras de la série aliphatique	60
2.5 Les esters	61
2.5.1 L'acétate d'éthyle	61
2.5.2 Les esters éthyliques d'acides gras et les esters acétiques d'alcools supérieurs	62
2.5.3 Les esters d'origine chimique	63
2.6 Les composés divers	64
2.6.1 Les composés carbonylés (aldéhydes et cétones)	64
2.6.2 Les acétals	66
2.6.3 Les lactones	67
 3 • Les glucides	 69
3.1 Introduction	69
3.2 Le glucose et le fructose	70
3.2.1 Leur présence dans le raisin et le vin	70
3.2.2 Leur structure chimique	71
3.3 Les autres sucres	74
3.3.1 Les oses simples	74
3.3.2 Les diholosides	76
3.4 Les propriétés chimiques des sucres	77
3.4.1 Les propriétés spécifiques	77
3.4.2 La réduction des liqueurs cupriques alcalines (liqueurs de Fehling)	79
3.4.3 L'addition de la phénylhydrazine pour l'identification chimique	79
3.4.4 Les réactions de méthylation et d'acétylation conduisant à des dérivés volatils identifiables par chromatographie en phase gazeuse	80

5.3. Les acides aminés	130
5.3.1 Leur structure	130
5.3.2 Leur présence dans les moûts et les vins	131
5.3.3 Les oligopeptides	135
5.4 Les formes diverses d'azote	136
5.4.1 L'urée	136
5.4.2 Le carbamate d'éthyle	138
5.4.3 Les amines biogènes	140
5.5 Les protéines et la casse protéique	143
5.5.1 Les protéines	143
5.5.2 Le mécanisme de la casse protéique	148
5.5.3 Les facteurs d'enrichissement des moûts en protéines	148
5.5.4 Les tests de stabilité protéique	151
5.6 La prévention de la casse protéique	153
5.6.1 Le principe des traitements de stabilisation vis-à-vis de la casse protéique	153
5.6.2 L'emploi des bentonites pour l'élimination des protéines	153
5.6.3 Les tentatives de remplacement du traitement à la bentonite	155
5.6.4 La stabilisation protéique des vins blancs au cours de leur élevage sur lies	156
6 • Les composés phénoliques	163
6.1 Introduction	163
6.2 La nature des substances	163
6.2.1 Les acides phénols et leurs dérivés	163
6.2.2 Les flavonoïdes	166
6.2.3 Les anthocyanes	168
6.2.4 Les tanins	171
6.3 Les propriétés chimiques des anthocyanes et des tanins	176
6.3.1 Les propriétés des phénols	176
6.3.2 Les équilibres des anthocyanes en fonction du pH et du SO ₂	177
6.3.3 Les réactions de dégradation des anthocyanes	182
6.3.4 Les réactions des tanins avec des polymères protéiques et glucidiques	184
6.3.5 La formation de carbocations à partir des procyanidines	186
6.3.6 Les réactions d'oxydation des procyanidines	188
6.3.7 Les réactions de polymérisation des procyanidines	191
6.3.8 La réaction de copigmentation des anthocyanes	193
6.3.9 Les réactions des composés à double liaison polarisée avec les anthocyanes	194
6.3.10 Les réactions de condensation des anthocyanes et des tanins	196
6.4 Le dosage des anthocyanes et des tanins Les propriétés organoleptiques	198
6.4.1 L'évaluation du contenu phénolique des vins rouges et des vins blancs	198
6.4.2 Le dosage des anthocyanes	200
6.4.3 Le dosage des tanins	203
6.4.4 L'appréciation des caractéristiques des tanins	205
6.4.5 L'étude de la couleur des vins	206
6.4.6 Le fractionnement des composés phénoliques des raisins et des vins	208
6.4.7 Les propriétés organoleptiques des composés phénoliques des vins rouges	210
6.5 L'évolution des anthocyanes et des tanins au cours de la maturation du raisin	214
6.5.1 La localisation des différents composés phénoliques dans le raisin	214
