Manuel didactique du bouchonnier

PROYECTO LEOSUBER

JUNTA DE EXTREMADURA
Consejería de Educación y Juventud

Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón
(IPROCOR)

Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología
(FUNDECYT)

IML

PROJET LEOSUBER

Financement :

COMMISSION EUROPEENNE

Programme Léonardo da Vinci

Auteurs :

• **Equipe technique :**

Luis Javier Ávila Nogales
Carlos Bernal Chacón
Almudena Botet Jiménez
Enrique Cardillo Amo
Máximo García García
José Antonio González Montero
Antonio Hernández Fernández
Joaquín Herreros de Tejada Perales
Pedro Marco Macarro
José Luis del Pozo Barrón

• **Equipe pédagogique :**

Juan José Espada Hernández
Santiago Marín García

© "Manual didáctico del sacador
y del obrero especializado
en los trabajos culturales del alcornocal".
© JUNTA DE EXTREMADURA
Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología
Dirección General de Promoción Educativa
© Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón (IPROCOR).
© Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (FUNDECYT).

Version française

Coordinateur : Serge Peyre : Syndicat des Propriétaires Forestiers Sylviculteurs des Pyrénées-Orientales

Traduction : Maria Balaguer et Claudine Tindel

Traitement de texte : Myriam Rocat

Aspects techniques :

Benoit Lecomte : Centre Régional de la Propriété Forestière Languedoc-Roussillon
Fabien Tamboloni : Institut Méditerranéen du Liège
Louis Thouvenot : D.D.A.F. 66 pour le chapitre «Le chêne et la suberaie»
Serge Normand : Département Santé des Forêts (Avignon) pour le chapitre «Ravageurs et maladies du chêne liège»
Bernard Sabaté et Jean-Marie Aracil : SABATE S.A. pour le chapitre «Le liège»

Les aspects techniques supplémentaires ont été apportés sous la forme d'une «Note de Traducteur» à la fin de chaque chapitre ou en italique dans le texte.

Mérida, 1999.

I.S.B.N.: 84-95251-05-1
Depósito Legal: BA-7-1999

Photographies :

Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón (IPROCOR).
Grupo Sabaté.

Yves Cantenot pour celle notée : I-11, I-12, I-13, I-14, I-16, I-17, I-18.

Manuel didactique du bouchonnier

version française

SOMMAIRE

Présentation

Première partie

Introduction

Chapitre 1 : Histoire, géographie et économie de l'industrie du bouchon et du liège
Chapitre 2 : Le chêne liège et la suberaie
Chapitre 3 : Ravageurs et maladies du chêne-liège
Chapitre 4 : Le liège
Chapitre 5 : Estimation de la production et de la qualité du liège dans les suberaies

Deuxième partie

La fabrication du bouchon de liège naturel

Chapitre 1 : La préparation de liège en planche pour fabriquer des bouchons
Chapitre 2 : La première étape du procédé de fabrication du bouchon de liège naturel : perforation et tri

Troisième partie

Fabrication de bouchons de liége aggloméré et de bouchons pour vins mousseux

Chapitre 1 : Le bouchon de liège aggloméré
Chapitre 2 : Fabrication de bouchon de liège aggloméré
Chapitre 3 : Fabrication de bouchons pour vins mousseux

Quatrième partie

Finition du bouchon de liège naturel

Chapitre 1 : Finition du bouchon de liège naturel
Chapitre 2 : Contrôle de qualité
Chapitre 3 : Le bouchage

Glossaire

Bibliographie

PRESENTATION

Le « Manuel Didactique du Bouchonnier » est le premier d'une série de volumes liés à la filière liège qui constituent un matériel pédagogique permettant de dispenser des cours dans cette filière.

En effet, le matériel comme les cours sont deux choses indissolubles qui forment le Projet « Leosuber » inclus dans le Programme Léonardo de Vinci de la Commission Européenne. Ce programme est dirigé par la « Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en Extremadura » (FUNDECYT), ainsi que la participation des institutions suivantes :

- Consejería de Educación Y juventud (Dirección General de Promoción Educativa).
- Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón (IPROCOR).
- Agrupación Sanvicenteña de Empresarios del Corcho (ASECOR).
- Asociación de Jóvenes Agricultores (ASAJA).
- Ayuntamiento de San Vicente de Alcántara.
- Dirección Provincial del INEM de Badajoz.
- Associação dos productores florestais do Concelho de Coruche e limitrofes (APFC), au Portugal.
- Núcleo empresarial da região de Évora (NERE), au Portugal.
- Centro Tecnológico da Cortiça (CTCOR), au Portugal.
- Associação de productores florestais do vole do Sado, (ANSUB), au Portugal.
- Institut Méditerranéen du Liège / Syndicat des Propriétaires Forestiers Sylviculteurs, en France.

Dans une filière comme celle du liège, où les connaissances sont traditionnellement transmises de père en fils, il n'existe pas de formation professionnelle spécifique. De plus, la bibliographie existante, jusqu'à présent, n'est pas suffisamment systématisée. Il faut se féliciter de la parution de ce premier volume sur le bouchonnier et de ceux qui lui succéderont. Tous prétendent donner une vision d'ensemble de la filière de production du liège et éclaircir sur les caractéristiques de chaque spécialité.

Le fait que l'un des partenaires de ce projet soit la « Dirección General de Promoción Educativa de la Consejería de Educación y Juventud de la Junta de Extremadura » constitue une garantie. Les textes élaborés dans ce projet Léonardo de Vinci, seront pris en considération, quand les autorités de notre région décideront de continuer des initiatives existantes en incluant des cycles de formations (Ciclos Formativos de Grado Medio y Superior).

Je remercie tous les efforts réalisés par le groupe d'experts qui ont collaboré à la rédaction de ce manuel dont la présence témoigne de la qualité du travail présenté.

José Ramón García Martínez
Directeur Gérant de FUNDECYT

PREMIERE PARTIE

Introduction

OBJECTIFS A ATTEINDRE

- Connaître l'évolution historique et les différentes étapes par lesquelles est passée l'industrie du liège, avec une attention particulière aux changements enregistrés dans les différents processus de la fabrication.
- Identifier et localiser les secteurs géographiques où se situe l'industrie du liège, en différenciant les secteurs de production des secteurs de transformation.
- Analyser et interpréter l'évolution économique de l'industrie du liège quant à son extension, sa production et son industrialisation.
- Décrire les caractéristiques botaniques du chêne-liège.
- Identifier les caractéristiques climatiques qui optimisent un développement équilibré des suberaies.
- Différencier plusieurs types de suberaies.
- Connaître la meilleure façon d'exploiter une suberaie ainsi que les aménagements que l'on peut y apporter.
- Reconnaître les parasites et les maladies les plus communes qui peuvent affecter les suberaies.
- Appliquer des mesures préventives contre les maladies les plus courantes dans les suberaies.
- Décrire les différentes parties de la planche de liège.
- Expliquer la structure, la composition et les propriétés du liège.
- Distinguer les différents types de liège en fonction de leur provenance, de leurs caractéristiques et de leurs utilisations.
- Vérifier les caractéristiques qui contribuent à améliorer la qualité du liège : épaisseur et aspect.
- Classer les différents types de liège en fonction de sa qualité, son épaisseur, son aspect et son utilisation potentielle.
- Faire une estimation en volume et en qualité du liège sur pied.
- Distinguer les différentes méthodes utilisées dans l'estimation de la qualité du liège empilé.
- Connaître les techniques statistiques qui permettent d'estimer la quantité et la qualité du liège.

CRITERES D'EVALUATION

- Connaître l'évolution historique, géographique et économique de l'industrie bouchonnière.
- Distinguer les différents types de suberaie et les caractéristiques botaniques du chêne-liège, ainsi que ses exigences climatiques.
- Différencier, de façon critique, les divers aménagements que l'on peut effectuer dans les suberaies.
- Reconnaître les parasites et les maladies les plus communs dans les suberaies et, dans la mesure du possible, connaître les moyens préventifs qui permettent de les neutraliser.
- Décrire les parties d'une planche de liège tout en expliquant sa structure, sa composition et ses propriétés.
- Connaître, à partir des caractéristiques qui déterminent la qualité du liège, la classification des différents types de liège.
- Connaître et mettre en pratique les conditions que doit réunir un bon empilement des planches de liège.
- Mesurer, sur différents échantillons (pile, parcelle), la qualité et la quantité de liège.

CHAPITRE 1

Histoire, géographie et économie de l'industrie du bouchon et du liège

CONTENUS

a) Thèmes:

- Histoire de l'industrie du bouchon de liège
  - Introduction
  - Les premiers temps de l'artisanat (1738 - 1808)
  - Première moitié du 19ème siècle (1808 - 1850)
  - L'artisanat au temps de sa splendeur (1850 - 1880)
  - Quatrième période : la brillante époque de la filière liège (1880 - 1900)
  - Mécanisation progressive (1900 - 1919)
  - L'industrie moderne (1919 - 1936)
  - Dernière période : de 1936 à nos jours
- Géographie de l'industrie du liège
- Economie, généralités sur l'évolution de l'activité du liège
- Utilisations du liège

b) Méthodologies:

- Extraire les informations spécifiques, du point de vu historique, géographique et économique, qui permettront postérieurement un exposé (oral ou écrit), tout en évacuant les données secondaires.
- Expliquer la manière dont la mécanisation progressiv de la filière liège a conditionné le parcours de cette activité industrielle tout au long de son existence.
- Observer et analyser les données économiques inhérentes à l'extension, la production, l'industrialisation, etc. et établir les relations possibles entre les secteurs géographiques producteurs ou transformateurs.
- Faire une recherche bibliographique qui pourrait apporter des éléments complémentaires.
- Réaliser sous forme de tableau une synthèse de ce chapitre.
- Décrire et comparer l'évolution de la filière liège jusqu'à nos jours et en tirer les conclusions sur sa situation actuelle.
- Localiser sur les cartes les principaux secteurs de production en Espagne ainsi que dans le monde.

c) Attitudes:

- Appréciation de la manière dont le milieu physique détermine l'activité de l'industrie du liège.
- Organisation précise des contenus analysés. Capacité pour en tirer les conclusions générales.
- Reconnaissance et interprétation des images cartographiques qui analysent la géographie et l'économie de l'industrie du liège.
- Rigueur dans l'utilisation précise des données historiques, économiques et géographiques qui déterminent ou caractérisent l'activité du liège, de préférence en Espagne.

1. HISTOIRE DE L'INDUSTRIE DU BOUCHON DE LIEGE

Introduction

Le liège a été utilisé par l'homme depuis des temps immémoriaux. Il existe des preuves de son utilisation dans le bouchage de poteries et d'amphores ainsi que comme matériel de flottage, pour la pêche, chez les Egyptiens, les Grecs et les Romains. Les Arabes l'ont utilisé dans les habitations comme isolant thermique, dans la décoration et dans les ustensiles de cuisine et les Chinois dans la fabrication de chaussures. Cependant, il ne sera reconnu et introduit dans l'industrie, directement liée à la découverte du Champagne par le moine bénédictin D. Pierre Pérignon (ou vin mousseux), que dans la deuxième moitié du 17ème siècle. Cette nouvelle technique de vinification exigera de disposer de moyens fondamentaux, tels que les bouteilles de verre pour contenir le liquide et un bouchage hermétique afin d'éviter son évaporation. Ce sera le point de départ du développement d'une activité qui passera rapidement à l'échelle industrielle et qui s'étendra aux autres pays d'Europe.

En définitive, le bouchage des bouteilles de verre au moyen de bouchon de liège supposait l'abandon de l'utilisation des systèmes employés jusqu'à présent (torchons, chanvre huilé, bois...). L'industrie vinicole s'intensifiant, il est apparu que le bouchon de liège, du fait de ses excellentes caractéristiques physiques, s'avère être la meilleure technique de bouchage : légèreté, élasticité (capacité fonctionnelle à récupérer la géométrie initiale à la fin de sa déformation), imperméabilité, résistance mécanique et thermique.

L'apparition de l'industrie du liège en Espagne correspond à l'époque moderne. Son développement commence au 18ème siècle et coïncide avec la disparition et l'abolition des différentes structures corporatistes nées au Moyen Age. C'est durant cette époque que vont apparaître les premiers artisans fabriquant des bouchons de liège. Bénéficiant de nouvelles évolutions commerciales, ils créeront et ouvriront de nouveaux marchés.

En Espagne, plusieurs auteurs soutiennent que l'industrie serait née dans la province de Gérone (plus exactement dans la région de l'Ampurdan) et qu'elle aurait été introduite par les Français au 18ème siècle. La date exacte se situerait, probablement, entre 1738 et 1750.

Au Portugal, la subériculture est née au 18ème siècle, même si les premières références à l'écorçage de liège sont beaucoup plus anciennes et datent du 14ème. Durant les siècles suivants et jusqu'à la fin du 17ème, plusieurs lois vont affecter les suberaies. Les unes liées au développement des ressources cynégétiques qui leurs sont associées et les autres liées à l'interdiction ou à l'autorisation des écorçages ou d'autres récoltes relatives au chêne-liège. Par exemple, au 16ème siècle s'est produit une importante déforestation étroitement liée à la forte croissance démographique de la population ainsi qu'au développement de l'utilisation du liège dans l'industrie navale. De plus, il existe de très anciennes références mentionnant des exportations du liège brut vers le Royaume Uni.

Figure 1.1 : Chêne-liège ("Quercus suber")

En Espagne, l'histoire du liège peut se diviser en sept périodes:

. la première se situerait de ses origines (1738 - 1750) jusqu'à la guerre d'Indépendance (1808);

. la seconde, de 1808 jusqu'en 1850;

. la troisième, de 1850 à 1880;

. la quatrième, la plus brillante pour la filière, de 1880 à 1900;

. la cinquième serait comprise entre 1900 et 1919;

. la sixième se situerait de 1919 à 1936; c'est d'ailleurs durant cette dernière période, qu'a été créée la Commission Mixte du Liège (1932) qui s'avérera déterminante dans l'évolution de la filière liège espagnole. En effet, elle a généré la mise en place d'une concertation étroite entre l'administration, les producteurs et les industriels du liège. Ceci eut pour conséquence majeure, d'avoir une meilleure connaissance des différents enjeux et demandes de chaque partie concernée et de pouvoir ainsi optimiser l'organisation de la filière liège et de ses marchés;

. la septième se situerait de 1936 à nos jours, avec comme point de départ la grande crise de la filière entraînée par la Guerre Civile espagnole.

Les premiers temps de l'artisanat (1738 – 1808)

En ce temps là, le liège était récolté en petits morceaux, après avoir été violemment arraché de l'arbre. La pratique a montré que le récolteur devait faire une petite incision horizontale sur le tronc à une hauteur bien définie et une autre verticale qui descendait de la première, en traversant toute l'épaisseur du liège, sans toucher le liber (partie située entre l'écorce et le bois de l'arbre). Par la suite, le travail du liège se réalisait, dans les premiers temps, à sec. Plus tard la partie extérieure sera brûlée, le liège sera empilé dans des pièces humides et, de temps en temps, il sera humidifié afin de pouvoir le travailler plus facilement. C'est bien plus tard, que sera introduite l'opération qui consiste à faire bouillir le liège afin d'en augmenter son élasticité. Pour cela on utilisera des chaudières en briques, généralement cylindriques, composées d'un récipient en cuivre.

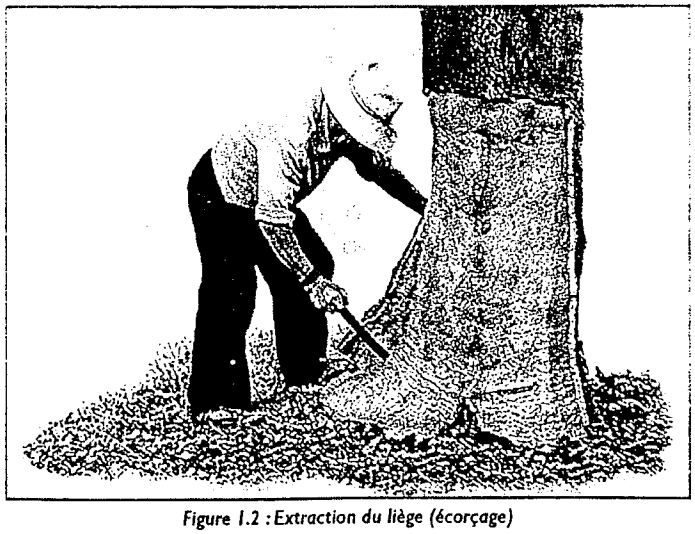


Figure 1.2 : Extraction du liège (écorçage)

Durant de longues années, toutes ces opérations de préparation et de transformation faites en famille, constituaient un véritable artisanat. Avec le temps, va apparaître le statut d'ouvrier, qui une fois qualifié, va réaliser sa tâche contre un salaire.

Les outils se composaient d'une herminette pour racler les planches de liège bouillies, de différents couteaux pour découper le liège en bandes pour faire les cubes et pour les bouchons. Jusqu'au 19ème siècle, les outils ne se perfectionneront pas.

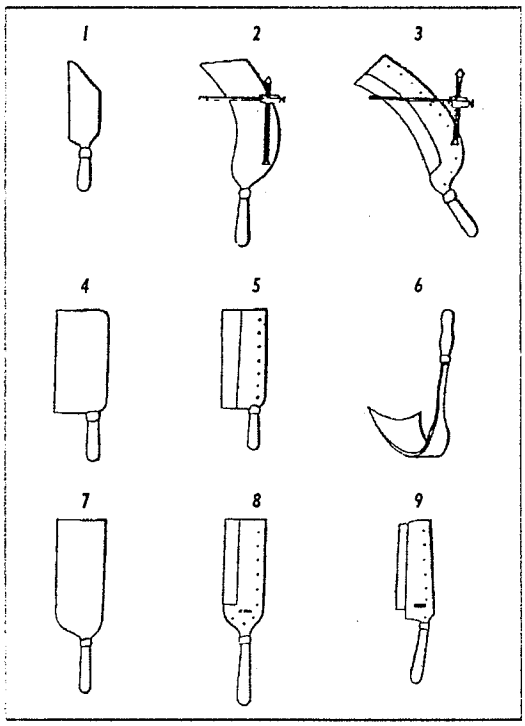


Figure 1.3 : Outils utilisés dans les premiers temps de l'industrie du liège

En 1760, ce nouvel artisanat commençait à revêtir une certaine importance dans plusieurs villes de la région de Gérone (San Feliu de Guixols, Palafrugell, Llagostera, Palamós et Agullana). Plusieurs propriétaires catalans de pinèdes et de vignobles procédèrent à leur arrachage et les transformèrent en suberaies, qu'ils considéraient plus valorisantes et rentables.

A la fin du 18ème siècle, ce sont plus de 500 à 600 per-

sonnes qui travaillent le liège dans la province de Gérone. Au Portugal, au 18ème siècle, le chêne-liège est reconnu comme un bien précieux et renouvelable. L'utilisation du bouchon de liège commence au début du siècle et ce n'est qu'à partir de 1770 qu'elle se développe dans le nord du pays pour le bouchage des bouteilles.

C'est à cette époque que s'installent les premières industries de transformation, à capital étranger. La fabrication de bouchons commence à l'époque du Marquis de Pombal. L'exportation de bouchons y est déjà importante dans cette deuxième moitié de siècle. Néanmoins, la filière ne présente pas une forte expansion, puisque seul le liège de grande qualité est utilisé pour les bouchons, ce qui ne représente que le quart du liège produit.

Première moitié du 19ème siècle (1808 - 1850)

Dès le premier quart du 19ème siècle, la fabrication de bouchons génère une activité importante. L'organisation du travail apparaît et l'exportation devient une réalité.

Après la guerre d'Indépendance, l'exportation du liège catalan s'accroît. La forte présence d'unités industrielles et le développement de l'exportation se répercutent sur le paysage forestier de la Catalogne. L'intensification et la promotion de la culture du chêne-liège, initiées dès le début du siècle, commencent à donner des résultats.

Le marché extérieur des bouchons augmente peu à peu, grâce à l'essor du négoce des vins en France, des bières et des boissons alcoolisées en Angleterre. C'est pourquoi la matière première, en Catalogne, est insuffisante pour subvenir seule aux besoins de la filière. Les industriels catalans commencent donc à rechercher du liège auprès des propriétaires (latifundistes) d'Andalousie et d'Extrémadure. Un système de fermage se met en place sur une base tarifaire relativement basse, sur de longues périodes (parfois jusqu'à 20 ou 30 ans). Les preneurs exerceront un véritable monopole du liège durant de nombreuses années. Dès lors, la filière liège prend une dimension nationale, puisqu'elle s'élargit de la Catalogne, aux régions de l'Andalousie et de l'Extrémadure.

En 1840, des industriels catalans établissent des unités de transformation du liège en Andalousie. En 1845, ce phénomène s'étend à la région d'Extrémadure, concrètement à Jerez de los Caballeros et Albuquerque, plus tard à San Vicente de Alcántara, Cañaveral, Arroyo de la Luz, Barcarrota, Fregenal de la Sierra et Cáceres.

L'artisanat au temps de sa splendeur (1850 -1880)

Vers le milieu du 19ème siècle, la situation en Europe se normalise, les marchés du bouchon et l'artisanat du liège acquièrent une certaine importance économique. On a une meilleure connaissance du matériau liège ainsi que des produits manufacturés.

En 1870, l'industrie est établie sur 90 communes espagnoles, avec plus de 650 usines et environ 8 000 ouvriers. A Gérone, c'est plus de 4 000 ouvriers qui travaillent dans le secteur du liège.

Quant à la matière première, la production de liège augmente de façon évidente. En effet une grande partie des "dehesas" d'Andalousie, d'Extrémadure, de Tolède et de Ciudad Real sont déjà en pleine production grâce aux industriels catalans qui achètent le liège pour leurs usines de transformation situées dans la province de Gérone. A cette époque, on estime que la production totale espagnole s'élève à 650 000 quintaux/an, dont 125 000 pour la Catalogne (l'ancien quintal castillan = 46,009 kg).

Les prix du liège suivent un mouvement ascendant. La plus grande partie du liège en planches est exportée vers le marché anglais alors que l'essentiel de la production de bouchons est exporté vers le marché français. D'autre part, en Espagne, presque tout le liège d'importation vient du Portugal.

Dans le dernier tiers du 19ème siècle, les fabricants des Etats-Unis adoptent des procédés mécaniques pour pouvoir travailler le liège. La matière première vient du Portugal et d'Extrémadure. L'utilisation de ce type de procédés abaisse le coût de la main d'œuvre d'environ 62 %. Ainsi apparaissent des perspectives de développement nouvelles dans l'industrie du liège.

Nous sommes donc en plein épanouissement de l'industrie du liège. Il se concrétise par une explosion du nombre d'entreprises, d'usines et d'ouvriers, ainsi que par un équi-

libre entre la production et la consommation. Les premières machines (par exemple, la varlope) apparaissent : elles entraîneront les premiers mouvements sociaux (grèves) dans le secteur.

Quatrième période : la brillante époque de la filière liège (1880 – 1900)

Durant cette période, à San Feliu de Guixols (Gérone) et à l'initiative de 280 ouvriers bouchonniers, est créée la "Junta de Defensa de la Producción e Industria Corchera" (Association de Défense de la Production et de l'Industrie du Liège), pour représenter et défendre les intérêts du liège en Espagne.

La fabrication continue à se développer en Espagne. On compte désormais plus de 1 000 usines réparties sur 135 communes où travaillent environ 16 000 ouvriers dont presque la moitié est localisée en Catalogne. Des innovations technologiques apparaissent, comme la machine à découper les bouchons, à calibrer ou à cribler.

Parallèlement à l'essor de l'industrialisation en Catalogne, on enregistre un fort développement et une croissance de la fabrication en Andalousie et en Extrémadure qui exportent directement vers les marchés anglais, allemand et nord-américain.

A cette époque, la production s'élève à 150 000 quintaux en Catalogne et 450 000 dans le reste de l'Espagne, répartis sur 21 provinces dont les plus productrices sont celles de Badajoz, de Séville et de Gérone.

Les fermages des premières "dehesas" d'Andalousie et d'Extrémadure arrivant à terme, leur renouvellement entraîne une renégociation du prix fortement à la hausse.

Quant au prix de la matière première, il augmente progressivement grâce à la demande grandissante de liège étroitement liée à son développement industriel.

A ce moment, la production dans le reste du monde peut se chiffrer ainsi :

Portugal	400.000 Quintaux
France	200.000 Quintaux
Algérie	300.000 Quintaux
Italie	150.000 Quintaux
Maroc	10.000 Quintaux

C'est à cette époque, qu'apparaissent les premières coopératives ouvrières de production (Palafrugell, 1886), ainsi que la création des Chambres de Commerce (1886) et de "la Asociación Defensora de la Producción e Industria Corcho-Taponera de Extremadura" à Jerez de los Caballeros (Association pour la Défense de la Production et de l'Industrie du Liège et du Bouchon d'Extrémadure).

C'est aussi l'époque d'avancées industrielles provoquées par la découverte de nouveaux produits manufacturés comme l'aggloméré (Allemagne, 1880 – 1885) utilisé dans :

- le revêtement des murs et des sols,
- l'isolation des chambres froides,
- le papier de liège (Allemagne, 1880),
- les plaques de linoléum (1884), les bouchons de deux pièces collées.

Finalement, c'est la période la plus brillante pour l'industrie du liège qui devient la deuxième source de devises en Espagne. Des organismes représentatifs sont créés et apparaissent certaines divergences sur le thème de l'exportation de la matière première. Les procédés techniques innovateurs se consolident davantage grâce à l'évolution technologique de l'industrie que pour répondre aux exigences réelles du marché.

Au Portugal, les exportations de liège vers le Royaume-Uni atteignent 28 000 tonnes de 1885 à 1894 et passent à 45 000 tonnes les neuf années suivantes. En 1820, la première machine à fabriquer les bouchons en une seule opération est inventée : c'est la "Varlope". En 1890, il en existe déjà 70 en fonction.

"Santiago de Escoural" est considéré comme le lieu de naissance de l'industrie bouchonnière portugaise, avant de gagner d'autres régions. Vers la moitié du 19ème siècle, il existe près de dix fabriques artisanales (bouchons faits à la main), passant à 46 en 1877, à 98 en 1890 et un peu plus

d'une centaine au début du 20ème siècle.

Quant aux fabriques de dimension industrielle, on compte deux usines en 1852, l'une à Lisbonne et l'autre à Portalegre. En 1881, il en existe déjà 22, avec une répartition totalement différente de celle de l'époque actuelle. En effet, le district d'Aveiro en compte à peine 4 contre une centaine actuellement, alors que des villes comme Evora, Odemira et Silves sont proportionnellement plus industrialisées au 19ème siècle qu'aujourd'hui.

La mécanisation progressive (1900 - 1919)

En Espagne, au début du siècle, il existe environ 1 250 usines, réparties dans 200 communes qui emploient quelques 30 000 ouvriers. La répartition est la suivante :

Secteur	Communes	Usines	Personnel employé
Catalogne	37	615	13.000
Andalousie	65	325	8.000
Extrémadure	42	197	5.000
Autres provinces	56	113	4.000

L'industrie vit une transformation radicale : l'ancien artisanat doit céder la place à l'industrie moderne où le progrès technique permet une plus large mécanisation des opérations de transformation. Par ailleurs, cette modernisation nécessitant des capitaux conséquents, un certain nombre d'artisans n'arriveront pas à suivre le mouvement.

C'est ainsi que l'on introduit :

. la machine à découper (1900), pourvue d'une lame circulaire et actionnée par un moteur électrique,
. la machine à poncer, l'extension de la fabrication de bouchons à deux pièces (collées),
. la fabrication de la rondelle de liège,
. l'emploi du paraffinage de bouchons qui facilite le débouchage des bouteilles.

L'effet de cette transformation sera impitoyable. En effet, fin 1905, soit cinq ans plus tard, le paysage économique est complètement modifié : 1 154 usines réparties dans 159 communes n'emploient plus que 21 500 personnes environ. Cette situation va en s'accentuant, comme on peut le vérifier dans le tableau ci dessous selon les références de l'année 1912 :

Secteur	Communes	Usines
Catalogne	31	507
Andalousie	30	200
Extrémadure	18	105
Castellón	8	35
Autres provinces	20	45
Total	107	892

Selon les données tirées de la bibliographie consultée, la production mondiale, à cette même date, est localisée dans les lieux suivants :

Secteur	Quintaux
Portugal	825.000
Espagne	640.000
Afrique du Nord	466.000
France	130.000
Italie	50.000
Total	2.111.000

La première Guerre Mondiale (1914 - 1918) va déclencher une grave crise commerciale provoquée par l'implication dans le conflit de la France, l'Allemagne et l'Autriche qui représentaient d'importants marchés pour le liège manufacturé. En effet, cette période de conflit sera marquée par la disparition des principaux marchés européens (mis à part l'Angleterre et l'Italie) entraînant la fermeture de plusieurs ateliers artisanaux du bouchon au profit d'une industrie innovante et en évolution.

Ce sera une période de transformation. Les avancées techniques dans le travail du liège, les innovations tech-

nologiques, les progrès industriels et les nouveaux produits (par exemple le liège aggloméré) vont entraîner une modernisation de l'industrie et ouvrir de nouvelles voies.

L'industrie moderne (1919 – 1936)

Malgré la fin de la guerre en Europe, la crise de l'industrie du liège se poursuit. Les moyens de transport connaissent de sérieuses difficultés pour acheminer le liège d'Andalousie et d'Extrémadure vers la Catalogne. Après la guerre, la crise économique mondiale se traduit, en Espagne, par une perte de certaines parts des marchés étrangers.

Il faut ajouter à cela certaines mesures de protections douanières prises par la Norvège, la Suisse, la Belgique et la France ainsi que la restriction de la consommation de boissons alcoolisées aux Etats-Unis.

D'une manière générale, la guerre et la crise économique qui suivent, entraînent une transformation très marquée dans les techniques de gestion industrielle, privilégiant une mécanisation du procédé de fabrication et entraînant une réduction significative de la main d'œuvre. De plus, la surface de la suberaie diminue, de même que sa production et la valeur de sa matière première.

C'est vers 1920 que le nombre d'industries de fabrication de liège aggloméré s'accroît. Ce nouveau système de transformation du liège offre au secteur industriel d'autres perspectives de développement. On commence à fabriquer des éléments en liège pour la construction de chambres froides, des isolants pour tuyaux, des petites dalles de revêtement, des joints pour moteurs, etc. Le liège aggloméré est aussi utilisé comme matériel annexe dans le secteur du bâtiment.

En 1925, on commence à produire des blocs d'aggloméré. En 1933, le système pour produire des barres de liège aggloméré est mis au point, entraînant une hausse non négligeable des exportations.

Par ailleurs, "la Asociación General de Industriales Corcheros de España" (Association Générale des Industries du Liège d'Espagne) est créée en 1928, "La Federación Española de Productores de Corcho" (Fédération Espagnole de Producteurs de Liège) est constituée en 1929. Cette même année, l'entité commerciale dénommée "Compañía General del Corcho" (Compagnie Générale du Liège) est fondée. Son siège social se trouve à Barcelone et son objectif est de devenir une grande entité exportatrice. "La Unión Corchera de Sevilla" (L'Union du Liège de Séville) est fondée en 1932.

En 1931, à Paris, on célèbre la Première Conférence Internationale du Liège. C'est au cours de cette dernière qu'on attire l'attention sur l'excès de production de liège mâle au niveau international, et de sa répercussion sur la baisse significative du cours du liège. En réponse, un prix minimum du liège, obligatoire pour les propriétaires vendeurs, est fixé. Dans tous les pays producteurs, on essaie aussi d'établir des centres d'expérimentations et de recherches pour étudier et mettre au point les meilleures méthodes de culture du chêne-liège. La Conférence a servi à fixer le cadre et les bases d'une politique internationale du liège.

La seconde Conférence Internationale du Liège a lieu à Lisbonne en 1932. Cette année-là, le Ministère de l'Agriculture, de l'Industrie et du Commerce "Ministerio de Agricultura, Industria y Comercio" crée, la "Comisión Mixta del Corcho" (Commission Mixte du Liège) afin d'établir un meilleur contrôle de l'Etat sur le secteur industriel.

Entre 1931 et 1936, l'industrie du liège souffre de la dépression économique mondiale. Les droits de douanes augmentent considérablement aux Etats-Unis et, par conséquent, les manufactures espagnoles se trouvent dans l'impossibilité d'exporter et d'être compétitives sur le marché nord américain. De plus les exportations vers l'Allemagne et le Royaume Uni baissent aussi de manière significative.

En 1934, on célèbre à Madrid la troisième Conférence Internationale du Liège.

Durant le premier tiers du 20ème siècle, la Catalogne domine clairement le secteur espagnol de transformation du liège. Au contraire, dans le sud-ouest, en Extrémadure, on peut parler plutôt d'un effondrement temporaire de l'industrie du liège. Rappelons que cette période correspond à la mécanisation des différentes étapes de fabrication, à l'apparition de produits innovants comme l'aggloméré mais aussi à la prolétarisation de l'artisanat.

Dernière période : changements dans la localisation de l'industrie du liège espagnole (de 1936 à nos jours)

La localisation de l'industrie du liège, actuellement et après trois longs siècles d'histoire, est définie en premier lieu, par une concentration géographique très forte puisqu'elle n'est présente que dans 6 des 17 communautés autonomes (Catalogne, Extrémadure, Andalousie, Castille la Mancha,

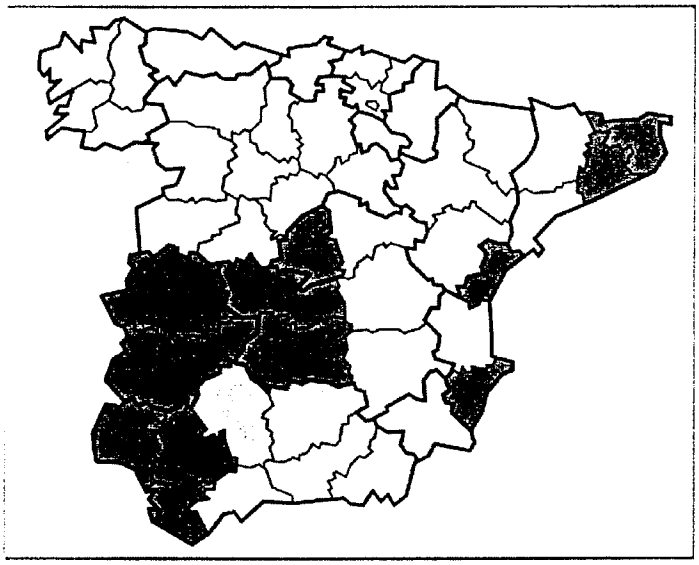


Figure 1.4 : Localisation de l'industrie du liège en Espagne

Communauté de Valence et Madrid). Cependant, il faut préciser que cette concentration, n'existe réellement que dans 12 provinces (Gérone, Barcelone, Badajoz, Cáceres, Cádiz, Huelva, Séville, Ciudad Réal, Tolède, Madrid, Alicante et Castellón. Gérone (63 %), Badajoz (16 %), Cádiz (9 %)) qui ressortent clairement du lot, totalisant plus de 90 % de la valeur de la production espagnole.

Près des deux tiers de la production industrielle de liège proviennent de la province de Gérone, se concentrant sur quelques communes des régions de "L'Ampurdan" et de "La Selva" (Cassá de la Selva, Palafrugell et San Feliu de Guixols).

C'est à peu près la même chose dans la province de Badajoz, avec les communes de Jerez de los Caballeros et, surtout, San Vicente de Alcántara. On peut donc affirmer qu'environ 75 % de l'industrie du liège espagnole se concentrent sur huit à dix communes.

Ensuite, nous sommes face à un secteur dominé largement par des entreprises de taille moyenne et généralement de type familial.

Enfin, il n'existe pas de corrélation entre la proximité de la matière première et l'activité industrielle. Alors que l'industrie du sud-ouest se caractérise par la préparation de la matière première et l'obtention de produits semi-finis, l'industrie de la région de Gérone se spécialise dans la transformation de produits finis. Cependant, on peut dire que les industries d'Extrémadure et d'Andalousie agissent, en grande partie, comme des auxiliaires de l'industrie catalane du liège.

Cette situation inégale n'est pas chose récente mais, comme on l'a déjà vu auparavant, c'est un héritage de l'histoire industrielle du liège.

Au Portugal, la demande de liège au cours de ce siècle a fortement augmenté, donnant lieu à une exploitation grandissante des suberaies. L'industrialisation du liège a redémarré après la Première Guerre Mondiale et surtout après 1930, moment où la filière comptait déjà près de 100 000 emplois.

Cette industrialisation a commencé avec l'implantation d'importantes industries de transformation (généralement à partir de capitaux étrangers), et de petites unités de transformation. D'ailleurs ces dernières d'envergure nationale n'ayant pas la capacité d'exporter, vendaient leur production à d'autres transformateurs. L'ensemble de ces usines se situe surtout à Silves, Evora et Azaruja, Setubal, et postérieurement, on note une importante activité industrielle à Aveiro. C'est à partir des années 60 que commence à s'implanter le développement vertical de l'industrie du liège, tel que nous le connaissons aujourd'hui.

En France, après avoir connu un essor considérable au 19ème siècle grâce au développement de l'industrie du bouchon, le chêne-liège a progressivement été délaissé, surtout à partir de 1950, du fait de l'agressivité de la concurrence étrangère (espagnole et portugaise principalement). Ce déclin qui a touché les trois principales régions productrices françaises (la Corse, les Pyrénées-Orientales, et le Var) s'est accompagné d'une dégradation des suberaies qui ont rapidement été envahies par un maquis dense et ont, de ce fait, constitué un milieu propice au développe-

ment des incendies.

A partir des années 80, suite à de nombreux incendies dévastateurs, les différentes institutions choisissent de réagir dans une démarche globale d'aménagement de l'espace. En effet, celle-ci intégrera la remise en production de la suberaie ainsi que la mise en place d'aménagements de protection contre l'incendie avec la création de coupures vertes pâturées qui permettent d'installer des éleveurs ou de conforter ceux qui existent.
Voir «Note de Traducteur» à la fin du Chapitre 1.

2. Géographie de l'industrie du liège

D'après les données d'IPROCOR (1991), la superficie de la suberaie dans le monde atteint environ 2 289 000 hectares, avec la répartition suivante :

Pays	Superficie (ha)	Proportion
Portugal	750.000	32,7
Espagne	500.000	21,8
Algérie	410.000	17,9
Maroc	340.000	14,8
France	100.000	4,3
Tunisie	99.000	4,3
Italie	90.000	3,9
Total	**2.289.000**	**100**

(Source: IPROCOR, 1991)

Dans la figure 1.5 on peut constater que la suberaie s'étend plutôt dans la zone atlantique qui représente approximativement les 2/3 de la superficie totale. La Péninsule Ibérique compte la moitié de la superficie mondiale du chêne-liège, alors qu'un peu moins de la moitié restante se trouve dans les pays de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie et Tunisie). Le reste est disséminé dans le sud de la France, l'Italie (Sardaigne) et quelques points isolés dans les Balkans (Croatie, Grèce, etc.). Les exigences climatiques (climat chaud et humide) du chêne-liège expliquent sa présence sur certaines îles méditerranéennes comme la Corse, la Sicile, la Sardaigne et de manière plus anecdotique dans les Iles Baléares.

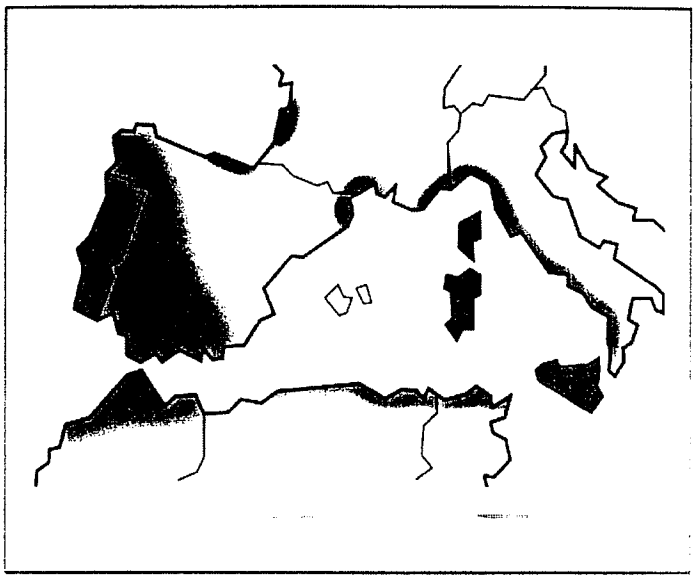


Figure 1.5 : Distribution du chêne-liège dans la zone méditerranéenne et atlantique

Hors de ces zones naturelles et traditionnelles, des introductions en chêne-liège ont été réalisées dans d'autres pays du monde, sans donner véritablement, jusqu'à présent, des résultats probants. C'est ainsi qu'il a été expérimentalement testé dans le sud-ouest des Etats-Unis, dans le sud de l'ex-URSS, au Japon, etc.

Le Portugal possède la plus grande superficie en chêne-liège, répartie sur l'ensemble du territoire et plus spécialement dans l'Alentejo et dans certaines zones du centre et du sud. Par contre, elle est un peu plus rare au nord, où elle est fortement concurrencée par d'autres espèces forestières mais aussi par l'agriculture.

La distribution du chêne-liège en Espagne, selon la même source, est exprimée dans le tableau suivant :

Région	Superficie (ha)	% sur la totalité de l'Espagne
Andalousie	250.000	50,0
Extrémadure	150.000	30,0
Catalogne	41.600	8,3
Autres	58.400	11,7
Total	**500.000**	**100**

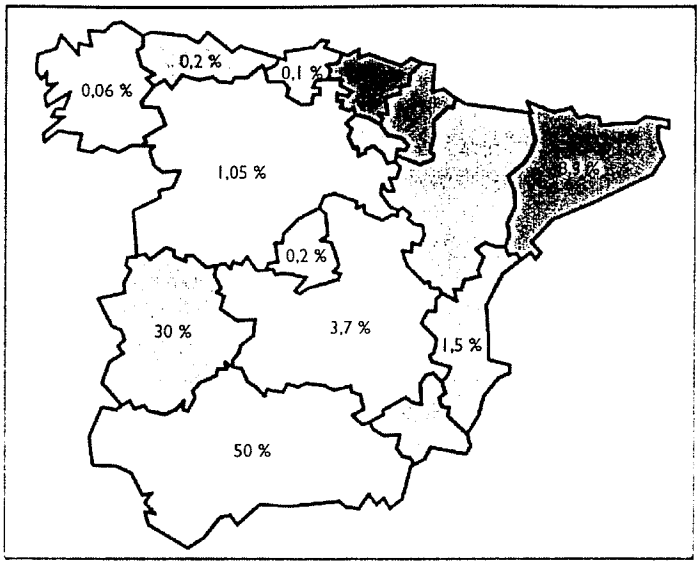


Figure 1.6 : Superficie des suberaies en Espagne (hectares) (Source : López Quero)

La suberaie espagnole est répartie principalement dans trois régions administratives et est distribuée en deux zones géographiquement distinctes: d'une part les suberaies catalanes, concentrées dans la province de Gérone et pour partie dans celle de Barcelone, d'autre part, la plus importante et la principale zone de production espagnole située à l'ouest et au sud-ouest du pays.

En Andalousie, les suberaies s'étendent dans la Sierra Morena, les Sierras de Cádiz et de Malaga et dans la Vallée du Guadalquivir. En Extrémadure, elles se situent de préférence dans la Sierra de San Pedro, dans les Sierras de Jerez et Hornachos et dans la région de Villuercas et au nord de Cáceres.

Par ailleurs, d'autres secteurs de production nettement plus anecdotiques, peuvent aussi se trouver en Castilla-La Mancha et en Castilla-Léon, de façon isolée à Castellón, dans la Vallée de la rivière Sil, à Orense, dans d'autres points des Asturies, Cantabria, etc.