6.5.2 L'évolution des tanins et des anthocyanes au cours de la maturation du raisin	216

8.3 L'incidence des différentes formes d'altérations bactériennes	270
8.3.1 La formation d'acidité volatile par les bactéries	270
8.3.2 Les altérations par les bactéries lactiques	271
8.3.3 Les altérations par les bactéries acétiques	274
8.3.4 La contamination par les levures mycodermiques (la fleur)	276
8.4 L'origine microbiologique et les propriétés des phénols volatils	277
8.4.1 Les phénols volatils responsables de certaines déviations olfactives de type « phénolé » des vins	277
8.4.2 Les mécanismes enzymatiques de la production des vinyl-phénols par <i>S. cerevisiae</i>	281
8.4.3 L'influence de certains paramètres de la vinification sur la teneur en vinyl-phénols des vins blancs	282
8.4.4 Les circonstances et la fréquence d'apparition des éthyl-phénols dans les vins rouges	285
8.4.5 L'origine microbiologique et la voie de synthèse des éthyl-phénols dans les vins rouges	287
8.4.6 L'incidence des conditions d'élevage des vins rouges sur leur teneur en éthyl-phénols.	290
8.5 Les goûts de bouchon	293
8.5.1 La contamination du vin par le liège	293
8.5.2 La contamination du vin dans les locaux de stockage	298
8.6 La présence de dérivés soufrés et les odeurs de réduction	301
8.6.1 Introduction	301
8.6.2 Les composés soufrés volatils issus du métabolisme levurien	301
8.6.3 L'origine phytosanitaire de produits soufrés volatils	307
8.6.4 L'origine thermique de produits soufrés volatils	310
8.6.5 L'origine photochimique de produits soufrés volatils	312
8.7 Les défauts divers	315
8.7.1 La dégradation de l'acide sorbique et l'« odeur de géranium »	315
8.7.2 Le « goût de souris »	316
8.7.3 Le « goût d'amande amère » provoqué par un matériau au contact du vin	317
8.7.4 L'élimination des défauts organoleptiques	318
9 • La notion de limpidité et les phénomènes colloïdaux	323
9.1 La limpidité et la stabilité de la limpidité	323
9.1.1 Les problèmes liés à la limpidité	323
9.1.2 L'observation de la limpidité	324
9.2 L'état colloïdal	325
9.2.1 La classification des systèmes dispersés	325
9.2.2 Les différents types de colloïdes	326
9.2.3 Les propriétés des colloïdes	327
9.2.4 Les charges électriques des particules colloïdales	328
9.3 La réactivité des colloïdes	329
9.3.1 La stabilité et la floculation des colloïdes	329
9.3.2 Le cas particulier de la stabilité des colloïdes dits « hydrophiles »	331
9.3.3 La floculation mutuelle des colloïdes	333
9.3.4 Les phénomènes d'adsorption	334

10.10 Les traitements de clarifications divers	377
10.10.1 Les propriétés des sols de silice (Siligel, Klebosol)	377
10.10.2 L'utilisation des sols de silice en œnologie	378
10.10.3 Le traitement avec la polyvinylpolypyrrolidone (PVPP)	379
 11 • La clarification des vins par filtration et centrifugation	 383
11.1 Le principe de la filtration	383
11.2. Les lois de la filtration	384
11.2.1 Introduction	384
11.2.2 La filtration avec colmatage brusque des pores	384
11.2.3 La filtration avec colmatage progressif des pores	385
11.2.4 La filtration sur gâteau	386
11.2.5 La filtration avec colmatage intermédiaire des pores	387
11.3 Les méthodes d'appréciation de la qualité des clarifications	387
11.3.1 La mesure de la turbidité	387
11.3.2 La détermination de la teneur en matière solide	388
11.3.3 Le comptage des particules	388