Au Portugal, la répartition de la suberaie (peuplement pur) est représentée dans le tableau suivant :

District	Superficie (Ha.)	% sur la totalité du Portugal
Viana do Castelo	0	0
Braga	0	0
Porto	0	0
Vila Real	1.800	0.27
Bragança	18.800	2.83
Aveiro	0	0
Viseu	900	0.14
Guarda	2.500	0.38
Coimbra	600	0.09
Castelo Branco	14.100	2.12
Leiria	700	0.11
Lisboa	3.500	0.53
Santarém	100.700	15.17
Portalegre	102.500	15.44
Évora	137.200	20.66
Setúbal	136.900	20.62
Beja	102.000	15.36
Faro	41.800	6.3
Total	**664.000**	**100**

(Source : Direcção Geral das Florestas – D.G.F.)

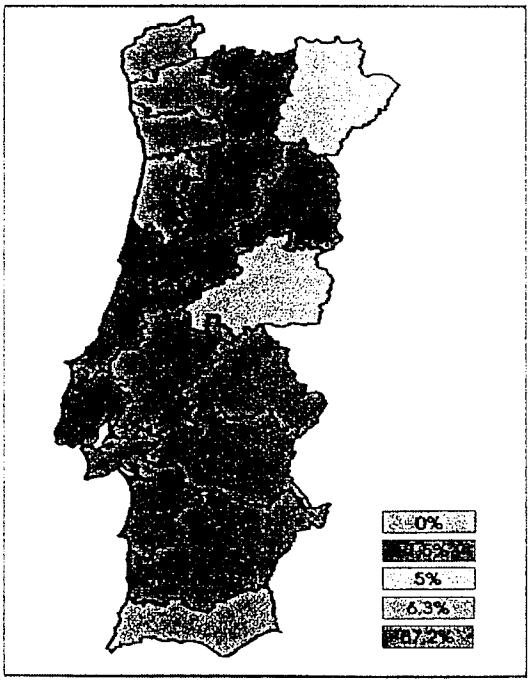


Figure 1.7 : Distribution de la suberaie au Portugal

Les résultats prévisionnels de l'Inventaire Forestier de 1995 indiquent une expansion de la suberaie qui couvrirait 720 700 hectares.

3. ECONOMIE - TRAITS GENERAUX DE L'EVOLUTION DE L'ACTIVITE DU LIEGE

Durant la quasi-totalité de ces trois siècles d'activité du secteur liège et du point de vue économique, on peut parler de trois grandes phases.

La première, partant du début de l'artisanat liège de Gérone (vers 1738) jusqu'à la fin du 19ème siècle, se caractérise par une prédominance absolue de la fabrication de bouchon.

La seconde phase englobe le premier tiers du 20ème siècle (les périodes de la Guerre Civile et de l'après-guerre restant une parenthèse dans l'évolution des marchés du liège). Durant cette phase vont s'opérer de brusques changements. En effet d'importantes modifications seront adoptées dans le processus de fabrication comme la mécanisation de nombreuses tâches. Par ailleurs l'obtention de produits innovants comme l'aggloméré donneront des perspectives nouvelles de développement industriel. Ceci ne se fera pas sans heurt, entraînera la fermeture de nombreuses fabriques artisanales et un licenciement massif de salariés. Cette phase sera aussi marquée par le développement de l'exportation et par la diversification de produits manufacturés.

La troisième court depuis 1950 jusqu'à nos jours. Des faits marquants et majeurs pour l'économie du liège se produiront : les plastiques font leur apparition et entrent directement en concurrence avec pratiquement l'ensemble des produits liège manufacturés présents sur le marché. Un accroissement de la demande intérieure avec l'augmentation des besoins dans la construction, une rapide croissance de l'embouteillage de vin en Espagne.

La position du sud-ouest espagnol, dans l'industrie du liège nationale, a aussi changé. Les usines d'Extrémadure et d'Andalousie ont accentué leur "spécialisation" dans la préparation de la matière première et la fabrication des produits semi-finis.

Les modifications de grande portée seront celles relatives à l'organisation internationale du travail, propres aux activités de l'industrie du liège.

Au cours de cette phase, le Portugal va passer très rapidement en tête dans l'industrie du liège mondial. Par contre, après avoir manqué de dynamisme industriel, l'Espagne va enregistrer des pertes de part de marché significatives, et passer à la seconde place, très loin derrière la puissante nouvelle industrie portugaise aux importantes capacités d'adaptation. Cette perte de marchés semble aussi provenir d'une réorientation de l'industrie espagnole qui a privilégié les investissements dans les activités de préparation du liège au détriment de celle de transformation.

Une donnée l'illustre clairement : la moitié des exportations actuelles de planches de liège d'Espagne va au Portugal, alors que la moitié de la consommation espagnole en bouchons de vin provient du Portugal.

L'Espagne et le Portugal assurent plus de 70 % de la production mondiale.

Enfin, un autre aspect de cette troisième phase, c'est la stagnation de la récolte mondiale de liège, qui marque un arrêt dans le rythme croissant et constant qui a caractérisé les débuts du développement industriel du liège.

Ci-dessous, les différents pourcentages illustrent bien la situation de l'industrie du liège espagnole durant les années 90 (Source : López Quero, M. "Análisis estratégico del sector del corcho ". MAPA. 1995 – (Analyse stratégique de la filière liège)

Production mondiale annuelle du liège		
Pays	**Production (Tonnes)**	**% du total**
Portugal	189.000	50,5
Espagne	85.000	22,7
Algérie	40.000	10,7
Maroc	20.000	5,3
Italie	16.000	4,2
France	14.000	3,7
Tunisie	10.000	2,7
Total	**374.000**	**100**

(Source: IPROCOR, 1991)

Région	% Etablissements industriels	% Emplois	% Valeur de la production	Produits par etablissements (millions de pesettes.)
Catalogne	47,5 %	60 %	63 %	92
Extrémadure	24,6 %	21 %	18 %	53
Andalousie	19,4 %	15 %	17 %	62
Reste de l'Espagne	8,5 %	4 %	2 %	21

En résumé, le secteur industriel du liège est formé, en Espagne, de 285 industries qui transforment 80 000 tonnes de liège, ce qui représente la production moyenne des forêts espagnoles au cours de ces dernières années. 47,5 % des industries se situent en Catalogne. Ces unités industrielles se répartissent de la manière suivante : 75 assurent la préparation, 118 fabriquent des bouchons et 95 les autres produits.

Regions	Entreprises	Emplois
Catalogne	138	2.086
Extrémadure	68	746
Andalousie	55	520
Autres	24	122
Total	285	3.474

En Extrémadure, la production annuelle représente environ 25 000 tonnes de liège réparties sur 1 000 exploitations, ce qui représente approximativement 30 % de la production espagnole et 10 % de la production mondiale. En 1998, la valeur de cette production se situait autour de 4 500 millions de pesettes, générant 250 000 journées de travail pour la réalisation des tâches d'entretien et d'écorçage. Le nombre d'entreprises de transformation s'élève à 92 et le principal secteur industriel se trouve à San Vicente de Alcántara, Jerez de los Caballeros, Merida. Le chiffre d'affaires de ces entreprises, en 1995, était de 13 milliards 400 millions de pesettes, et la plus grosse part de leur production était destinée à l'exportation de produits semi-finis (7 milliards de pesettes). Néanmoins on constate une augmentation croissante de l'activité de transformation, principalement liée à la fabrication de bouchons. (Source : IPROCOR. 1999).

Le Portugal, comme nous l'avons déjà dit auparavant, est actuellement le plus important producteur et exportateur mondial de liège. Le tableau ci-dessous le confirme :

Etablissements industriels	900
Nombre de salariés secteur primaire	5.320 UHT
Nombre de salariés secteur secondaire	16.000 UHT
Valeur de la production secteur primaire	40 MC
Valeur de la production secteur secondaire	38 MC
Exportations de liège (1995)	101 MC
Importations de liège (1995)	8 MC
Exportation de liège/export. Forestières	25%
Exportation de liège/export. Totales	3%

(Source : AGRO-GES, 1997)

L'industrie portugaise du liège a souffert durant la seconde moitié du 20ème siècle de profondes altérations qui ont eu pour conséquence, au cours des années 50, que des pays non producteurs de liège comme les Etats-Unis, le Royaume Uni, l'Allemagne et la Suisse, sont devenus les principaux transformateurs de la production du liège mondiale. Par contre, ce mouvement s'inversera durant les années 60, où la vocation industrielle de transformation passera des pays consommateurs, plus industrialisés, aux pays producteurs de liège.

La plus grande partie des établissements industriels, exposée dans le tableau ci-dessus, est située à Aveiro (606 industries et 11 000 salariés). La carte suivante localise la répartition :

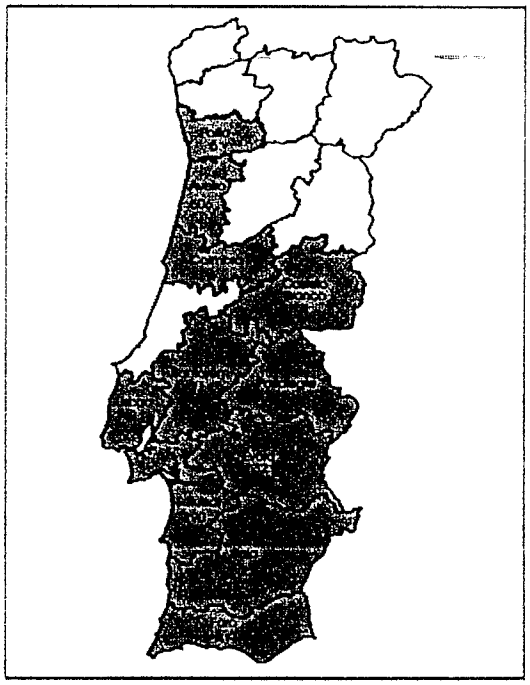


Figure 1.8 : Distribution de l'industrie du liège au Portugal

Structure de l'industrie du liège portugaise

	Nbre d'unités	Nombre de salariés/ industrie	%
Préparation	80	20 ou moins	95
Transformation	550	20 ou moins	85
Granulés et aggloméré	30	20 ou moins plus de 100	21 32
Industrie parallèle	240		
Total	900		

(Source: AGRO-GES, 1997)

Comme indiqué plus haut, près de 69 % de l'industrie et de l'emploi sont concentrés dans le district d'Aveiro, ce qui donne lieu, du fait de son éloignement de la zone principale de production, à un coût de transport supplémentaire du liège. Par contre, l'autre gros centre de transformation est situé dans le nord du district de Setúbal, plus exactement à Montijo, par conséquent beaucoup plus près de la zone de production.

Le secteur industriel est constitué de différents types d'entreprises. Celui de la transformation est composé principalement d'entreprises de petite taille. Il existe tout de même quelques exceptions. Quant aux secteurs de l'aggloméré et des granulés, ce sont des activités industrielles qui exigent, de part leur processus de production, de lourds investissements ce qui conditionne la présence d'entreprises de grande taille.

On a dénombré près de 5 250 emplois permanents dans le secteur primaire ce qui suppose réellement un nombre d'emplois saisonniers beaucoup plus important (probablement le double). Cette saisonnalité est très importante, puisque la plupart de ces travaux s'effectuent durant les périodes de l'année où le travail agricole est peu important. (Source : AGRO-GES. 1997)

Dans le tableau suivant on peut constater l'importance relative en pourcentage de la valeur des principaux produits transformés au Portugal :

Produit	%
Bouchons (liège naturel)	56
Bouchons agglomérés	11
Agglomérés purs	6
Agglomérés composés	17
Semi-finis	1
Autres	9

(Source: INE)

La balance commerciale (rapport exportation-importation) du secteur liège portugais indique que les exportations de produit liège représentent 30 % de la totalité de celles des produits forestiers, 15 à 20 % de celles des produits agricoles et forestiers et enfin 3 % de l'ensemble des exportations portugaises.

Quant aux importations, elles représentent près de 4 % du total des importations du secteur forestier. C'est principalement de la matière première non transformée, destinée à compléter les besoins de l'industrie de transformation nationale. (Source AGRO-GES. 1997).

En France, l'évolution de l'emploi dans la filière liège de 1945 à 1992 a été la suivante :

Années	Nombre d'entreprises	Nombre d'emplois
1945	600	8 000
1984	100	2 000
1992	80	1 600

Cette évolution s'est réalisée en plusieurs étapes, les causes étant nombreuses.

Dans un premier temps, pour des raisons de coût de matière première, les industries françaises ont progressivement acheté le liège à l'étranger (Espagne - Portugal).

Elles ont ainsi contribué au développement de la production dans ces pays et ont entraîné d'une certaine manière la réduction de la récolte française qui est devenue techniquement plus chère. En effet, une forêt non exploitée produit un liège de moindre qualité tandis que ses coûts d'exploitation (levée, débardage, transport) restent identiques voire sont plus élevés. De plus, l'absence de débouchés pour les lièges mâles a encore accru ce phénomène en rendant déficitaire son exploitation et par là même, en augmentant le coût de production de liège de reproduction (liège femelle), le seul réellement valorisable.

Dans un deuxième temps, ces entreprises françaises se sont trouvées sur leur propre marché confrontées aux transformateurs des pays producteurs qui bénéficiaient :

- *d'un coût d'achat plus faible de la matière première,*
- *d'un coût de transport sur achat plus faible (distance réduite, moindre impact des déchets sur le coût réel de transport rapporté au seul liège valorisable),*
- *d'un coût d'exploitation moindre : frais de personnel, impôts et taxes.*

Dans un troisième temps, l'industrialisation de la filière a été favorisée dans les autres pays producteurs d'Europe, par des aides à l'investissement allouées par les Régions et Etats respectifs (prêts bonifiés) tandis que la commercialisation de la production était appuyée

par des aides à l'exportation et des dévaluations successives.

4. UTILISATIONS DU LIEGE

Les utilisations du liège sont très nombreuses. Ses produits transformés sont destinés, de préférence, aux activités industrielles suivantes :

- la construction en général (isolement thermique et acoustique, revêtement, décoration, cloisons...),
- l'industrie du froid (chambres froides et transports frigorifiques),
- la construction navale (isolation, revêtement, décoration...),
- l'industrie de l'automobile,
- le bouchage de récipient contenant des liquides en général (bouchons, rondelles...),
- l'industrie des transports (isolation thermique, acoustique et vibratoire),
- l'industrie mécanique en général (joints d'étanchéité...),
- l'industrie textile,
- l'industrie chimique et pharmaceutique (bouchage et conditionnement de produits),
- l'industrie de la pêche (bouées, flotteurs...),
- l'industrie de la chaussure (semelles, talons...),
- l'industrie des emballages (granulés et laine de liège),
- la fabrication d'articles de sport (articles de pêche, raquettes, panneaux...),
- la fabrication d'articles de maison (nappes, boîtes de rangement, cadres, divers matériel de bureau...),
- autres utilisations.

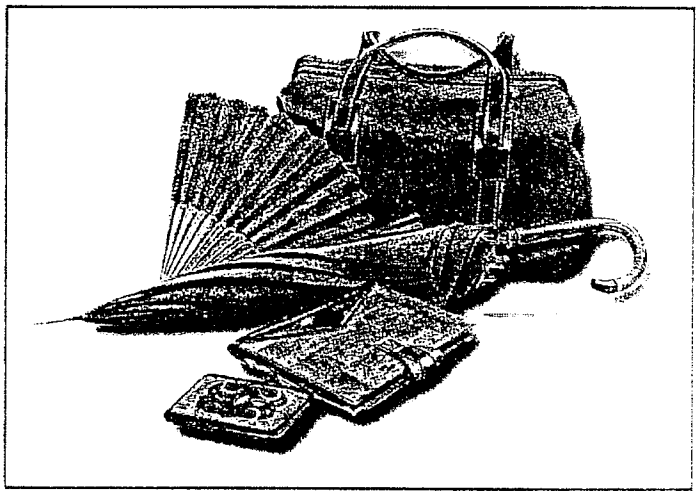


Figure 1.9 : Produits manufacturés en liège

TRAVAUX PRATIQUES

- Etablir la chronologie des faits les plus significatifs de l'histoire de l'industrie du liège.

- Elaborer des graphiques qui illustrent les aspects économiques et géographiques les plus importants (production, transformation, superficie, différents types d'industries, départements, régions, etc.).

- Récupérer outils et instruments de travail propres aux premiers temps de l'industrie du liège.

- Etablir le parallèle entre les différentes périodes de l'industrie du liège et leur contexte historique.

- Elaborer une liste, la plus complète possible, des industries du liège présentes dans votre région, tout en faisant ressortir des données relatives à certains types de produits (estimation de la production, nombre d'emplois, etc.).

- Lister des produits ou des produits manufacturés dans la composition desquels le liège intervient totalement ou partiellement.

Note du Traducteur:

L'évolution de la production française de liège brut en quintaux métrique de 1894 à 1990 a été la suivante :

Département	1894 Capuron-Ludeau (1)	1923 Hichott (1)	1929 Stat. Agricole de la France (1)	1942 Pouillade(1)	1959 Dugeley(1)	1990 (2)
Var	110 000	110 000	35 835	66 000	45 000	4 500
Alpes Maritimes	3 500	4 500	215			
Corse	18 000	10 000	50 728	45 000	40 000	28 000
Landes Gironde	5 000	6 000	2 500	5 000	3 000	
Lot et Garonne	11 000	2 500	668		1 200	
Pyrénées-Orientales	2 300	2 000	8 154	8 000	7 200	7 000
TOTAL	149 800	135 000	98 100	124 000	96 400	39 500

(1) P.G. Dumas "Etude sur une relance de la filière liège française" Déc. 86
(2) Jean Douheret – la suberaie et le liège en France en 1992 – Vivexpo 92

Sa répartition actuelle au niveau national est la suivante :

Département	Aire subéricole	Surface exploitable	Production
Var	33 000 ha	23 000 ha	2 500 t/ha
Corse	21 500 ha	15 500 ha	7 000 t/ha
Pyrénées-Orientales	15 000 ha	5 000 ha	700 t/ha
Aquitaine	100 ha (sous étage)		Non significatif

En 1999, il a été crée à Vives (Pyrénées-Orientales), l'Institut Méditérranéen du Liège dont la vocation est d'harmoniser au niveau national les différentes actions de recherche et de développement portant sur le liège.

CHAPITRE 2

LE CHENE-LIEGE ET LA SUBERAIE

CONTENUS

a) Thèmes:

- Le chêne-liège
  - Description botanique
  - Autécologie du chêne-liège
- La suberaie
  - Structure de la végétation dans les suberaies
  - Différents types de suberaies
- Productions d'une suberaie
  - Le liège
  - Le pâturage
  - Le bois et le charbon
  - La chasse
  - Autres ressources

b) Méthodologies:

- Observation et description précises des caractéristiques botaniques du chêne-liège : racines, tronc, feuilles, fleurs et fruits.
- Identification des caractéristiques climatiques optimales pour une croissance et un développement équilibré du chêne-liège.
- Comparaison botanique et structurale entre les différentes suberaies.
- Classification des différents types de suberaies en fonction de leur situation géographique et des conditions climatiques.
- Analyse des différents types d'aménagements de la suberaie : production de liège ou de bois, aménagement pastoral, aménagement cynégétique...

c) Attitudes:

- Bonne connaissance et identification des caractéristiques écologiques que doit réunir l'environnement du chêne-liège pour lui assurer un développement optimal.
- Prise de conscience sur la meilleure façon d'aménager une suberaie en fonction d'objectifs précis.

I. LE CHÊNE-LIÈGE

Le chêne-liège est un arbre de la famille des Fagacées. Cette famille comprend des essences aux caractéristiques similaires au chêne-liège, comme le chêne vert, le chêne pubescent, le châtaignier, le hêtre, etc. Toutes ces espèces ont en commun, le fait que les inflorescences mâles et femelles sont bien distinctes les unes des autres tout en étant présentes sur les mêmes arbres (espèce monoïque). Les fleurs mâles sont regroupées en grappes, appelées "chatons". Les fleurs femelles sont solitaires ou par groupes de trois et leur base est enveloppée par la cupule.

Le nom scientifique du chêne-liège est *"Quercus suber "*. Le premier mot représente le genre auquel il appartient. Le genre *Quercus* regroupe tous les arbres et arbustes producteurs de glands, comme ceux qui ont déjà été cités à savoir le chêne vert *(Quercus ilex)*, le chêne kermès *(Quercus coccifera)*, le chêne pubescent *(Quercus pubescens)*, et bien d'autres espèces que l'on trouve en Europe, en Asie et en Amérique du Nord. Il en totalise plus de 500. La deuxième partie du nom, *suber*, spécifie l'espèce et signifie liège en latin. Enfin, la troisième partie du nom, qui n'est pas toujours indiquée, représente le botaniste qui l'a déterminé. Dans ce cas c'est le suédois Linneo (L) qui le décrira, en 1753, dans son livre "Species plantarum".

Description botanique

Le chêne-liège est un arbre dont la hauteur à l'état adulte atteint 10 à 15 mètres. Cette hauteur est généralement fonction de l'âge, des conditions édaphiques et des traitements apportés par l'homme. Il peut exceptionnellement mesurer jusqu'à 25 mètres de hauteur.

A 1,30 m du sol, le diamètre du tronc peut atteindre jusqu'à 1 mètre (2,5 mètres maximum). Des circonférences de 12 mètres dans des cas exceptionnels ont pu être constatées.

Son âge limite, à l'état naturel, peut dépasser les 500 ans, bien qu'habituellement il se situe aux alentours de 300. Par contre, dans le cas d'une exploitation intensive de son liège, son âge limite d'exploitabilité ne dépasse pas 150 ou 200 ans.
En situation forestière, son houppier a une forme arrondie, étroite et haute. Il sera large et étalé en peuplement isolé.

Le bois du chêne-liège est dur, lourd, d'un brun clair et légèrement rosé. Il est bien veiné avec des rayons bien marqués. Il sèche difficilement et se fend facilement. Il intervient dans plusieurs utilisations où les qualités demandées sont la résistance au frottement et à la pourriture, comme par exemple dans certaines pièces de bateaux, les outils, les parquets, etc.

L'écorce est la caractéristique la plus singulière du chêne-liège, et actuellement la plus rentable. Il s'agit d'une couche de couleur grisâtre, très épaisse, peu dense et avec de nombreuses et profondes crevasses tout le long du tronc, sur des arbres qui n'ont jamais été écorcés. Cette écorce est essentiellement composée de liège, matériau dont l'origine est une succession de couches de cellules mortes et creuses qui se forment de l'intérieur vers l'extérieur. Ce liège a d'excellentes qualités d'élasticité, de résistance, d'isolation, etc. ce qui le rend irremplaçable dans certaines utilisations industrielles.

Le principal intérêt du liège est de protéger le tronc de l'arbre contre le feu, très fréquent dans les régions à climat méditerranéen où il vit. L'objectif est atteint puisque seule la partie extérieure brûle, l'intérieur étant isolé des méfaits de la chaleur excessive. Bien que le feuillage soit touché, les parties vitales de l'arbre peuvent rester intactes, ses branches refaire des feuilles et reprendre leur croissance normale après un incendie.

Lorsqu'on écorce les arbres, l'assise subérophellodermique (appelé communément la mèreou la " copa madre " en Castillan) qui produit le liège, est mise à nu. La couleur passe alors, et très rapidement, du jaunâtre au rouge, par la suite elle vire au noir.

Sur la surface du liège, on observe des crevasses ou fins canaux appelés lenticelles qui permettent l'approvisionnement en oxygène des autres parties vivantes du tronc et des branches. Elles apparaissent comme un rayon de l'extérieur vers l'intérieur du liège et peuvent atteindre une densité de 200/cm^2 ; leur épaisseur varie de 0,2 à 8 mm. Lorsque les lenticelles sont trop nombreuses ou trop grosses, le liège est considéré comme poreux et de mauvaise qualité pour la production de bouchon.

Le système racinaire est constitué d'une grosse racine pivotante qui sert de support, et de racines secondaires plus superficielles. Elles arrivent aussi à s'emmêler avec celles

d'arbres voisins (échange de substances nutritives) et peuvent entrer en symbiose avec le mycélium de divers champignons qui l'aideront à mieux capter les sels minéraux du sol.

Les feuilles de chêne-liège, tout comme celles du chêne vert, sont persistantes c'est à dire qu'elles peuvent rester plusieurs années sur l'arbre, contrairement à d'autres chênes. Très souvent ces feuilles tombent brusquement, et peuvent donner l'impression que l'arbre est malade. Cependant ce phénomène disparaît avec l'apparition de nouvelles feuilles au printemps. Elles sont coriaces, d'une consistance rappelant le cuir et de couleur vert foncé. Elles sont glabres sur leur partie supérieure. La partie inférieure apparaît plus claire et légèrement pubescente. Leur forme est ovale, voire oblongue, aux bords quelque peu dentelés. Elles mesurent, en général de 3 à 6 cm de long et de 2 à 4 cm de large. Elles comportent de 5 à 7 paires de nervures latérales qui, en général, ne se ramifient pas et qui rejoignent les petites dents du bord. Le pétiole de la feuille (queue) mesure jusqu'à 2 cm de long. Les fleurs apparaissent en général au printemps, entre avril et juin, même si certaines sortent pendant l'automne. Les fleurs mâles, en grappes de 4 à 8 cm, naissent sur les rameaux de l'année passée. Elles sont très petites et peu visibles, en forme de clochettes. Les fleurs femelles poussent isolées ou en groupes pouvant aller jusqu'à trois, sur les rameaux de l'année en cours (parfois sur celles de l'année passée), avec une cupule qui les protège à la base et qui persistera sur le futur gland.

Le fruit est un gland de 2 à 5 cm de long et de 1 à 2 cm de large dont le poids varie de 2 à 4 g, pouvant atteindre 25 g, exceptionnellement. Ils sont plutôt bruns une fois mûrs et possèdent un pédoncule qui peut aller jusqu'à 40 mm de longueur. La cupule se distingue des autres espèces par les écailles de la partie supérieure quelque peu arquées ou emmêlées, alors que celles du chêne vert sont appliquées contre la cupule et celles du chêne kermès ressortent légèrement. Le gland mûrit en automne, ce qui donne lieu à trois récoltes distinctes :

a) Glands primeurs, à la Saint Michel : ce sont des glands de l'année précédente, qui mûrissent en septembre-octobre. Ils sont produits en petite quantité mais sont très gros.

b) Glands secondaires, à la Saint Martin : ils sont produits en grosse quantité de novembre à décembre et leur taille est moyenne.

c) Glands tardifs qui tombent fin janvier.

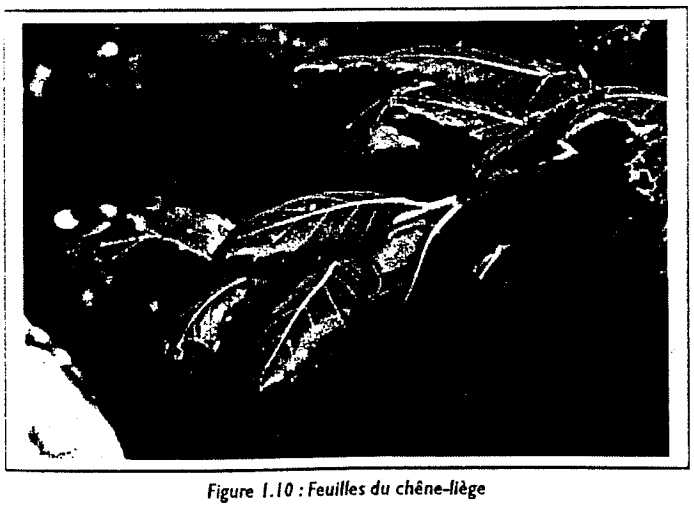


Figure 1.10 : Feuilles du chêne-liège

Autécologie du chêne-liège

Les principales régions où poussent les chênes-lièges bénéficient d'un climat méditerranéen. Ce climat se caractérise surtout par un hiver tempéré et un été chaud et sec, avec un à trois mois sans pluie et des précipitations concentrées au printemps et en automne.

Cette essence, sous ce type de climat, a des besoins précis pour pouvoir se développer dans de bonnes conditions physiologiques. Les températures doivent être douces, spécialement l'hiver. Le chêne-liège résistera aux fortes chaleurs si le sol présente une certaine humidité. Par ailleurs ses feuilles larges et molles sont très sensibles au gel. C'est la raison pour laquelle on n'en trouve pas dans des régions au climat continental (l'arrière pays de Castilla - León, par exemple) ou en haute montagne. Par contre on peut le rencontrer jusqu'à 1 000 m d'altitude dans des régions chaudes, comme l'Andalousie ou le Maroc. Au Maroc, on peut même le trouver jusqu'à 2 000 m d'altitude dans l'Atlas.
Les régions où vit le chêne-liège souffrent généralement au moins d'un mois de sécheresse estivale. Cependant, il a besoin d'une quantité minimum de

pluie qui se chiffre entre environ 400 mm/an et parfois même 1 000 mm/an suivant les secteurs.

La principale caractéristique des sols où il pousse, c'est l'absence de calcaire actif. Par conséquent, il est absent des régions où la roche calcaire est prédominante, à l'exception des calcaires durs comme le marbre et les dolomites. Il peut pousser sur des sols pauvres, peu fertiles, à condition qu'ils remplissent les conditions citées ci-dessus. En règle générale, il recherche des sols légers, bien aérés et riches en matières organiques. Par contre il ne supporte pas les sols hydromorphes.

2. LA SUBERAIE

Le chêne-liège, dans sa distribution actuelle, se rencontre comme une espèce forestière dominante, formant des peuplements purs ou mélangés à d'autres essences. Les suberaies correspondent presque toujours à des formations forestières de type "sclérophylle", c'est-à-dire composées d'espèces à feuilles persistantes et coriaces. Ces plantes ont acquis des capacités d'adaptation qui les aident à vivre de façon optimale dans des conditions méditerranéennes. Elles se résument ainsi :

- feuilles persistantes contrairement aux essences des forêts d'Europe du Nord,
- feuilles petites, coriaces ou en épines,
- production de cire ou d'huile,
- certaine résistance au feu par la capacité de rejeter de souche, d'émettre de nouvelles pousses (protégées par le liège) ou de produire des graines dont la germination est favorisée par le passage de l'incendie (espèce pyrophyte : ciste, pin ...)

Structure de la végétation des suberaies

Les suberaies suivent un processus de dégradation qui entraîne l'apparition de nouvelles espèces accompagnatrices et une modification de la structure de la végétation. Ce processus peut être dû à des causes naturelles (sécheresse, pression cynégétique, pression pastorale...) ou bien, plus fréquemment, à l'intervention de l'homme.

On distingue ainsi différents types de formation végétale à base de chêne-liège :

Figure 1.11 : Calycotome épineux (Calycotome spinosa)

a) *Suberaie dense* : si l'homme n'intervenait pas, la majorité des suberaies, à leur maturité, présenterait une densité trop forte avec des arbres atteignant une hauteur de 15 à 20 m. Le sous-étage serait pauvre : y prédomineraient des espèces ligneuses et herbacées d'ombre (peu exigeantes en lumière). Souvent le chêne-liège se trouve en mélange avec d'autres espèces forestières comme le chêne pubescent et le chêne vert. Dans la Péninsule Ibérique d'autres espèces accompagnatrices peuvent s'y mélanger comme l'olivier sauvage et le "chêne Tauzin" (*Quercus pyrenaïca*).

b) *Suberaie claire* : c'est une association végétale où le chêne-liège, principale espèce de l'étage arborescent, couvre de manière discontinue et clairsemée le terrain occupé. L'étage arbustif est particulièrement présent avec des espèces comme l'ar-

bousier, la bruyère arborescente, le laurier, le thym... Cette discontinuité du couvert arborescent a pour principale origine les incendies et la dégradation des sols.

c) *Maquis à chêne-liège* : c'est une association végétale largement dominée par l'étage arbustif ou herbacé. Elle a généralement pour origine une lente dégradation liée à des causes anthropiques (pâturage, incendie...)

d) *Les suberaies pâturées ou "dehesa"* : on les rencontre sur des sols très pauvres ou dans des écosystèmes de type "dehesas", très fréquent dans la Péninsule Ibérique. Le troupeau et le travail du sol favorisent la présence d'une grande diversité de plantes herbacées, annuelles ou vivaces, dont les familles les plus représentatives sont les graminées et les légumineuses. Elles donnent à ces pâturages une bonne valeur fourragère et pastorale.

Figure 1.12 : Lavande stéchade (Lavandula stoechas)

Les principaux types de suberaies

Il est possible de faire schématiquement une classification des suberaies de la Péninsule Ibérique et de l'Afrique du Nord en fonction du climat. En effet, c'est un agent de distribution majeur du chêne-liège qui a une influence indiscutable sur la composition des espèces accompagnatrices de la suberaie comme sur la qualité du liège produit.

a) *Suberaies typiques* : ce sont celles qui se trouvent en grande partie dans le sud-ouest de la Péninsule

Figure 1.13 : Arbousier (Arbutus unedo)

Ibérique (partie du Portugal, Extrémadure, Sierra Morena et Montagnes de Tolède). Le chêne-liège est présent dans ces régions, parfois mélangé au chêne vert. Il sera dominant dans des endroits humides, des sols sablonneux, etc.

b) *Suberaies côtières sur sol sablonneux* : fréquentes dans les sols sablonneux de la côte, aussi bien dans la Péninsule Ibérique (Huelva, Cádiz, etc.) qu'au Maroc où prédomine un climat doux et relativement humide.

c) *Suberaies tempérées et humides* : elles se trouvent dans des régions côtières au climat tempéré, presque subtropical. Les gelées y sont rares et l'humidité importante. Ce climat s'avère optimal pour le chêne-liège qui y pousse rapidement et atteint de grande taille. Cependant, il semblerait que la croissance rapide porte préjudice à la qualité du liège, augmentant la proportion de liège "soufflé". La végétation y est spécifique et composée d'espèces aux feuilles similaires à celle du laurier. D'ailleurs elle constitue des formations végétales appelées "Laurisylves". Ces suberaies prédominent dans les zones montagneuses de Cadiz, de Malaga et au sud du Portugal, ainsi qu'au nord du Maroc. Les suberaies de Catalogne et de France en sont proches. Néanmoins, le climat étant plus frais, la

Figure 1.14 : Ciste de Montpellier (Cistus monspeliensis)

croissance du liège y est beaucoup plus lente, ce qui entraîne une rotation de récolte de 14 à 16 ans.

Figure 1.15 : Suberaie humide avec un sous-bois de fougères

d) *Suberaies océaniques* : elles incluent plusieurs suberaies du Portugal et d'autres zones de l'ouest de la Péninsule Ibérique (avec celles de Galice et de la côte Cantabrique) qui bénéficient d'un climat océanique (frais, doux, humide avec de rares gelées). La suberaie française de la région Aquitaine en fait partie.

e) *Suberaies tempérées et sèches* : elles sont assez fréquentes dans une grande partie du centre et du sud de la Péninsule Ibérique (principalement en Andalousie) et en Afrique du Nord. Peu de gelées, hivers doux et étés très secs et chauds.

Figure 1.16 : Bruyère arborescente (Erica arborea)

Figure 1.17 : Ciste à feuille de sauge (Cistus salviifolius)

f) *Suberaies continentales* : elles se trouvent dans la Péninsule Ibérique, dans de rares zones du nord de la Meseta (Salamanca, Àvila, etc.). Le climat y est froid et sec, avec de fréquentes gelées, mais l'été y est chaud. Ce climat n'est pas idéal pour le chêne-liège.

Néanmoins il arrive à le supporter et à survivre dans certains secteurs.

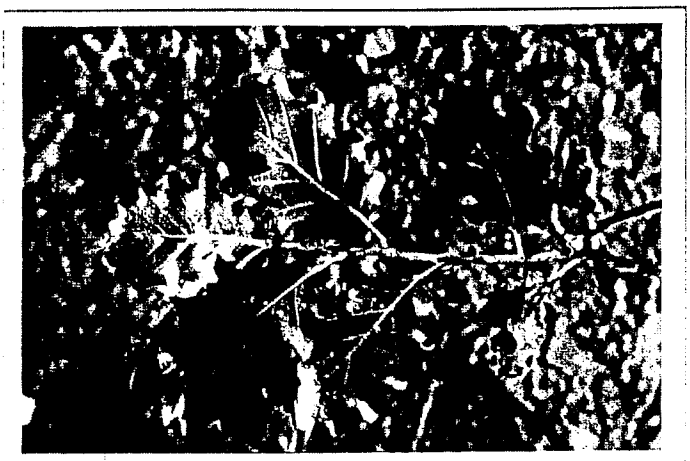


Figure 1.18 : Feuilles de chêne pubescent (Quercus pubescens)

3. LES PRODUCTIONS D'UNE SUBERAIE

Le liège

En Espagne et au Portugal, le liège apporte d'importants revenus aux propriétaires exploitants de suberaies. Ils sont souvent beaucoup plus élevés que ceux apportés par l'élevage ou par des productions agricoles. Cependant, cette récolte se fait seulement tous les neuf ans dans le sud de l'Espagne et tous les dix ans, voire plus, dans d'autres régions plus froides. L'écorçage a toujours lieu l'été, c'est à dire au moment où l'arbre est en pleine activité végétative et où l'opération en tant que telle n'occasionnera aucune blessure à l'arbre.

La meilleure façon d'optimiser l'exploitation d'une suberaie, c'est de suivre un plan d'aménagement mûrement réfléchi. Si la propriété est suffisamment grande, on peut la diviser en plusieurs parcelles distinctes. Chaque parcelle sera écorcée à des années différentes, ce qui permettra de répartir les revenus dans le temps. Dans certaines régions de production, on réalise aussi un écorçage fractionné, c'est à dire que l'arbre est alors divisé en plusieurs parties (2 à 3), qui sont écorcées à des années différentes.

Le gestionnaire doit organiser au mieux le passage en écorçage des différentes parcelles. En même temps il doit aussi s'assurer du renouvellement des peuplements les plus âgés. Dans le cas d'une trop forte pression pastorale, la mise en régénération des peuplements les plus âgés pourrait être perturbée, avec pour conséquence un éventuel vieillissement irréversible des peuplements en place. Afin d'éviter cette situation il est nécessaire "de mettre en défens contre la dent du bétail" les parcelles définies comme devant être régénérées. Cette mise en défens peut être globale par la pose d'une clôture périmétrale autour de la parcelle concernée, ou individuelle par la mise en place de protection autour de chaque jeune arbre. Par la suite, lorsque ceux-ci seront hors d'atteinte de la dent du bétail, les parcelles pourront être réouvertes aux troupeaux.

La valeur économique du liège varie énormément en fonction de sa qualité mais aussi en fonction des facteurs suivants : du patrimoine génétique de chaque arbre ou de chaque groupe d'arbres, des conditions climatiques, du sol, de la situation topographique, des blessures occasionnées par les écorçages et la taille, de l'embroussaillement de la parcelle, des maladies.
En conclusion, pour produire un liège de qualité, il semble stratégique de maintenir la suberaie dans le meilleur état sanitaire possible.

Il faut attendre que le chêne-liège atteigne une taille et un âge suffisants (normalement 25/30 ans en Espagne et au Portugal, 40/45 ans en France) pour réaliser le premier écorçage appelé en France "démasclage". Si ces conditions d'âge et de dimension ne sont pas respectées et s'il est fait un écorçage trop précoce, la croissance future de l'arbre peut être gravement affectée. Arrivé à l'âge préconisé, il sera écorcé pour la première fois jusqu'à une hauteur, en général, inférieure à 1,30 m. Le liège obtenu, appelé "liège mâle", est irrégulier avec de profondes crevasses et inapte à la fabrication de bouchons. Par contre, il peut être utilisé pour la fabrication d'aggloméré. Lors des écorçages suivants, la hauteur sera légèrement augmentée.

Lors du second écorçage, environ 9 ans plus tard en Espagne et au Portugal, 14 ans en France, on obtient "le liège de première reproduction". Bien qu'il soit de meilleure qualité que le précédent, il est encore trop crevassé et donc inapte à la fabrication de bouchons. C'est lors du troisième écorçage, quand l'arbre atteint 40 à 50 ans en Espagne et au Portugal, 65 à 70 ans en France, que l'on obtient le premier liège de qualité utilisable pour la fabrication du bouchon (liège bouchonnable).

La production de liège d'un arbre varie beaucoup en fonction de l'âge, de la taille, du sol, de la hauteur d'écorçage, etc. La production annuelle de liège par hectare peut aller de quelques dizaines de kg à plus de 500 kg dans le cas d'arbres exceptionnels.

La glandée et les pâturages

Traditionnellement, l'élevage a été la ressource la plus valorisante des suberaies, notamment dans les "dehesas" de chêne-liège ou de chêne vert. Aujourd'hui, la baisse du prix du liège associée à la déprise agricole, semblent faire souvent passer l'exploitation pastorale au second plan. Néanmoins, il existe des cas où celle-ci peut être soutenue par des aides européennes et nationales, de fait qu'elle remplit des fonctions nouvelles d'aménagement de l'espace considéré prioritaires.

Dans des conditions favorables, la suberaie peut être accompagnée de culture céréalière ou fourragère (complément alimentaire pour le bétail). Par contre, une forte proportion de la suberaie actuelle occupe des zones de montagne non mécanisables et à faibles potentialités pastorales.

Dans les "dehesas", la glandée représente une ressource alimentaire importante pour le troupeau. Bien que, contrairement à celui du chêne vert, le gland de chêne-liège soit un peu amer et âpre, les animaux l'apprécient et le consomment. De plus, un de ses avantages majeurs est la répartition étalée de sa production sur plusieurs périodes de l'année (de septembre jusqu'au début de l'année suivante). Ainsi, les bêtes peuvent s'en nourrir durant toute cette période, notamment et plus particulièrement de novembre à décembre.

La production moyenne de glands par chêne-liège va de 5 à 10 kg/an, avec une variabilité inter-annuelle importante (ce que l'on appelle l'irrégularité des fructifications). Elle peut aussi varier suivant les arbres, leur taille, l'ensoleillement, l'humidité, etc. Une taille adaptée consiste à donner aux arbres un port étalé avec de grosses branches latérales, un houppier bien ensoleillé, et permet ainsi à l'arbre de maximiser la production de glands. Dans certains cas exceptionnels, des chênes-lièges ont produit jusqu'à 600 kg de glands en une année. Chaque gland peut peser entre 2 à 10 g et parfois beaucoup plus.

Le bois et le charbon

Le chêne-liège est une essence à croissance lente. Son bois à une forte densité, est très dur. Cependant, il n'est pas souvent utilisé, car il est très cassant et se travaille difficilement. De plus, il est peu évident de trouver des arbres droits, sans nœud, ni défaut. Par contre, son utilisation pour le chauffage est très appréciable. En effet son bois a un grand pouvoir calorifique
(autour de 4 000 Kcal/kg, pour du bois sec) et sa combustion est lente.

Ceux sont surtout les tailles d'hiver, quand l'activité végétative de l'arbre est réduite, qui produisent du bois de chauffage. Mais les chênes-lièges ne doivent pas être taillés l'année de l'écorçage car l'affaiblissement et le stress occasionnés pourraient leur être fatal et les faire dépérir.

Le chêne-liège a la particularité d'avoir les branches recouvertes de liège. Ce dernier doit être enlevé pour que les branches puissent être utilisées comme bois de chauffage. Après avoir été retiré, il peut être vendu et être utilisé dans la fabrication de produits en aggloméré. On le nomme liège mâle d'hiver ("bornizo de invierno") qui se différencie du liège mâle d'été ("bornizo de verano") produit lors du premier écorçage ou démasclage.

La qualité du charbon obtenu est excellente. La fabrication du charbon sur place semble préférable afin d'économiser le coût du transport, généralement élevé, de la forêt jusqu'au lieu de carbonisation. De plus, le charbon a le grand avantage qu'à poids égal, son pouvoir calorifique est supérieur à celui du bois (7 000 à 8 000

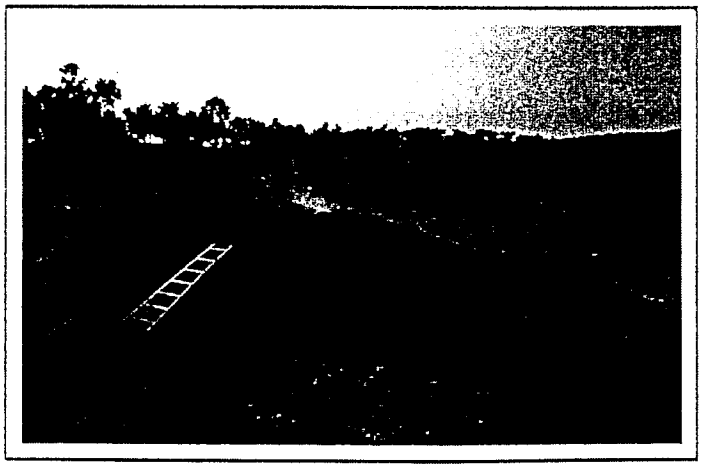


Figure 1.19 : Une meule de charbon

Kcal/Kg). Le coût de transport et le coût de stockage ramenés au Kcal sont donc également réduits.

Pour la fabrication du charbon, on monte une pile de bois que l'on recouvre de terre en laissant quelques orifices d'aération. On allume le foyer situé au cœur de la pile et on le laisse brûler partiellement durant quelques jours. Les branches et les morceaux à faible pouvoir calorifique vont brûler entièrement. Le reste, incomplètement carbonisé, constitué de la partie la plus dure et la plus dense du bois, se transforme en charbon.

Ce procédé pose deux problèmes : la perte de matière dans la combustion et le coût de production supplémentaire. La perte du poids peut atteindre plus de 80 %. Elle sera minimisée dans le cas d'utilisation de gros bois ou de bois issu de souche. Par contre, elle sera importante dans le cas d'utilisation de petit bois provenant de la taille. Ce rendement dépendra aussi de l'humidité du bois au début de la carbonisation.

La chasse

De nos jours, du fait de leurs faibles potentialités agricoles, certaines suberaies ont perdu leur usage agricole. Elles sont situées dans des zones peu accessibles, rendant difficile la commercialisation des produits ou dans des zones faiblement peuplées et il est difficile de trouver de la main d'œuvre.

Généralement, toutes les suberaies possèdent des potentialités cynégétiques qui sont de plus en plus reconnues financièrement. C'est une valorisation peu exigeante en entretien et en main-d'œuvre.

Autres ressources

Dans une suberaie ou une "dehesa", on peut trouver de multiples ressources naturelles qui, bien gérées, peuvent s'avérer un complément de revenu important:

- production apicole : le miel est un produit naturel et écologique avec des appellations d'origine sur le marché,

- les champignons poussent naturellement en grande quantité, surtout en automne, et peuvent atteindre des prix particulièrement élevés,

- les plantes médicinales et aromatiques s'apprécient et se cultivent. Dans certaines régions, il est nécessaire d'en contrôler la récolte pour éviter leur totale disparition. Parmi ces plantes, on peut citer le romarin, l'origan, le thym, les cistes, etc.

- les autres plantes ou fruits que l'on peut aussi récolter sont par exemple, les asperges, les palmiers nains, les arbouses, etc.

Figure 1.20 : Ruches dans une suberaie

TRAVAUX PRATIQUES

1- Visite d'une suberaie (de préférence au printemps)

- *Observation des arbres, identification et description des différentes parties et organes (port, tronc avec liège, type de feuilles, fleurs, etc.)*
- *Observation de la structure du peuplement*
- *Identification de la flore présente*
- *Reconnaissance des différents habitats (montagne, "dehesa", maquis, etc.)*
- *Analyse des différents produits présents dans la suberaie (pâturages, liège, champignons, plantes, fruits des bois, bois de chauffage, charbon, ruches, etc.)*

2- En laboratoire, observation et identification des différents éléments de la suberaie.

- *Echantillons de chêne-liège (feuilles, fleurs, fruits et écorces)*

CHAPITRE 3

RAVAGEURS ET MALADIES DU CHENE-LIEGE

CONTENUS

a) Thèmes:

- Ravageurs du chêne-liège
  - Insectes des feuilles (défoliateurs)
  - Insectes du liège
  - Insectes du bois
  - Insectes des glands
  - Insectes des racines

- Maladies du chêne-liège
  - Le pourridié
  - La rouille
  - Le balai de sorcière
  - L'encre
  - Le chancre
  - Le charbon
  - "La seca"

b) Méthodologies:

- Détermination de la présence d'insectes parasites sur le chêne-liège. Les différencier des autres insectes non parasites.

- Identification des parasites qui peuvent nuire aux chênes-lièges, attaquant les feuilles, le bois, le liège, les glands ou les racines.

- Connaissance et utilisation des traitements et interventions nécessaires pour prévenir et combattre les différents parasites du chêne-liège.

- Distinguer les maladies les plus communes des chênes-lièges. Connaître les parties de l'arbre qu'elles touchent.

- Connaître et mettre en oeuvre les moyens qui contribuent à prévenir et à combattre les maladies du chêne-liège.

c) Attitudes:

- Prudence et rigueur dans la reconnaissance des parasites qui touchent le chêne-liège.

- Prise de conscience de l'importance des actions préventives et curatives contre le développement de ravageurs du chêne-liège ainsi que des moyens de lutte à mettre en oeuvre.

- Prudence et rigueur dans la reconnaissance des maladies qui touchent le chêne-liège.

- Prise de conscience de l'importance de la mise en œuvre d'actions préventives et curatives contre les maladies du chêne-liège ainsi que des moyens de lutte à mettre en oeuvre.

I. LES RAVAGEURS DU CHENE-LIEGE

Il existe de nombreuses espèces d'insectes qui vivent dans les chênes-lièges qui s'alimentent et se développent aussi bien dans les feuilles, que dans le liège, le bois, les fruits et même les bourgeons et les fleurs. Cependant, toutes ces espèces ne sont pas nuisibles. Certaines d'entre elles font partie de l'écosystème "suberaie" dans lequel elles peuvent constituer des populations stables qui ne causent pas de dommage à l'arbre.

On parle de dégâts significatifs quand l'équilibre entre l'impact d'une population d'insectes et la capacité de résistance du boisement est rompu. Il se produit alors une explosion du nombre d'insectes nuisibles (ou gradation) qui ne prend fin que quand l'organe attaqué est consommé ou n'est plus disponible ou utilisable, ou quand la population de l'insecte est régulée par d'autres attaques parasitaires. Elle atteint alors son minimum jusqu'à l'explosion du prochain cycle.

Parmi les insectes décrits ci-dessous, certains sont beaucoup moins nuisibles que d'autres selon la station et la période d'attaque. Néanmoins ces derniers seront cités pour l'intérêt économique ou écologique qu'ils peuvent présenter. On peut aussi considérer comme ravageur du chêne-liège d'autres espèces de groupes zoologiques différents comme les oiseaux, les mammifères, les arachnides.

Pour combattre ces espèces nuisibles, on a recours aussi bien à des produits chimiques, qu'à la lutte biologique, en introduisant dans la suberaie des parasites ou prédateurs qui leurs sont propres. notamment en les parasitant avec leurs propres prédateurs. Afin de minimiser ces attaques parasitaires, il est conseillé de veiller au maintien dans un bon état sanitaire de l'arbre, en s'assurant de la bonne exécution des différentes opérations subéricoles (tailles, démasclage...) qui pourraient être source d'infection et de parasitose. Les reboisements dans les stations peu propices aux chênes-lièges seront à éviter afin de ne pas exposer les arbres à des attaques parasitaires potentielles.

Les insectes des feuilles (défoliateurs ou Phyllophage)

La tordeuse verte (Tortrix viridana)

C'est un papillon de petite taille. Il peut mesurer jusqu'à 2 cm, les ailes déployées, de couleur claire, vert ou jaunâtre. Le mâle et la femelle sont identiques. Sa chenille est de couleur grisâtre, tachetée de points noirs avec une tête noire. Elle s'alimente de feuilles et de bourgeons aussi bien du chêne-liège que d'autres essences. Elle peut occasionner de graves dégâts physiologiques mais aussi économiques car elle contrarie fortement la production de glands.

Les traitements contre cette espèce (comme contre d'autres espèces de papillons) consistent à pulvériser à un moment choisi des produits chimiques, ou à utiliser des pièges à phéromones. Les phéromones sont des substances hormonales femelles (Pheromone de synthèse) qui sont utilisées afin d'attirer les mâles vers des pièges dans lesquels ils seront neutralisés par un insecticide sans avoir pu se reproduire.

En France, on considère que le piégeage pheromonal (ou piégeage de masse) ne fonctionne malheureusement pas. En effet, on ne supprime qu'une très faible fraction de la population d'insectes. Le piégeage permet surtout de suivre les niveaux de populations pour déceler l'arrivée d'une gradation.

Le Bombyx disparate (Lymantria dispar)

C'est l'un des ravageurs les plus connus du chêne-liège auquel il occasionne de graves dégâts. En effet, à l'échelle d'un massif, il peut défolier complètement les arbres. Il peut apparaître massivement pendant trois ou quatre années successives, puis soudainement disparaître pour des raisons alimentaires, climatiques, écologiques ou de prédation.

Cette espèce mesure au stade du papillon entre 3,5 et 6,5 cm, ailes déployées. La femelle a plus d'envergure que le mâle. Elle est blanche, avec l'arrière jaune et quelques petites taches noires sur les ailes. Le mâle tire du châtain grisâtre vers le rouge, avec des zigzags foncés sur les ailes avant et des antennes grises. Au stade de chenille à partir du 4ème stade il possède quelques paires de tubercules de couleur bleue près de la tête et rouge à l'arrière. Ses œufs sont typiques et ressemblent à de petites éponges jaunes de 4 x 2 cm d'où l'appellation

Figure 1.21 : Lymantria dispar

"spongieuse" parfois employée pour désigner l'espèce. Ils sont situés sur le tronc ou les branches de l'arbre et sont parfois réunis en masse.

Autres

Il existe beaucoup d'autres papillons qui s'alimentent des feuilles du chêne-liège et qui peuvent s'avérer des parasites. Parmi eux, on trouve le Malacosoma neustria, de couleur cannelle claire, avec deux bandes foncées sur les ailes. Sa chenille possède des bandes de diverses couleurs tout le long du corps. Il existe aussi le Catocala nymphagoga et le Ephesia nympaea. Ils se ressemblent énormément, leurs ailes avant brunes tirant sur le gris avec des bandes et des taches claires et foncées, alors que leurs ailes arrières sont jaunes avec deux bandes noires. Les chenilles sont très semblables, grisâtres avec des points rouges.

Figure 1.22 : Catocala nymphagoga

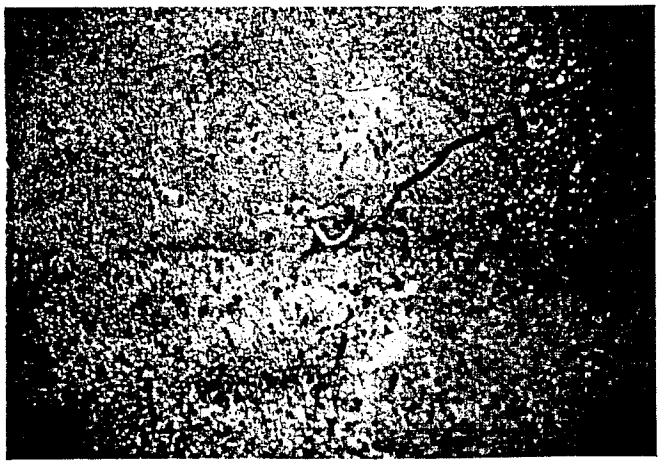
Enfin, citons aussi l'Euproctis chrysorrhoea, petit papillon blanc dont les chenilles noires avec des taches orangées et rouges sont particulièrement velues. Elles sont de plus urticantes à partir du 3ème stade (forme hivernante).

Les insectes du liège

Le ver du liège (Coroebus undatus)

C'est sûrement le parasite le plus connu parmi ceux qui affectent le liège et celui qui porte le plus de préjudice, du point de vue économique. Il s'agit d'un petit coléoptère, un buprestide d'environ 1,5 cm de long, gris-vert métallique, avec des bandes claires sur l'arrière et de courtes antennes. Il pond dans les crevasses du liège et ses larves s'alimentent de l'assise génératrice de liège (la mère du liège). Elles sont longues (plus de 3 cm) et ont une tête proportionnellement plus grosse et de couleur blanchâtre. Elles construisent de longues galeries qui, au fil des années, restent marquées dans le liège. Ces galeries sont creusées en partie dans le liège et en limitent l'utilisation pour le bouchonnage. En outre, elles peuvent provoquer au moment de l'écorçage des blessures sur l'assise génératrice de liège. Depuis l'extérieur, on observe des traces de sève jaunâtres ou noirâtres, populairement appelées "crottes de milans".

Le traitement consiste à pulvériser sur les arbres atteints des produits insecticides, employés aussi bien sur les insectes à l'état adulte qu'à l'état larvaire. Ces insectes sortent très tôt de leur chrysalide, aux alentours de fin mai - début juin.



igure 1.23 : Larve et dégâts du Coroebus undatus

Figure 1.24 : Dégâts du Coroebus undatus

Figure 1.25 : Traces provoquées par du Coroebus Undatus (crotte de Milan)

La fourmi

Il existe plusieurs espèces de fourmi qui peuvent construire leur fourmilière dans l'écorce du chêne-liège. Elles n'abîment pas l'arbre en soi mais peuvent porter préjudice à la valeur du liège, notamment lorsqu'il est empilé et stocké en forêt. Par les piqûres douloureuses qu'elles infligent aux ouvriers, elles rendent les conditions de débardage à dos d'homme des plaques de liège particulièrement difficiles.

L'espèce la plus connue est la *Crematogaster scutellaris*. De petite taille, elle se reconnaît facilement par ses couleurs : noire à l'avant et rouge à l'arrière. Une autre espèce, la *Camponotus herculeanus* est plus grosse et de couleur noire.

La lutte pour leur élimination des suberaies et du liège est une opération délicate. En effet, si certains insecticides peuvent être efficaces et performants, ils sont très coûteux à grande échelle, et déconseillés pour l'équilibre écologique.

Les insectes du bois (Xylophages)

"Las banderas" (Coroebus florentinus)

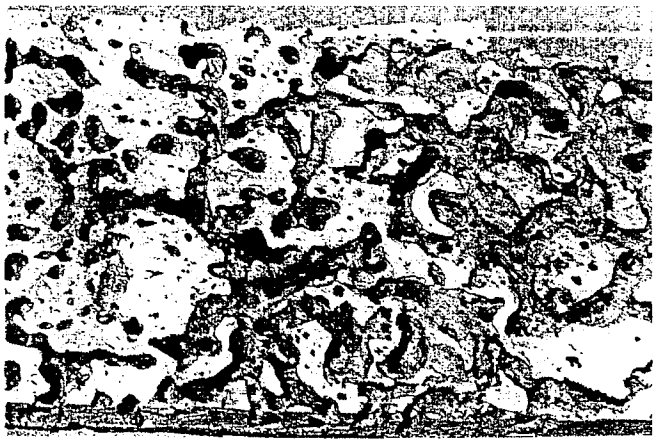


Figure 1.26 : Dégâts de la fourmi (Crematogaster scutellaris)

Elle se caractérise par la présence de branches sèches situées sur la partie extérieure du houppier de l'arbre qui tranchent avec les autres branchages verts et sains de l'arbre. C'est un buprestide, voisin du "ver du liège" qui en est responsable (*Coroebus florentinus* appelé aussi *Coroebus bifasciatus*). Il mesure un peu moins de 2 cm de long. Il est de couleur foncée et métallique avec 2 bandes noires bleuâtres à l'arrière. Il pond sur les branches les plus excentrées et les plus ensoleillées

de l'arbre. Sa larve s'alimente du bois des branches jusqu'à la formation de la chrysalide. Avant nymphose, la larve détruit les tissus conducteurs de sève avec un parcours circulaire et superficiel dans le bois. C'est à l'intérieur de la branche sèche qu'aura lieu la métamorphose qui donnera naissance à l'insecte adulte.

Pour traiter ce parasite qui ne porte pas vraiment préjudice à l'arbre ou au liège (sauf sur les chênes dépérissants : perte foliaire accrue), il est conseillé de couper la branche en dessous de la partie sèche et de la brûler immédiatement. Cette opération sera efficace seulement si l'insecte se trouve encore à l'intérieur. Elle devra donc être menée avant que la branche soit complètement sèche.

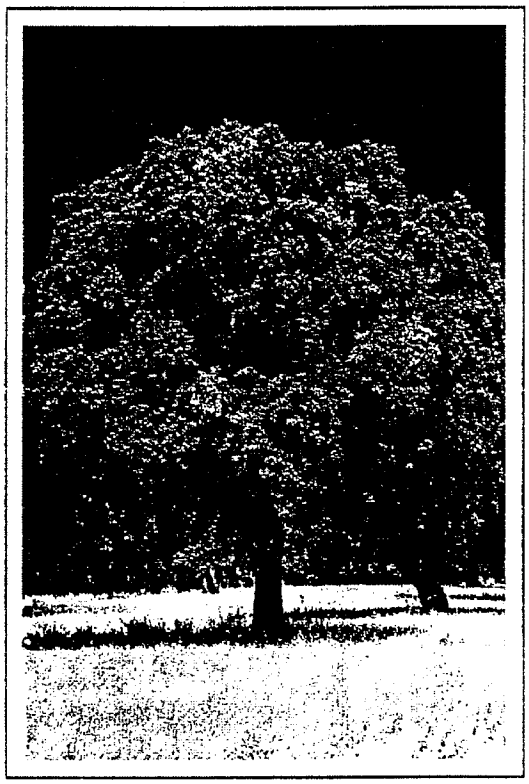


Figure 1.27 : Traces de Coroebus florentinus

Le capricorne (Cerambyx cerdo et Cerambyx velutinus)

Il s'agit surtout de deux espèces de coléoptères et plus précisément des longicornes. Ils peuvent atteindre plus de 5 cm de long. Ils ont de longues antennes (surtout le mâle) comptant plus de 10 segments ou divisions. Le corps est de forme allongée et de couleur châtain foncé à noire. Cet insecte pond dans les fissures de l'écorce, dans les blessures provoquées par les tailles ou les écorçages. Les larves sont d'énormes vers blancs qui peuvent atteindre 7 cm de long qui migrent dans le bois et s'en s'alimentent jusqu'à leur métamorphose. L'adulte, lors de sa libération, provoque un énorme trou dans le bois et dans l'écorce. A part cette nuisance, cet insecte ne produit pas des dégâts importants à l'arbre ou au liège, même si les galeries peuvent être des portes ouvertes à d'autres parasites ou d'autres maladies (champignons...). Le *Cerambyx cerdo* est une espèce protégée au niveau Européen, car elle est en voie de disparition dans une grande partie de l'Europe. Par contre, elle abonde dans la Péninsule Ibérique.

Figure 1.28 : Cerambyx cerdo (grand capricorne)

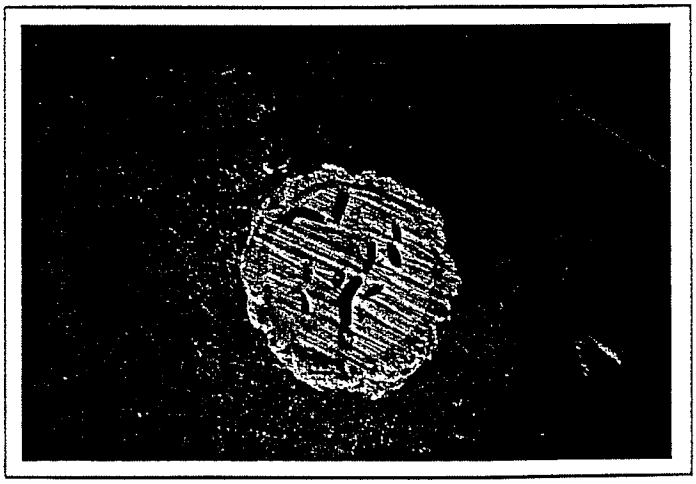


Figure 1.29 : Dégâts du Cerambyx cerdo

"Les barrenillos" (Platypus cylindrus)

Ce sont de petits scarabées (coléoptères de la famille des Escolitidés et Platypodidés) dont les larves s'alimentent du liège, du bois. Elles sont situées aussi bien dans le tronc que dans les branches. Elles attaquent surtout les arbres dépérissants ou morts. Elles creusent de longues et étroites galeries qui s'avèrent fatales à l'arbre vivant. L'espèce la plus courante est le *Platypus cylindrus*. Il est facilement identifiable par les nombreux trous foncés, entourés de sciure jaunâtre, situés sur le tronc ou sur les branches..

Pour traiter la suberaie atteinte, il faudrait couper les arbres affectés (morts ou vivants) et les éliminer par brûlage. Une autre méthode consiste à appliquer par badigeonnage ou pulvérisation d'un insecticide sur les arbres malades.

Figure 1.30 : Dégâts du Platypus cylindrus

Les insectes des glands

Le charançon des glands (Balaninus elephas)

C'est un petit charançon, marron clair de la famille des Curculionides, facilement identifiable grâce à une longue trompe située sur sa tête d'où sortent latéralement ses antennes. Il pond en s'aidant de sa trompe qui lui permet de percer un trou dans les glands. Les larves, de forme allongée, blanchâtres avec une tête et des pattes presque invisibles, parasitent l'intérieur du gland qu'elles consomment jusqu'à la formation complète de la chrysalide. Après la métamorphose, l'insecte ressort par un trou gros et visible, contrairement à celui de la ponte qui est minuscule et ne permet pas généralement de constater si un gland est parasité ou pas. Le charançon stérilise généralement le gland qu'il parasite en consommant directement son germe ou une part importante de ses substances de réserve.

Il est très difficile de lutter contre cet insecte à grande échelle. Par contre, il est constaté qu'une pression pastorale appliquée au moment de la glandée va réduire de manière significative la présence et la fréquence de l'insecte.

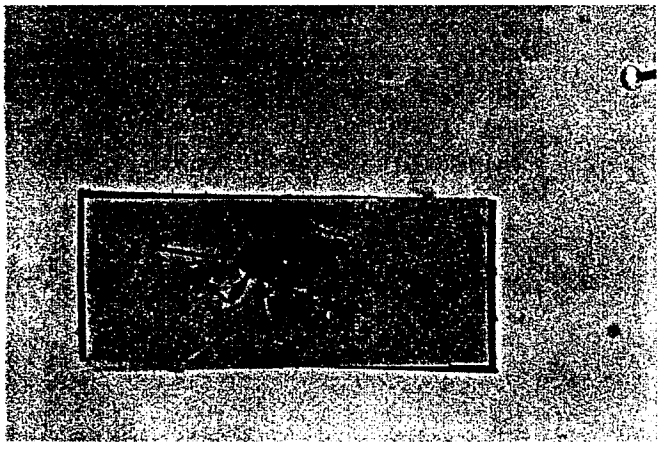


Figure 1.31 : Balaninus elephas

Les insectes des racines

Les "vers blancs"

Ce sont généralement des larves qui vivent dans le sol. Elles peuvent appartenir à des familles très diffé-

rentes (hanneton, charançon, ...). Elles creusent des galeries et s'alimentent des racines. Elles entraînent des dégâts irréversibles à celles des jeunes plants ou des jeunes semis. Elles sont notamment fréquentes dans les terrains à structure sablonneuse. Ces vers blancs ont, par conséquent, une action de nuisance directe sur la régénération naturelle ou artificielle du chêne-liège qu'ils peuvent gravement contrarier. Parmi ces espèces, on trouve celle du genre *"Melolontha"*.

Pour préserver les jeunes boisements, l'utilisation de tubes souterrains suffisamment ancrés dans le sol et conçus pour protéger les racines contre les attaques larvaires pourrait être testée. Avant boisement cela nécessitera qu'une appréciation de la densité larvaire (nombre de larve au m^2) soit faite.

Autres

On peut signaler les blessures occasionnées par certains oiseaux comme le Pic *(Dendrocopus sp)* qui, bien qu'il ne soit pas un parasite direct de l'arbre n'affectant pas vraiment son état sanitaire, peut ponctuellement abîmer le liège. En effet, ces oiseaux friands de larves, comme le ver du liège, réalisent de nombreux trous dépréciateurs du liège.

Figure 1.32 : Dégâts occasionnés par le Pic (Dendrocopos sp.)

2. LES MALADIES DU CHENE-LIEGE

Une maladie peut se définir comme une altération de la santé et du bon développement d'un être vivant. Elle peut être causée soit par un organisme vivant, comme la bactérie, le champignon ou le virus, soit par des conditions écologiques défavorables : température, humidité, présence de substances toxiques, etc. Dans le cas du chêne-liège, il existe plusieurs maladies, fréquentes dans nos forêts, qui touchent diverses parties de l'arbre (racines, branches, feuilles, etc.) et à divers degrés. Elles affectent généralement les arbres affaiblis mais peuvent, parfois aussi, toucher des arbres sains.

Pour les moyens de lutte contre ces maladies, il suffit de se reporter au chapitre 1 sur les parasites. D'une manière générale, il semble difficile qu'une maladie puisse se développer dans une forêt saine. Par ailleurs, chaque maladie possède ses caractéristiques et ses traitements spécifiques, en fonction de sa nature.

Le pourridié des racines (Armillaria mellea)

En Espagnol, elle se nomme "Pudricia blanca de las raíces" c'est à dire, si on traduit mot à mot, "la pourriture blanche des racines". Comme son nom l'indique, l'un de ses principaux symptômes est la présence de tissus blancs sur le bois et sous le liège. Il s'agit d'un champignon appelé *"Armillaria mellea"* ou "Armillaire couleur miel" qui se propage par les racines ou par le sol et remonte dans l'arbre. On le rencontre aussi bien dans les suberaies que dans les pinèdes ou les vergers.

Ce champignon attaque généralement les arbres dépérissants, âgés, souffrant de sécheresse ou d'autres maladies. Le carpophore fréquemment visible à la base du tronc est caractéristique : les champignons sont de couleur jaune ou miel, avec de petites écailles ponctués de noir sur le chapeau. Le pied est entouré par un anneau pelucheux ou membraneux plus ou moins jaune qui mesure de 4 à 7 cm de diamètre.

Au cours de ces dernières années, dans le sud-ouest de l'Espagne, il semble qu'il soit à l'origine de nombreux dépérissements de suberaies Le traitement de la maladie, à l'échelle d'une forêt, semble très difficile.

Une méthode expérimentale consisterait à injecter au sol une certaine quantité de sulfure de carbone. Cet apport pourrait favoriser l'installation et le développement d'autres espèces de champignons qui concurrenceraient ainsi l'Armillaire et l'élimineraient. Il est aussi très important d'enlever les arbres atteints (vivants ou morts) par ce champignon.

La rouille (Endothiella gyrosa)

Elle est produite par le champignon *Endothiella gyrosa*. Elle se matérialise par des taches orangées sur le bois et sur l'écorce. Elle touche aussi bien les arbres dépérissants que les sains.

Les balais de sorcière (Taphrina kruchii)

Ils sont produits par le champignon *Taphrina kruchii* qui s'introduit et se développe dans les branches des arbres. Il active les différents bougeons dormants qui finissent par éclore et par produire une multitude de petites branches intensément ramifiées. Cette manifestation anormale de croissance s'appelle, populairement "balais de sorcière". Les feuilles vert clair de ces jeunes pousses, passent du jaune à une couleur plus foncée avant de finir par tomber. Ce champignon affecte principalement le chêne vert. Le traitement recommandé consiste à éliminer toutes les branches atteintes après avoir désinfecter les outils de coupe utilisés. La propagation de ce champignon se réalise de branche en branche, d'arbre à arbre, grâce à ses spores légères qui sont portées par le vent ou à l'aide des outils utilisés lors de la taille et non désinfectés.

L'encre (Phytophthora cinnamomi)

Cette maladie typique du châtaignier peut aussi toucher le chêne-liège, notamment les arbres dépérissants, affaiblis ou présents sur des terrains à forte humidité (combe). Par ailleurs, l'impact du champignon s'accroît pendant les périodes de stress hydrique. Elle a pour origine un champignon qui, généralement, est le *Phytophthora cinnamomi*. Elle se caractérise par un dessèchement progressif du houppier de l'arbre aboutissant à sa mort. Les racines sont les premières touchées, se propage à l'ensemble de l'arbre. L'encre semble être responsable de la mort ou du dépérissement de nombreux chênes-lièges, appelé phénomène de "la seca". Un traitement existe mais il est onéreux et difficilement réalisable. En effet, il consiste à effectuer un nettoyage de la base du tronc et des racines principales et à appliquer ensuite divers produits chimiques.
Au Portugal on utilise le fosetyl qui est un produit systémique que l'on répand sur le sol autour de l'arbre atteint.

Le chancre (Cryphonectria parasitica)

Cette maladie est causée par le champignon *"Cryphonectria parasitica"*. Elle se caractérise par la formation de tâches jaunâtres sur le tronc, sur les branches et sur l'écorce. Par la suite, l'arbre se crevasse formant de petites concrétions jaunâtres. La dissémination s'effectue par le vent, la pluie et les animaux (oiseaux, insectes, etc.).

Généralement, le champignon pénètre par les blessures de l'arbre et entraîne sa mort. Il peut continuer à se propager même dans les tissus morts. Par conséquent, il est recommandé d'éliminer les arbres atteints ou morts de cette maladie.

En France, ce champignon ne touche pratiquement pas le chêne-liège.

Le charbon de la mère (Hypoxylon mediterraneum)

Ce champignon attaque également les arbres malades ou affaiblis. Il peut aussi se développer sur les branches mortes des chênes-lièges et, dans une moindre mesure, sur celle des châtaigniers, des noyers, des hêtres, etc. Sa croissance est très lente et les symptômes apparaissent tardivement. Ce champignon, *l'Hypoxylon mediterraneum* est dangereux parce qu'il se propage facilement par les outils d'écorçage, comme la hache. Les symptômes se caractérisent par l'apparition de plaques noires (comme du charbon) sur le bois et sous l'écorce du chêne-liège (le liège n'est d'ailleurs pas déprécié). On le remarque habituellement sur les branches tombées au sol ou à l'intérieur des fissures de l'écorce.

La propagation de ce champignon peut être minimisée par un entretien régulier des suberaies, par la mise à une densité raisonnable des arbres et par l'élimination des arbres ou des branches touchées. Il va de soi qu'il est aussi nécessaire de désinfecter, avant leur utilisation dans la suberaie, tous les outils tranchants. Dans le cas d'une attaque limitée à quelques arbres, on peut également gratter les plaques et les désinfecter.

Il existe d'autres espèces de *Hypoxylon* qui se développent sur le chêne-liège, mais elles n'apparaissent que sur les branches mortes et ne constituent pas une menace sérieuse pour la suberaie.

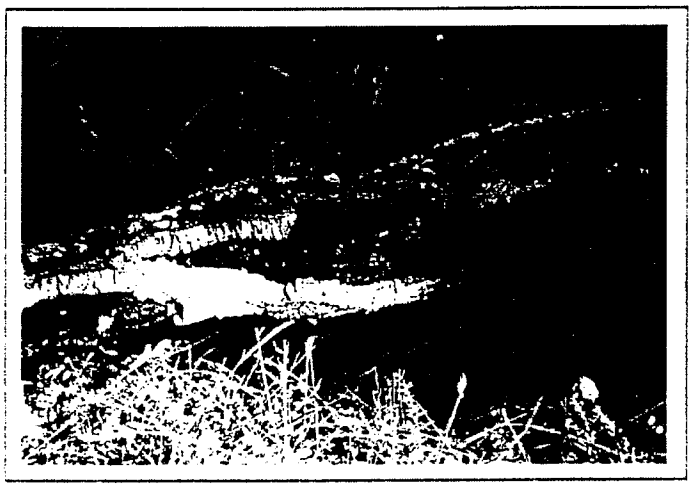


Figure 1.33 : Charbon de la mère (Hypoxylon mediterraneum)

"La seca"

En Espagne, depuis plusieurs années, on a remarqué un syndrome ou une maladie qui touche certains *Quercus*, principalement les chênes verts et les chênes-lièges. Elle entraîne la mort, plus ou moins rapide, et sans cause apparente, d'un nombre considérable d'arbres apparemment sains et souvent groupés sur un même lieu. Plusieurs études ont été réalisées donnant plusieurs interprétations à ce phénomène. Les plus crédibles l'expliquent par un enchaînement de divers facteurs défavorables :

- âge avancé des arbres des "dehesas" espagnoles,
- irrégularités climatiques observées au cours de ses dernières décennies marquées par de nombreuses sécheresses et des pluies torrentielles responsables d'inondations générant des conditions asphyxiantes pour le système racinaire de ces arbres déjà affaiblis. De plus, ces facteurs défavorables ont entrainé, dans certains cas, des conditions propices au développement des divers champignons et parasites vus dans le chapitre précédent.

Autres : Le Diplodia Mutela (l'Escaldat en Catalan)

C'est un champignon qui attaque le chêne-liège juste après l'écorçage et peut entraîner rapidement sa mort. Il est fortement répandu en Catalogne espagnole.

Le traitement et la lutte consistent à appliquer par pulvérisation sur la mère un fongicide dans un délai minimum de 4 heures après l'écorçage. Le produit utilisé est une bouillie composée pour 10 l d'eau de 15 gr de Bénomil (50 %) 18cc de Quinoleine (40 %) et de 20 cc de colorant.

Figure 1.34 :"La seca" des chênes-lièges

TRAVAUX PRATIQUES

- Visite d'une suberaie et identification des ravageurs et des maladies rencontrées (fourmis, tordeuse verte, ver du liège sur les arbres écorcés, Platypus,...).

- Observation et identification des champignons considérés comme ravageurs de la suberaie.

- Observation et identification des insectes considérés comme ravageurs de la suberaie et du liège.

Note : Les travaux pratiques peuvent se réaliser sur le terrain ou en laboratoire aménagé.

CHAPITRE 4

LE LIÈGE

CONTENUS

a) Thèmes:

- Le liège
  - Structure
  - Formation du liège
  - Composition chimique
  - Propriétés du liège
- Types de liège
- Qualité du liège
  - L'épaisseur, ou le calibre
  - L'aspect
- Classification du liège
- Les formules de détermination de la qualité
  - La formule IPROCOR sur la qualité du liège
  - Variante de la formule IPROCOR appliquée par la "Junta de Andalucía ".

b) Méthodologies:

- Observation et distinction des différentes parties de la planche de liège.
- Analyse de la structure, composition et propriétés du liège.
- Classification et différenciation des types de liège d'après leurs provenances, leurs caractéristiques et leurs utilisations.
- Distinction des caractéristiques influant sur l'amélioration de la qualité du liège : épaisseur et aspect.
- Utilisation correcte du "pied de ligne" afin de mesurer au mieux l'épaisseur des planches de liège.
- Identification des variables qui peuvent avoir une incidence sur les différentes qualités dans une même suberaie.
- Observation et analyse des traitements sylvicoles qui peuvent avoir une influence sur la qualité du liège.
- Classification et comparaison des différents types de liège par rapport à son épaisseur et à son aspect.
- Evaluation de la qualité par l'utilisation de formules de détermination.

c) Attitudes:

- Reconnaissance et appréciation des propriétés du liège et de ses utilisations possibles.
- Bonne connaissance des caractéristiques influant sur l'amélioration de la qualité du liège.
- Responsabilité par rapport aux traitements qui améliorent la qualité et la production du liège.
- Rigueur dans la reconnaissance des défauts et des situations qui peuvent affecter la qualité du liège.

1. LE LIEGE

Le liège est un tissu végétal formé de cellules mortes aux parois subérifiées qui protège les parties vivante du tronc et des branches du chêne-liège.

Sur une planche de liège on distingue la partie extérieure ou le dos ("espalda" en Castillan) et la partie intérieure ou le ventre ("barriga" en Castillan). La partie extérieure d'une couleur foncée, d'un aspect dur et léger, est appelée "croûte" (ou "raspa" en Castillan). La partie intérieure se trouve, avant l'écorçage, en contact direct avec les tissus vivants de l'arbre.

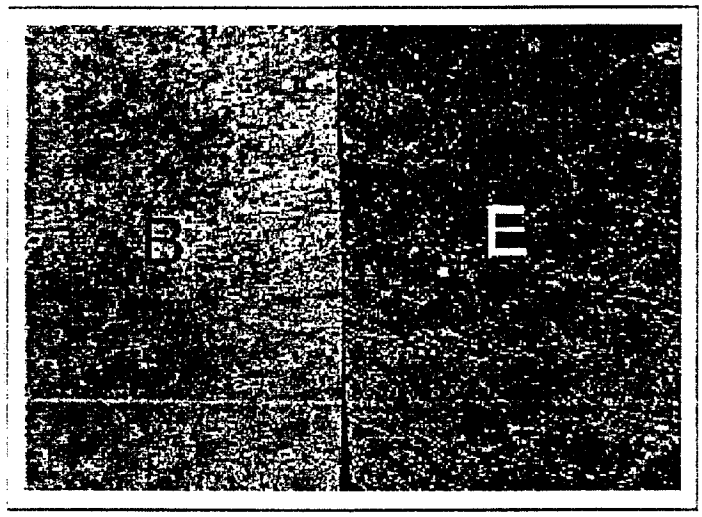


Figure 1.35 : Planche de liège . B = Partie intérieure . E = Partie Extérieure

Le premier liège obtenu s'appelle le liège mâle ("bornizo" en Castillan) et présente une croûte irrégulière et crevassée.

La tranche de la planche permet de vérifier l'épaisseur du liège que l'on appelle en Espagne "calibre". On y découvre aussi une succession de lignes parallèles qui correspondent aux couches de croissance.

Le liège est traversé de l'intérieur vers l'extérieur, par des lenticelles de dimension variable qui sont remplies généralement d'une poudre d'un marron rougeâtre. Elles assurent les échanges gazeux entre les parties vivantes de l'arbre et l'extérieur.

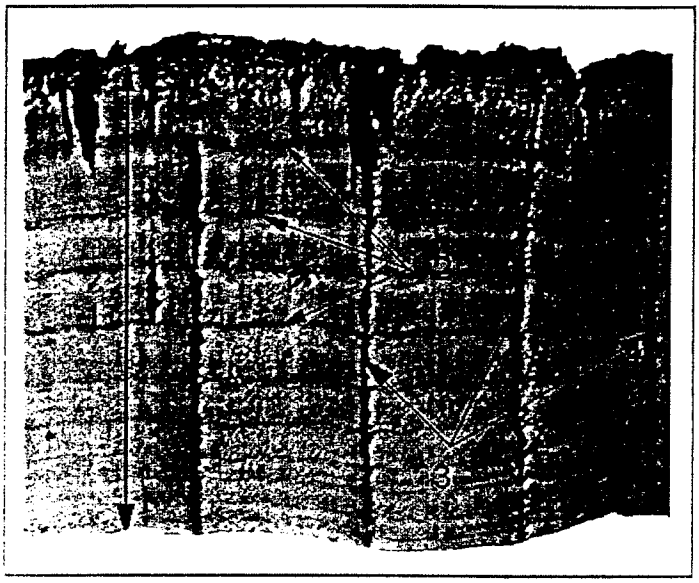


Figure 1.36 : Planche de liège 1. Calibre – 2. Lignes de croissance – 3. Lenticelles.

Structure du liège

Le premier tissu végétal examiné au microscope fut le liège qui a été décrit et dessiné par Robert Hooke, en 1665. Hooke, trouvant une ressemblance entre ces tissus végétaux, composés de petites cavités, et l'intérieur d'une ruche d'abeilles, les nomma "cellules".

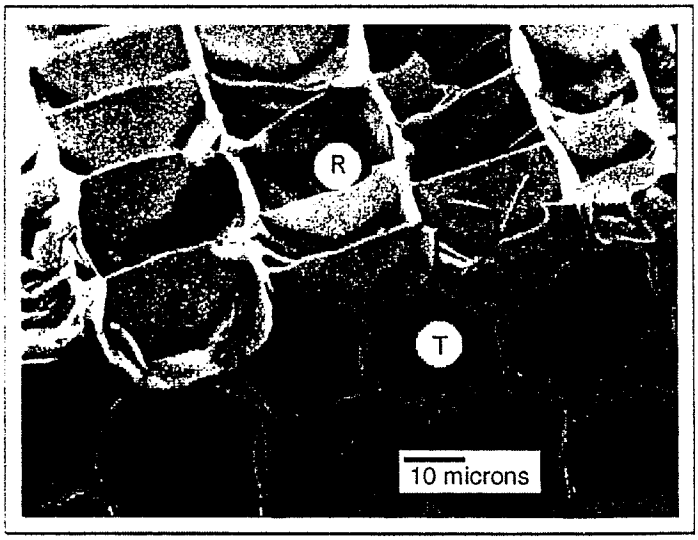


Figure 1.37 : Cellules du liège

Les cellules sont disposées en rangées radiales et contiguës entre elles.

L'unité de mesure utilisée pour les cellules de liège est le micron dont le symbole est "µ". Dans un mètre, on compte un million de microns, dans un millimètre, mille microns.

La longueur des cellules de liège varie entre 10 et 70 µ, avec une moyenne de 40 µ. Le nombre de cellules de liège par centimètre cube (cm^3) se rapproche des 35 millions.

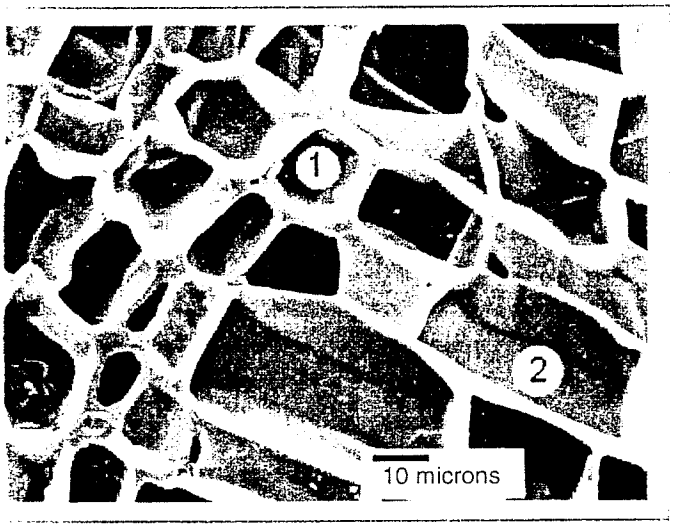


Figure 1.38: Cellule de liège. Direction axiale. 1 : Cellule d'hiver. 2 : Cellule d'été.

La formation du liège

Le liège est la conséquence de la croissance en diamètre de l'arbre. La partie où il est produit est composée par un ensemble de cellules vivantes appelées "phellogène" ou "mère du liège" ou, plus scientifiquement, l'assise subérique phélodermique. Le phellogène après écorçage, exposé aux agressions climatiques et extérieures, meurt et c'est dans les tissus du liber que se différencie un nouveau "phellogène".

Sur la coupe transversale du tronc du chêne-liège, il se situe entre le liège et le bois. C'est d'ailleurs à proximité que circule la sève élaborée. Le phellogène produit du liège vers l'extérieur et du phelloderme vers l'intérieur.