11.3.4 Les contrôles microbiologiques	388
11.4 Les matériaux et les adjuvants de la filtration	389
11.4.1 Propriétés	389
11.4.2 La cellulose	390
11.4.3 Le kieselguhr ou diatomées	391
11.4.4 Les perlites	392
11.4.5 Les plaques filtrantes et les modules lenticulaires	392
11.4.6 Les membranes	393
11.5 Le fonctionnement des couches filtrantes	395
11.5.1 Les mécanismes de la filtration	395
11.5.2 L'incidence de la nature des troubles	397
11.6 La filtration sur précouche de diatomées (ou kieselguhr)	400
11.6.1 Introduction	400
11.6.2 Test de filtration au laboratoire	401
11.6.3 Les matériels de filtration	401
11.6.4 La constitution de la couche de filtration et le fonctionnement du filtre	402
11.6.5 L'utilisation d'un filtre presse	404
11.6.6 L'utilisation d'un filtre rotatif sous vide	405
11.7 La filtration sur plaques à base de cellulose	407
11.7.1 Introduction	407
11.7.2 La préparation des vins pour la filtration sur plaques	407
11.7.3 Le choix des paramètres de la filtration	410
11.7.4 La stérilisation du filtre	411
11.7.5 La filtration sur module lenticulaire	412
11.8 La filtration sur membranes	413
11.8.1 Introduction	413
11.8.2 Les cartouches préfiltres	413
11.8.3 La préparation des vins à la filtration. Les tests de filtration	414
11.8.4 Le choix des paramètres de la filtration	415

13.2 Le potentiel d'oxydoréduction	453
13.2.1 La mesure du potentiel d'oxydoréduction en milieu simple	453
13.2.2 La mesure du potentiel d'oxydoréduction dans le vin	454
13.2.3 La relation entre l'oxygène dissous et le potentiel d'oxydoréduction	455
13.3 Les facteurs influençant le potentiel d'oxydoréduction	457
13.3.1 L'influence des agents d'oxydoréduction	457
13.3.2 L'influence des constituants du vin et de certains facteurs externes	458
13.3.3 L'influence des différentes opérations du travail du vin	459
13.4 L'évolution des caractéristiques phénoliques des vins rouges (couleur et saveur) au cours de l'élevage	462
13.4.1 L'évolution du vin	462
13.4.2 Les modifications de l'intensité colorante	463
13.4.3 L'évolution de la couleur vers une teinte jaune-orange	466
13.4.4 Les transformations des tanins conduisant à leur assouplissement	467
13.4.5 L'influence des conditions externes sur l'évolution de la matière colorante et des tanins	468
13.5 Le vieillissement des vins rouges en bouteille	470
13.5.1 Les phénomènes du vieillissement	470
13.5.2 Un essai d'interprétation chimique	471
13.5.3 L'évolution du bouquet	473
13.5.4 Le vieillissement provoqué	475
13.6 Le travail du vin dans le chai	475
13.6.1 La propreté des locaux	475
13.6.2 L'hygiène des récipients vinaires	476
13.6.3 Le soutirage	477
13.6.4 L'ouillage. La consume	478
13.7 L'élevage des vins rouges en fût	479
13.7.1 Le rôle de l'élevage en fût	479
13.7.2 L'oxydoréduction	480
13.7.3 La dissolution des constituants non volatils du bois	481
13.7.4 La dissolution des constituants volatils du bois	482
13.8 L'incidence de la nature du fût sur l'évolution du vin rouge	484
13.8.1 L'origine du bois	484
13.8.2 L'influence du séchage du bois	487
13.8.3 L'influence du brûlage du bois	489
13.8.4 Les procédés d'aromatisation du vin	493
13.9 Les contraintes et les risques de l'élevage en fût	495
13.9.1 L'adaptation du type de bois à des vins différents	495
13.9.2 Les risques de développement des micro-organismes	497