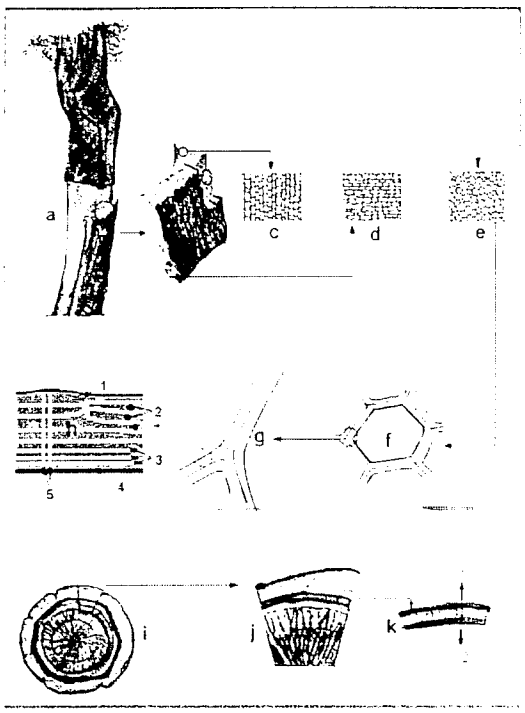


Figure 1.39 : Plan général a) chêne-liège – b) planche de liège – c) coupe radiale – d) coupe axiale – e) coupe tangentielle – f) cellule de liège en coupe tangentielle – g) parois des cellules de liège – h) composés : 1. Cellulose, 2. Suberine, 3. Cire, 4. Lignine, 5. Conduit de plastoderme – i) coupe transversale du tronc – j) localisation du phellogène – k) sens de l'accroissement (1 liège ; 2 bois).

Composition chimique

Les proportions des composés chimiques du liège varient en fonction des méthodes d'analyse employées ou du type de liège utilisé. Nous indiquons ci-contre l'analyse de Guillemonat réalisée en 1960 :

Subérine	45%
Lignine	27%
Phytosaccharide, cellulose	12%
Tanins	6%
Cire	5%
Autres (minéraux, eau, glycérine, etc.)	5%

Propriétés du liège

a) Légèreté

Le liège contient 88 % d'air, ce qui se traduit par une faible densité, comprise entre 120 et 240 kg/m3 (0,12 à 0,24 Kg/l).

b) Elasticité et compressibilité

L'élasticité est la capacité du liège à récupérer son volume initial après avoir subi une déformation. Cette propriété revêt une importance majeure dans son utilisation comme bouchon.

c) Coefficient de frottement élevé

La surface du liège est tapissée de "micro ventouses" qui lui confèrent une forte adhérence.

d) Haute imperméabilité

La diffusion de gaz ou de liquides à travers le liège est particulièrement difficile. En effet, elle s'effectuera assez rapidement au travers des lenticelles alors qu'elle sera extrêmement lente au travers des plasmodermes.

e) Pouvoir calorifique

La capacité du liège à générer de la chaleur est équivalente à celle du charbon végétal, environ 7 000 Kcal/kg.

f) Amortisseur d'impacts ("aeroelasticidad" en Castillan)

L'amortisseur d'impact suppose que la déformation provoquée par un impact direct sur une zone donnée, s'étendra en zones contiguës. Cela indique la capacité du liège à bien amortir les impacts.

g) Coefficient de "Poisson nul"

Quand on réduit le volume du liège vers une direction donnée, il ne se produit aucune déformation perpendiculairement. Ceci permet d'apprécier la capacité d'absorption du liège vis à vis de déformations qui pourraient être occasionnées par d'autres matériaux dans lequel il pourrait être intégré (caoutchouc par exemple).

h) Facilement transformable

En modifiant artificiellement le contenu en eau du liège, au moyen du bouillage par exemple on facilite les processus industriels, principalement ceux de le découpe en le rendant plus mou et plus élastique.

i) Faible humidité d'équilibre

L'humidité d'équilibre du liège, hormis la partie extérieure (croûte), est inférieure à 9 % de son poids approchant généralement les 6 %. Cette faible humidité génère des conditions défavorables au développement de micro-organismes et, par conséquent, lui confère une durabilité illimitée.

j) Isolation thermique

La fonction naturelle du liège est de protéger les parties vivantes de l'arbre. Sa structure alvéolaire (limitant la circulation de l'air), sa faible proportion en eau et le manque de conductivité de ses composants lui confèrent une forte capacité d'isolation thermique. Il présente une résistance à la chaleur 30 fois supérieure à celle du béton.

k) Absence de toxicité

Du fait de son absence de toxicité, le liège a pu accompagner l'homme dans sa vie quotidienne depuis l'antiquité (voir chapitre I sur l'histoire de son utilisation).

l) Pouvoir d'absorption

Du fait de sa structure poreuse, le liège a la capacité de retenir à sa surface, par le phénomène d'absorption certaines molécules d'origines diverses, provenant du milieu ambiant.

2. LES TYPES DE LIEGE

A partir de leur origine et de leur application, on peut distinguer, les différents types de lièges suivants :

a) Le liège mâle ou "Bornizo" en Castillan

C'est le liège produit sur le tronc et les branches lors du premier écorçage appelé encore "démasclage". Sa partie extérieure est très rugueuse et particulièrement crevassée présentant donc un manque de régularité dans son épaisseur. Sa partie

intérieure est aussi très irrégulière. Ce liège ne peut pas être utilisé pour la fabrication du bouchon : on dit encore qu'il n'est pas "bouchonnable". Il existe plusieurs types de lièges mâles, parmi eux :

- *le "liège mâle d'été"* : c'est le liège provenant du premier écorçage. Il rentre dans la fabrication des granulés, de l'aggloméré ou est utilisé dans la décoration. Ce premier écorçage ou démasclage peut être effectué quand la circonférence de l'arbre à hauteur d'homme (à 1 m 30 du sol) atteint 65 cm. Cela correspond à un âge de 25 à 40 ans suivant la station et l'environnement dans lequel l'arbre évolue.

- *le "liège mâle d'hiver"* : il est obtenu en dehors de l'époque d'écorçage et provient du liège récolté sur les arbres morts ou les branches coupées. Il comprend généralement des parties de la mère de liège.

b) Le liège de reproduction ou liège femelle

Il se forme successivement, après l'écorçage. Sa surface est plus régulière que celle du liège mâle. Il est alors utilisable pour divers usages (bouchon). Dans ce liège, on peut distinguer :

- *le liège de 1ère reproduction* : obtenu après le démasclage (écorçage du liège mâle). Sa partie extérieure, tout en étant plus régulière que le liège mâle, est encore bien crevassée. Sa couleur est aussi nettement plus foncée. Par contre, sa partie intérieure est beaucoup plus lisse, ce qui indique que le prochain liège produit, sera beaucoup plus régulier. Ce type de liège, sauf exception, n'est pas encore utilisable pour la fabrication de bouchons naturels.

Figure 1.40: Liège de reproduction.

Figure 1.41 : Liège mâle – Liège de reproduction

- *"le liège bouchonnable"* : c'est le liège de reproduction ou "liège femelle". Sa partie extérieure et sa partie intérieure sont pratiquement lisses (régulières) et la planche présente une épaisseur homogène. Il est utilisé pour l'industrie bouchonnière, et il est produit à partir du troisième écorçage,

- *"les morceaux"* : morceaux de liège d'environ 400 cm^2. Ils proviennent de cassures lors de l 'opération d'écorçage. Généralement, ils sont triés à part et regroupés avec le liège de première reproduction,

- *"liège de rebut"* : c'est le liège de reproduction qui présente de nombreux défauts. Il est mis à part après un triage

- *"liège de pied"* : c'est le liège provenant de la base de l'arbre qui se trouvait enterré ou en situation de contact avec le sol. Il est mis à part après triage.

3. LA QUALITE DU LIEGE

La principale utilisation actuelle du liège est la fabrication du "bouchon naturel pour vins tranquilles". Une planche de liège est d'ailleurs considérée de bonne qualité, si l'on peut y maximiser la production de bouchons naturels. Pour cela, il faut limiter le volume de déchets généré. Les autres applications sont nombreuses, parfois aussi valorisantes unitairement que le bouchon mais secondaires en terme de production.

Le liège, par rapport à d'autres produits industriels artificiels, est un élément naturel particulièrement hétérogène. En effet, sur la globalité de la production, seule une partie est bouchonnable. L'autre est inutilisable pour la fabrication de bouchons. Il paraît donc indispensable de faire la distinction entre ce qui est accep-

table et ce qui ne l'est pas pour la fabrication de bouchons naturels mais valable pour d'autres utilisations. De plus, parmi les parties bouchonnables, il y a des degrés de qualité. La fourchette de prix entre la très haute qualité et les qualités inférieures est très large.

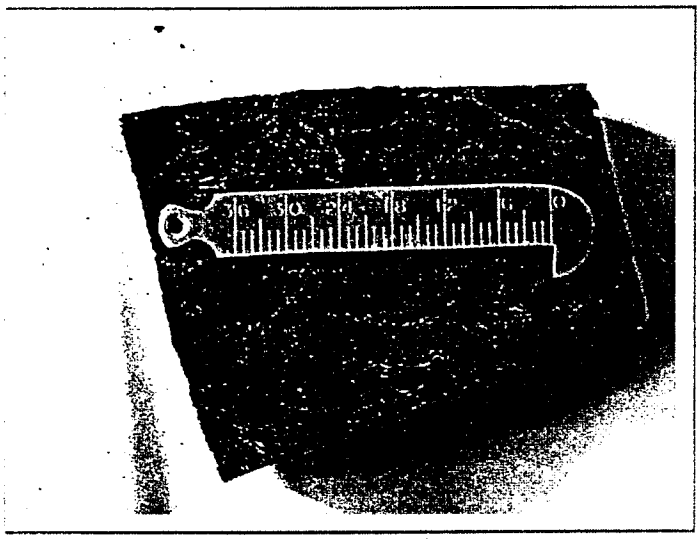


Figure 1.42 : Pied de ligne

Dans ce sens, il faut distinguer deux facteurs qui interviennent dans la qualité du liège.

L'épaisseur ou le "calibre"

L'épaisseur est une des caractéristiques majeures pour l'appréciation de la qualité "bouchonnable" d'une planche de liège. En effet, le liège doit avoir une épaisseur optimale pour pouvoir être utilisable pour la fabrication de bouchon naturel. Elle se mesure dans le sens radial et donne l'épaisseur de la planche entre sa partie intérieure et sa croûte. C'est l'addition des différentes couches d'accroissement de liège produites annuellement entre deux écorçages.

Figure 1.43 : Mesure de l'épaisseur

Traditionnellement, l'épaisseur se mesure en lignes, à l'aide d'un "pied de ligne". Ce dernier est constitué d'une échelle graduée, divisée en lignes régulières et séparées entre elles par 2,25 mm. Le diamètre standard du bouchon est de 24 mm. Par conséquent, en tenant compte, de la marge nécessaire pour le produire, dans l'épaisseur du liège brut, on estime qu'il faut environ 13 lignes. L'optimum recherché dans la fabrication de bouchon naturel est la réduction maximale des déchets.

Les facteurs qui peuvent influer sur l'épaisseur sont les suivants :

a) Facteurs écologiques

Ce sont les facteurs climatiques, édaphiques et stationnels, qui déterminent la présence ou l'adaptation d'une espèce forestière, dans un lieu donné.

Les variations de ces facteurs écologiques, dans une même aire de répartition de l'espèce, auront une influence évidente sur la croissance des arbres. En effet, dans les zones répondant mieux aux exigences écologiques de l'arbre (chaud et humide) son développement sera plus rapide et sa production plus forte.

C'est ainsi qu'avec de fortes précipitations annuelles, des températures optimales et un sol profond, la production de liège sera meilleure et son accroissement en épaisseur sera élevé. Par contre, dans le cas de stations à faible potentialité, la production de liège peut être si faible qu'elle ne permette pas d'envisager son utilisation pour la fabrication de bouchons.

b) Facteurs génétiques

La production et l'accroissement en liège sont inscrits dans le patrimoine génétique des arbres. C'est ainsi que l'héritage d'un arbre peut limiter sa productivité en liège malgré des conditions stationnelles favorables. Dans ce sens, il est possible d'améliorer la productivité moyenne en liège de qualité d'une suberaie, en éliminant lors des éclaircies les chênes-lièges peu productifs et présentant le moins d'aptitude à produire un liège de qualité. Du fait de cette sélection réalisée par le subériculteur, on peut supposer qu'on

obtiendra à long terme, une amélioration génétique du peuplement.

Par ailleurs, lors des reboisements ou des enrichissements (opération de densification), le fait d'utiliser des plants ou des glands issus de peuplements sélectionnés, donne une garantie génétique sur les potentialités de la production future de ces jeunes boisements.

c) Traitements

L'application d'une mauvaise sylviculture, avec des élagages ou des tailles excessives peut réduire l'accroissement en épaisseur du liège.

L'épaisseur du liège varie fortement en fonction de la fréquence des écorçages (rotation) comme de la hauteur d'écorçage. Le passage de 9 à 10 ans de rotation, peut augmenter la production d'environ 5 %. Diminuer la hauteur d'écorçage peut aussi permettre d'obtenir un liège plus épais. Mais attention, il faut aussi tenir compte du fait qu'augmenter la rotation d'écorçage ou diminuer sa hauteur ne génèrent pas forcément la production d'un liège de meilleure qualité. En effet, une épaisseur trop forte peut augmenter de manière significative la quantité et la proportion de déchets.

L'aspect

C'est un facteur d'appréciation de la qualité d'un liège qui tient compte de sa capacité de bouchage, de son esthétique, de critères d'hygiène, de son comportement à l'écorçage, etc. Toute une série de raisons liées aux caractéristique du liège ou occasionnelles, le confirme.

Parmi les premières, les plus révélatrices, signalons les suivantes :

a) La porosité

L'activité des tissus vivants présents dans la périphérie de l'aubier de l'arbre et sous le liège nécessite des échanges gazeux. C'est la raison pour laquelle le liège n'est pas complètement étanche. Ces échanges gazeux avec l'atmosphère se réalisent par les lenticelles. Leur diamètre oscille entre 0,2 et 8 mm de diamètre et leur nombre varie entre 30 et 270 par cm?. Leur forme est généralement cylindrique.

La porosité et l'épaisseur sont les deux facteurs déterminants de la qualité du liège. Les lenticelles s'observent sur la partie intérieure, sur la croûte et sur l'épaisseur de la planche. Une porosité excessive va rendre le liège moins compact. Par ailleurs, la qualité d'un liège va diminuer avec l'augmentation du nombre et de la taille des lenticelles.

Les facteurs génétiques et écologiques influent sur le pourcentage des lenticelles présents sur une planche. En effet, plus les tissus vivants de l'écorce sont actifs et plus le besoin en échanges gazeux est important (forte porosité).

La porosité varie suivant la position du liège sur l'arbre. Celui des parties basses est généralement plus poreux. Elle varie aussi avec la qualité de la station. Dans le cas de stations favorables, l'activité végétative étant intense, le liège produit sera plus poreux. Par contre, au fur et à mesure que le liège vieillit, on voit diminuer la porosité des couches successives. La couche subéreuse formée la première année qui suit l'écorçage, est généralement plus poreuse que les dernières couches de liège.

Il existe une variété de pores qui, remplis d'une poudre rougeâtre et terreuse, se vide lorsqu'on secoue la planche. Ce liège appelé "terreux", de mauvaise qualité, est uniquement utilisé en trituration (aggloméré...).

b) La densité

La densité normale du liège varie de 0,12 à 0,20. Au-delà, elle est considérée comme excessive. Cette densité élevée peut provenir d'un excès de liège d'été et d'automne par rapport à celui du printemps, beaucoup plus léger. Elle peut aussi s'expliquer par la présence de liber à l'intérieur des tissus subéreux. Par contre, pour le liège dont l'accroissement sera rapide au printemps, l'effet sera inverse et entraînera une baisse de la densité et de l'élasticité du liège produit.

c) Appréciation de la partie intérieure : le ventre ("Barriga" en Castillan) et de la partie extérieure : le dos ("Espalda" en Castillan)

Sur la partie intérieure, on appréciera la porosité et les déformations (manque d'homogénéité, présence de protubérances). Par contre, sur la partie extérieure, il s'agit plutôt d'apprécier la densité et la profondeur des crevasses.

Ces dernières affectent l'épaisseur et peuvent déprécier la qualité bouchonnable du liège. Ce sont les tensions occasionnées par l'accroissement en diamètre de l'arbre qui les provoquent (forme d'exutoire de la croissance en diamètre). Comme le liège est un tissu mort sans croissance tangentielle, il finit par éclater sous la pression des autres tissus internes.
La qualité optimale correspond au planche de liège présentant une partie extérieure homogène et la plus lisse possible. Elle est donc inversement proportionnelle à la taille et à la

densité des crevasses.

Cette qualité s'améliore généralement de par les écorçages successifs. En effet, la planche de liège présente (du liège mâle au liège femelle) une meilleure régularité et homogénéité de sa croûte.

Les longues et larges crevasses longitudinales sont généralement utilisées, au cours des écorçages, pour faire les incisions verticales nécessaires à l'opération d'écorçage. D'une certaine manière, on réduit ainsi la proportion de crevasses sur la planche récoltée.

Les défauts de la partie intérieure peuvent provenir de déformations de la mère, conséquences de blessures dues à l'élagage, à l'écorçage ou à d'autres origines.

d) La couleur

Il existe en fonction de la qualité de la station, une variation de la couleur. Par ordre d'appréciation, on rencontre les teintes rosées, puis les jaunâtres, ensuite les terreuses (marron) et pour finir les noirâtres. La couleur s'apprécie sur la tranche et les faces de la planche.

e) Les accroissements

Il est préférable que les accroissements annuels soient réguliers et homogènes. Ils dépendent des conditions climatiques de l'année passée, de l'état sanitaire de l'arbre, etc. Le liège reconnu de meilleure qualité est généralement celui dont les accroissements sont les plus réguliers et où les couches séparatrices sont plutôt ondulées.

D'autres caractéristiques peuvent influer sur l'aspect du liège et nous les appellerons les raisons occasionnelles. Ce sont en particulier, des défauts ou des situations qui peuvent, à partir d'un certain niveau, déprécier la qualité des planches. Les plus importants sont les suivants :

a) Le liège vert

C'est un défaut dû à la pénétration de l'eau dans la cellule subéreuse, favorisant ainsi son attaque par des champignons dépréciateurs. Il se produit généralement à la base de l'arbre. Il entraîne, au cours du séchage de la planche récoltée, un fort rétrécissement. Pour pouvoir l'utiliser dans l'industrie bouchonnière, il est nécessaire de laisser le liège affecté au repos, afin qu'il puisse sécher convenablement jusqu'à ce qu'il atteigne une épaisseur d'équilibre. Si on ne respecte pas cette période de séchage, ce phénomène pourrait s'observer sur les bouchons.

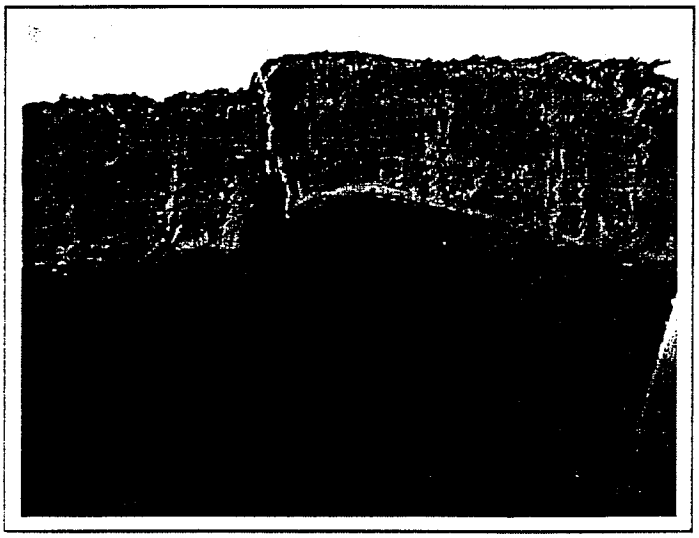


Figure 1.44 : Liège vert

Dans la pratique, on évitera d'utiliser ce type de liège dans l'industrie bouchonnière. En effet, même sec, son comportement et ses qualités restent différents de celui du liège sain.

Sur les planches fraîchement levées, ce défaut apparaît sous la forme d'une bande de liège humide présente sur les derniers accroissements, près de la face intérieure. Sur le liège sec, il s'apprécie par la présence d'une couche contractée provoquée par la perte d'eau.

b) Liège marbré ou liège tacheté

Sur ce liège apparaissent des taches noirâtres juste après le bouilla-

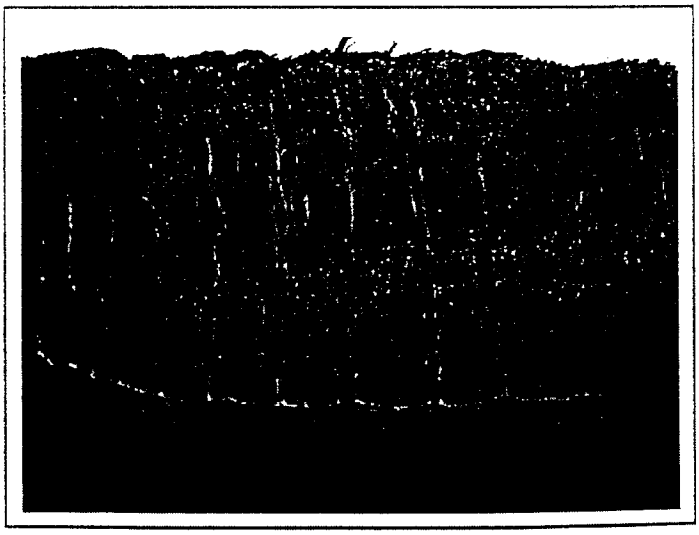


Figure 1.45 : Liège marbré ou tacheté

ge. Ce défaut n'affecte pas les caractéristiques physicochimiques du matériau. Par contre, il donne un mauvais goût aux vins qu'il bouche. Il n'est donc pas utilisable pour la fabrication de bouchons. Il existe une autre altération du liège appelée "tache jaune" qui se manifeste par la décoloration du tissu subéreux et par la présence d'une forte odeur de moisissure. Ce dernier défaut est surtout présent en Afrique du Nord.

c) Liège doublé

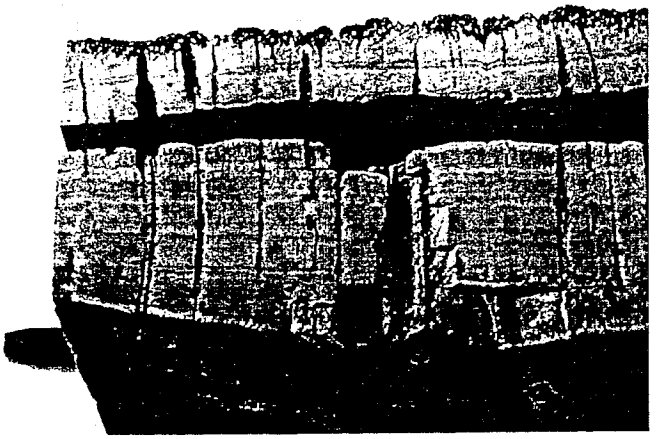


Figure 1.46 : Liège doublé

Le stress occasionné par un incendie, une blessure ou une forte sécheresse peut provoquer une interruption soudaine de la croissance. Lorsque celle-ci reprend normalement, de fortes ruptures peuvent apparaître du fait d'un manque d'adhérence entre le phellogène (ou la mère) et la nouvelle couche de liège produite. Ce décollement peut se manifester lors de l'écorçage ou après le bouillage lors de l'effort déployé pour aplanir la planche. Il a pour conséquence l'altération de la qualité du liège et la dépréciation de la planche.

d) La fourmi

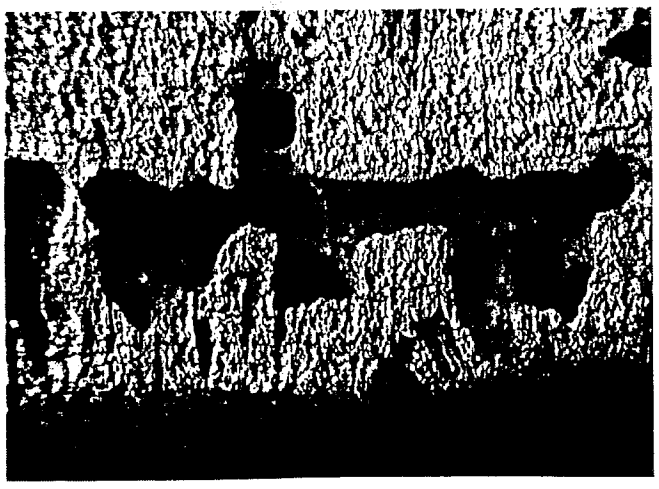


Figure 1.47 : Liège attaqué par une fourmi

La *Crematogaster escutelaris* est une petite fourmi au thorax rouge et à l'abdomen noir. Elle creuse ses galeries dans le liège et le déprécie.

e) Le ver du liège

Il s'agit de la larve du *Coroebus undatus* qui creuse des galeries entre les tissus vivants et les tissus morts. Leurs traces observables sur le liège sont appelées "culebra" en Castillan (couleuvre).

Sa présence déprécie en grande partie la planche. Sur la partie extérieure, elle se caractérise par la formation des taches blanchâtres.

f) Le pic

-C'est un oiseau insectivore qui, recherchant dans le bois et l'écorce les larves d'insectes pour s'alimenter, pratique des perforations transversales sur la partie extérieure du liège.

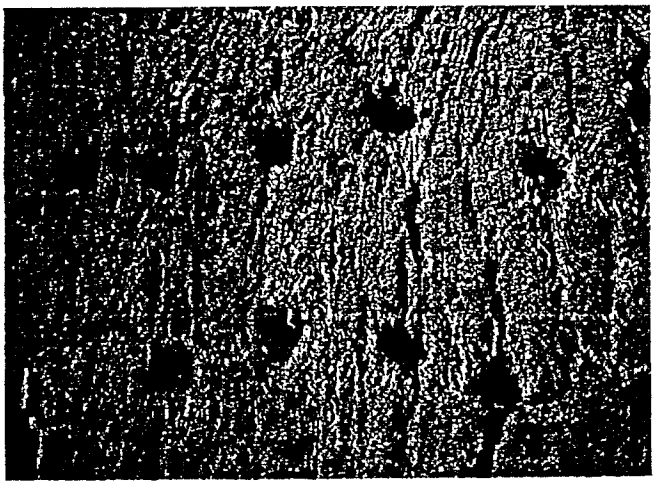


Figure 1.48 : Liège attaqué par le pic

Tous ces facteurs font que la qualité du liège variera à l'intérieur de la suberaie de manière irrégulière. Ce qui nous permet de tirer les conclusions suivantes :

- Au niveau de chaque arbre, l'épaisseur, comme la porosité variera suivant la hauteur (à une hauteur plus importante correspond une moindre épaisseur et une porosité plus faible). L'orientation fait apparaître aussi des variations significatives de qualité. Des attaquent ponctuelles de ver du liège ou de fourmi peuvent aussi apparaître et déprécier certaines planches de liège.

- Au niveau d'arbres contigus, on peut trouver des différences de qualité entre le liège produit par chacun d'eux. En effet, ils

possèdent des caractéristiques génétiques forcément différentes qui pourraient avoir une influence significative sur l'épaisseur et la qualité du liège. D'autre part, certains arbres peuvent être parasités alors que leurs voisins sont sains.

- Au niveau de peuplements situés dans des stations différentes, des variations significatives de qualité peuvent se produire. En effet, le liège produit par des arbres situés dans des combes ou en bordure de rivière sera différent de celui produit par des arbres situés sur un versant ou sur une crête.

- L'utilisation de certaines techniques sylvicoles peut entraîner des différences significatives de qualité de liège produit suivant les propriétés. En effet, des propriétés contiguës, avec des caractéristiques stationnelles très proches, peuvent produire du liège dont la qualité moyenne sera très différente.

- Les traitements qui semblent avoir le plus d'impacts sur la qualité du liège, sont les opérations d'écorçage et de taille. Un écorçage mal réalisé impliquera automatiquement une baisse de la qualité moyenne du liège récolté. Un mauvais choix des incisions d'écorçage peut amener l'obtention d'un découpage grossier qui n'optimisera pas la forme et la dimension des planches (forte proportion de morceaux). D'autre part, une planche mal décollé peut finir par se fendre au moment de la séparation de l'arbre. On aura alors une forte proportion de déchets et des planches aux bords irréguliers.

- La qualité d'exécution de l'écorçage garantit aussi la qualité d'exécution des futures levées sur le même arbre. En effet, les blessures sur la mère entraînent inexorablement des difficultés d'exécution des prochains écorçages provoqués par la succession de protubérances, de bourrelet de cicatrisation, etc. De plus, ces blessures peuvent provoquer à terme, le dépérissement de l'arbre. De même lors de l'écorçage, l'arrachage des plaques de phellogène (mère), provoqué par une forte adhérence du liège ou par un manque de qualification du personnel, entraînera des effets similaires.

4. CLASSIFICATION DU LIEGE

La classification du liège ci-dessus (liège mâle, liège de première reproduction, liège de reproduction) est beaucoup trop simple pour répondre aux différentes demandes et exigences des industries de transformation (bouchons, trituration, etc.). Par exemple, dans le liège dit "de reproduction", on peut trouver des qualités très différentes à des prix et pour des utilisations tout aussi différents. Pour cela, l'industrie de première transformation (préparateur) classe le liège à partir de son épaisseur et de son aspect, constituant ainsi après triage, des lots homogènes qui correspondent et répondent à la demande des différents industriels de la seconde transformation. Ceux-ci peuvent ainsi se procurer directement la matière première qui possède les caractéristiques précises correspondant à leur besoin.
Lorsqu'on croise les différents aspects avec les épaisseurs, on obtient une combinaison de données que l'on regroupe au sein d'une classification de qualité. IPROCOR en a proposé une, basée sur cinq classes d'épaisseurs et huit classes d'aspects.
Par classes d'épaisseurs :

CLASSES	EPAISSEUR EN LIGNE	EPAISSEUR EN MM	DÉNOMINATION
1	Plus de 19 lignes	42,75 mm.	Grueso
2	Entre 15 et 19 lignes	33,75 a 42,75 mm.	Media marca
3	Entre 13 et 15 lignes	29,75 a 33,75 mm.	Imperial
4	Entre 11 et 13 lignes	24,75 a 29,75 mm.	
5	Moins de 11 lignes	24,75 mm.	Delgado

Au Portugal, la classification officielle (NP-298) utilise six classes d'épaisseurs et sept classes d'aspects. Elle est la suivante :

CLASSES	EPAISSEUR EN LIGNE	EPAISSEUR EN MM	DÉNOMINATION
1	Plus de 24 lignes	54 mm.	Triángulo
2	Entre 18 et 24 lignes	40 a 54 mm.	Gruesa
3	Entre 14 et 18 lignes	32 a 40 mm.	Marca
4	Entre 12 et 14 lignes	27 a 32 mm.	Media marca
5	Entre 10 et 12 lignes	22 a 27 mm.	Delgada
6	Entre 4 et 10 lignes	9 a 22 mm.	Delgadiña

Par classe d'aspects:

CLASSE	Espagne	Portugal
1	Première	Première
2	Deuxième	Deuxième
3	Troisième	Troisième
4	Quatrième	Quatrième
5	Cinquième	Cinquième
6	Sixième	Sixième
7	Septième	Rebut
8	Rebut	

Dans la classification IPROCOR, le croisement des cinq classes d'épaisseur avec les huit classes d'aspect, donne un total de quarante à quarante deux combinaisons différentes. Cette classification s'avère trop complexe pour être utilisée dans la pratique. Identifier les différents aspects et arriver à constituer des piles par catégories de volume suffisant (80 kg minimum) semblent particulièrement complexe. Pour cela, une nouvelle classification, beaucoup plus simple et plus facile à mettre en place a été élaborée à partir du regroupement par destination commune des quarante à quarante deux combinaisons de départ. Elle est divisée en neuf catégories :

CATÉGORIE	CLASSE (en ligne)	CLASSES	UTILISATION
9	Plus de 24 lignes.	1, 2, 3, 4, 5, 6	Bouchon naturel, Bouchon de cruche. (Beaucoup de déchets).
8	Entre 15 et 19. MEDIA MARCA	1, 2, 3, 4, 5	Bouchon naturel de 24 mm. de diamètre
1	Entre 15 et 19. MEDIA MARCA	6	Bouchon colmaté de 24 mm. de diamètre
3	Entre 13 et 15. IMPERIAL	1, 2, 3, 4, 5	Bouchon naturel de 24 mm. de diamètre
5	Entre 13 et 15. IMPERIAL	6	Bouchon colmaté de 24 mm. de diamètre
7	Entre 11 et 13	1, 2, 3, 4, 5	Bouchon naturel de 21 mm. de diamètre
6	Entre 11 et 13	6	Bouchon colmaté de 21 mm. de diamètre
4	Moins de 11. DELGADO	1, 2, 3, 4	Rondelle naturelle, papier, bouchon 2 pièces
2	Tous	Rebut	Trituré

Le pourcentage théorique par catégorie et par production de liège obtenu lors des levées d'une exploitation moyenne en Extrémadure est le suivant :

CATÉGORIE	TYPE DE LIÈGE	CLASSE(1)	%	PRODUCTION(de chaque classe)
9	Refugo	Refugo	32,6	Trituration
8	Delgado	11 à 4A	16,1	3.220 Rondelles
1	Grueso	19 à 6A	3,3	145 Bouchon naturel de 24 mm. de diamètre
3	Flaco	15-19 à 6	6,9	407 Bouchon colmaté de 24 mm. de diamètre
5		13-15 à 6	5,6	330 Bouchon colmaté de 24 mm. de diamètre
7		11-13 à 6	8,2	590 Bouchon colmaté de 21 mm. de diamètre
6	Bueno	11-13 à 5A	11,5	828 Bouchon naturel de 21 mm. de diamètre
4		13-15 à 5A	8,3	489 Bouchon naturel de 24 mm. de diamètre
2		15-19 à 5A	7,5	442 Bouchon naturel de 24 mm. de diamètre

(1) 11 à 4A : 11 signifie l'épaisseur en ligne 4A signifie la classe d'aspect comprise entre 1 et 4.

(Au Portugal, la production obtenue dans des exploitations productrices de liège de qualité normale se caractérise, en moyenne, par un taux de 35,3 % pour la trituration et un taux de 41,2 % pour la fabrication de bouchons et de disques de liège naturel).

Les résultats réels d'une levée peuvent s'éloigner plus ou moins de ces chiffres mais on peut affirmer qu'il est assez rare qu'une levée ait un taux de liège "rebut" supérieur à 70 % ou un taux de "liège de qualité" supérieur à 40 %.

La valeur du liège "rebut" est nettement inférieure à celle du liège de qualité "bouchonnable". Il est donc destiné à l'industrie de l'aggloméré. Dans certaines situations, le liège de catégorie sept entre dans la catégorie "rebut".

Le liège mince n'ayant pas une épaisseur suffisante pour fabriquer des bouchons, est utilisé pour la fabrication de rondelles naturelles pour les bouchons de champagne. Il peut aussi servir à la fabrication du papier de liège et, de manière plus générale, à toute autre utilisation qui ne nécessite pas une épaisseur importante.

Le liège épais, même de bonne qualité, génère beaucoup de déchets après la fabrication du bouchon. Sa valeur unitaire sur le marché est donc inférieure à celles des autres catégories destinées au bouchage de vin tranquille. Par ailleurs, il peut servir à la fabrication de bouchons de carafes ou de cruches (nécessitant des mesures surdimensionnées).

Le liège très mince, de classe d'aspect 6 et de classe d'épaisseur 11-13,13-15 et 15-19 (catégorie 3, 5, 7), doit être soumis, à cause d'une porosité excessive, à un processus de colmatage qui consiste à combler les pores à l'aide d'un mélange composé principalement de poudre de liège. Malgré cela, sa valeur sur le marché reste inférieure à celle du bouchon naturel.

Un bon bouchon naturel pour vin tranquille est réalisé à partir de liège identifié dans les catégories suivantes :

Media marca: (15-19 lignes)	Classes d'aspect 1,2,3,4,5
Imperial: (13-15 lignes)	Classes d'aspect 1,2,3,4,5
(11-13 lignes)	Classes d'aspect 1,2,3,4,5

Les lièges dits de "media marca" et "impérial" sont ceux qui atteignent la meilleure valeur marchande. Ils sont destinés à la fabrication de bouchon naturel de 24 mm de diamètre. C'est dans le "media marca" que l'on obtient les meilleurs rendements avec des perforeuses automatiques alors que dans "l'impérial" ils sont obtenus avec des perforeuses manuelles. Le liège d'une épaisseur de 11 à 13 lignes, et de classe d'aspect 1, 2, 3, 4, 5 donne un bouchon naturel de 21 mm de diamètre, même si, manuellement on pourrait en obtenir certains jusqu'à 24 mm de diamètre.

Finalement, dans une propriété moyenne d'Extrémadure, on peut avoir pour 100 kg de liège empilé (à l'exception du liège mâle, du liège de 1ère reproduction, du liège de pied, des déchets, etc.) la récolte suivante :

3,22 Kg. de Rondelle.
3,65 Kg. de Bouchon naturel de 24 mm
2,07 Kg. de Bouchon naturel de 21 mm
2,50 Kg. de Bouchon comaté de 24 mm
1,47 Kg. de Bouchon comaté de 21 mm
87,09 Kg. Trituration

5. LES FORMULES DE LA QUALITE

La classification du liège, exprimée dans les neuf catégories citées précédemment, donne une idée approximative de la qualité du liège d'une exploitation. Il semble primordial de pouvoir calculer, par exploitation, les valeurs commerciales de leur production respective tous produits confondus.

C'est cela qui a été mis au point par IPROCOR à partir des valeurs moyennes de vente des différents lots de liège pratiquées par l'industrie de première transformation d'Extrémadure.

Une fois les valeurs de chaque catégorie définies, IPROCOR a établi une formule numérique simple qui permet de classer la qualité des productions des différentes exploitations subéricoles.

La formule IPROCOR de la qualité du liège est la suivante

$$Q = (5/100) \times \Sigma_{i=1 \text{ à } 9} (A_i \times Q_i)$$

Où :

- Q = indice qualité du liège.
- A_i = valeur moyenne en pesettes/kg du liège des catégories 1 à 9 bouilli et mis en balles (à partir des valeurs de l'année 1993).

A1 = 220	A2 = 390	A3 = 140
A4 = 380	A5 = 130	A6 = 255
A7 = 100	A8 = 240	A9 = 30

Cette formule a donc une valeur :
maximum théorique pour tout le liège de catégorie "media marca" Q = 5 x 390/100 = 19,5
et minimum : Q = 5 x 30/100 = 1,5.

La marge obtenue entre les valeurs maximales et minimales sur des échantillonnages réels se situe entre Q = 14 et Q = 3.

- Q_i = Proportion du volume matière de la catégorie donnée par rapport au volume de production totale (%).

Q1 = 0,025	Q2 = 0,040	Q3 = 0,041
Q4 = 0,075	Q5 = 0,056	Q6 = 0,114
Q7 = 0,093	Q8 = 0,204	Q9 = 0,352

L'exploitation moyenne en Extrémadure donne la distribution suivante :
Ce qui implique une valeur "Q" moyenne de qualité par région de :

Q = (5/10 000) x ((220 x 2,5) + (390 x 4) + (140 x 4,1) + (380 x 7,5) + (130 x 5,6) + (255 x 11,4) + (100 x 9,3) + (240 x 20,4) + (30 x 35,2)) = 8,03

Variante de la formule IPROCOR appliquée pour l'Andalousie.

Elle consiste à exprimer la proportion des différents échantillonnages de liège par catégorie corrigés par le poids. Ainsi, en intégrant la densité réelle du liège, on peut estimer la proportion en poids par catégorie et inclure dans le résultat un élément majeur de la commercialisation (vente en poids).

Pour tester l'application de la formule, on peut analyser les cas extrêmes suivnats : 50 % de liège de catégorie Q1 (<19 lignes, classe d'aspect 6) et 50 % de catégorie Q7 (11-13, classe d'aspect 6).

- Densité moyenne = 0,25 g/cm3
- Epaisseur moyenne du Q1 = 42,5 mm.
- Epaisseur moyenne du Q7 = 27,25 mm.

Utilisation de la formule IPROCOR

Q = 5/100 x (220 x 0,5) + (100 x 0,5) = 8

Utilisation de la variante de la formule IPROCOR

Q corrigée = 5/100 x ((220 x 42,5/(42,5 + 27,25)+ (100 x 27,25/(42,5 + 27,25)) = 8,65

Si on considère que la densité du liège est identique sur l'ensemble des lots, alors on peut supposer que la différence de poids sera proportionnelle à la différence d'épaisseur.

Dans tous les cas, même les plus extrêmes, la note finale de la variante ne diffère pas de plus d'un demi-point par rapport à la formule IPROCOR

TRAVAUX PRATIQUES

- Utilisation du matériel de laboratoire pour pouvoir observer et analyser les caractéristiques du liège : structure, composition et propriétés.
- Différencier sur le terrain les différents types de liège : liège mâle, liège de première reproduction, liège de reproduction.
- Utiliser le pied en ligne pour mesurer l'épaisseur des planches de liège.
- Distinguer et identifier les défauts qui apparaissent sur les différentes planches de liège.
- Classer les différents échantillons de planches de liège en fonction de leur épaisseur et de leur aspect.
- Calculer l'indice de la qualité d'un échantillon de liège à partir des formules proposées.

CHAPITRE 5

ESTIMATION DE LA PRODUCTION ET DE LA QUALITE DU LIEGE DANS LES SUBERAIES

CONTENUS

a) Thèmes:

- Introduction
- Estimation de la production de liège sur pied
- Estimation de la qualité du liège sur pied
- Estimation de la qualité du liège empilé. Méthodes existantes :
  - Méthode traditionnelle utilisée dans le milieu industriel
  - Méthode de la DGDF
  - Méthode de la AEFCS
  - Méthode de l'Agence de l'Environnement d'Andalousie (Agencia de Medio Ambiente).
  - Méthode IPROCOR
- Les inventaires forestiers dans les suberaies
- Résultats : informations et cartographies. Méthodes d'interprétation

b) Méthodologies:

- Manipuler prudemment les concepts liés à l'estimation du volume du liège sur un pied.
- Réaliser les calculs nécessaires pour estimer le volu me de liège sur pied.
- Observer et mesurer avec précision l'épaisseur et le poids spécifique du liège.
- Appliquer les procédés pour déterminer la qualité du liège sur pied d'après ses différentes destinations industrielles.
- Appliquer les différentes méthodes de la qualité du liège empilé et analyser les avantages et les inconvénients de chaque méthode employée.
- Evaluer quelles méthodes d'estimation de la qualité du liège empilé sont les plus appropriées.
- Comparer les différents systèmes d'empilage des planches de liège et la relation existante avec l'estimation de la qualité.
- Réaliser un inventaire forestier et faire une interpré tation des données obtenues.
- Représenter graphiquement les données obtenues sur le terrain.

c) Attitudes:

- Rigueur dans l'utilisation des méthodes employées pour calculer la quantité et la qualité de liège sur pied ainsi que sur les piles de liège.
- Intérêt afin de connaître les procédés de chacune des opérations de base qui nous informent de la quantité et de la qualité du liège.
- Disposition pour systématiser tous et chacun des processus dans un schéma d'organisation cohérent et logique.

1. INTRODUCTION

Dès l'antiquité l'homme cherche à avoir une meilleure connaissance des ressources et des moyens à utiliser afin de pouvoir l'intégrer dans l'exercice d'une activité déterminée. L'inventaire a toujours été l'étape préliminaire à l'établissement d'un plan d'action. De même, dans le domaine forestier, disposer d'informations précises quant aux ressources existantes est indispensable pour pouvoir mettre en place une gestion qui puisse garantir l'avenir. En même temps, cela offre au gestionnaire et/ou propriétaire une connaissance préalable de la production qu'il pourra potentiellement récolter.

La nécessité d'obtenir cette précision a permis le développement de l'inventaire forestier comme outil et discipline en tant qu'entité propre. Les premiers inventaires furent conçus au siècle dernier en Europe centrale. Leur finalité était d'acquérir des données sur le volume de bois sur pied d'une parcelle (m^3/ha) ou sur la capacité de production d'une forêt déterminée, exprimée (m^3/ha/an).

A l'échelle mondiale, le liège est quantitativement un produit forestier moins important que le bois. La zone de production est réduite aux pays de la Méditerranée occidentale. Très souvent, notamment en Espagne et au Portugal, il s'agit d'un produit secondaire ou complémentaire des "dehesas" (système d'exploitation avec des activités agricoles, pastorales et forestières) ce qui se traduit concrètement par la pratique d'une gestion multi-usages. Cette dernière s'avèrera par définition beaucoup plus complexe qu'une gestion forestière simple. Face à cette situation et dans la majorité des cas, les propriétaires ne réalisent pas de plan d'aménagement de leurs suberaies. Ils n'effectuent donc pas les inventaires qui leur permettraient de mieux connaître les potentialités de production de leurs peuplements et de pouvoir ainsi les valoriser au mieux.

Pour cela, en Espagne et notamment en Extremadure, de nombreuses études ont permis d'avoir une meilleure connaissance des qualités et des quantités de liège produit au sein de certaines propriétés subéricoles. Cela fait suite à l'interprétation et à l'analyse des mesures réalisées systématiquement tous les ans sur certaines exploitations.

La qualité du liège est généralement estimée par l'acheteur de façon subjective par prélèvement d'échantillons et par examen de l'aspect extérieur des arbres et du liège. Ce système est peu rigoureux du point de vue statistique. Depuis 1985, IPROCOR a mis en place un programme dont le but est d'informer de façon objective les propriétaires et les gestionnaires de suberaies sur la qualité du liège de leurs exploitations. La méthode employée permet de calculer à partir des données statistiques commerciales et de production de la propriété concernée, un indice de qualité (voir chapitre "les formules de la qualité").

Figure 1.49 : La suberothèque

2. ESTIMATION DE LA PRODUCTION DE LIEGE SUR PIED

Traditionnellement, la production de liège est calculée une fois les chênes-lièges écorcés, c'est-à-dire le lendemain ou 8 à 9 jours après l'empilage. L'unité de mesure du liège en planche est le stère (volume d'encombrement : cube de 1 m x 1 m x 1 m, en incluant les vides) qui pèse de 90 à 110 kg en moyenne.

Contrairement au bois, pour lequel il existe des procédés et des tarifs ou tables de cubage qui permettent de calculer le volume de bois sur pied, les subériculteurs disposent de peu de techniques, pour évaluer la quantité de liège présente sur un arbre.

Sur l'arbre, l'épaisseur du liège augmente annuellement jusqu'à obtenir un volume déterminé. Ce volume peut être estimé si on connaît l'épaisseur recherchée à la fin de la rotation. Pour cela, on assimile le tronc d'un arbre à un cylindre encore appelé canon. On mesure ensuite la circonférence du chêne-liège à mi-hauteur (C), la hauteur de l'écorçage (HD), l'épaisseur du liège ou calibre (CB). On applique ensuite la formule suivante pour calculer le volume du liège en mètre cube (m^3). A partir de là, si nous

connaissons la densité ou le poids spécifique moyen de liège, nous pouvons convertir le volume obtenu en kilogramme. Par exemple, pour les planches qui sont restées à l'air libre durant huit jours, il est de 315 Kg/m^3.

$$V\ (m^3) = C\ (m) \times HD\ (m) \times CB\ (m)$$

Cependant, comparer le tronc d'un chêne-liège à un cylindre semble trop théorique. En effet, plusieurs chênes-lièges peuvent être écorcés avec leurs branches. Il faudrait donc connaître leur diamètre, leur hauteur d'écorçage et

Figure 1.50 : Formes typiques des troncs des chênes-lièges

leur épaisseur. Régulièrement on trouve aussi des irrégularités dues à des malformations ou à des blessures causées par l'écorçage. De plus, l'épaisseur et le poids spécifique varient énormément et sont parfois difficiles à mesurer ou à apprécier. Tout cela demande la prise en compte de nombreuses données pour arriver à connaître au mieux le volume de liège sur pied. Afin d'éviter cela, il existe différentes méthodes statistiques pratiques qui, à partir de mesures effectuées sur des arbres échantillons, permettent de trouver une relation mathématique entre les différentes variables mesurées et le volume du liège. Ceci peut se concrétiser par la construction d'un modèle ou d'une table de production adaptée au mieux à la suberaie inventoriée et qui, à partir d'une ou plusieurs variable (circonférence ...), peut nous donner le volume de liège estimé.

Pour que le modèle soit le plus juste et le plus adapté, il faut choisir des arbres de toutes catégories, représentatifs de la forêt ou du massif forestier sondé. Plus la zone étudiée sera étendue et variée, plus le nombre d'arbres échantillonnés sera important. Ces modèles appliqués au liège estiment la production en poids (exprimé en kilogramme) à partir de la mesure de la circonférence à hauteur d'homme (CAP en mètres), de la hauteur d'écorçage (HD en mètres) et parfois de l'épaisseur (CB en mètres).

Figure 1.51 : Mesure de la circonférence à hauteur d'homme

Auteur	Année	Zone d'application	Nombre d'Arbres Echantillonés	Formule
Guerreiro Gomes	1951	Region de Chamusca Portugal	170	P=46,06xCAP+12,2xHD+0,46xCB-65,75
Monteiro Alves	1958	Region de Carbonico Portugal	100	P=49,52xCAP+9,89xHD-47,91
Montero et Morais	1960	Region de Plioceno Portugal	100	P=64,34xCAP+7,68xHD-58,68
Montero Gonzalez	1980	Nord et Sud de Sierra de San Pedro	1807	P=10,69xCAPxHD
Montero Gonzalez	1980	Centre et Sud de Badajoz	1083	P=8,67xCAPxHD
Montero Gonzalez	1980	Sierra de Huelva	539	P=9,07xCAPxHD
Montero Gonzalez	1980	Sierras de Sevilla et Cordoba	651	P=12,21xCAPxHD
Montero Gonzalez	1980	Parc des Chênes-Lièges	422	P=13,44xCAPxHD
Montero Gonzalez	1980	Catalogne	203	P=16,94xCAPxHD

Modèles mathématiques proposés par divers auteurs sur des zones spécifiques :
Comme on peut le constater, ces modèles plutôt simples sont construits pour des zones relativement étendues. Ils sont généralement utilisés avec prudence et peuvent donner des résultats corrects.

3. ESTIMATION DE LA QUALITE DU LIEGE SUR PIED

Les excellentes qualités du liège le rendent apte à de multiples utilisations. Cependant, ses utilisations en tant que bouchon pour vins tranquilles et pour vins mousseux sont les plus courantes et les plus valorisantes.

Un premier groupe de propriétés de la planche de liège est lié au rendement en nombre de bouchons utilisables, par kilogramme ou par m? de matière première. Parmi ces caractéristiques, la plus importante est la croissance en terme d'épaisseur. Le liège doit atteindre une dimension optimale afin de pouvoir produire des bouchons de diamètres normalisés (21 et 24 mm). L'épaisseur se mesure sur la tranche de la planche puisqu'il s'agit du sens de travail de l'emporte-pièce. L'utilisation du pied de ligne permet d'effectuer cette mesure.

Il existe des épaisseurs optimums pour la planche de liège en dessous de laquelle le liège trop mince ne peut pas être transformé en bouchons. De même, le liège trop épais, même s'il permet la fabrication de bouchons, produit une trop grande quantité de déchets.

Il faut savoir que le bouillage à laquelle le liège brut est soumis entraîne une augmentation de son épaisseur. Il est donc nécessaire d'intégrer celle-ci lors de l'interprétation de l'échantillon.

Le nombre et la profondeur des crevasses situés sur la partie extérieure de la planche ainsi que l'état de la partie intérieure (la densité, l'humidité, l'épaisseur de la croûte, les inclusions ligneuses, etc.) affectent aussi le rendement d'une planche de liège.

D'autres critères concernent la qualité d'un bouchon produit, comme ses propres propriétés physiques et mécaniques. En effet, un bon comportement du bouchon durant la mise en bouteille peut assurer une extraction facile.

La qualité du bouchon dépend aussi d'autres critères dont l'intérêt devient grandissant. Il s'agit des propriétés biochimiques et celles relatives à son aspect ou à sa présentation. De récentes études ont démontré que, globalement, le liège est un matériau sûr mais qu'il peut être touché par certaines altérations qu'il faut prendre en compte. D'une manière générale, le liège aux colorations rosées ou claires est le plus apprécié par rapport à celui aux couleurs foncées ou tacheté qui est considéré de moindre qualité.

Comme on l'a déjà vu précédemment dans le chapitre 4, chaque planche de liège peut être classée en sept catégories ou être considérée comme rebut pour la trituration.

Une grande quantité de facteurs détermine la qualité du liège. Généralement, qu'il s'agisse de l'industrie ou d'autres organismes de la filière, ils se servent d'un procédé simple pour estimer la qualité d'une planche de liège. Tout d'abord, le liège doit être soumis à une préparation selon le procédé suivant : séchage en séchoir ou à l'air libre, bouillage durant une heure et, pour finir, redécoupage des pièces.

Figure 1.52 : Opérateur appréciant la qualité de différents échantillons de liège

Grâce au pied de ligne, l'opérateur réalise une première classification par épaisseur. Par la suite, il effectue, à partir de l'aspect, un nouveau tri et classement, don-

nant à chaque planche une destination définitive, liée à son utilisation industrielle la plus adaptée.

Il est facile de comprendre la difficulté et l'importance majeure de ce travail d'évaluation et de tri. En effet, la formation d'un opérateur nécessite de nombreuses années d'expérience pour arriver à un niveau optimum de détermination de la qualité et de tri. Jusqu'à présent, il a été impossible de remplacer ce travail par un système robotisé.

Dans la pratique, l'opérateur évalue presque inconsciemment une multitude d'aspects. Concrètement, il semble surtout important de pouvoir rationaliser cette opération afin de mieux la comprendre et de mieux la contrôler. Pour cela, il faut en premier lieu reporter sur une fiche les principaux critères facilement identifiables, comme l'épaisseur de la planche, les défauts les plus importants, la couleur, etc. Par la suite, il suffit de faire référence à des tables de classification qui, à partir de l'épaisseur utile (rendement en bouchons) et de l'aspect (qualité des bouchons produits), donnent pour la pièce contrôlée la catégorie d'utilisation.

Classification du liège en planche proposée et utilisée par IPROCOR

	CLASSES D'ASPECT							
EPAISSEUR en ligne	1	2	3	4	5	6	7	R
19			19 - 6A				REBUT	
15-19			15-19 - 6A			15-19 - 6		
13-15			13-15 - 5A			13-15 - 6		
11-13			11-13 - 5A			11-13 - 6		
11		11 - 4A						

Bien que l'on tende vers une normalisation, chaque industrie dispose de sa propre table tenant compte de sa stratégie commerciale, de la qualité du liège qu'elle utilise et du type de demande qu'elle satisfait. Les tables peuvent se résumer à quelques catégories regroupant plusieurs unités. Les types de regroupements et les identifications peuvent varier.

Table de classement utilisée au Portugal

	CLASSE D'ASPECT							
EPAISSEUR	1	2	3	4	5	6	7	R
Grossa	Grosse 5A							
Marca	Marca 3A			Marca 4-5				
Meia Marca	Meia Marca 3A			Meia Marca 4-5			REBUTS	
Delgada	Delgada 3A			Delgada 4-5				
Delgadinha	Delgadinha 3A							

A partir de la quantité du liège par catégorie, nous pouvons avoir une idée de la qualité de la production de liège d'une suberaie. Pour cela, il est aussi utile de connaître la répartition des valeurs à l'unité de produit des catégories rencontrées. En croisant ces deux données, on arrive à calculer, par la méthode des moyennes pondérées, un indice de qualité qui synthétise l'ensemble des informations. Pour mieux comprendre, voilà l'exemple suivant :

Catégorie	Catégorie Ptas./Kg. (a)	Importance relative (b)=(a)/total	Quantité Kg.(c)	Quantité relative (d)=(c)/total	Valeur pondérée (e)=(b)x(d)x100
A	200	0,28	10000	0,26	7,28
B	150	0,21	8000	0,21	4,41
C	300	0,41	5000	0,13	5,33
D	75	0,10	15000	0,40	4,00
Total	725	1,00	38000	1,00	21,04 *(indice de qualité)*

Si nous utilisons le même procédé, avec des valeurs de références identiques, pour calculer les indices des différentes suberaies d'une même région, nous pourrons ainsi les comparer. Pour l'acheteur, cette information est utile au moment de l'acquisition d'un lot de liège. Elle peut aussi aider le subériculteur à se situer sur un marché qui manque malheureusement de transparence.

Au Portugal, dans la région de Coruche, pour estimer la production de liège sur un arbre, on utilise les formules distinctes de Margarida Tomé qui sont les suivantes :

$$P = -11{,}71 + 6{,}68\ SDT + 3{,}51\ CB + 4{,}59\ CAP^2$$

$$\ln P = 2{,}09 + 0{,}75 \ln (hdmax \times CAP^2) + 0{,}19 \ln npi$$

$$\ln P = 2{,}16 + 0{,}79 \ln CAP^2 + 0{,}67 \ln HF + 0{,}51 \ln npi$$

d'où

- SDT = superficie totale écorcée, considérant les branches et le tronc comme de parfaits cylindres.
- Hdmax = hauteur maximum d'écorçage (hauteur du tronc + hauteur écorcée de chaque branche)
- Npi = nombre de branches écorcées.
- HF = hauteur du tronc.
- ln = logarithme népérien.

4. ESTIMATION DE LA QUALITE DU LIEGE EN PILE. METHODES EXISTANTES

L'empilage consiste à placer convenablement les planches de liège, de façon à ce qu'elles puissent être stockées dans de bonnes conditions, et cela le temps nécessaire jusqu'à leur transport vers l'usine.

a) Méthode traditionnelle de l'industrie

Dans les opérations d'achat de liège empilé, l'acheteur qui opère pour le compte d'un industriel (préparateur ou transformateur), réalise un examen extérieur de la pile et un sondage en différents endroits afin d'en tirer les principales informations suivantes :

- absence de morceaux, de liège de pied, de liège mâle et de liège de première reproduction dans la pile,
- pourcentage de planches de liège rebuts,
- présence de pièces de 1ère et 2ème catégorie bouchonnable ("la flor"),
- épaisseur moyenne du liège de la propriété.

Avec ces données, ajoutées à son expérience, l'acheteur se fera une idée de la qualité moyenne de la pile et de sa valeur potentielle.

Remarques :

Tout dépend de l'objectivité avec laquelle la pile aura été montée et sera présentée (redécoupage des planches, choix du meilleur liège pour le pourtour ou art de cacher l'indésirable à l'intérieur de la pile). L'opération devient alors bien souvent un jeu de hasard entre acheteur et vendeur.

L'estimation de la qualité dépendra, en grande partie, de l'intuition et de l'expérience de l'acheteur. Par conséquent, le fait de manquer d'expérience ou de connaissances suffisantes de la région réduit les probabilités d'optimiser les opérations d'achat.

b) Méthode de "La Direcçao Geral Das Florestas de Portugal"

La pile de liège est divisée en "n" parallélépipèdes en tenant compte des conditions suivantes :

- un nombre pair de divisions aussi bien en hauteur qu'en largeur,
- des dimensions identiques, dont le minimum sera égal à 1 m,
- atteindre : 2 x 100 / n supérieur ou égale à 1 %.

Parmi tous les parallélépipèdes possibles, on en sélectionnera deux, de façon aléatoire, afin de les sonder. Pour cela, on divise horizontalement le parallélépipède en deux, afin de pouvoir contrôler, après l'avoir extrait, un lot de planches par moitié. On attribue à chacune des planches, un numéro d'ordre et on tire au sort la première qui sera à sonder. Pour les suivantes, les planches sondées seront situées à un intervalle correspondant à un multiple des 1/10 du nombre total de planches de l'échantillon sélectionné. Les morceaux sont à nouveau redécoupés (20 x 20) et classés.

Remarques :

C'est une méthode qui se veut exhaustive dans la manière de sélectionner les échantillons mais elle ne tient pas compte des valeurs moyennes de la qualité du liège du secteur. La façon de choisir les échantillons n'utilise aucune base statistique. De plus, en ne choisissant que deux blocs, elle n'élimine pas non plus l'éventuel écart de qualité qu'un liège peut avoir sur un même arbre.

Figure 1.53 : Estimation de la qualité du liège empilé

Cependant, il s'agit d'un système laborieux sur le terrain puisqu'il exige le démontage partiel d'une pile pour pouvoir sonder les deux échantillons sélectionnés.

c) Méthode de la AEFCS (Administration des Eaux et Forêts du Maroc)

Cette méthode est adaptée aux types de piles caractéristiques d'Afrique du Nord. Les étapes d'appréciation sont les suivantes :

- reconnaissance visuelle de l'épaisseur sur l'extérieur de la pile,
- reconnaissance des principaux défauts,
- le sondage de la pile est réalisé tous les 20 m. L'échantillon correspond à un cube de 1 m de large sur 1,5 m de profondeur et sur une hauteur qui est celle de la pile. La première classification en produit est réalisée selon la méthode d'IPROCOR à laquelle est appliqué un tarif de prix spécifique.

Remarques :

Cette méthode ne peut s'appliquer qu'à des piles d'une petite largeur (3 m au Maroc). Elle n'a pratiquement pas de fondement statistique et exige la manipulation d'une grande quantité de liège. De plus, la classification en produit du liège est subjective et donne lieu à des erreurs d'appréciation de l'épaisseur et de la catégorie (voir chapitre 4 titre 5 les formules de la qualité).

d) Méthodes de "la Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía" (l'Agence de l'environnement de l'Andalousie)

Sondage de sections de piles

On divise la pile en "n" sections identiques et on y prélève dans chacune de façon aléatoire une série d'échantillons (10 x 10 cm). Statistiquement, ce sondage est réalisé en deux phases. L'estimation de la qualité du liège (calcul de l'indice "Q") se calcule avec la formule d'IPROCOR qui est par la suite pondérée avec le poids réel du liège pour chaque catégorie (voir chapitre 4 titre 5 les formules de la qualité).

Remarques :

Il s'agit d'un système fastidieux qui oblige à démonter toutes les sections de piles. Le choix aléatoire dans chaque section ne suit pas une méthode précise. Toutefois, d'un point de vue statistique, les résultats obtenus présentent une certaine fiabilité, même si nous ne pouvons pas les confirmer.

Sondage "Al Azar en Pila"

Cette méthode permet de prélever des échantillons de façon aléatoire répartis sur toute la pile. On calcule la longueur de chaque section et la somme de l'ensemble est divisée par le nombre d'échantillons déterminé au préalable. Ceci nous permet d'obtenir la valeur de l'espacement moyen entre deux échantillons. A chaque sondage, on détermine la profondeur où sera prélevée la planche sélectionnée. Une fois celle-ci retirée, on découpe un "Calas" (échantillon de liège brut) dans son angle gauche.

Remarques :

Il s'agit d'une technique d'appréciation analogue à celle qui est utilisée sur le terrain. Dans la réalité elle facilite le travail, de fait que les piles sont rarement défaites, sauf si, parfois le choix se porte sur des planches situées à l'intérieur de la pile.

Le Transect, pour le choix des échantillons, doivent être réalisées de manière à couvrir un maximum la pile et, le sondage doit être fait de façon à permettre de sélectionner n'importe quelle planche dans la pile.

Il s'agit d'une méthode qui ne prend pas en compte les empilages mal intentionnés de planches. En effet, dans la réalité de ce type de sondage le liège contrôlé est celui qui se voit c'est à dire celui qui est le plus souvent de meilleure qualité.

e) Méthodes IPROCOR

Estimation proportionnelle au poids

Cette méthode est quelque peu désuète. Elle consiste à extraire 100 kg de liège pour chaque 500 Qc (quintaux castillans) empilés. Les planches sont sélectionnées au hasard sur toute la profondeur et sur toute la largeur. On procède à la classification en cru selon l'épaisseur. Pour chaque épaisseur, on établit un classement divisé en neuf catégories. Si une planche présente clairement plus d'une catégorie, on la divise en autant de catégories appréciées. Ensuite on vérifie le poids et on découpe sur les planches un nombre d'échantillons par catégories proportionnel à sa fréquence. Finalement, à l'atelier on procédera au bouillage et à la classification définitive des échantillons.

Remarques :

Cette méthode manque de fondement statistique clair qui puisse justifier le sondage. Elle oblige à réaliser, sur le terrain, une classification des planches dont le résultat peut être modifié après le bouillage. La sélection des planches dans la pile n'est pas bien établie, d'ailleurs il semble parfois compliqué de connaître le poids exact d'une pile de liège. De plus, il est nécessaire de peser sur le terrain l'échantillon ainsi que les sous échantillons par catégorie.

Sondage "stratifié" IPROCOR

Les échantillons sont représentatifs des planches sélectionnées dont ils sont issus, et présentent une section de 20 cm x 20 cm. Le fondement statistique est fiable, l'erreur relative est inférieure à 15 %.

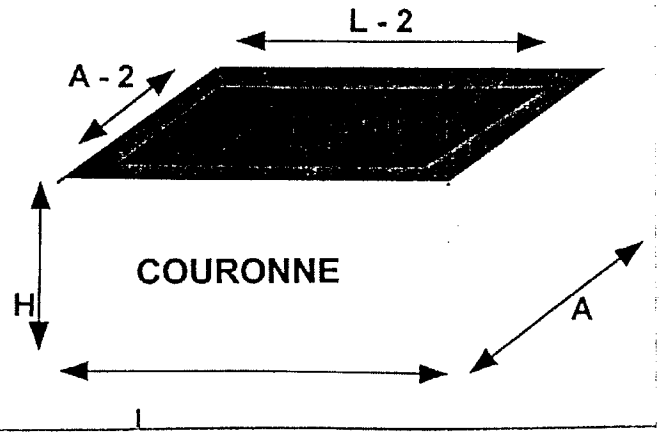


Figure 1.54 : Echantillonnage "stratifié"

En plus du volume total, du volume intérieur et de celui du pourtour, il faut tenir compte de la fraction d'échantillonnage à l'intérieur et sur le pourtour. Toutes ces données permettent de réaliser des calculs statistiques qui détermineront la qualité de la pile de liège.

Echantillonnage de la couronne

Il consiste à réaliser un sondage systématique du pourtour. On sélectionne de façon aléatoire le point de départ de l'échantillonnage et le nombre d'échantillons à obtenir.

Echantillonnage de l'intérieur

Etant donné qu'il serait trop complexe de réaliser un échantillonnage systématique ou aléatoire à l'intérieur de la pile, on peut opter pour un échantillonnage réalisé en deux étapes :

§ d'abord on sélectionnera un certain nombre de blocs (de 2 à 6) pour le sondage d'un volume total de 1 m^3 ;
§ ensuite on sélectionnera systématiquement les blocs à partir d'un choix de départ, au-dessus ou en dessous d'une ligne imaginaire située au milieu de la pile.

Remarques :

Il s'agit d'un système ou d'une méthode d'estimation de la qualité du liège d'application plus ou moins simple, mais avec des calculs complexes. Il faut choisir un nombre significatif d'échantillons afin d'avoir une marge d'erreur de 15 % et une marge de confiance de 90 %.

D'autre part, l'extraction de certaines planches sur le pourtour pourrait être délicate. En effet, suivant la manière dont elles auront été calées, elles peuvent se fendre et se déprécier.

Ce système d'appréciation semble fiable tout en ayant un bon rendement (1 à 2 heures/pile). Il donne de bons résultats d'appréciation quant à la qualité réelle de la pile sondée. De plus, il permet d'identifier les mauvais empilages qui chercheraient à dissimuler des planches de mauvaise qualité.

Cette méthode limite d'une part les lourdes manipulations nécessaire pour démonter complètement de grandes sections de pile et d'autre part les erreurs d'appréciation occasionnées par des sondages statistiquement peu fiables.

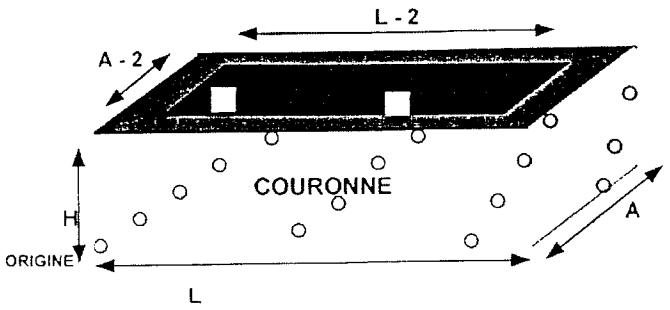


Figure 1.55 : Schémas de sondage de l'intérieur d'une pile

5. LES INVENTAIRES FORESTIERS DANS LES SUBERAIES

La réalisation d'un inventaire a déjà été abordée dans les chapitres précédents, notamment dans " les estimations de liège sur pied ". Mais la réalisation d'un inventaire peut s'avérer nécessaire pour d'autres raisons. Par exemple, les estimations de propriété en vue de vente ou d'achat, les contrats d'assurance, les hypothèques, l'aménagement subéricole d'une forêt, etc.. sont autant de motifs qui peuvent justifier un inventaire.

Les types d'information qui peuvent être recueillis sont très divers, étant donné le caractère multi-usages du chêne-liège (capacité de production, production actuelle, qualité, altérations, maladies, parasites, qualité de l'environnement, état de la régénération, production de bois, production de fruits).

Même si, autrefois, les inventaires étaient réalisés arbre par arbre (inventaire pied par pied), il existe aujourd'hui des techniques statistiques permettant, par sondages aléatoires d'un peuplement donné, d'obtenir des résultats fiables à l'échelle d'une suberaie ou d'un massif. Même si les sondages supposent des frais de personnel, ils restent toujours plus économiques qu'un inventaire pied à pied. De plus, ils peuvent être enrichis facilement de données et d'informations complémentaires, sans que cela représente de surcoût significatif. Cette opération comporte deux activités : les mesures et les calculs, les deux devant être réalisés avec des marges d'erreur acceptables.

L'échantillon doit être le plus représentatif possible. La surface d'échantillonnage peut varier suivant le type d'inventaire et la précision recherchée. Dans le sondage de qualité du liège que réalise IPROCOR en Espagne, cette surface correspond à l'ensemble des parcelles levées sur une même propriété.

Dans chaque parcelle inventoriée, on déterminera une série de placettes dans lesquelles on réalisera les différentes mesures. Les placettes sont plutôt circulaires avec un rayon compris entre 25 et 40 mètres. Le nombre de placettes dépend de l'information et du degré de précision recherchés. Ces questions seront à déterminer lors d'une étude réalisée par un technicien forestier. Les placettes peuvent être réparties de façon aléatoire sur l'ensemble de la propriété inventoriée ou placées à l'intersection d'un quadrillage fictif qui la recouvre. Si le nombre de placettes ne doit pas être trop important, il vaut mieux recourir au système aléatoire. Dans le cas contraire, il sera préférable d'utiliser la deuxième méthode.

Une placette circulaire est très pratique à utiliser, puisqu'il suffit de déterminer et de matérialiser son centre. La mesure de la distance au centre est réalisée avec l'aide d'un instrument de dendrométrie appelé " relascope " et d'une mire circulaire. Dans une placette, on mesure les différents paramètres de chaque arbre : CAP, HD, présence de parasites ou de maladies, etc. Ensuite on prélève quelques

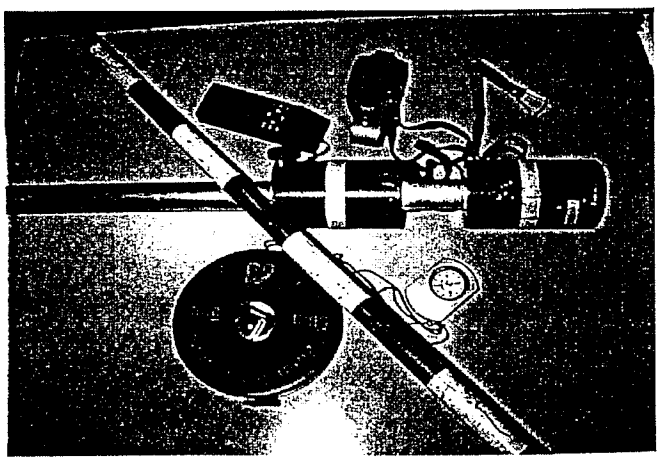


Figure 1.56 : Outils et instruments de mesure utilisés pour un inventaire

échantillons de liège à 1,30 m de hauteur. Lors des prises de données, on peut aussi recueillir des informations relatives à la situation de la placette : la pente, l'orientation et les coordonnées géographiques.

Les équipes de terrain peuvent être constituées de deux ou trois personnes : un chef d'équipe qui dirige le travail et prend des notes et un ou deux ouvriers qui écorcent, transportent les échantillons et aident à réaliser les mesures.

Le matériel utilisé comprend la hache à écorcer, un ruban pour mesurer, des sacs pour les échantillons, une mire circulaire, un relascope, le plan de la propriété et éventuellement un système de positionnement de type GPS pour obtenir les coordonnées géographiques de la parcelle. En option, l'utilisation d'un appareil photographique peut être recommandé afin de mémoriser les arbres échantillons et de pouvoir réaliser par la suite des mesures complémentaires sur photos.

En Espagne, les rendements journaliers en " prise de données " annoncés sont, pour une équipe de 3 personnes, de 4 à 5 placettes de 40 m de rayon, ce

Figure 1.57 : Equipe realisant l'inventaire d'une suberaies

qui représente dans une suberaie de type dehesas, des placettes comprenant de 15 à 30 arbres. Dans les suberaies plus denses, les placettes sont généralement plus petites (rayon de 25 m environ).

6. RESULTATS D'INVENTAIRE ET CARTOGRAPHIE. COMMENT LES INTERPRETER ?

Les différentes mesures réalisées sur le terrain, et les données portant sur la détermination de la qualité sont rassemblées et mises au propre dans un compte rendu. Lors de leur exploitation et interprétation, il est très intéressant de les synthétiser sous forme de schémas, de graphiques ou de tableaux.

Les tableaux sont de lecture facile et permettent d'avoir une idée générale de la structure des peuplements. Ils peuvent par exemple exprimer le nombre de pieds échantillonnés par hauteur d'écorçage (HD par base de 0,5 m) et par circonférence à hauteur d'homme (par classe de 0,15 m). Ces mesures nous permettent d'obtenir, après applications des tables de production, le poids du liège de la placette sondée qui sera ramenée à l'hectare. Ces résultats s'obtiennent en appliquant les méthodes d'estimation qui ont été vues aux titres 2 et 3 de ce même chapitre.

Exemple de fiche de pointage et de calcul de production d'une placette circulaire de 40 m de rayon

CAP	Nombre de pieds HD						Production en Quintaux Castillans(46 Kg)	
	<1,5	1,6/2,0	2,1/2,5	2,6/3,0	>3,0	Total	Parcelle	Hectares
<60	0	0	0	0	0	0	0	0
61\75	1	3	2	0	0	6	1,8	3,6
76\90	0	2	6	1	0	9	3,9	7,8
91\105	0	0	4	3	0	7	4	8
106\120	0	0	1	2	1	4	2,9	5,8
>121	0	0	0	0	1	1	1	2
Total	1	5	13	6	2	27	13,6	27,2

Une autre représentation qui permet de bien voir la distribution des différentes classes de données, est le diagramme en bâton. Dans notre cas, le bâton exprime le nombre de pieds par classe représentée. Les représentations en camembert, permettent par contre de mieux apprécier les pourcentages des différentes classes de données (catégorie de liège, ...).

Les indices sont calculés à partir des moyennes. Ils synthétisent plusieurs variables en une seule donnée ou en un seul chiffre, et cela afin de pouvoir réaliser

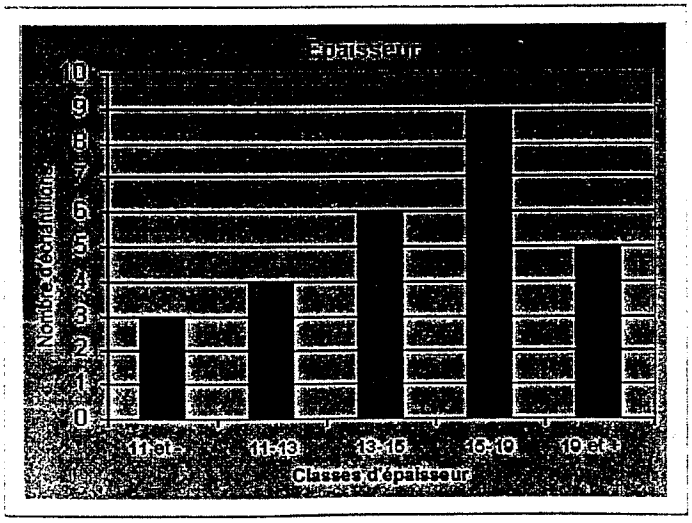


Figure 1.58 : Graphique en bâton exprimant la quantité d'échantillons prélevés par classe d'épaisseur

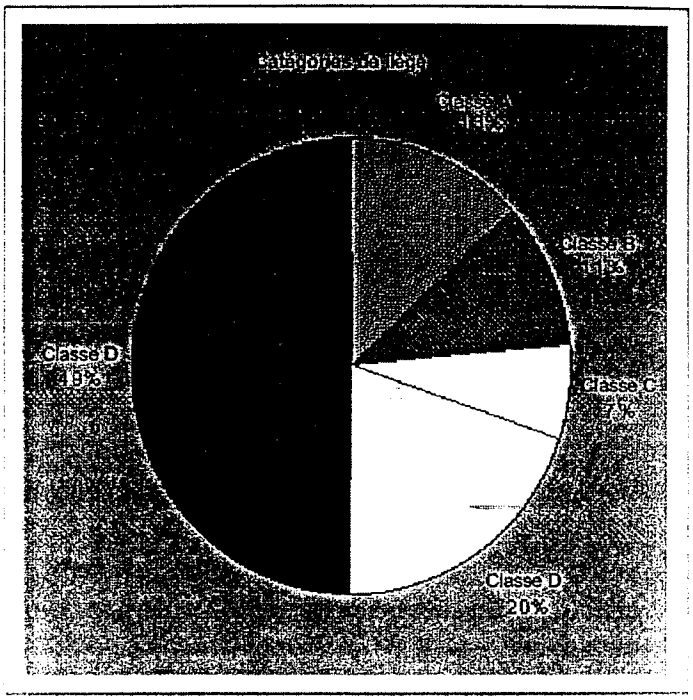


Figure 1.59 : Graphique en camembert exprimant la quantité d'échantillons prélevés par classe de catégories

des comparaisons. Par exemple, on utilisera la méthode indiciaire pour comparer la qualité moyenne du liège d'une propriété par rapport à une autre, ou alors par rapport à la moyenne d'une région.

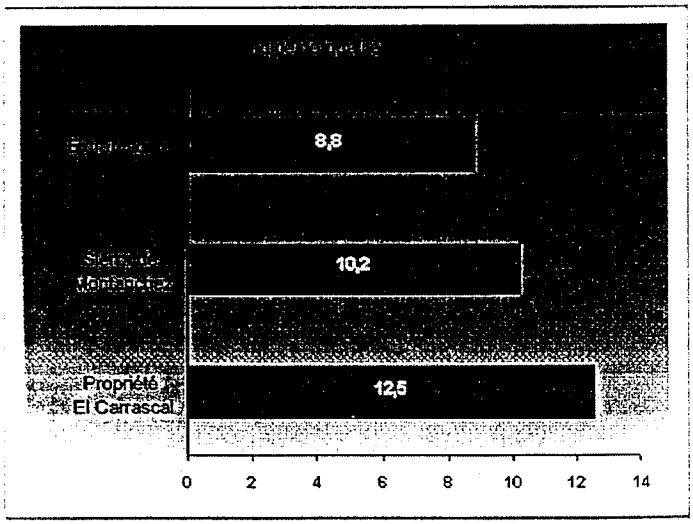


Figure 1.60 : Comparaison par les indices de qualité d'une propriété avec la moyenne de sa région et la moyenne de toute l'Extrémadure

Enfin, les cartes sont une autre manière de représenter les résultats d'inventaire. Comme tout autre objet de géographie, les suberaies peuvent être

représentées sous forme de cartes. On peut dessiner les contours de la propriété, les limites des parcelles, mais aussi y représenter des données concernant la production de liège ou sa qualité. Comme sur n'importe quel plan, l'usage de couleurs, de symboles, de lignes, symbolise chaque informations et permet une meilleure lisibilité. Leur signification est donnée dans la légende, en marge du plan. Une carte complète doit comporter un système de coordonnées, comme un quadrillage, qui facilitera la localisation géographique de tous les points. Pour en faciliter la compréhension, ces quadrillages sont normalisés. Même s'il en existe plusieurs types, en Espagne on en utilise principalement deux : le quadrillage géographique (dont les caractères s'expriment en degrés, minutes et secondes) et le quadrillage UTM qui a l'avantage de mesurer sans déformation, les distances sur une carte.

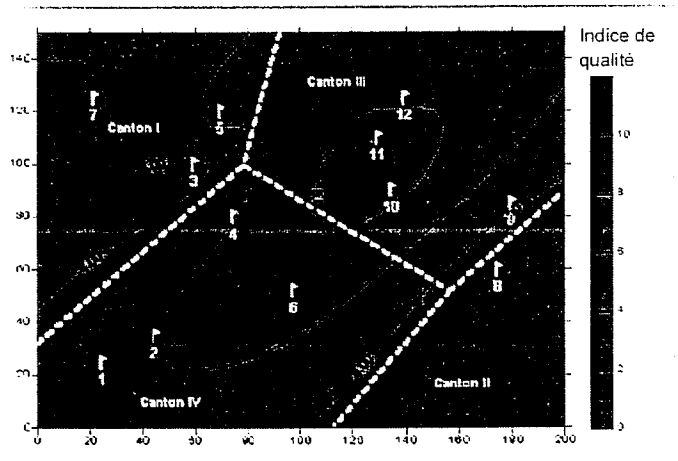


Figure 1.61 : Carte d'une partie de propriété représentant la qualité du liège par la couleur, les limites de la propriété et des parcelles par un trait blanc et les placettes d'échantillonnage par des caractères jaunes

TRAVAUX PRATIQUES

- Calculer le volume de liège sur pied d'un chêne-liège déterminé, en décomposant et en respectant les différentes étapes.

- Réaliser les procédés nécessaires pour estimer la qualité du liège d'une planche échantillon (séchage, bouillage, redécoupage et nouveau tracé des pièces).

- Déterminer l'épaisseur des planches de liège.

- Classer les planches de liège en fonction de leur utilisation industrielle et en tenant compte de l'épaisseur, des défauts, de la couleur, de l'aspect, etc.

- Réaliser des sondages sur une pile pour déterminer la qualité du liège qui s'y trouve (échantillonnage de la couronne, de l'intérieur, etc.).

- Découpage des "calas" (échantillon de liège brut) sur des planches de liège.

DEUXIÈME PARTIE

La fabrication du bouchon de liège naturel

OBJECTIFS A ATTEINDRE	CRITERES D'EVALUATION
• Reconnaître la finalité de la première transformation réalisée sur le liège.	• Décrire le procédé à suivre qui conduit à la première transformation du liège en planches.
• Analyser les caractéristiques et l'organisation spécifique que les industries de la filière liège doivent accomplir.	• Distinguer et apprécier les aspects les plus importants du transport, de la réception et de l'empilage du liège en planches.
• Connaître et contrôler les conditions dans lesquelles les opérations de transport, de réception et d'empilage du liège naturel se réalisent.	• Appliquer les critères établis liés au stockage du liège en planches.
• Réaliser les opérations de base de stockage, de cubage et de gestion des stocks.	• Réaliser les calculs ou opérations nécessaires pour cuber et contrôler les stocks dans un dépôt.
• Définir les lieux, les soins et les moyens pour manier et stocker les planches de liège.	• Classer le liège en fonction de sa qualité et de son épaisseur.
• Classer le liège en fonction de son épaisseur et de sa qualité.	• Différencier les bouchons de liège en fonction de ses caractéristiques.
• Connaître l'origine des bouchons de liège, ainsi que leurs caractéristiques et leurs propriétés fondamentales.	• Identifier les opérations réalisées lors de la fabrication de bouchons de liège.
• Distinguer les différents types de bouchons de liège existants, leurs fonctions et leurs principales utilisations.	• Connaître et déterminer les équipements utilisés lors de la fabrication de bouchons de liège.
• Reconnaître les différentes étapes qui interviennent dans le procédé de fabrication du bouchon.	• Réaliser les opérations de base dans le procédé de fabrication du bouchon de liège : découpe, perforation et tri.
• Réaliser les opérations les plus communes utilisées dans le procédé de fabrication des bouchons.	• Réaliser la maintenance des équipements et machines utilisés lors de la fabrication des bouchons de liège : scie de découpe, tubeuses et tapis de tri.
• Estimer l'importance entre réglage et entretien des installations pour la fabrication de bouchons.	
• Evaluer les risques issus des opérations de préparation du liège en planche pour adopter les mesures préventives nécessaires.	
• Exécuter les contrôles de qualité précis, en accord avec les spécificités requises et les normes en vigueur.	
• Identifier et/ou utiliser différents types de machines et d'outils à chaque étape de la fabrication de bouchons de liège naturel.	

CHAPITRE 1

La préparation du liège en planche pour fabriquer des bouchons

CONTENUS

a) Thèmes :

- Le liège en planche. Finalité de cette première transformation.
- Description et organisation des installations et du procédé de préparation.
- Transport à l'usine, réception et empilage ; stockage, cubage et gestion des stocks.
- Le bouillage du liège.
- Le repos en cave ou en pièce noire.
- Le redécoupage, le calibrage et le tri du liège.
- Pressage et mise en balles.
- Réglage et entretien des installations.

b) Méthodologies:

- Analyse des installations spécifiques où a lieu la préparation du liège en planche.
- Identification précise des différents procédés, application des techniques appropriées pour la préparation du liège en planche, et utilisation correcte des différents outils et machines.
- Préparation des conditions nécessaires au transport, à la réception et à l'empilage du liège en planche.
- Cubage et contrôle des stocks de liège en planche à l'aide de règles préétablies.
- Réalisation de toutes les étapes prévues dans le procédé de préparation du liège en planche et interprétation des normes de fonctionnement dans les installations industrielles.
- Application des contrôles nécessaires et des normes spécifiques au contrôle de la qualité durant le procédé de préparation du liège en planche.
- Calcul des rendements obtenus à chaque étape du procédé de préparation du liège en planche.

c) Attitudes:

- Essayer d'avoir une vision globale et intégrale des différentes étapes du procédé de préparation du liège en planche. S'adapter aux différentes tâches et situations de travail pour arriver à maîtriser la préparation du liège en planche.
- Attitude favorable à l'entretien et à la bonne utilisation des installations, des machines et des outils, en se référant aux normes de sécurité.
- Motivation pour réaliser le travail de façon autonome et responsable en respectant les contrôles spécifiques.
- Respect des normes de sécurité.

1. LE LIEGE EN PLANCHE. FINALITE DE CETTE PREMIERE TRANSFORMATION

La préparation du liège en planche est le produit obtenu lors de la première étape de transformation du liège. Cette phase est nécessaire avant de commencer le procédé de fabrication de bouchons.

La principale finalité de cette opération est de préparer et de mettre le liège écorcé dans des conditions adéquates pour sa transformation. A la base, il consiste à bouillir le liège et à sélectionner celui qui est apte à la fabrication de bouchons (liège bouchonnable). Le but du bouillage du liège est de le nettoyer, d'éliminer les substances hydrosolubles ou les micro-organismes, d'augmenter l'épaisseur, de réduire la densité, d'améliorer la flexibilité et d'aplatir les planches qui ont encore la forme incurvée du tronc de l'arbre.

La majorité des industries du bouchon utilise comme matière première du liège déjà préparé par d'autres entreprises dont le produit final est le liège en ballot (industries préparatoires). Mais de nombreuses entreprises bouchonnières achètent aussi le liège directement au propriétaire et réalisent elles-mêmes la préparation.

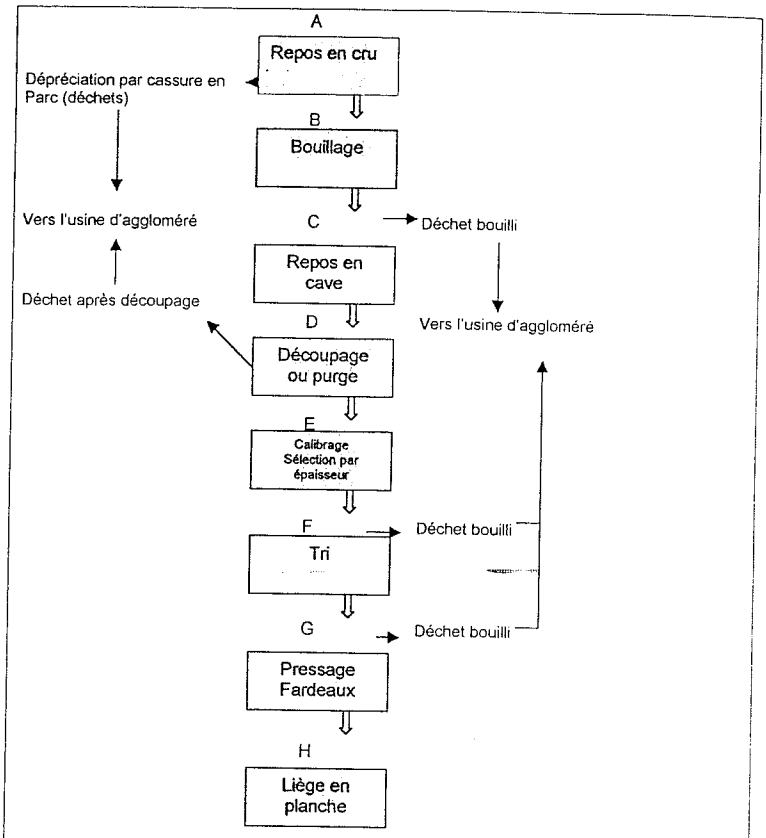


Schéma de la préparation du liège en planche dans une entreprise préparatrice

2. DESCRIPTION, ORGANISATION DES INSTALLATIONS ET DU PROCEDE DE PREPARATION

La préparation du liège, avant la fabrication de bouchons, est un procédé technologique simple qui ne demande pas beaucoup d'investissements en machines mais plutôt des installations importantes pour le stockage du liège.

Le procédé commence par une première phase de repos du liège dans un grand parc de stockage. Ensuite on procède au bouillage dans une chaudière en acier inoxydable. Puis pour finir, le liège passe par une autre phase de repos dans une pièce noire (plus brève que le repos en cru), le tri qui comprend trois opérations : le redécoupage (préparation pour les opérations suivantes), le calibrage (sélection par épaisseur des planches) et le tri (selon la qualité de la planche).

Schéma du procédé de préparation du liège en planche dans une entreprise de préparation.

Les industries bouchonnières qui réalisent elles-mêmes la préparation, après le tri du liège, procèdent à un deuxième bouillage avant un second repos qui laisse la matière première apte à la transformation.

Par contre, si ce procédé est fait par l'entreprise préparatoire, après avoir sélectionné le liège, celui-ci est pressé et mis en ballots pour être livré aux industries bouchonnières qui réalisent le deuxième bouillage suivi d'un bref repos avant transformation.

Par ailleurs, avant la préparation on peut effectuer sur le terrain, l'opération de tri du liège non bouchonnable qui partira à la trituration pour la fabrication d'agglomérés.

Tout le long du procédé de préparation on obtient des restes non bouchonnables (appelés à tort, déchets) qui seront utilisés, comme matière première, dans la fabrication d'agglomérés.

3. TRANSPORT A L'USINE, RECEPTION ET EMPILAGE. STOCKAGE, CUBAGE ET GESTION DES STOCKS

Le coût du transport depuis la suberaie vers l'usine est élevé parce que les planches de liège présentent encore la même forme incurvée qu'elles avaient sur l'arbre. En effet, ce chargement, même bien fait, entraîne une perte de place sur le camion. Par ailleurs, il faut bien s'assurer que les camions soient parfaitement propres, sans odeurs, afin d'éviter de contaminer les planches de liège.

Une fois à l'usine, le liège qui provient de la suberaie est stocké en plein air dans une grande enceinte clôturée, nommée parc. Selon le « Code International des Pratiques Bouchonnières », le dallage doit être fait de façon à éviter toute contamination provenant du sol. Habituellement, des dalles de béton recouvrent le sol avec une pente suffisante pour l'évacuation de l'eau.

Les planches sont empilées comme en forêt. Ce sont des piles rectangulaires de 6 m maximum de hauteur, la partie la plus large perpendiculaire au sens du vent afin de favoriser le séchage.

Les planches restent empilées en plein air, après la levée, pendant plus de 6 mois pour obtenir un bon séchage et une bonne stabilisation.

En Espagne, le contrôle des stocks se fait grâce au poids. Le camion est pesé à vide puis avec le liège. La différence nous donne le poids du liège.

Au Maroc, les piles sont cubées et on parle de stère qui est le m^3 apparent de liège. Par exemple, si nous avons une pile de 6 m de large, 30 m de long et 1,5 m de haut, le volume en stère sera : 6 x 30 x 1,5 = 270 stères.

Il est possible de réaliser un contrôle plus précis des stocks et de la production au moyen d'une bascule à plate-forme au niveau du sol et en pesant les planches avant bouillage : le liège étant déjà stabilisé.

4. LE BOUILLAGE DU LIEGE

Après une période de 6 mois de repos en cru, le liège est prêt pour l'étape suivante : le bouillage. La finalité de cette étape est de le rendre élastique, d'augmenter son épaisseur, de diminuer sa densité, de ramollir sa croûte ou le « dos » et d'éliminer les substances solubles dans l'eau (tannins, cire et autres). Cette opération élimine aussi les micro-organismes présents.

Le fardeau de liège cru est formé dans le parc, au pied de la pile. On utilise une plate-forme avec une base métallique sur laquelle on range les planches que l'on va serrer avec deux ou trois chaînes. Celles-ci serviront ensuite à le suspendre à une grue afin de l'introduire dans la chaudière.

Si le parc de stockage fait environ 10 000 m^2, il faut pouvoir transporter les ballots jusqu'à l'endroit où se trouve la chaudière au moyen de remorques tirées par un tracteur.

Le bouillage est réalisé dans des chaudières à bois, ouvertes, en acier inoxydable dont la capacité moyenne est de 15 m^3

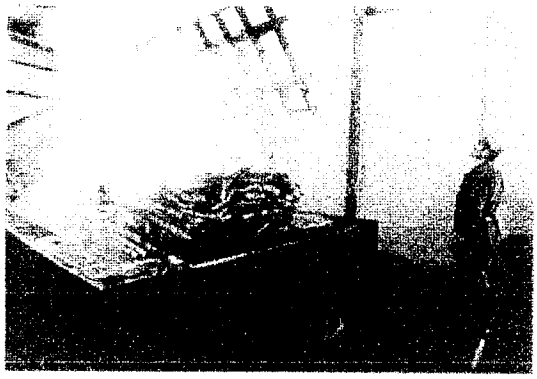


Figure 2.1

Figure 2.2

Le liège est placé dans la chaudière et immergé durant 90 minutes dans de l'eau à une température proche des 100 C°. L'eau devra être changée au moins deux fois par semaine.

Une fois le liège bouilli, il perd entre 12 et 15% de son poids et gagne environ 20% d'épaisseur.

Il existe certains systèmes pour réduire la consommation de bois. Par exemple, l'utilisation d'un générateur à vapeur qui injectera de la vapeur dans la chaudière et fera augmenter beaucoup plus rapidement la température. Un autre système récupère la chaleur de la fumée pour préchauffer l'eau qui ira dans la chaudière.

5. LE REPOS EN CAVE OU PIECE NOIRE

Après le bouillage, le liège passe par une période de stabilisation (2 à 4 semaines) pendant laquelle on aplatit et on laisse sécher la planche jusqu'à obtenir la consistance adéquate pour la découpe.

Ce repos s'effectue dans un local propre, aéré et sans odeurs, appelé cave ou « pièce noire ».

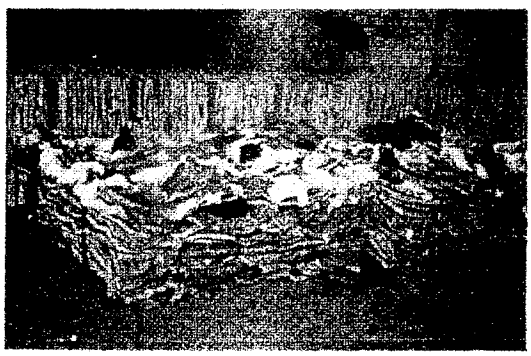


Figure 2.3

6. LE DECOUPAGE, LE CALIBRAGE ET LE TRI DU LIEGE

Le découpage consiste à éliminer les bords irréguliers de la planche avec un couteau. Cette opération permettra de lisser les côtés pour mieux réaliser les phases suivantes : le calibrage et le tri.

Après le découpage, le liège est sélectionné en fonction de son épaisseur ; facteur déterminant pour le choix de son utilisation industrielle. Les ouvriers expérimentés réalisent cette tâche « à vue d'œil », mais la mesure de l'épaisseur des planches douteuses nécessite l'utilisation d'un outil appelé « calibre » ou « pied de ligne ».

Figure 2.4

Le tri du liège se réalise selon l'épaisseur et la qualité.

Figure 2.5

L'épaisseur est mesurée en ligne, unité de mesure traditionnelle dans le secteur du liège qui équivaut à 2,25 mm (on peut parler de liège de moins de 11 lignes, de liège de 11 à 13 lignes, de liège de 13 à 15 lignes, etc.). Par contre pour la qualité on parle de classe d'aspect ($1^{ère}$, $2^{ème}$, $3^{ème}$, $4^{ème}$, $5^{ème}$, $6^{ème}$, $7^{ème}$ et non bouchonnable ou rebut).

D'après les données exposées ci-dessus on peut réaliser le tableau suivant :

	Classe d'aspect							
Classe (lignes) d'épaisseur	1	2	3	4	5	6	7	R
Moins de 11	X	X	X	X				X
De 11 à 13	X	X	X	X	X	X	X	X
De 13 à 15	X	X	X	X	X	X	X	X
De 15 à 19	X	X	X	X	X	X	X	X
Plus de 19	X	X	X	X	X	X	X	X

Les zones grisées spécifient les qualités et les épaisseurs du liège bouchonnable.

Dans l'industrie de préparation, on réalise le tri selon, exclusivement les critères spécifiques à leur propre marché et généralement ils ne vont pas au-delà de 8 ou 10 catégories.

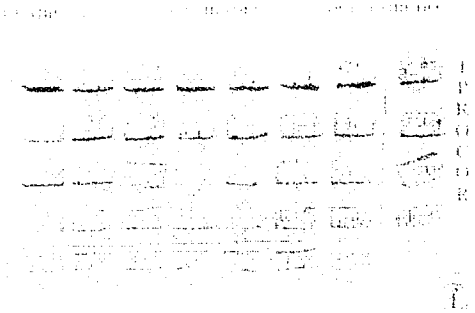


Figure 2.6

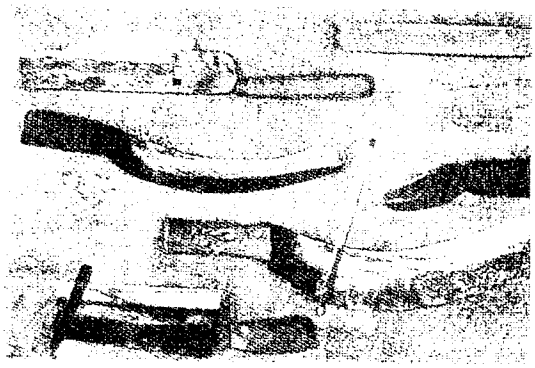


Figure 2.7

Dans une industrie du bouchon qui intègre la préparation des planches, on peut établir un tri beaucoup moins exigeant. En effet, avant de passer à la perforation, dans une planche de faible qualité on peut tirer quelques bons bouchons et vice versa.

7. PRESSAGE ET MISE EN BALLES

Après le tri, les industries préparatoires procèdent au pressage et à l'emballage du liège pour l'aplanir et faciliter son transport vers les industries de transformation. Logiquement les entreprises bouchonnières qui préparent le liège, ne réalisent pas ces opérations.

On arrose fréquemment les planches avant le pressage pour qu'elles deviennent plus élastiques et qu'elles ne se cassent pas. Les dimensions des ballots sont approximativement : 90 x 60 x 60 cm et leur poids oscille entre 80 et 90 kg.

Avant l'industrie de transformation et le deuxième bouillage, les ballots sont stockés dans un lieu aéré. Il faut éviter tout contact des planches avec le sol. Pour cela, les ballots reposent sur des palettes de bois traité afin que les planches ne soient pas en contact avec des éléments nocifs.

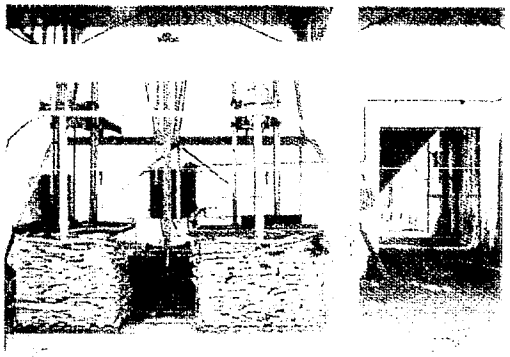


Figure 2.8

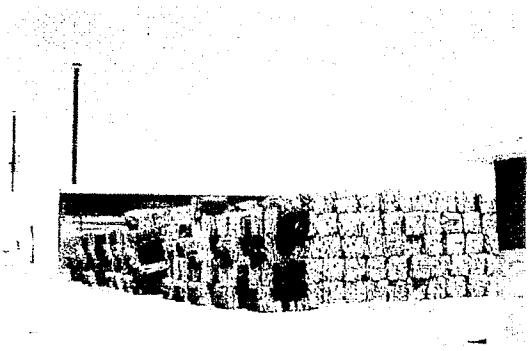


Figure 2.9

8. REGLAGE ET ENTRETIEN DES INSTALLATIONS

Chaudière

- Vider l'eau au moyen d'une pompe aspirante et remplissage avec de l'eau du réseau ou de l'eau garantie du point de vue sanitaire.
- Vider les dépôts au fond de la chaudière.
- Nettoyer le cendrier.
- Nettoyer le foyer et la cheminée.

- Contrôler le niveau de l'eau et en rajouter si nécessaire.

Système de pressage

- S'il est hydraulique, vérifier le niveau d'huile.
- Contrôler les fuites possibles.
- Graisser les articulations, les coussinets et les roulements à billes toutes les 50 heures.
- S'il est avec des câbles, les inspecter et les changer si usure.
- Graisser toutes les 50 heures tous les coussinets des essieux.

Palan

- Suivre les recommandations du fabricant.

TRAVAUX PRATIQUES

- **Réception et empilage du liège en planche.**
- **Cuber et contrôler les stocks.**
- **Réaliser les différentes étapes du procédé de préparation : repos en cru, bouillage, repos en cave, découpage, calibrage, tri, pressage et mise en balles du liège en planche.**
- **Réaliser les opérations de base pour la préparation des machines utilisées ainsi que pour les installations nécessaires au liège en planche (chaudière, système de pressage, palan, etc.)..**

CHAPITRE 2

La première étape du procédé de fabrication de bouchons de liège naturel : perforation et tri

CONTENUS

a) Thèmes:

- Le bouchon de liège naturel. Description.
- Description et organisation des installations et du procédé de fabrication des bouchons.
- Le second bouillage.
- La découpe.
- Le tubage.
- Le premier tri. La récupération.
- Les rendements des différents produits.
- Description, fonctionnement, réglage, maintenance des différents types d'équipements et installations.
- Généralités sur le procédé de fabrication du bouchon.
- Le bouchon de deux pièces de liège naturel.

b) Méthodologie:

- Analyse et détermination des étapes à suivre dans le procédé de fabrication de bouchons de liège.
- Exécution des principaux procédés impliqués dans la fabrication de bouchons de liège.
- Régler et entretenir les machines permettant la fabrication des bouchons de liège.

c) Attitudes:

- Avoir une vision globale sur le procédé de fabrication de bouchons de liège et sur la fonction des différentes machines pour atteindre les objectifs de production.
- Réaliser les activités et les tâches chronologiquement, rigoureusement et proprement en accord avec les instructions générales et en prévoyant les risques personnels.
- Evaluer et respecter les normes d'utilisation, de réglage et d'entretien des machines utilisées lors de la fabrication des bouchons de liège.
- Etre conscient de l'importance d'entretenir un environnement de travail sûr, agréable et sain.

1. LE BOUCHON DE LIEGE NATUREL. DESCRIPTION

Le bouchon d'une seule pièce de liège naturel est un cylindre droit obtenu par des procédés mécaniques de découpage à partir de l'écorce du chêne-liège extraite lors du troisième écorçage et des suivants. C'est le liège bouchonnable.

L'axe de ce cylindre, fait d'une seule pièce, est parallèle à l'axe de l'arbre. Placer ces bouchons sur l'arbre, comme ils ont été obtenus, équivaut à une ceinture sur le tronc, comme la cartouchière d'un chasseur.

Les parties de ce cylindre sont : la tête et le roule.

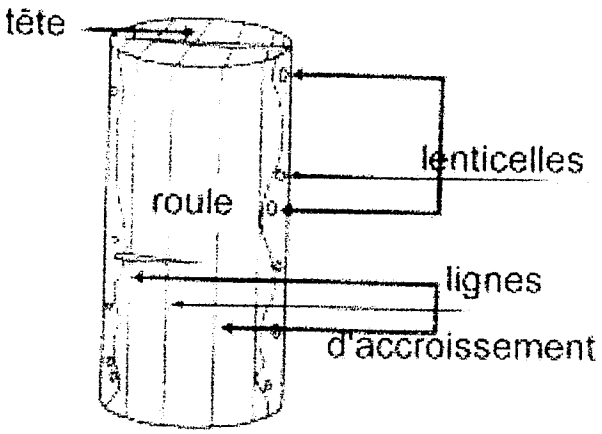


Figure 2.10 : Parties du bouchon cylindrique d'une seule pièce de liège naturel

A première vue, voici ce que nous observons sur un bouchon :

a) des lignes de couches de liège formées au fil des années. Ces années sont nécessaires pour que le liège atteigne une épaisseur suffisante pour être utilisé comme bouchon. Les lignes foncées correspondent à la croissance du liège durant l'hiver. Mis à part des facteurs externes qui peuvent affecter la production de liège (tailles excessives, sécheresse, pluies intenses, défoliation, etc.), la distance entre les lignes est supérieure au début de la croissance du liège et diminue progressivement. La régularité dans les lignes est un aspect positif face aux comportements mécaniques,

b) des canaux plus ou moins réguliers, appelés lenticelles traversent le bouchon et sont perpendiculaires aux lignes de croissance. Ces lenticelles ont à l'intérieur une poudre d'une couleur marron rougeâtre due au tannin qui a un pouvoir bactéricide. L'arbre utilise les lenticelles pour mener à bien les échanges gazeux et l'élimination de l'eau du liège en formation. Ces canaux, aux parois rigides, accélèrent l'équilibre de l'humidité du bouchon des zones les plus éloignées de sa surface par rapport à son environnement. La distribution homogène de la masse du cylindre, sa forme effilée sont autant d'aspects positifs face aux comportements mécaniques futurs.

Un examen plus approfondi au moyen de loupe ou de microscope, nous donne des informations sur sa surface entièrement tapissée de petites ventouses ou alvéoles.

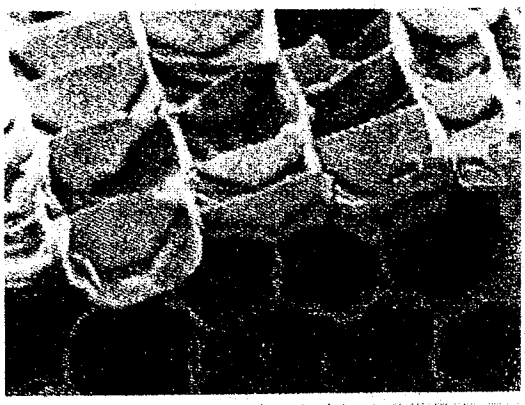


Figure 2.11 : Surface du bouchon de liège au microscope

Le bouchon de 44 mm de long par 24 mm de diamètre est le plus utilisé. Sa partie latérale connue sous le nom de roule quand elle se trouve à l'intérieur du goulot de la bouteille, a 35 millions de micro ventouses en contact avec celui-ci.

Cette superficie alvéolaire du bouchon aura une influence déterminante sur les opérations que nous allons traiter et provoquera l'usure des machines tranchantes.

La dénomination, en Espagne, par épaisseur est la suivante :

- Liège « imperial » de 13 à 15 lignes.
- Liège « mediamarca » de 15 à 19 lignes.
- Liège « grueso » de 19 à 24 lignes.
- Liège « regrueso » ou « muy grueso », plus de 24 lignes.

2. DESCRIPTION, ORGANISATION DES INSTALLATIONS ET DU PROCEDE DE FABRICATION DES BOUCHONS

Le fait de posséder une chaudière procure une grande autonomie aux industries mais suppose des installations importantes, vu qu'il faut un grand parc pour les ballots et des caves de stabilisation.

Les étapes antérieures étaient centralisées dans les centres industriels bouchonniers alors qu'un fort pourcentage d'entreprises artisanales était plutôt spécialisé dans la découpe et le tubage manuel.

Avec l'automatisation du tubage au moyen d'emporte-pièce automatiques, connus en Espagne sous le nom de « mitraillettes », les entreprises ont rapidement intégré toutes les étapes de la fabrication. Cela a permis de réduire le besoin en main-d'œuvre qualifiée et spécialisée.

L'organisation des installations mécaniques et la circulation du produit à fabriquer, sont réalisées de manière à ce qu'il n'y ait pas de retour, suivant le schéma suivant :

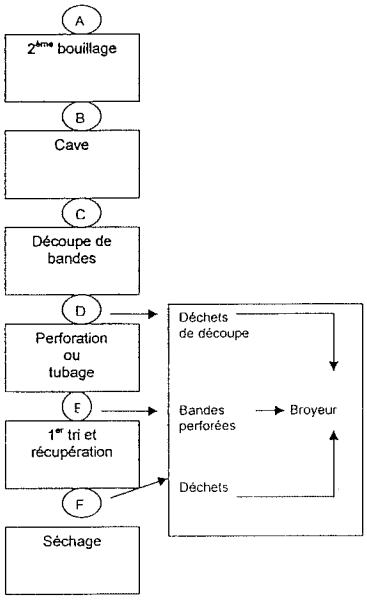


Figure 2.12 : Schéma du procédé de fabrication

3. LE SECOND BOUILLAGE

La matière première doit passer par l'étape du second bouillage et celle de la « stabilisation » avant de commencer le procédé de fabrication, à proprement dit, du bouchon. Ce second bouillage est réalisé dans une chaudière de cuisson dont la température de l'eau atteint 100 C°, durant presque 30 minutes. Sa finalité est d'augmenter le contenu en eau du bouchon pour faciliter les étapes suivantes. Cette hausse du contenu en eau entraîne une augmentation du volume jusqu'à ce que le liège atteigne à nouveau les conditions d'équilibre avec l'environnement, sans dépasser 9% d'humidité. Cette augmentation ne sera pas seulement la conséquence du fort contenu en eau, mais due aussi à un étirement des parois des cellules de liège (voir figure 2.11).

La cave permet d'équilibrer la température et l'humidité des planches après le second bouillage. Ces opérations se font plus rapidement sans courants d'air ni changements de température. La durée en cave est d'environ une semaine. Ce laps de temps est suffisant pour que se développe sur le dos de la planche un duvet blanc, dû aux champignons qui sont en condition idéale pour se développer. L'empilage des planches va permettre à celles-ci de s'aplatir.

4. LA DECOUPE

Découper c'est obtenir des bandes de liège d'une longueur supérieure (de 1,5 à 2 mm) à celle du bouchon final et ce au moyen d'une scie circulaire.

Figure 2.13. Machine à découper ou scie circulaire

Toutes les bandes d'une planche sont parallèles entre elles et ont une position tangentielle par rapport au tronc.

L'opérateur, avant d'effectuer la première découpe, détermine la direction des bandes par un examen visuel de la planche. Cette information lui donne divers aspects :

a) le dos (partie extérieure) tend à former des crevasses dues à l'augmentation en diamètre de l'arbre, ce sont les fentes de l'écorce si elles sont très marquées et toujours parallèles à la direction de l'axe,

b) le ventre (partie intérieure) présente de petits canaux axiaux, dus à la rugosité de la mère,

c) le pourtour des pores est ovoïde, son diamètre supérieur est parallèle à l'axe de l'arbre. Mais il faut surtout tenir compte du « a » et « b » pour décider de la direction de la découpe.

L'humidité des planches à découper doit être comprise entre 20 et 35%.

Le premier redécoupage permet d'égaliser les bords. Les découpes suivantes vont préparer la planche sur une plate-forme. Elle sera positionnée le ventre à l'air en contact avec le guide (« tope guía » en Castillan) en même temps on la pousse vers la lame. Au contact du liège avec la lame, l'opérateur perçoit un à coup (« tiro » en Castillan), qui l'attire vers le fil de la lame. Il est indispensable, alors, de maintenir fermement la planche par l'extrémité la plus éloignée pour éviter que la lame ne se dérobe. Cette impression « d'à coup » due aux micros ventouses (100 000 par cm^2) est d'autant plus forte si l'humidité du liège est faible (voir figure 2.11).

Les premières bandes découpées doivent se mesurer au pied de ligne pour vérifier si l'épaisseur est conforme, dans le cas contraire on ajuste le guide jusqu'à l'obtention de la bonne. La dernière bande à découper constitue un facteur de risque puisque l'opérateur n'a plus aucune distance pour réagir. Pour obtenir cette dernière bande il existe des accessoires qui permettent de pousser : un bâton coudé et des morceaux de liège.

Les bandes se séparent de la lame durant l'opération grâce à sa face externe dont le pourtour est biseauté.

Le rendement de cette opération par personne et par jour (sur la base de 8 heures) est de 18 fardeaux ou 2 000 kg de liège bouchonnable avec une humidité de 30%. Il est déconseillé à toute personne en état de choc émotionnel d'effectuer ce travail à cause des graves risques d'accident qui peuvent se produire.

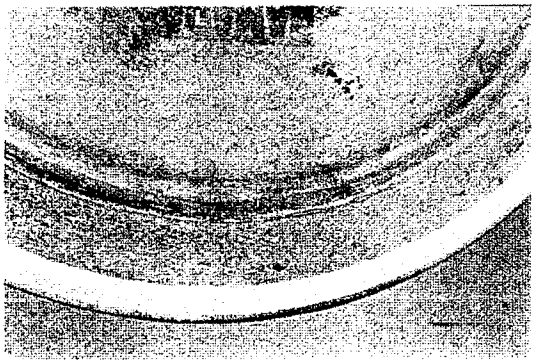


Figure 2.14 : Fil de la lame à découper

5. LE TUBAGE

Le tubage est la perforation de la bande au moyen d'une tubeuse dans le sens de la largeur, parallèle à l'axe de l'arbre. Les bandes sont placées dans la zone de positionnement ventre à terre, soutenues manuellement ou par une roue dentelée pourvue d'un contrepoids selon le degré d'automatisation de la machine.

L'emporte-pièce entre dans le liège grâce à la poussée de l'axe. La rotation produite par ce mouvement permet la perforation des pourtours du bouchon. Au moment du recul de l'axe, le piston qui se trouve à l'intérieur, frappe le bouchon le faisant sortir de l'emporte-pièce et tomber.

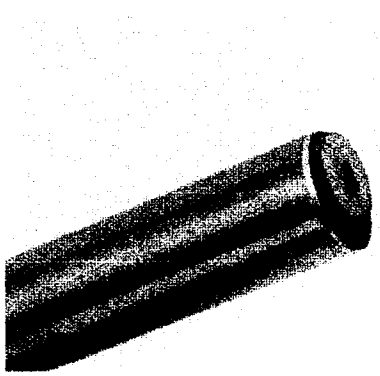


Figure 2.15 : Emporte-pièce et piston

Les bouchons obtenus ont des diamètres légèrement différents. Il est supérieur au niveau de la tête. En effet, cette partie un peu

plus importante correspond à l'endroit par où l'emporte-pièce est entré.

L'humidité pour la perforation, facilite les découpages et influe sur la dimension du bouchon, surtout sur son diamètre. En effet, une bonne humidité entraîne une moindre dureté et une meilleure flexibilité du liège. L'humidité des bandes oscille entre 15 et 30%. (Le diamètre final du bouchon, après stabilisation à 8%, sera réduit de 0,2 mm à 0,4 mm).

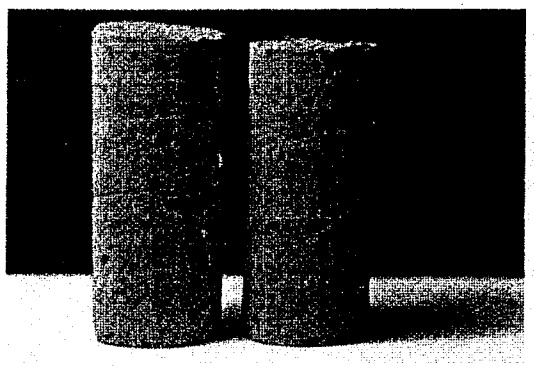


Figure 2.16 : Bouchons dont les roules ont été griffés par un emporte-pièce défectueux

La tubeuse doit être vérifiée périodiquement afin de surveiller le bon état du tranchant. Quand des problèmes surgissent lors du tubage, parce que l'emporte-pièce se gondole ou se casse, les bouchons présentent des sortes de traces de griffes sur les roules (voir figure 2.16). Dans ce cas il est nécessaire de corriger le défaut soit en aiguisant le tranchant soit en remplaçant l'emporte-pièce.

Toutes les perforations des bandes se font de la même façon, la seule différence est l'automatisation de la machine quant au mouvement de l'axe et la position de la bande dans la zone de perforation.

Il est conseillé de chercher à obtenir les bouchons le plus près possible du « ventre » à cause de sa fermeté et de son absence de fentes.

Les défauts ponctuels et les grosseurs que présentent les bandes sur le ventre devront être corrigés manuellement avec une lame, juste avant la perforation. Cette correction est aussi importante que la qualité du liège.

Nous allons ensuite, aborder les différentes méthodes de tubage et les rendements obtenus.

Tubage automatique

La tubeuse automatique est indiquée pour optimiser le rendement dans du liège de forte épaisseur ex. : « corchos media marca » (voir figure 2.17). Les longues bandes permettent un meilleur rendement. Les déchets, les chutes de bandes ainsi que celles qui présentent quelques défauts critiques comme les crevasses, les fentes sur le dos, ne sont pas indiqués pour ce système de tubage à cause de l'imprécision de la perforation. Elles seront écartées pour obtenir un rendement optimum avec un système manuel (voir figure 2.18). Ce système n'est pas indiqué pour le liège dit « impérial ».

Figure 2.17 : Emporte-pièce automatique

Le rendement de cette opération avec le système automatique est de 35 000 bouchons pour une machine à une tête perforatrice et de 70 000 avec deux têtes perforatrices alimenter par une seule personne durant une journée de 8 heures.

Il existe des emporte-pièce automatiques dit « intelligents », qualificatif justifié par le fait qu'ils sondent le contour de la bande et choisissent au mieux le point de perforation.

Figure 2.18 : Bandes d'emporte-pièce automatique

Tubage semi-automatique

Le tubage semi-automatique permet à l'opérateur le choix du point de perforation. Cependant, il exige un fort degré de complémentarité avec la machine, la cadence de l'emporte-pièce étant actionnée par un moteur. L'attention et la rapidité devront être synchronisées. Tout imprévu se répercutera sur le rendement de la production, augmentant les défauts et/ou les risques d'accidents. Les catégories de liège les plus appropriées à ce système sont le liège dit : « imperiales » et « media marca » de qualité 6. Le rendement est de 20 000 bouchons par personne et par jour.

Tubage manuel

Le tubage manuel (voir figure 2.19) permet de tirer le meilleur profit du produit.

Figure 2.19 Perforeuse à pédale

L'interprétation de la bande et le choix du point de perforation par l'opérateur permettent d'obtenir un bouchon de qualité exceptionnelle. Ce système diminue aussi l'envoi à la trituration de produits défectueux que l'on n'aurait pas pu découper.

Les catégories de liège les mieux adaptées à ce système sont les : « imperiales $5^{ème}$ et $6^{ème}$ », les chutes, les déchets et les bandes avec des fentes ou autres défauts (voir figure 2.20).

La spécialisation de l'opérateur constitue la variable la plus importante pour un rendement par qualité. En nombre, il varie de 12 000 à 14 000 bouchons par personne et par jour.

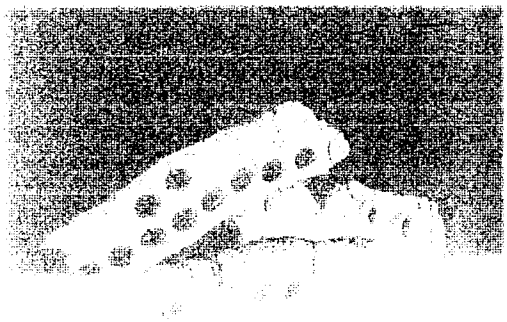


Figure 2.20 : Bandes faites à l'emporte-pièce à pédale

6. PREMIER TRI « DESLEÑADO » EN CASTILLAN - RECUPERATION « RECUPERADO » EN CASTILLAN

Ce premier tri consiste à retirer du procédé de fabrication les bouchons défectueux qui ne pourront pas servir au bouchage.

Lors du tubage automatique les bouchons vont dans un tambour un peu incliné. La séparation entre les grilles de ce tambour laisse une ouverture où tombent les bouchons défectueux dont les dimensions sont inférieures à la norme.

Concrètement, ce tri est réalisé manuellement en sélectionnant les bouchons lors de leur passage sur le tapis de la trieuse (voir figure 2.21).

Récupérer, est le fait de séparer du procédé de fabrication les bouchons avec des défauts pouvant être corrigés mais dont les dimensions ne leur permettent pas d'être utilisés. La récupération peut être l'objet d'un rognage de

la partie défectueuse à l'aide d'une lame ou simplement par le ponçage. Les bouchons ainsi récupérés auront des dimensions inférieures.

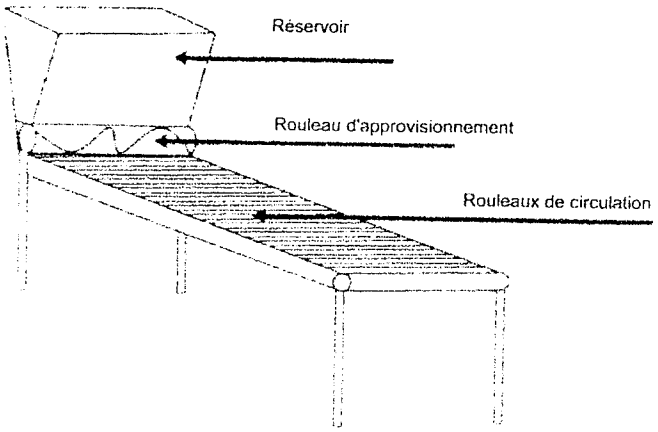


Figure 2.21 : Trieuse à rouleaux

Dans la figure 2.22 on peut voir les défauts les plus fréquents.

Le rendement est lié au type de liège utilisé mais aussi au système de tubage employé.

Le premier tri est normalement réalisé par deux personnes, une de chaque côté du tapis. Le rendement pour deux personnes est de 250 000 bouchons par jour.

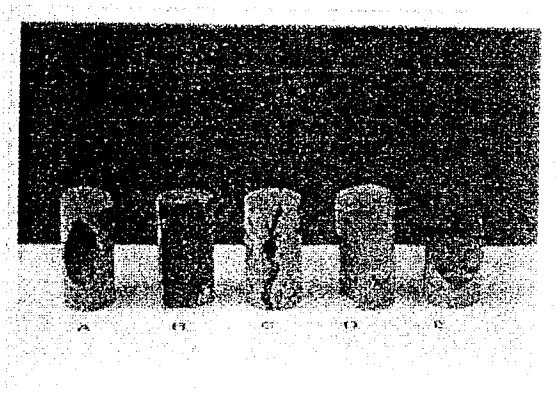


Figure 2.22 : Bouchon

7. LE RENDEMENT DES DIFFERENTS PRODUITS

Le rendement du liège en poids stabilisé par rapport au poids initial, et en se référant au liège brut femelle récolté à partir du 3ième écorçage peut être le suivant :

100 kg de liège brut			
10/15 % Morceaux	40 % Rebut	45/50 % Liège en planche	
		32/38 % Chute Bande perforée	7/12 % Bouchon

Le poids d'un bouchon cylindrique en liège naturel de 44 mm de long et de 24 mm de diamètre (44 x 24) stabilisé est de 3,4 g.

Pour ce type de bouchon 100 kg de liège brut donnent entre 2 000 et 3 500 bouchons de 44 x 24 mm.

8. DESCRIPTION, FONCTIONNEMENT, REGLAGE, MAINTENANCE DES DIFFERENTS TYPES D'EQUIPEMENT ET INSTALLATIONS

Découpeuse « rebanadora » en Castillan

La découpeuse est une machine à découper pourvue d'une lame circulaire de 40 cm de diamètre (voir figure 2.14). La face externe est plane et légèrement biseautée sur sa partie interne. Le centre de la lame est relié à l'extrémité de l'axe de rotation par un écrou. La lame est protégée par un protège-lame. L'axe s'appuie sur le corps de la découpeuse au moyen de coussinets pourvus de graisseurs. Une courroie assure la rotation du moteur vers l'axe au moyen de poulies. Entre la poulie et la lame se trouve le « volant d'inertie » pour éviter de brusques changements dans la vitesse durant la découpe. La poulie et « le volant d'inertie » se trouvent à couvert. La rotation de la découpeuse est la même que celle des aiguilles d'une montre. Si le sens est inversé, il doit l'être au niveau de la boîte à fusibles du moteur.

La plate-forme d'appui pour les planches est horizontale. Sur sa partie supérieure se trouve une broche qui au moyen du volant permet de régler la hauteur. Sur la plate-forme se trouve le butoir réglable qui s'ouvre sur la partie de la lame.

Le corps de la découpeuse est solidement fixé au sol pour éviter toutes vibrations. Le démarrage et l'arrêt sont commandés par un interrupteur.

L'entretien de la lame peut être réalisé en continu au moyen de deux pièces en bois dont

le but est de l'aiguiser. Son affûtage doit être bien fait, dans un atelier spécialisé. Les courroies de transmission sont examinées régulièrement et changées en fonction de l'usure. Les graisseurs des coussinets doivent toujours contenir de la graisse.

Pendant la découpe, la lame peut se lubrifier continuellement si elle dispose d'un graisseur équipé d'une mèche imprégnée du lubrifiant adéquat.

Toutes les autres opérations conseillées par le fabricant, doivent être suivies à la lettre pour assurer un bon fonctionnement et un bon entretien des machines.

Tubeuses

Ce sont des machines de découpe par rotation et pulsions d'un emporte-pièce. L'emporte-pièce est fixé à l'extrémité de l'axe posé sur des coussinets. Il tourne grâce à la rotation transmise par la poulie actionnée à son tour par un moteur électrique.

Le mouvement de l'axe se produit grâce à une pédale et à un bras articulé pour les machines à pédale, à une bielle et à un levier pour les machines automatiques.

A l'intérieur de l'axe de rotation se trouve une tige (« varilla » en Castillan) terminée par un petit piston allongé dans l'emporte-pièce. Lors du mouvement de retour de l'axe, ce piston frappe le bouchon qui se trouve à l'intérieur de l'emporte-pièce l'expulsant vers l'extérieur.

Le démarrage et l'arrêt s'effectuent par des interrupteurs.

Avant toute utilisation de la tubeuse il faut vérifier si l'emporte-pièce est bien centré par rapport à l'axe. Il est possible de l'ajuster.

L'affûtage de l'emporte-pièce est continuel durant la perforation grâce à deux petites meules qu'il atteint en fin de chaque parcours.

Les courroies de transmission sont examinées régulièrement et changées en fonction de l'usure.

Les tubeuses peuvent être lubrifiées continuellement sur la partie externe de l'emporte-pièce grâce à un graisseur à mèche suffisamment imprégné de l'huile adéquate.

Toutes les autres opérations conseillées par le fabricant, doivent être suivies à la lettre pour le bon fonctionnement et entretien des machines.

Trieuses

Les réservoirs d'alimentation des trieuses ne doivent pas être encombrés. Le tapis qui est une bande horizontale, effectue un mouvement continu grâce aux rouleaux de traction actionnés par le moteur électrique. Si la machine est à rouleaux, le mouvement est produit par des chaînes de traction au moyen de pignons.

Le réservoir d'alimentation se trouve sur la partie supérieure du tapis et contient les bouchons à trier. Un rouleau octogonal entraîne grâce à la rotation d'une chaîne, les bouchons dans le réservoir. Quand le réservoir est au sol, les bouchons sont entraînés vers le bac d'alimentation par un tapis aménagé.

La bande doit toujours être propre pour donner un mouvement de rotation aux bouchons. Les axes doivent être graissés régulièrement.

Toutes les autres opérations conseillées par le fabricant, doivent être suivies à la lettre pour le bon fonctionnement et l'entretien des machines.

Matériel annexe

Il faudra aussi disposer du matériel suivant :

- Pompe à graisse.
- Emporte-pièce d'un bon diamètre.
- Pierre pour l'affûtage.
- « Calibre » et micromètre.
- Lames pour le redécoupage.
- Lubrifiant, graisse et huile.
- Chariot pour le transport.
- Paniers et caisses propres pour le transport des bouchons.
- Des sacs et des supports pour leurs utilisations.
- Caisse à outils de base.

- Trousse à pharmacie.

- Mesures de protection et de sécurité dans le travail, en accord avec les dispositions en vigueur et celles conseillées par l'expérience de la fabrication du bouchon.

9. GENERALITES SUR LE PROCEDE DE FABRICATION DU LIEGE

Les bouchons issus de ce procédé ne doivent pas être stockés indéfiniment si l'humidité dépasse 8%.

Dans les étapes suivantes de finition du bouchon cylindrique d'une seule pièce, l'entreprise devra établir un plan de travail pour les machines et les différentes opérations. Ce plan de travail évitera aux différentes étapes, qui viennent d'être exposées dans ce chapitre, de se retrouver dans le même environnement de travail. Cette mesure se justifie par le nombre important de spores qui se dispersent durant les différents découpages du liège, conséquence du temps en cave à forte humidité et à température ambiante.

Toutes les observations faites durant le procédé, concernant un éventuel problème qui pourrait affecter le bouchon destiné à la conservation du vin, seront notées par écrit afin de mieux les interpréter.

Le produit travaillé exige une hygiène impeccable des locaux. En aucun cas, l'accès aux animaux ne sera permis, ni l'introduction d'outils ou de vêtements, etc., qui auront été mis en contact avec un foyer à risques.

10. LE BOUCHON DE DEUX PIECES DE LIEGE NATUREL

Fabrication

Le bouchon de deux pièces de liège naturel est un cylindre droit constitué par deux pièces de liège naturel réunies dans le sens de l'axe. La fabrication de ce type de bouchons comprend les étapes suivantes :

1. Façonnage de la planche pour obtenir des bandes d'une largeur légèrement supérieure au double de la longueur du bouchon à fabriquer. Cette opération se réalise à l'aide d'une scie circulaire.

2. Raclage de la partie extérieure des bandes (ou dos) au moyen d'une lame intégrée à la scie circulaire. L'opération est réalisée en continu, en maintenant la bande fermement pour qu'elle ne présente aucune courbure afin d'éliminer tous les morceaux de partie extérieure. Il serait aussi possible d'éliminer la partie intérieure mais cette dernière présentant un grand nombre de concavités et la planche étant moins plate, elle finirait par présenter finalement plus de défauts (voir figure 2.23).

3. Coupe centrale des bandes.

4. Collage des faces à relier. Par la suite un système de chauffage et de ventilation active l'action de la colle.

5. Compression des bandes collées dans une presse ou en continu, selon le procédé. Le temps de pressage doit être suffisant pour garantir une parfaite adhérence.

6. Tubage des bandes collées qui ont subi, au préalable le bouillage, pour augmenter l'humidité et faciliter le passage de l'emporte-pièce.

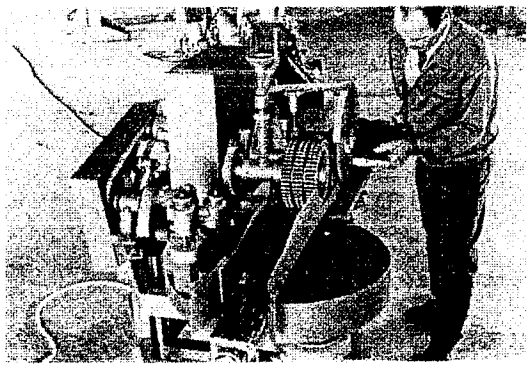


Figure 2.23 :

Le schéma suivant indique les différentes étapes de la fabrication :

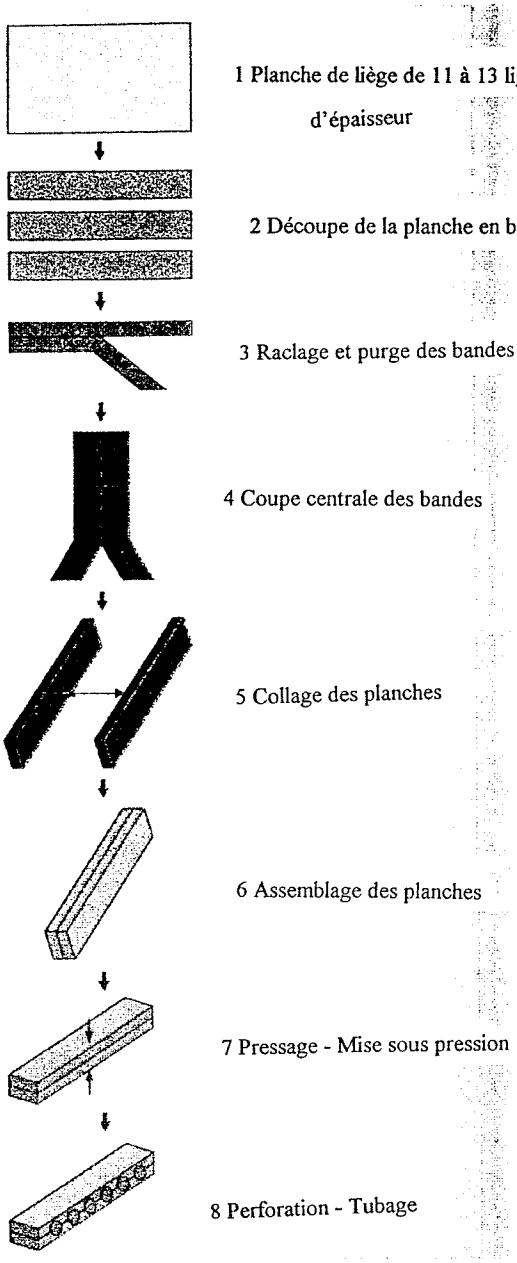


Figure 2.24 : Schéma de la fabrication du bouchon de deux pièces de liège naturel

Le liège utilisé pour ce type de fabrication représente potentiellement une part importante de l'ensemble du liège écorcé. En effet, il correspond aux planches de liège dont l'épaisseur est inférieure à 13 lignes « corcho delgado » et dont la proportion peut augmenter avec les facteurs suivants :

- années de sécheresse,
- vieillissement de la suberaie.

Rendement

Le rendement du produit en poids stabilisé, par rapport au poids du liège en planche d'une épaisseur de 11-13, pour la fabrication du bouchon de deux pièces est :

100 kg de liège en planche, épaisseur 11-13		
50 kg de chutes	50 kg de bandes perforables	
	35 kg de bandes perforées	15 kg de bouchons

100 kg de liège en planche d'une épaisseur 11-13 donnent 3 750 bouchons de 44 mm de long et 24 mm de diamètre d'un poids de 4 gr.

Si on considère un rendement de 50% du liège brut en planche, on peut donc dire que 100 kg de liège brut donnent 1 875 bouchons de deux pièces.

Les déchets de liège obtenus lors des opérations de fabrication approvisionneront les industries de trituration. Ces déchets correspondent aux chutes de découpe et du façonnage. La quantité de ces différents déchets peut être vendue séparément ou en bloc suivant la dimension de l'entreprise.

TRAVAUX PRATIQUES

- **Réaliser la découpe de différentes planches de liège.**
- **Utiliser les différents types de tubeuses pour réaliser le tubage des bandes obtenues.**
- **Réaliser le premier tri pour différencier les bouchons avec défauts.**
- **Régler et entretenir les machines (découpeuse, emporte-pièce et tapis de tri) utilisées dans la fabrication de bouchons.**

TROISIÈME PARTIE

Fabrication de bouchons de liège aggloméré et de bouchons pour vins mousseux

OBJECTIFS A ATTEINDRE

- Décrire les caractéristiques fondamentales du bouchon de liège aggloméré et du bouchon pour vins mousseux.
- Evaluer et analyser l'organisation des installations et du procédé de fabrication de bouchons de liège aggloméré et de bouchons de vins mousseux.
- Identifier les caractéristiques que doit posséder le liège pour la fabrication de bouchons de liège aggloméré et pour les bouchons de vins mousseux.
- Connaître les conditions de transport, de réception, de stockage et de la gestion des stocks.
- Réaliser le cubage afin de connaître les stocks du magasin.
- Identifier les techniques et les procédés de fabrication des granulés de liège, des rondelles de liège naturel, le redécoupage et la découpe des bandes de liège.
- Classer et utiliser les différents types de granulés, nécessaires à la fabrication de bouchons de liège.
- Calculer le rendement, évaluer et calculer le rapport du liège restant après chaque étape réalisée de la fabrication de bouchons de liège aggloméré et de bouchons pour vins mousseux.
- Savoir utiliser les différentes machines et outils qui servent à chaque étape de la fabrication de bouchons de liège aggloméré et de bouchons pour vins mousseux.
- Evaluer les risques inhérents aux opérations de bouchons de liège aggloméré et de bouchons pour vins mousseux et adopter les mesures préventives nécessaires.

CRITERES D'EVALUATION

- Distinguer les éléments qui caractérisent le bouchon pour vins mousseux et adopter les mesures préventives nécessaires.
- Expliquer le fonctionnement de chacun des éléments du procédé de fabrication.
- Définir un plan de travail pour les opérations à réaliser pour la fabrication de bouchons de liège aggloméré et de bouchons pour vins mousseux qui déterminera le planning d'utilisation des machines et des outils.
- Planifier les tâches ou les opérations nécessaires à la fabrication de bouchons de liège aggloméré et de bouchons pour vins mousseux.
- Vérifier la finition du produit obtenu après chaque phase de travail.
- Réaliser toutes les opérations en respectant les normes d'utilisation des machines, ainsi que les normes de sécurité du personnel, stipulées durant le procédé de fabrication.
- Décrire les normes qu'il faut prendre en compte pour l'utilisation des machines et des outils.
- Pratiquer l'entretien nécessaire des machines.
- Calculer le volume des stocks.
- Réaliser les contrôles après chaque étape de fabrication de bouchons de liège aggloméré et de bouchons pour vins mousseux.
- Reconnaître les machines et les outils nécessaires à l'utilisation de la fabrication de bouchons de liège aggloméré et de bouchons pour vins mousseux.

CHAPITRE 1

Le bouchon de liège aggloméré

CONTENUS

a) Thèmes:

- Description du bouchon de liège aggloméré.
- Installations de base et procédé de fabrication.
- Caractéristiques du liège pour la fabrication de bouchons.
- Transport, réception, stockage et gestion des stocks.
- Granulés de liège pour bouchons.
- Classification des granulés.
- Séchage des granulés.
- Contrôle de la qualité.
- Entretien des installations et problèmes plus communs inhérents à la fabrication des granulés de liège.

b) Méthodologie:

- Analyse des installations spécifiques où a lieu la fabrication du bouchon de liège aggloméré.
- Identification précise des différents procédés développés ou issus de la fabrication.
- Préparation des conditions nécessaires pour le transport, la réception et le stockage de la matière première.
- Calcul et contrôle des stocks au moyen de la mise en place de protocoles ou de règles préétablis.
- Analyse de l'aptitude des matériaux utilisés à chaque procédés de la fabrication.
- Evaluation et sélection adéquate des matériaux utilisés.
- Réalisation de tous les procédés qui donnent des granulés de bouchon.
- Utilisation des différentes machines et différents outils ainsi que des éléments techniques propres à chaque procédés.
- Application des contrôles nécessaires pour obtenir une qualité optimum durant le procédé de fabrication de granulés pour le bouchon de liège aggloméré.

c) Attitudes:

- Rigueur dans l'interprétation ou utilisation correcte de la terminologie liée aux procédés de fabrication.
- Nécessité d'obtenir une vision globale et propre aux diverses étapes du procédé de fabrication.
- Adaptation aux divers postes et situations de travail ou aux façons d'agir.
- Participer de manière responsable aux différentes opérations en réalisant les contrôles spécifiques.
- Motivation pour la réalisation du travail de manière autonome et responsable.
- Respect des normes de sécurité.

1. DESCRIPTION DU BOUCHON DE LIEGE AGGLOMERE

Le bouchon de liège aggloméré permet le bouchage du récipient en verre, qui contiennent essentiellement des liquides alcoolisés. Sa finalité est d'empêcher l'air d'entrer dans la bouteille, le liquide de se verser et de permettre à ce dernier de conserver toutes ses propriétés. Ces bouchons sont cylindriques, de tailles diverses selon le choix des utilisateurs. Les dimensions sont définies d'après deux éléments :

Le diamètre : Il permet de s'ajuster au goulot de la bouteille qu'il bouchonne et sera donc supérieur à celle-ci pour assurer l'étanchéité maximum.

La longueur : elle dépend du col de la bouteille mais aussi du vide « camara de aïre » en Castillan qui doit rester entre le liquide et la surface du bouchon.

Les bouchons sont formés d'un mélange de granulés de liège naturel de différentes épaisseurs ou granulométries (taille entre 1 et 5 mm), d'une humidité comprise entre 5 et 8%, d'un agglomérant ou colle « spéciale liège » et pour finir d'une fine couche de silicone pour en faciliter le bouchage et son extraction de la bouteille. L'ensemble de ces opérations suit différents procédés avant d'aboutir au produit final : le bouchon.

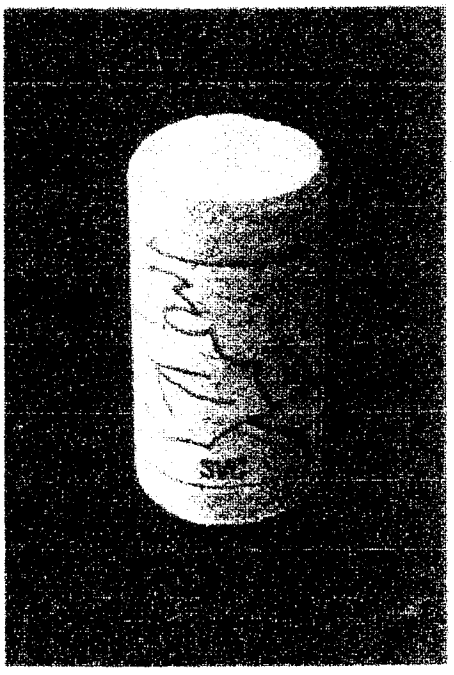


Figure 3.1 : Bouchon aggloméré

Ce bouchon est fabriqué pour conditionner des vins tranquilles, des vins jeunes et des vins mousseux. Il est conseillé de consommer ces vins dans les deux années qui suivent l'embouteillage. C'est à ce moment-là qu'ils atteignent leur qualité optimum. Même si le bouchon peut accomplir sa mission bien au-delà de ce laps de temps, ses propriétés se dessinent et garantissent le vin embouteillé durant toute cette période.

Les bouchons de liège aggloméré sont moins chers que ceux de liège naturel. Ceci ne veut pas dire qu'ils ne sont pas naturels ou moins bons. Les bouchons de liège « naturel » dépendent des caprices de la nature. Comme on l'a déjà étudié auparavant, le liège est issu du chêne-liège écorcé tous les neuf à douze ans. Un chêne-liège met plus de trente ans à être productif, pour cela il est difficile d'augmenter la production, mais plus facile de les couper ou les abattre, de les tuer, de les brûler, etc. De plus, durant ces neuf années, on ne peut prévoir une sécheresse, une forte humidité, une attaque de parasites, des incendies, etc. C'est pour cela qu'on ne sait jamais précisément ni la quantité, ni la qualité du bouchon que l'on va obtenir. C'est la raison pour laquelle ils sont si chers et produits en faible quantité.

Par contre les agglomérés, ont toujours la même qualité puisque la matière première est comptabilisée proportionnellement aux besoins. Ils sont fabriqués à partir de granulés de déchets de bouchons naturels, pour un moindre coût et en grande quantité.

Les « déchets » ne sont pas pris au sens péjoratif du terme, loin de là, ils proviennent du liège non bouchonnable parce qu'il est trop mince et du liège restant après le tubage du liège naturel. C'est un liège de qualité (il a beaucoup de liège et peu de croûte) qui donne un bon rendement lors de sa trituration (au poids, beaucoup de granulés lors de la transformation). Cette différence est importante face aux autres types de liège comme le liège issu de la taille ou le liège rebut de faible épaisseur, qui possède peu de liège et une grande quantité de croûte. Ces derniers supposent peu de granulés et beaucoup de bois à jeter qui pourrait obstruer les tunnels de transport du broyeur. De plus si la croûte venait à se mélanger aux granulés, cela alourdirait, foncerait et rendrait les granulés inaptes à la fabrication de bouchons.

2. INSTALLATIONS DE BASE ET PROCEDE DE FABRICATION

On compte trois opérations : la réception et le stockage de la matière première (liège), la fabrication des granulés et la fabrication de bouchons.

Dans le tableau de la figure 3.2 on peut voir ces étapes détaillées.

A la réception, on vérifie que la marchandise qui arrive corresponde bien à la catégorie que l'entreprise utilise, ensuite on procède à la pesée, puis aux mesures et finalement au stockage.

Le matériau à moudre est amené au broyeur où on procédera au tri des corps étrangers (pierres, fils de fer, papiers, liège d'autres catégories, etc.) puis au triturage par étapes.

Durant la première étape, les morceaux sont coupés en pièces d'environ 20 cm. Cette opération est réalisée, en premier lieu, dans des « broyeurs à mâchoires » et parfois dans des « broyeurs à marteaux ».

Lors de la deuxième étape, certains morceaux circulent à l'aide de tapis roulants ou par un système de transport pneumatique vers des « broyeurs à couteaux » où ils sont coupés, alors que d'autres vont directement vers des « broyeurs de pierres » où ils sont moulus. Selon le réglage des broyeurs, on obtient un granulé plus ou moins gros en fonction de la granulométrie désirée, de l'humidité du liège, etc.

A la troisième étape, les granulés sont transportés par un système pneumatique vers des tamis qui permettront la classification. Celle-ci sera fonction de grilles qui sélectionneront les tailles des granulés à fabriquer.

La quatrième étape correspond au choix de la densité des granulés qui est fixée en réglant une pièce des machines densimétriques. Les granulés à forte densité sont séparés (sales, avec croûte, etc.).

La cinquième étape correspond au stockage. Selon la granulométrie et la densité désirée, les granulés sont identifiés puis dirigés vers des silos différents.

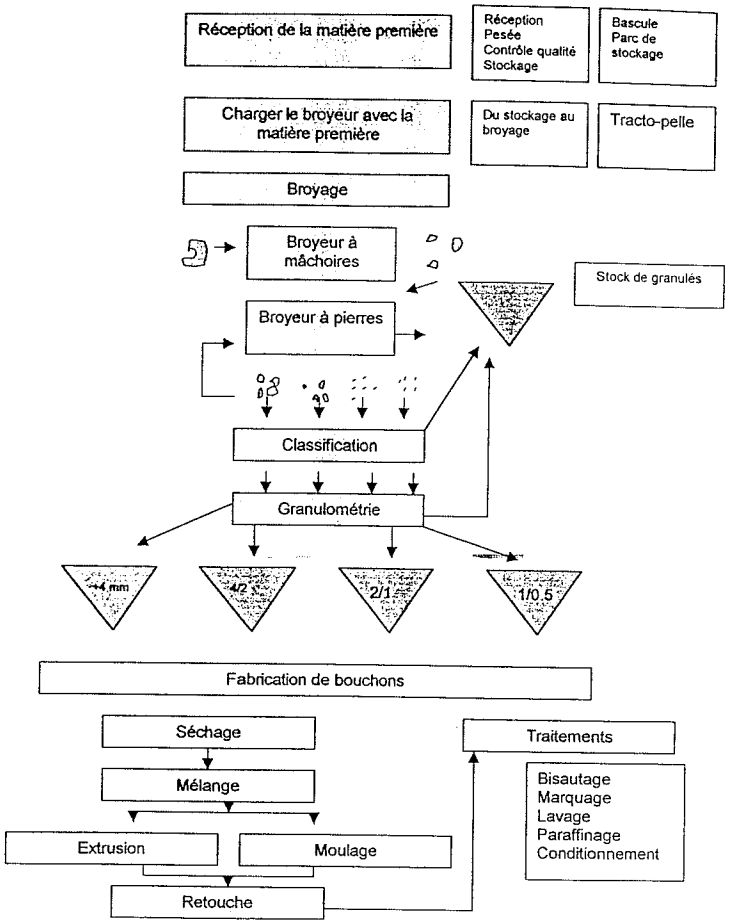


Figure 3.2 : Schéma des différentes étapes de la fabrication

3. CARACTERISTIQUES DU LIEGE POUR LA FABRICATION DE BOUCHONS

Pour la fabrication de bouchons agglomérés tous les types de liège ne sont pas valables. Ils sont formés de granulés avec une humidité contrôlée, une élasticité et une hygiène typiques des lièges bouillis.

On va les diviser en 5 groupes, le cinquième représentant le liège refusé pour les granulés destinés à la fabrication de bouchons.

Dans le premier groupe, le plus important avec 80% du total de la matière première, nous avons parmi les rebuts bouillis :

Morceaux bouillis ou « **Pedazos cocidos** » en Castillan : morceaux de liège préparé ou semi-préparé d'une superficie inférieure à 400 cm² et d'une qualité appropriée à l'utilisation du liège naturel.

Chute ou « **Aparas** » en Castillan : morceaux de faible épaisseur, obtenus suite au nettoyage ou au redécoupage des faces latérales des planches.

« **Lana o viruta de corcho** » en Castillan : petites lamelles de très faible épaisseur, obtenues en rectifiant l'extérieur des bouchons ou des « bandes de liège ».

Bandes de liège perforé ou « **rebanadas perforadas** » en Castillan : morceaux obtenus après perforation lors de la fabrication des bouchons.

Liège mâle d'été ou « **bornizo limpio de verano** » en Castillan : premier liège démasclé, postérieurement bouilli. Le démasclage a toujours lieu l'été.

Le deuxième groupe, moins apprécié que le premier, comprend :

Morceaux de partie intérieure : de faible épaisseur provenant du redécoupage du liège en planches ou en bandes de la partie intérieure qui était en contact avec la mère. Ce sont plutôt des déchets de liège mince pour rondelles ou disques.

Morceaux de partie extérieure : de faible épaisseur, contigus à la partie extérieure de l'arbre. Ce sont des déchets de liège mince pour rondelles ou disques.

Le troisième groupe donne le meilleur rendement en obtenant des granulés propres et purs. Il est formé de :

« **Leña fina** » : formée de bouchons, rondelles, et diverses découpes de liège naturel pur (99,9%).

Le Quatrième groupe, le moins apprécié et le moins courant, est formé de liège de qualité mais brut :

Morceaux de rebus bruts : morceaux de liège de reproduction cru dont la superficie est inférieure à 400 cm².

Liège mâle « d'été » brut : premier liège qui est démasclé sur pied, sans bouillage.

Finalement le cinquième groupe regroupe tout le liège qui ne sera jamais accepté pour la fabrication de bouchons. Il est surtout formé de :

Liège brûlé : son aspect est noir et ses granulés occasionnent des défauts aussi bien à l'aspect qu'aux propriétés du bouchon.

Liège à tache jaune (bouilli) : l'apparition de taches jaunes qui se développent dans un milieu humide, font augmenter le niveau de certaines substances qui donnent un mauvais goût au vin.

Liège mâle « d'hiver » ou liège de taille : c'est le premier liège qui est issu du démasclage des branches des arbres (cru). Il est plutôt composé de bois (en partie ou la totalité de la branche) qui entraîne de nombreux problèmes lors du broyage et baisse la qualité du granulé produit en se mélangeant avec le liège.

Liège de pied : liège de reproduction formé à la base de l'arbre près du sol sur la séparation entre le tronc et les racines. Il n'est pas retiré lors des levées habituelles mais surtout lors des opérations de nettoyage de l'arbre. Ce liège situé près du sol ou en contact avec celui-ci est susceptible d'être contaminé par des champignons, bactéries, animaux, humidité, etc.

4. TRANSPORT, RECEPTION, STOCKAGE ET GESTION DES STOCKS

Le transport des matières premières se fait à l'aide de remorques de camions, généralement non protégées des intempéries. Pour cela il est important de réaliser un contrôle de la qualité lors de la réception ainsi que de l'humidité afin de ne pas payer l'eau au prix du liège. Cependant, il est aussi important de gratifier le fournisseur qui livre une marchandise avec l'humidité voulue.

En règle générale, les morceaux, les déchets, etc. sont rassemblés et déposés dans une petite remorque. Ces remorques sont recouvertes d'un filet métallique afin qu'il n'y ait pas de perte lors du transport.

Les parties intérieures (ventre de la planche) et les parties extérieures (dos de la planche) sont séparées dans les industries qui ne fabriquent que des rondelles de liège naturel. Elles sont mises en sac et ainsi stockées pour être amenées au broyeur.

Les bouchons avec rondelles et les rondelles sont séparés et mis en sac pour être transportés vers le broyeur.

Lors de la réception, le responsable vérifie le liège qui entre d'après son aspect général (mouillé, sale, avec fil de fer, etc.). Ensuite il le passe à la bascule où il est pesé, un ticket est délivré pour le paiement au fournisseur. Par la suite, il prélève un échantillon de la marchandise pour le transmettre au laboratoire de contrôle de qualité afin d'y mesurer l'humidité ce qui va lui permettre de pénaliser ou non le fournisseur, en fonction du résultat. Le liège est commercialement sec quand son taux d'humidité tourne autour de 14%.

La dernière opération est le stockage de la matière première dans les hangars à liège. Selon la catégorie de liège, le responsable de la réception, dirige le transporteur vers le hangar. Ce dernier décharge et le tractoriste effectue l'empilage (voir figure 3.3). Ce type de bâtiment est plutôt grand, au sol cimenté et couvert d'une toiture. Par contre les murs sont généralement ouverts afin que le liège soit bien aéré, et à l'abri des intempéries.

La meilleure façon de cuber la marchandise est de connaître auparavant le volume de chaque hangar. Les opérateurs quantifient la matière première par rapport aux poutres des hangars et par rapport au type de liège emmagasiné. Connaissant leur stock, la capacité de leur broyeur et la consommation de la journée, ils peuvent facilement calculer le rendement de leur broyeur.

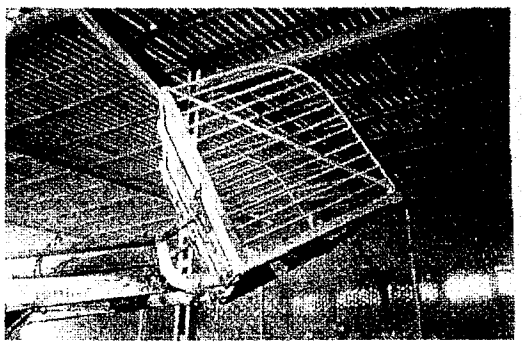


Figure 3.3 : Pelle pour manipuler le liège et le transporter

5. GRANULES DE LIEGE POUR BOUCHONS

Une fois la matière première entreposée dans le hangar, le travail de l'opérateur commence. Le tractoriste se charge d'alimenter le tapis qui transporte la matière première jusqu'à une table de tri. Là, sont séparés les corps étrangers jusqu'au premier broyeur. Si l'alimentation n'est pas mécanisée, elle se fera manuellement.

En premier lieu, le liège est coupé en morceaux grâce aux mâchoires métalliques montées sur un axe situé au centre d'un ensemble métallique fixe dont les pointes parallèles ressortent (voir figure 3.4). A leur sortie, les morceaux sont transportés sur des tapis roulants passant par une machine qui enlève les impuretés. Celles-ci seront soit jetées, soit recyclées comme engrais.

Figure 3.4 : Broyeur à mâchoires

Le broyeur à marteaux est formé par un seul axe d'où pendent des pièces métalliques appelées marteaux. Une grille métallique située en dessous filtre les morceaux qui correspondent au format désiré. Ce broyeur permet d'obtenir des granulés plus propres. Par contre, il génère une grande quantité de poussière et diminue fortement le rendement.

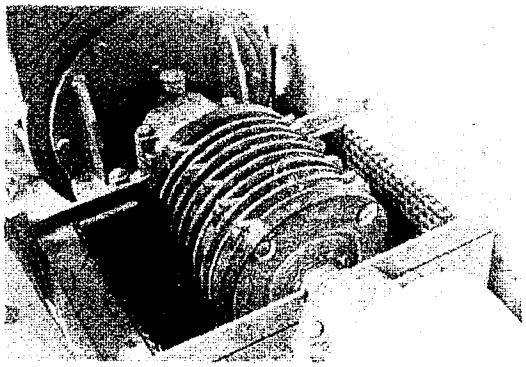


Figure 3.5 : Vue intérieure d'un « broyeur à marteaux », axe et marteaux

La trituration entraîne toujours beaucoup de poussière de liège (granulés inférieurs ou égaux à 0,25 mm) très gênante pour la vue et la respiration et dangereuse pour sa grande

capacité explosive. Près des broyeurs, il doit toujours y avoir un système d'aspiration et de transport de cette poussière vers des silos ou des containers afin de l'emmagasiner pour un éventuel traitement. Actuellement, le recyclage de cette poussière reste un problème épineux, mais on envisage son utilisation en tant que combustible ou composant d'engrais.

L'étape suivante est l'entrée dans les broyeurs à pierres soit par transport direct (normalement pneumatique) soit suite à un stockage préalable. Ces broyeurs sont composés d'un petit silo et d'un ensemble formé de deux pierres (émeri et/ou métalliques), l'une fixe et l'autre mobile, contrôlées par un volant qui les unit ou qui les sépare (ouvrir/fermer). L'écartement sera fonction de la taille du granulé désirée, du type de liège et de l'humidité (si le liège est très sec et les pierres très serrées, il pourrait y avoir des étincelles entraînant un incendie ou le moteur pourrait surchauffer).

L'opérateur doit toujours vérifier les ampèremètres des moteurs des broyeurs pour contrôler et alléger éventuellement la charge. (voir figure 3.6).

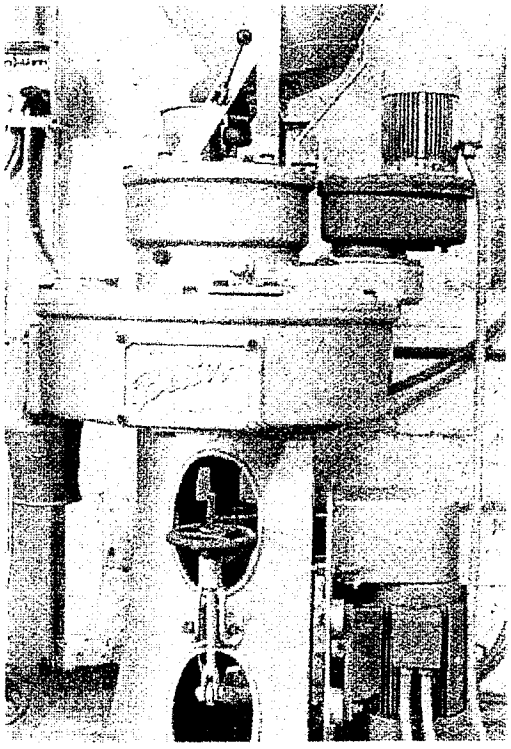


Figure 3.6a : Broyeur à pierres

Les pierres de chaque broyeurs peuvent être placées en position verticale (comme les roues d'une voiture) ou en position horizontale. C'est juste une question de design, la façon de travailler reste la même. A la sortie, on dispose aussi une grille qui sélectionne la taille du granulé avant la phase suivante. En fait, en plus de réaliser une trituration, il effectue ainsi une pré-classification.

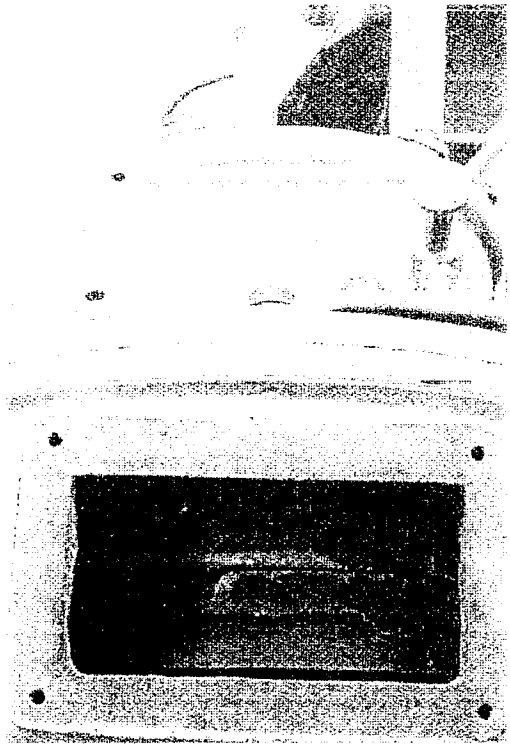


Figure 3.6b : Broyeur à pierres

6. CLASSIFICATION DES GRANULES

Parfois, des granulés plus longs que larges peuvent passer au travers de la grille des broyeurs à pierres. Pour cela le circuit peut passer deux fois par la même machine.

Une fois les granulés désirés obtenus, ils sont conduits vers des machines qui les classent, appelées aussi « tamis vibratoires ». Elles sont formées de grilles différentes pouvant être placées les unes au-dessus des autres (taille du maillage), qui vibrent afin que les granulés puissent passer en cascade d'une grille à l'autre et être ainsi classés (voir figure 3.7).

Le procédé suivant permettra la sélection de la densité des granulés. Il est exécuté par des machines appelées tables densimétriques « mesas densimetricas» en Castillan (voir figure 3.8). Les granulés arrivent à chaque table avec une granulométrie précise. Les machines sont faites de grilles inclinées, qui en plus de retenir les impuretés, font sauter les granulés de façon à ce que les plus lourds tombent par le côté le plus haut de la machine

et les plus légers par la partie la moins élevée. A l'extrémité, une pièce mobile sépare les deux sorties : granulés aptes et non aptes. Le granulé dont la densité est apte (mesuré par l'opérateur lors d'un auto-contrôle de la qualité produite) continue son circuit normal. Le granulé non apte est dirigé dans un hangar, ou mis en sacs, ou en attente d'un autre traitement (voir chapitre 8).

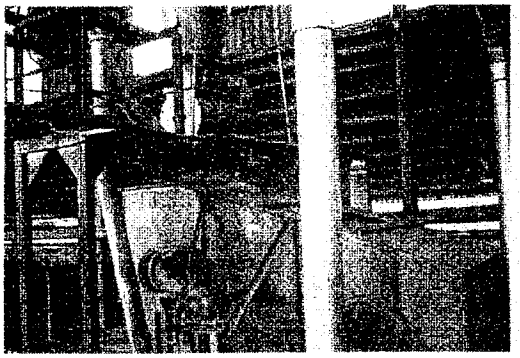


Figure 3.7 : Tamis vibratoire

A la sortie des machines, on trouve les tubes de transport qui conduisent les granulés vers un silo, ou vers des sacs de stockage. Si les granulés ont une humidité d'environ 5%, ils peuvent directement être conduits vers un silo avec bascule qui pèse automatiquement la quantité voulue pour la fabrication de bouchons.

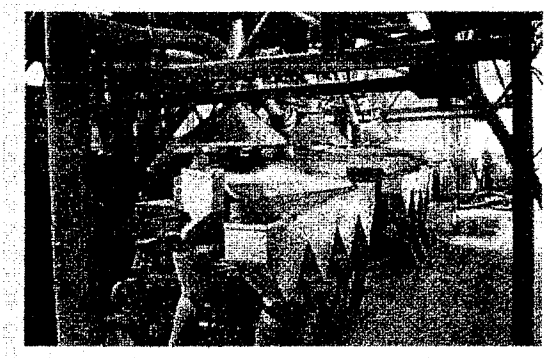


Figure 3.8 : Tables densimétriques
« mesas densimetricas » en Castillan

7. SECHAGE DES GRANULES

Il est nécessaire que le produit final soit homogène, c'est-à-dire, que les granulés aient une humidité optimum comprise entre 5 et 8%, humidité pour que les agglomérants ou colles puissent polymériser parfaitement afin que le bouchon soit stable et indéformable.

Pour arriver à ce résultat, les granulés doivent parfois passer par un procédé de séchage, surtout en hiver, puisque les températures extérieures sont très basses et que le liège stocké avant trituration s'humidifie automatiquement.

Le séchoir est rotatif. Il ressemble à un très long cylindre creux où les granulés sont entreposés avec une rotation continuelle et lente. Un courant d'air chaud pénètre à contresens des granulés (voir figure 3.9). A la sortie du séchoir, un échantillon est prélevé pour contrôler l'humidité. La vitesse de rotation du séchoir, le courant et la température de l'air chaud ainsi que le volume des granulés dépendent de l'humidité initiale et de celle que l'on veut obtenir.

En effet, si on introduit dans le séchoir des granulés dont l'humidité dépasse 10%, par exemple, et que l'on en rajoute d'autres avec un taux de 20%, les premiers peuvent griller alors que les seconds garderaient le même pourcentage, le résultat serait alors catastrophique. Le mélange doit être le plus homogène possible. Dans le cas contraire, le gaspillage est évident : argent de la matière première.

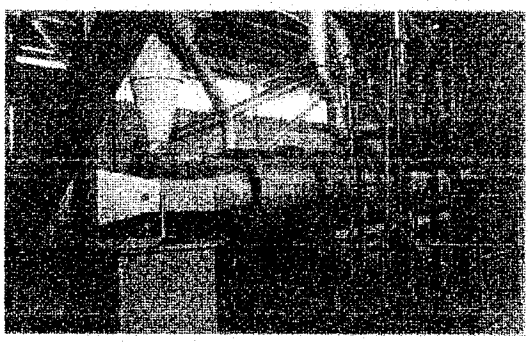


Figure 3.9 : Séchoir rotatif de granulés

8. CONTROLE DE LA QUALITE

Les contrôles de qualité sont des opérations réalisées en dehors de la production. Il est parfois nécessaire de détruire du liège, des granulés ou des bouchons. Les contrôles servent à vérifier dès la réception, pendant les phases de production (contrôle en cours) et une fois le produit fini (contrôle final) que tout soit correct et que les résultats obtenus soient ceux correspondant à la qualité demandée par le client.

Nous allons voir les différents contrôles.

a) Contrôles lors de la réception

Il est impossible d'obtenir à partir d'une mauvaise matière première un bon produit. Il faut toujours vérifier que ce qui entre correspond bien à ce qui a été commandé. Le premier contrôle est donc réalisé par un expert qui vérifiera le type de liège dans la zone de réception. Ce contrôle permettra de vérifier si le liège est mouillé ou s'il a des corps étrangers, etc.

Ce contrôle terminé la charge est pesée, un ticket de poids lui est attribuée. La bascule est vérifiée au moins une fois par an pour s'assurer de sa justesse. Cette vérification obligatoire est exécutée par du personnel extérieur à l'entreprise.

Après l'obtention du ticket de poids, le chargement est entreposé dans le hangar, sous forme de piles où seront prélevés des échantillons tout autour de celles-ci et sur différentes hauteurs. Une norme internationale (ISO 2385-1972/UNE 56-912-88) décrit la façon de réaliser cet échantillonnage. Les pièces sont placées dans un sac en plastique fermé sur lequel le fournisseur est identifié ainsi que la date d'entrée. Ce sac est amené au laboratoire de contrôle de qualité pour y vérifier le taux d'humidité à l'entrée selon une autre norme internationale spécifique (ISO 2386-1972/UNE 56-913-88). La personne qui réalise cet essai doit être formée et qualifiée.

Le contrôle de l'humidité consiste à peser l'échantillon initial, l'introduire dans une chaudière à 103 C° durant environ 8 heures (temps nécessaire pour que la pâte soit constante, c'est-à-dire que le poids ne diminue pas), ensuite peser l'échantillon sec et calculer le pourcentage en eau perdue. S'il est supérieur à 14%, on pénalisera, s'il est inférieur, selon les cas le prix demandé sera confirmé ou revu à la hausse. Cette observation porte aussi sur l'excès éventuel de poussière, qui en plus d'être gênant, baisse le rendement du broyeur.

Dès que l'humidité initiale est connue, on stocke la marchandise. Si le liège est très mouillé, on prendra soin de l'emmagasiner dans un endroit pour y sécher, où il ne sera pas en contact avec du liège plus sec. Les différences de taux d'humidité affecteraient la stabilité finale du bouchon.

Lors de la réception, d'autres contrôles des matériaux auxiliaires (colles, agglomérants, paraffines, sacs pour emmagasiner les granulés et les bouchons) sont aussi effectués. Avant d'accepter quoi que ce soit, il faut vérifier que tout soit correct et en bon état.

On vérifie que les colles correspondent bien à celles indiquées par le fournisseur lors de la commande. Le dosage de la colle est très important, de lui dépend que l'agglomérant colle parfaitement dans les conditions d'humidité, de température et de pression requises dans le travail. Si ce facteur n'est pas correct, il vaut mieux rendre le produit plutôt que de jeter toute la production.

En ce qui concerne la paraffine, les sacs et les recharges, le contrôle se fait de visu afin de bien vérifier si les commandes (couleurs, mesures, matériaux, etc.) correspondent bien à la destination finale.

Tous ces contrôles servent pour une éventuelle réclamation auprès du fournisseur, dans le cas de non-conformité avec les produits fournis. Comme on peut le voir, le contrôle lors de la réception est très important. Il faut toujours s'assurer que les produits acceptés sont corrects, afin d'éviter de futurs problèmes.

b) Contrôles en cours

Il existe deux types de contrôles. D'une part, l'ouvrier qui travaille sur la machine contrôle son propre travail : c'est l'autocontrôle. D'autre part, le contrôle est réalisé par une tierce personne, une sorte d'inspecteur ou contrôleur qui a pour rôle la vérification des procédés afin qu'ils soient bien conformes aux normes et standards définis.

Lors des contrôles en cours, les principaux acteurs sont les opérateurs qui durant toute la fabrication vérifient périodiquement et laissent des traces écrites de leur travail. Ces notes serviront de garantie pour le client et la direction de l'entreprise par rapport aux méthodes de fabrication.

Le premier contrôle se réalise à l'arrivée de la matière première dans les déchiqueteuses en séparant les corps

étrangers du liège et évitant ainsi le mélange éventuel avec les granulés ce qui pourrait endommager les broyeurs.

Le deuxième contrôle aura lieu à la sortie des broyeurs à pierres où leurs ampèremètres reflètent les changements d'humidité produits (s'ils sont très humides, le temps pour les moudre est beaucoup plus long, donc chauffent le liège qui ressort comme s'il avait été arraché, avec des filaments).

Le troisième permet de connaître la densité des granulés sortis (voir figure 3.10). Ce contrôle est réalisé en accord avec la norme UNE 56-919-90. Il faut un petit entonnoir avec une ouverture inférieure actionnée manuellement comme une trémie. C'est par-là que l'on introduit les granulés qui tomberont dans un cube d'une contenance exacte d'un litre. Dés qu'il est rempli à ras, il est pesé. Le poids du cube permettra de déterminer la densité des granulés en kg par mètre cube ou en grammes par décimètre cube (un litre d'eau étant égal à un décimètre cube d'eau). Bien entendu, la balance doit être parfaitement réglée.

Le contrôleur de la qualité se chargera aussi de ce travail, mais moins fréquemment, juste pour une vérification indépendante de la production.

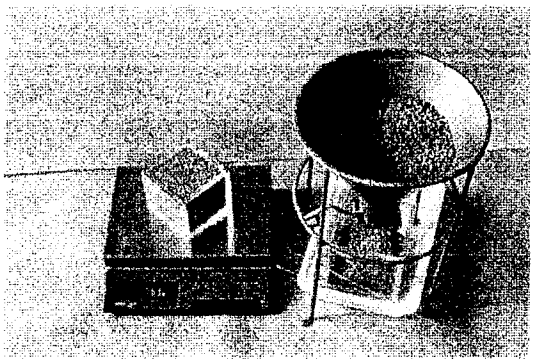


Figure 3.10 : Outils pour le contrôle de la densité des granulés

Le quatrième contrôle concerne la granulométrie (voir figure 3.11). Il s'agit de connaître la taille des granulés qui sortent des broyeurs et de vérifier l'état des grilles qui les classifient, elles pourraient être défectueuses. Ce contrôle est réalisé en accord avec la norme espagnole UNE 56-918 de 1990. L'échantillon est prélevé, pesé et mis dans une sorte de tour formée de petits cribles normalisés (chacun d'entre eux possède une grille numérotée et vérifiée), le plus grand à l'étage supérieur et le plus petit en bas. La machine est fermée et mise en marche durant un temps et à une puissance déterminée. Il s'agit d'un appareil vibreur qui permet aux granulés de tomber et de se classer suivant la taille. Les granulés restés dans chaque crible sont ensuite pesés et ces données vont permettre d'établir un graphique de contrôle.

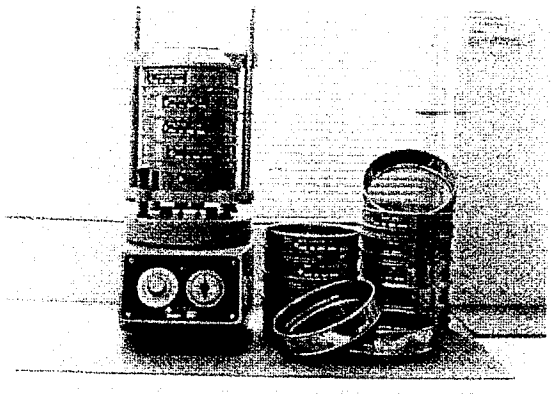


Figure 3.11 : Machine mesurant la granulométrie

Cette vérification est toujours faite par le contrôleur dans certains cas par les opérateurs. Si une anomalie quelconque est détectée, tout est rapidement mis en marche pour la corriger immédiatement.

Un cinquième et dernier contrôle sur les granulés concerne l'humidité. Il est réalisé dans un laboratoire de contrôle de qualité par le contrôleur. Des échantillons des différents granulés obtenus sont prélevés au broyeur pour en déterminer l'humidité comme sur le liège en morceau, selon les étapes définies par la norme internationale ISO 2190 de 1972 qui correspond à la norme espagnole UNE 56-917 de 1988. Ce contrôle très important est aussi réalisé, à intervalles réguliers (une heure), aussi bien à l'entrée qu'à la sortie du séchoir.

Pour ce qui est des derniers contrôles, on ne peut rien rajouter puisque le produit fini, le bouchon, n'est pas encore obtenu. Néanmoins certaines entreprises produisent des granulés pour approvisionner des fabricants de bouchons agglomérés. Dans ce cas, on peut donc considérer le granulé comme un produit fini.

Les contrôles seront les mêmes, mais plus exhaustifs et approfondis, avec d'autres tests demandés par les clients.

9. ENTRETIEN DES INSTALLATIONS ET PROBLEMES PLUS COMMUNS INHERENTS A LA FABRICATION DES GRANULES DE LIEGE

Les installations de production de granulés sont les plus problématiques et les plus dangereuses de toutes. C'est là que l'on génère une importante quantité de poussière de liège qui a un grand pouvoir explosif. Il suffit d'en jeter un peu en l'air, de craquer une allumette et il se produit une flamme. On peut facilement imaginer que, si une étincelle sort du broyeur à pierres avec du liège très sec et beaucoup de poussière, un incendie peut facilement se produire dans le broyeur.

Tout cela permet de souligner la grande importance que revêt l'entretien et le nettoyage en général des broyeurs et des installations d'aspiration au niveau des machines génératrices de poussière (ponceuses). L'interdiction de fumer est bien sûr de rigueur. Le système d'aspiration de la poussière est vital dans tout lieu de trituration.

Un grave problème concerne les déficiences d'approvisionnement en énergie électrique. Parfois il se produit de micro coupures du réseau, d'un dixième de seconde. La première conséquence directe est l'arrêt général de toutes les machines. Les opérateurs doivent alors demander de l'aide auprès des autres ouvriers afin d'éteindre toutes les machines, libérer tous les équipements, nettoyer, ensacher le produit, remettre ce produit dans les trémies où il se trouvait, réamorcer toutes les machines de la chaîne. Ce type de coupure paralyse généralement toute la production organisée en chaîne.

Cependant, à la fin de chaque journée, chaque équipe va devoir nettoyer la poussière de toutes les machines et équipements. De plus, l'équipe de maintenance ou d'atelier se chargera périodiquement de ces tâches de révision qui demandent de démonter, graisser, vérifier les niveaux, mettre les recharges, régler, réparer, etc.

TRAVAUX PRATIQUES

- **Visite d'un atelier de broyage de liège.**
- **Dans l'atelier, réceptionner, classer, disposer et contrôler les différentes matières premières (rebut, chute, broca, leña fina, ventres, dos, liège mâle) et échantillons non acceptés (comme le liège brûlé, liège à tache jaune, liège mâle d'hiver, liège de pied, etc.)**
- **Réaliser les opérations de base pour la préparation des machines et des équipements.**
- **Réaliser les opérations de contrôle de qualité (humidité, densité, granulométrie), aussi bien sur les matières premières que sur les produits semi-finis.**
- **Ajustement, maintenance et nettoyage des installations et des outils utilisés.**
- **Appliquer les mesures de sécurité.**

CHAPITRE 2

Fabrication de bouchons de liège aggloméré

CONTENUS

a) Thèmes:

- Préparation et dosage des colles. Colles utilisées dans la fabrication de bouchons.
- Procédé de fabrication du bouchon aggloméré.
- Retouche et découpe des bandes dans le but d'obtenir des bouchons. Rendement et utilisation du liège restant.
- Contrôle de qualité.
- Transport, réception, stockage et contrôle des stocks.
- Machines utilisées dans la fabrication du bouchon aggloméré.

b) Méthodologies:

- Préparation des différents composants et calcul des proportions adéquates.
- Identification des différentes colles utilisées dans la fabrication de bouchons de liège aggloméré.
- Réalisation, suivant les paramètres établis, des procédés de retouche et de découpe des bandes de liège aggloméré.
- Analyse et calcul du rendement obtenu à chaque étapes.
- Utilisation autonome et adéquate des différentes machines.
- Application des normes spécifiques du contrôle de la qualité étape par étape.
- Interprétation des normes de fonctionnement dans les installations industrielles.
- Prise de décision à chaque étape de la fabrication.

c) Attitudes:

- Motivation dans le travail en autonomie et responsabilité avec une technique et un délai appropriés. Avoir le sens des priorités.
- Evaluation globale des différentes étapes du procédé de fabrication des bouchons de liège aggloméré.
- Disposition à accepter les indications ou suggestions qui peuvent améliorer la production.
- Collaboration, motivation et responsabilité dans le travail.
- Respect des normes de sécurité.

1. PREPARATION ET DOSAGE DES COLLES. COLLES UTILISEES DANS LA FABRICATION DE BOUCHONS

Comme nous l'avons déjà indiqué au chapitre précédent, le bouchon aggloméré est fabriqué grâce à des granulés de liège liés par une substance collante.

Lors de la transformation du granulé en aggloméré pour bouchon, il est nécessaire d'incorporer des substances agglutinantes qui agissent comme un adhésif entre les granulés de liège. Ces substances possèdent différentes compositions chimiques et leurs spécificités doivent s'adapter à l'application finale. Dans tous les cas, elles confèrent à l'aggloméré une structure cohérente avec les propriétés physiques et mécaniques similaires à celles du liège naturel, comme la couleur et l'aspect, avec cependant certaines différences.

Les colles et agglutinants doivent être conformes à l'usage alimentaire. Ils devront aussi donner au bouchon un degré d'adhésion tel, que dans les conditions habituelles de température et d'effort physique, il ne se produise ni de désagrégation, ni de décollage.

Dans l'industrie du bouchon, on peut trouver plusieurs types de colles, agglomérants ou ce que l'on appelle vulgairement des résines. Les colles à base de gélatines, caséines, (UF) urea-formaldehido, fenol-formaldehido (PF, fenolicas), cardol-formaldehido (cardolicas), polyuréthanne (PU) et mélaminicas, sont celles qui au fil des années ont donné de meilleurs résultats.

Les colles de polyuréthanne sont les plus acceptées dans la fabrication de bouchons de liège aggloméré moulés et par extrusion, méthodes les plus utilisées actuellement. Ces colles confèrent au bouchon obtenu une série de caractéristiques mécaniques qu'impose leur utilisation (porosité, élasticité, homogénéité interne et capacité de récupération). Ces caractéristiques sont difficilement atteintes avec un tout autre produit synthétique.

Le mélange du granulé de liège avec l'agglutinant se réalise à l'aide d'un mélangeur. Dans la plupart des cas, il s'agit d'une machine type « pale helicoïdale à tour horizontal ». D'autres procédés incluent dans le mélange d'autres agents, comme le latex qui améliore l'élasticité du bouchon, ou comme la paraffine qui est nécessaire au procédé d'extrusion et conseillée dans le moulage pour empêcher l'adhérence de l'aggloméré aux moules. Les proportions de chaque composants sont indiquées par le fabricant de colle. Elles peuvent aller de 10 à 12% en fonction du type de granulé et de la technique de moulage. Pour finir, le temps de mélange conseillé pour les composants est de 5 à 15 minutes selon le type de colle et l'efficacité du mélangeur.

Pour une bonne adhérence du matériau, le facteur décisif est l'humidité des matières premières. Dans certaines cas, il est nécessaire de faire passer les granulés dans le séchoir avant de les introduire dans le mélangeur, faisant ainsi diminuer le taux en eau du granulé de liège. Une humidité des granulés correcte se situera entre 6 et 8%.

2. PROCEDE DE FABRICATION DU BOUCHON AGGLOMERE

Il existe plusieurs procédés de fabrication de bouchon aggloméré. Tous ont en commun le mélange des granulés avec la colle et le repos de l'aggloméré pour une mécanisation postérieure et obtenir le produit. Parmi les différentes méthodes, l'extrusion et le moulage individuel au moyen d'un piston sont les plus employés. Il en existe d'autres que nous exposerons brièvement.

Extrusion

Un mélange de granulés, d'agglutinant et de lubrifiant est mis dans un réservoir qui alimente un cylindre soumis à la pression d'un piston. A l'autre extrémité du cylindre, on obtient une barre d'aggloméré de forme continue (appelée communément « carotte » ou « boudin ») qui sera découpée et prête à être travaillée après une période de repos.

Moulage individuel au moyen d'un piston

Le mélange de granulés, postérieurement compacté par un piston, pénètre dans un moule tubulaire. Ensuite, on introduit les tubes pleins dans une « chaudière » qui permettra une réticulation optimale de la colle. Après cette opération, on démoule, obtenant ainsi le corps du bouchon prêt à être travaillé.

Perforation de blocs de liège aggloméré au moyen d'un emporte-pièce cylindrique

Au moyen de ce procédé, on découpe des bandes d'un grand bloc de liège aggloméré qui seront perforées pour obtenir les corps des bouchons agglomérés. La technique utilisée est identique à celle des bouchons réalisés dans des bandes de liège naturel.

Moulage individuel au moyen d'une vis sans fin

C'est méthode est similaire à la précédente, une vis sans fin réalise la distribution et rend le mélange compact.

Moulage individuel à haute fréquence

Méthode similaire aux précédentes, à la différence de l'activation de la colle qui ne se réalise pas grâce à l'apport de chaleur, et en soumettant le mélange à des ondes de haute fréquence.

Moulage individuel au moyen de compression rotative

On introduit le mélange dans le tube soumis à un mouvement circulaire provoquant ainsi des forces qui compriment le mélange contre les parois du tube. Il s'agit d'une méthode très employée dans la fabrication du bouchon pour vins mousseux puisqu'elle permet, comme nous pourrons le voir, l'adhérence directe de la rondelle de liège naturel.

En règle générale, toutes les méthodes sont valables pour la fabrication de bouchons agglomérés pour vins tranquilles, champagnes, mousseux comme nous l'étudierons dans le chapitre suivant.

Les méthodes les plus employées, sont, sans aucun doute, celles de l'extrusion et du moulage individuel que nous allons détailler ci-dessous

Procédé d'extrusion

Comme on l'a déjà expliqué, ce moyen permet d'obtenir l'extrusion d'une pâte issue d'un mélange dont le résultat est la formation de boudins d'agglomérés. Ces boudins, une fois découpés donneront les corps du bouchon brut avant mécanisation. Ce procédé demande l'utilisation de la paraffine dans le mélange comme agent lubrifiant, pour permettre aux boudins de mieux s'extraire des tubes d'extrusion.

Le procédé d'extrusion est continu, la réalisation se fait de façon cyclique selon trois étapes fondamentales :

a) Alimentation en mélange des tubes de compactage grâce à l'ouverture que laisse le piston quand il se trouve dans la partie la plus éloignée de son parcours.

b) Compression du mélange dans le tube par l'action du piston qui arrive à l'extrémité la plus avancée de son parcours.

c) Retour du piston à sa position initiale, laissant le tube creux et prêt pour une nouvelle alimentation en mélange.

Le mélange, lors du parcours tout le long du cylindre et avant d'être expulsé est soumis à une hausse de température (entre 100°C et 120°C, suivant la colle utilisée) afin d'en optimiser la réaction. Ce flux de chaleur peut être obtenu en utilisant de l'huile thermique où baigne la partie externe du tube ou chambre qui chauffe grâce à des résistances électriques.

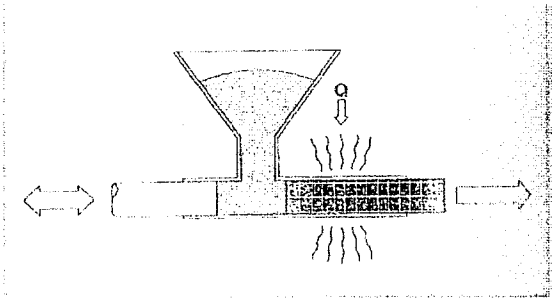


Figure 3.12 : Schéma du procédé de fabrication des boudins d'agglomérés par extrusion

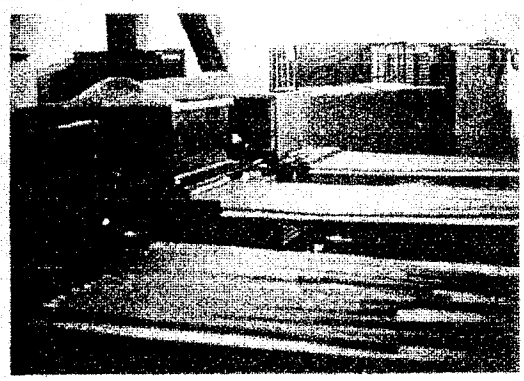


Figure 3.13 : Boudins d'agglomérés à la sortie d'une extruseuse en pleine production

l'élimination des aspérités du bouchon au niveau des têtes et des faces latérales. Le biseau, d'environ deux millimètres est obtenu grâce à l'action d'une surface abrasive (bande ou pierre émeri) de forme oblique située généralement à 45° par rapport aux têtes des bouchons.

Dans la figure 3.16 nous pouvons observer les différentes phases du produit, du granulé jusqu'au bouchon : granulé de liège, boudin retouché et en brut, corps poncé, bouchon biseauté et en dernier lieu marqué.

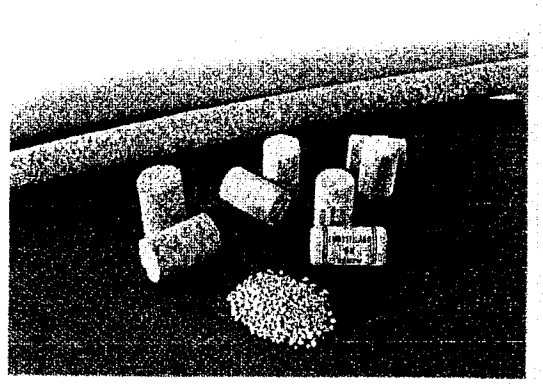


Figure 3.16 : Les phases du bouchon aggloméré

La fabrication d'un bouchon aggloméré provient de la capacité de fabrication du corps qui constitue le véritable « cou de la bouteille ». La recherche et le développement doivent surtout s'activer dans ce sens et obtenir des colles qui parviennent à une réticulation optimale.

Les pièces avec des défauts de fabrication sont peu nombreuses et seront jetées. Le principal déchet provient de la poussière de liège durant tous les procédés de mécanisation du bouchon qui peut atteindre environ 30% du corps brut constituant ainsi une source de saleté.

De nos jours, la poussière de liège est récupérée et peut être une source d'énergie : la cogénération.

Comme exemple de rendements, pour une industrie de bouchons agglomérés qui possède un atelier de broyage et qui réalise l'agglomération par extrusion, les données sont les suivantes : 47% du liège initial traité est utilisable pour des granulés dont 20% sont fins (taille inférieure à 2 mm) et employés à d'autres usages. Pour le reste, 80% sont utilisés pour le bouchon aggloméré. A partir de l'aggloméré obtenu (mélange de liège, de la colle et de lubrifiant), une fois sec et stabilisé, 70% produiront des bouchons finis et 30% des déchets.

4. CONTROLE DE QUALITE

Comme nous l'avons déjà vu plus haut, le tri constitue une véritable opération de contrôle des produits pour obtenir un caractère effectif. Le tri est donc une opération commune à toute fabrication de bouchon de liège. Le bouchon aggloméré possède une série de caractéristiques différentes qu'il serait opportun d'énumérer ici. La sélection des bouchons se réalisera selon les règles de contrôle définies avec des erreurs possibles de fabrication dues à l'appréciation visuelle sur le tapis de contrôle. Dans ces conditions, il faut prêter une attention particulière aux malfaçons comme : une mauvaise découpe, un mauvais ponçage, un mauvais biseautage, des impuretés, des crevasses, un mauvais marquage (brûlure, marque insuffisante, trop prononcée, incomplète et excentrée), des morceaux, des corps étrangers ou du matériau arraché.

D'autre part, les spécificités d'un produit fini doivent être en harmonie avec celles établies entre le fournisseur et son client. Pour déterminer les paramètres du bouchon aggloméré, des essais physiques seront réalisés (dimension, humidité, densité, déformation en bouillage, absorption lors du bouillage et étanchéité), des essais mécaniques (torsion, récupération élastique, force d'extraction et compression dynamique), des essais chimiques (résidus du traitement et contenu en poussière) et des essais microbiologiques (champignons, bactéries et levures).

Cependant, nous ne pouvons pas fabriquer un bouchon sans bien connaître la matière première. Pour cela, il sera aussi nécessaire, pour les granulés, de réaliser un contrôle portant sur la densité, l'humidité et la granulométrie, comme il l'a été décrit au chapitre précédent.

Par ailleurs, des contrôles intermédiaires permettront de connaître le résultat de ce que l'on réalise à chaque opération. Il est ainsi habituel de procéder à un contrôle du poids des bandes, des pavés, des corps des bouchons démoulés, sur une balance afin de déterminer sa densité et de vérifier si la compression du piston est adaptée. On procède aussi, habituellement, au contrôle

Les boudins obtenus doivent passer par une phase de repos technique pour obtenir la stabilisation nécessaire qui permettra à l'aggloméré de posséder les caractéristiques optimales avant usinage. Dans la pratique, la période de repos peut aller au-delà de deux semaines, paramètre qui dépend, fondamentalement, de la colle, des conditions d'humidité et du lieu de stockage.

Durant cette période, le stockage peut se réaliser soit en boudins d'une grande longueur, soit en pavés d'une taille légèrement supérieure à celle du bouchon. Ce deuxième procédé offre une plus grande commodité, puisque, dès le début, nous manipulerons un aggloméré dont la taille est similaire à celle du bouchon. Cependant, le rendement sera moins bon puisque la découpe avec la colle qui n'a pas bien pris manquera de précision. Il sera donc nécessaire de respecter une marge par rapport à la mesure finale sachant qu'il y aura une perte du fait du ponçage des têtes. La découpe des boudins avant ou après le repos de la colle, se fait avec des « guillotines » actionnées par le contact du boudin à un guide.

Le rendement de la machine à extruser correspond à la vitesse de l'avancée du mélange, il avoisine les 20 à 30 mm/min. Ainsi, une machine de 40 tubes pourrait fabriquer de 1 000 à 1 500 bouchons bruts de taille moyenne à l'heure.

Procédé par moulage individuel

Cette méthode permet de travailler de façon discontinue et d'obtenir des lots. Les phases du procédé par moulage individuel pourraient se concrétiser de la manière suivante :

a) alimentation du mélange obtenu (vu antérieurement) au moyen de la pression d'un piston qui traverse la trémie située au-dessus du moule ;

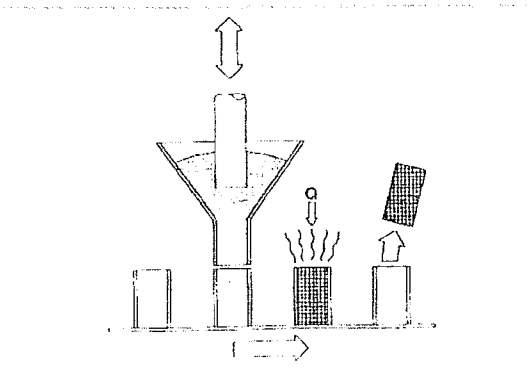


Figure 3.15 : Schéma du procédé de fabrication des bandes d'aggloméré par extrusion

b) compactage du mélange grâce au piston qui, lors de son parcours, arrive jusqu'à la partie supérieure du moule ;

c) déplacement du moule plein vers la chaudière où la colle s'active à partir de 130°C ;

d) démoulage de l'aggloméré, après la réticulation de la colle. Afin de faciliter cette opération, l'utilisation de la paraffine dans le mélange et l'emploi d'un moule en Téflon sont conseillés.

Le rendement obtenu est fonction du temps de cuisson du mélange et du temps de refroidissement qui peuvent varier de 30 à 40 minutes et de 15 à 20 minutes respectivement.

Une fois le mélange parfaitement réalisé, notre aggloméré est prêt à devenir un bouchon.

3. RETOUCHE ET DECOUPE DES BANDES DANS LE BUT D'OBTENIR DES BOUCHONS. RENDEMENT ET UTILISATION DU LIEGE RESTANT

A partir de là, les étapes sont les suivantes : retouche des boudins, ponçage des têtes, rognage du corps, marquage du bouchon, lavage, traitement superficiel, triage, comptage et ensachage.

Comme nous l'avons déjà souligné, les opérations citées ci-dessus feront l'objet d'un chapitre spécifique, dû à leur importance. La plupart de ces opérations ne sont pas spécifiques au bouchon aggloméré mais plutôt au bouchon de liège naturel. Cependant, nous scinderons la finition du bouchon aggloméré en deux opérations exclusives.

En premier lieu, la retouche qui consiste à poncer les deux faces latérales est nécessaire étant donné la rugosité que présente la superficie des boudins ou du corps brut du futur bouchon.

Nous avons déjà cité auparavant la possibilité d'une découpe des boudins après stabilisation. Dans ce cas, le ponçage est simple, la superficie latérale de la bande est soumise à l'action d'une bande émeri qui tourne et élimine cette rugosité.

L'autre opération, plus adaptée au bouchon aggloméré est le ponçage qui consiste à

dimensionnel de ces mêmes éléments, pour s'assurer qu'il y a suffisamment de matériau pour la mécanisation et qu'il est conforme aux spécificités du bouchon.

Pour finir, les bouchons peuvent être expédiés dans des caisses, dans des sachets ou dans des sacs scellés dans une atmosphère stérile, ou non scellés et en palettes. Il faut toujours éviter toute contamination avec des bouchons qui auraient le même marquage et la même origine. En règle générale, les bouchons agglomérés les plus traditionnels possèdent les caractéristiques commerciales suivantes :

- longueurs : 33, 35, 38, 41, 42, 44, 45 mm ;
- diamètres : 22,5 ou 23 mm ;
- biseau : 1,5 à 2 mm.

Cependant le bouchon aggloméré le plus commercialisé est de 38 x 23 mm. L'écart de diamètre de l'aggloméré par rapport au liège naturel renseigne sur la différence de densité entre les deux produits. Si son diamètre était de 24 mm, la compression du bouchon aggloméré puis son extraction de la bouteille, se feraient difficilement.

5. TRANSPORT, RECEPTION, STOCKAGE ET CONTROLE DES STOCKS

Dans les industries de bouchons agglomérés, il est habituel de posséder ses propres ateliers de broyage, toutefois si l'approvisionnement est insuffisant on fait souvent appel à des fournisseurs de granulés.

Le transport du granulé s'effectue de diverses manières. Traditionnellement on utilise des sacs de taille variable qui facilitent le transport dans des remorques ou dans des camions. Les étiquettes des emballages spécifient les caractéristiques du contenu convenues lors de la commande (nom du fabricant, destinataire, date de fabrication, poids net, granulométrie).

La réception du granulé implique un contrôle de routine de l'humidité désirée pour déterminer le procédé. Ceci, dans le cas où le granulé réceptionné posséderait une humidité supérieure à celle désirée. Il faudra alors amener les granulés au séchoir. Un bon contrôle, lors de la réception, implique aussi la détermination de l'apparente densité du granulé et de sa granulométrie afin d'harmoniser les caractéristiques avec la matière première.

Les granulés, jusqu'au moment du mélange, sont stockés dans des silos différents pour chaque catégorie. Une fois le mélange réalisé, on ne peut pas effectuer un stockage massif, il faut juste la quantité nécessaire pour alimenter le réservoir de l'extruseuse et les moules, et faire face à la demande. La raison est claire, la colle pourrait s'activer avant le compactage et l'aggloméré perdrait toute cohésion. Pour cela, dés la réalisation du mélange, les fabricants indiquent un délai maximum d'utilisation. Ce laps de temps peut aller de 2 à 4 heures, en fonction de la température et de l'humidité du milieu ambiant.

Une fois le liège aggloméré obtenu, il faut attendre une période pour sa stabilisation. Ce stockage intermédiaire pourra se réaliser dans des cages ventilées ou dans des sacs jusqu'à ce que le mélange soit fin prêt à être usiné. Ce stockage est géré suivant la méthode premier entré, premier sorti (FIFO), s'assurant, ainsi, que toute production a bien respecté la période de stabilisation.

6. MACHINES UTILISEES DANS LA FABRICATION DU BOUCHON AGGLOMERE

En liaison avec les points soulevés ci-dessus, un contrôle de routine des caractéristiques du bouchon nous permet de connaître l'état des machines avec lesquelles nous travaillons.

Dans ce chapitre nous évoquerons, sommairement, le fonctionnement, la description, l'entretien et les problèmes des machines utilisées.

Mélangeur

Fonctionnement

- Cette machine réalise l'opération de mélange du granulé de liège avec d'autres composants afin d'obtenir une pâte susceptible d'être agglomérée. On inclut un agglomérant (colle de polyuréthanne), un agent élastique (latex) et un lubrifiant (paraffine).
- On introduit les éléments par un orifice supérieur et des pales métalliques hélicoïdales commencent à tourner.

Description

- Récipient de mélange.
- Pales giratoires.
- Moteur à mouvement rotatif.
- Support.

Entretien

- Graissage des parties articulées.
- Nettoyage des éléments en contact avec la pâte de granulés et la colle. Il faut aussi éviter d'obstruer la sortie du mélangeur. Les grumeaux de colle et/ou certains autres agents, en s'éliminant, pourraient former un obstacle.

Problème

- Une consistance de l'aggloméré déficiente ou une simple dégradation, est symptôme d'un manque de liaison entre les composants dans le mélangeur, ou un composant manque de cohérence.

Extruseuse

Fonctionnement

- Comme on l'a décrit dans l'alinéa 2 de ce chapitre, le matériau mélangé est placé dans la trémie de la machine et tombe dans la chambre de compression où, un piston le pousse vers l'extérieur tout en le comprimant.

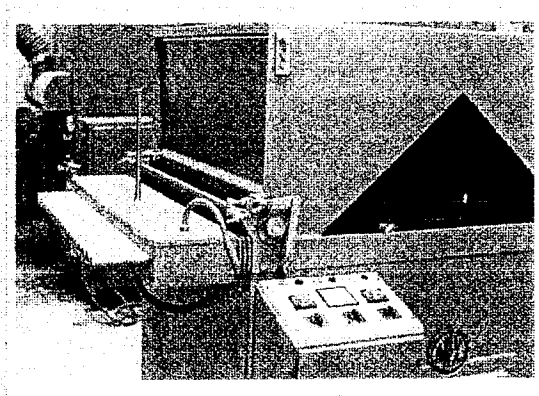


Figure 3.17 : Détail de la trémie, contrôles, système de réchauffement et tubes de sortie de l'extruseuse

Description

- Chassis
- Trémie d'alimentation du mélange.
- Mouvement hydraulique ou mécanique au moyen du moteur électrique du piston.
- Chambre de compression et tube.
- Système de réchauffement par résistance.

Entretien

- Le graissage des pièces articulées.
- L'élimination des grumeaux à la sortie ou à l'intérieur de la machine.

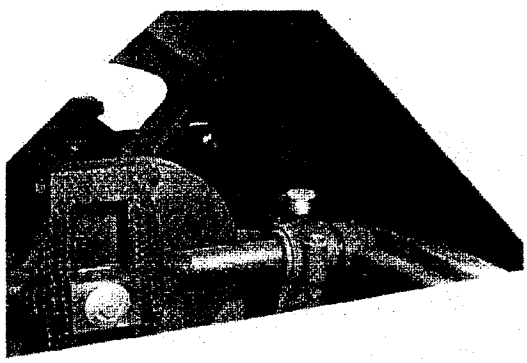


Figure 3.18 : Détail du système mécanique du poussoir à piston de l'extruseuse

Problèmes

- L'aggloméré qui se désagrège peut provenir d'une température déficiente du mélange ou d'une mauvaise température dans la chambre de compression. Il sera nécessaire de contrôler ce paramètre, généralement indiqué par les fabricants, afin que se produise une complète activation de la colle.
- Il faut aussi vérifier le diamètre des boudins. S'il est inférieur au diamètre de la chambre ou du moule, cette diminution peut être causée par les impuretés entreposées dans la partie interne qu'il faudra immédiatement éliminer.

- Si le mélange reste trop longtemps dans la chambre ou dans le moule, l'aggloméré aura une couleur grillée. On n'obtiendra pas les conditions optimales de travail et il faudra jeter la partie affectée de l'aggloméré.

Machine à moulage individuel

Fonctionnement

- Comme nous l'avons déjà précisé plus haut, le matériau mélangé se dépose dans chaque moule, aidé par un piston qui pousse la pâte vers le moule qui lui-même se déplace vers une chaudière.

Description

- Chassis.
- Trémie pour mélange.
- Mouvement hydraulique automatique des moules.
- Moule.
- Système de déplacement automatique des moules.
- Chaudière

Entretien

- Graissage des pièces articulées.
- Elimination des grumeaux et nettoyage de la machine.

Problème

- Une température déficiente du mélange dans la chaudière ou une altération des composants peuvent causer la dégradation de l'aggloméré.

Machine pour la finition

Elle est décrite plus loin et nous pourrons alors énumérer certains problèmes du bouchon aggloméré et leurs éventuelles causes.

S'il y a des erreurs dans les dimensions du bouchon, il faut vérifier la distance et l'état des bandes qui rectifient les têtes et de celles qui effectuent le chanfreinage. En général une mauvaise finition des superficies poncées suppose une usure des bandes.

Pour finir, l'opérateur doit surveiller le bon fonctionnement des différents éléments des machines. Beaucoup d'entre eux sont soumis à de fortes vibrations des machines mécaniques ou à l'usure comme : le vibreur, les bandes ponceuses, les ventilateurs, les vis qui relient la trémie et les vibreurs, les pistons, la chambre d'extrusion, etc.

TRAVAUX PRATIQUES

- **Préparer les machines et les produits auxiliaires pour l'application de la fabrication de bouchons de liège aggloméré.**
- **Fabriquer des boudins de liège aggloméré.**
- **Retoucher et découper les boudins pour obtenir des bouchons de liège aggloméré.**
- **Fabriquer des bouchons par moulage individuel et extrusion.**
- **Ajustement, entretien et nettoyage des machines et des outils utilisés.**

CHAPITRE 3

FABRICATION DE BOUCHONS POUR VINS MOUSSEUX

CONTENUS

a) Thèmes:

- Description du bouchon pour vins mousseux.
- Installations de base et procédés de fabrication.
- Fabrication des rondelles/disques de liège naturel. Rendements.
- Fabrication et finition du bouchon.
- Caractéristiques et entretien des machines.

b) Méthodologie:

- Identification des principales caractéristiques du bouchon pour vins mousseux.
- Application des techniques appropriées à chaque étape de la fabrication de bouchons pour vins mousseux.
- Analyse de l'aptitude et de la sélection des matériaux à utiliser pour la fabrication de bouchons pour vins mousseux.
- Planification des tâches.
- Evaluation, identification et application des solutions techniques utilisées dans la fabrication de bouchons pour vins mousseux.
- Application des contrôles nécessaires pour obtenir une qualité optimum durant le procédé de fabrication de bouchons pour vins mousseux.
- Interprétation précise des normes de fonctionnement des installations industrielles.

c) Attitudes:

- Essayer d'obtenir une vision globale des diverses étapes du procédé de fabrication de bouchons pour vins mousseux.
- Responsabilité et attitude positive par rapport à la bonne utilisation des différentes installations, machines et outils et au respect des normes de sécurité.
- Disposition favorable pour arriver à mener de front toutes les activités désignées dans un objectif de production (dans ce cas le bouchon pour vins mousseux).
- Motivation pour réaliser le travail de façon autonome et responsable.

1. DESCRIPTION DU BOUCHON POUR VINS MOUSSEUX

Les vins mousseux sont ceux qui connaissent au cours de leur fabrication une émanation gazeuse de dioxyde de carbone (CO_2), conséquence d'une fermentation. Dans la bouteille, ces vins produisent une pression intérieure de l'ordre de 4 à 5 kg/cm².

A partir du moment où ils sont embouteillés, ces vins doivent maintenir la pression jusqu'à leur consommation. Pour cette raison, les bouchons sont différents de ceux utilisés pour le bouchage des vins tranquilles non gazéifiés.

La forme est celle d'un cylindre droit dont les dimensions sont : 46 mm de hauteur par 30 mm de diamètre.

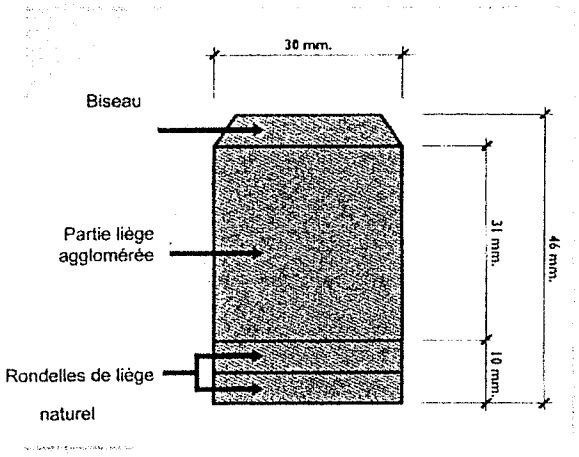


Figure 3.19 : Bouchon pour vins mousseux

Ils possèdent un biseau sur une des bases. Celui-ci est nécessaire pour indiquer aux machines à embouteiller automatiques la position dans laquelle les bouchons doivent être introduits correctement dans les bouteilles.

La nécessité de fabriquer des bouchons pour vins mousseux en aggloméré est due à la spécificité de son poids élevé, supérieur à celui du bouchon de liège naturel dont la valeur atteint environ 300 kg/m^3.

Cette haute valeur du poids spécifique fait que la force du bouchon contre les parois du goulot des bouteilles est si élevée, qu'il est capable de retenir le gaz CO_2 que contient le vin durant une période d'embouteillage supérieure à deux ans. Le bouchon est le garant de la qualité et de la saveur du vin mousseux embouteillé.

Ces bouchons sont composés d'une partie en aggloméré et d'une rondelle de liège naturel. Celle-ci en contact avec le vin embouteillé évite ainsi une éventuelle contamination du vin par la colle contenue dans la partie en aggloméré.

2. INSTALLATIONS DE BASE ET PROCEDES DE FABRICATION

L'entreprise qui réalise la fabrication et la finition de bouchons pour vins mousseux doit posséder des bâtiments, des machines et tout autres installations qui seront fonction du matériau utilisé dès le début de la fabrication.

On va décrire, ici, une industrie de fabrication des rondelles qui achète à une autre entreprise les « boudins » d'aggloméré (voir figure 3.20 et 3.21).

L'entreprise doit donc posséder les moyens suivants :

Matières premières

- Des ballots de liège mince.
- Des bandes de liège aggloméré.
- Des « boudins » : manchons de liège aggloméré.

Bâtiments

- Hangar industriel couvert.
- Bureaux.
- Services hygiéniques.

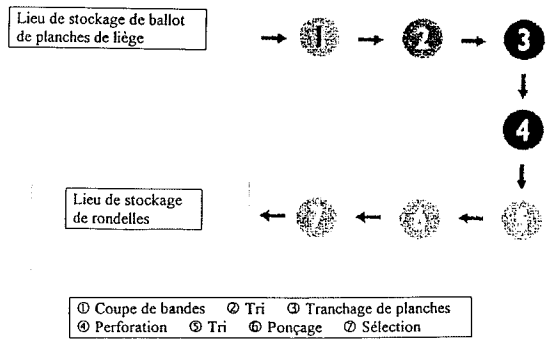


Figure 3.20 : Schéma général de fabrication de rondelles

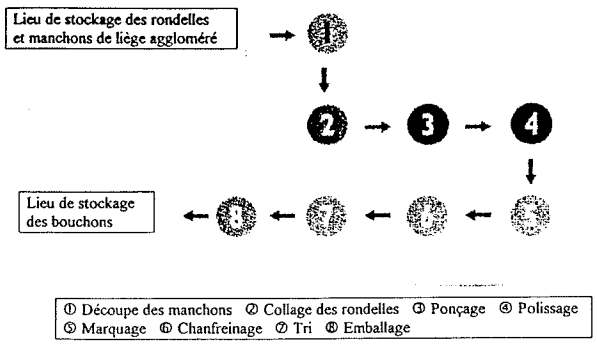


Figure 3.21 : Schéma de fabrication du bouchon pour vins mousseux

Installations

- Electricité basse tension.
- Eau et borne incendies.
- Air comprimé.
- Extraction et récupération de la poussière.
- Transport pneumatique.
- Stockage des bouchons.
- Moyens de transport intérieur.

Machines

- Machine à découper.
- Table tournante.
- Machine à découper les bandes.
- Perforeuse de rondelles.
- Trieuse.
- Ponceuse pour rondelles.
- Machine pour classer les rondelles.
- Colleuse : cylindres/rondelles.
- Ponceuse pour les têtes.
- Ponceuse pour les roules.
- Machine pour biseauter.
- Marqueuse au feu.
- Machine pour satiner.
- Tapis pour triage manuel des bouchons.
- Machine pour compter les bouchons.
- Machine pour ensacher les bouchons.
- Machine pour empaqueter les sachets dans des cartons.

Autres produits

- Colles.
- Emporte-pièce.
- Pierre pour aiguiser.
- Bandes et pierres abrasives.
- Sacs pour stockage.
- Sacs en polyéthylène.
- Cartons.

Equipement pour le contrôle de la qualité

- Calibres.
- Balances.
- Poêles.
- Thermomètres.
- Hygromètre.

3. FABRICATION DES RONDELLES OU DISQUES DE LIEGE NATUREL. RENDEMENTS

Les rondelles ou disques de liège naturel utilisés pour la fabrication de bouchons pour vins mousseux s'obtiennent à partir de planches de liège naturel dont le calibre est inférieur à 11 lignes (une ligne = 2,25 mm), c'est-à-dire à 25 mm et dont la qualité est comprise entre la 1ère et la 5ème catégorie.

La motivation principale d'utiliser ce type de liège est purement économique. Il ne sert pas pour la fabrication de bouchons de vins tranquilles et son prix au kg est donc inférieur.

La forme des rondelles de liège est celle d'un cylindre droit, semblable à une pièce de monnaie dont les dimensions sont de 5 à 6 mm pour la hauteur et de 30 à 34 mm pour le diamètre.

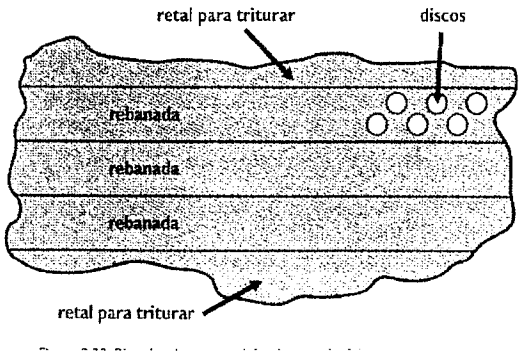


Figure 3.22 : Planche de liège mince pour la fabrication de rondelles

Pour fabriquer des rondelles de liège, on réalise les étapes suivantes :

a) Découpage des planches de liège

Cette découpe se réalise avec des machines similaires à celles utilisées pour la fabrication du bouchon de liège naturel de vins tranquilles. La largeur atteint 80 mm, l'épaisseur et la longueur dépendront des dimensions de la planche.

b) Obtention des bandes sans croûte ou liège mince

Cette opération se réalise avec une machine à découper. On découpe des bandes de liège de 6 mm d'épaisseur sans la partie extérieure, ni la partie intérieure du liège. Ces bandes appelées liège mince ou qualité champagne ont une largeur de 80 mm, une épaisseur de 6 mm et une longueur qui correspond à une planche de liège.

Les bandes dont l'épaisseur n'est pas de 5 à 6 mm ou celles qui possèdent quelques zones avec un peu de croûte ou un peu de ventre, seront considérées comme défectueuses et ne s'utiliseront pas pour perforer les rondelles.

c) Perforation du liège mince

Une fois les bandes de liège de 80 mm de largeur et de 5 à 6 mm d'épaisseur obtenues, on les introduit dans la perforeuse. Cette machine comprend plusieurs lames cylindriques qui tournent et perforent rapidement les bandes. On obtient les rondelles de liège naturel aux dimensions voulues.

Les lames cylindriques sont plus connues sous le nom d'emporte-pièce et ressemblent à celles utilisées pour les bouchons de liège naturel.

La perforation des bandes se réalise en quinconce (voir figure 3.22) et ce pour maximiser le nombre de rondelles.

Les morceaux de liège et les bandes défectueuses non utilisés pour les rondelles partent à la trituration dans le but de fabriquer des granulés de liège pour l'aggloméré.

d) Tri manuel et visuel des rondelles

Les rondelles obtenues doivent être triées. Un choix manuel et visuel permet de mettre de côté les rondelles qui suivront le procédé normal d'usinage.

Le choix portera sur les rondelles dont la forme est complètement cylindrique ou avec des défauts inférieurs à 1 mm.

Seront écartées toutes les rondelles dont la superficie aura des traces de croûte ou de « ventre » de liège. Une fois sélectionnées, elles seront poncées. Les rondelles défectueuses seront utilisées pour la trituration et donneront des granulés pour l'aggloméré.

e) Ponçage des rondelles obtenues.

Les deux faces des rondelles sélectionnées sont poncées. Le ponçage se réalise grâce à des pierres abrasives circulaires, en forme de meules parallèles, séparées par un espace de 4 à 5 mm (épaisseur définitive qu'auront les rondelles).

Cette opération est nécessaire pour obtenir des rondelles aux faces planes et parallèles qui faciliteront le collage aussi bien entre elles, qu'entre les rondelles et la partie agglomérée.

C'est ce procédé qui génère le plus de poussière, conséquence de l'abrasion. Celle-ci est aspirée par des extracteurs et transportée pour une utilisation ultérieure.

Généralement, la poussière est brûlée et permet d'alimenter les chaudières.

f) Classification des rondelles

Une fois les rondelles sélectionnées et les deux faces poncées, on procède à leur classification. Les rondelles seront classées suivant les mêmes critères que ceux des bouchons de liège naturel, en 5 catégories : 1ère, 2ème, 3ème, 4ème et 5ème, mais les entreprises actuelles ont plutôt l'habitude de n'en utiliser que 3 : 1ère, 2ème et 3ème (voir figure 3.23).

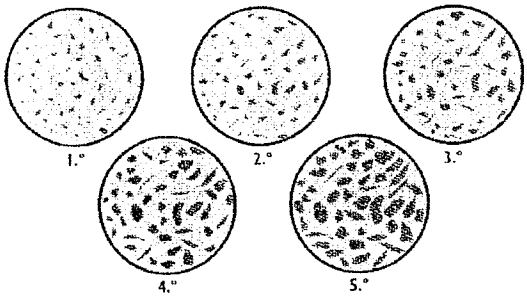


Figure 3.23 : Rondelles de liège naturel. Qualités.

Les rondelles appartenant à la 1ère et 2ème catégorie serviront pour la partie extérieure du bouchon et en contact avec les vins mousseux.

Il est toujours facile de différencier les deux faces des rondelles. La meilleure qualité d'une face est constituée de liège naturel. Une machine automatique détecte la meilleure face et marque l'autre face au fer chaud. Une fois les rondelles répertoriées par classe on procède à l'emballage.

g) Emballage des rondelles

Les rondelles sélectionnées sont emballées dans des sacs de raphia doublés de polyéthylène perforé. Elles seront ainsi transportées sur le lieu du collage. Si ce transport se fait automatiquement, on alimentera les trémies pour le collage au manche.

Les sacs sont composés de raphia doublés (résistance) de polyéthylène perforé (assure une bonne respiration).

Rendements

Le rendement du liège mince utilisé pour la fabrication de rondelles/disques destinés aux bouchons de vins mousseux, est de 20%. C'est-à-dire, que pour 100 kg on obtient 20 kg de rondelles. Les 80 kg de liège restants, sont triturés pour produire des granulés destinés à la fabrication d'agglomérés.

Si nous considérons que le poids moyen d'une rondelle est de 1 gr, on peut estimer que dans 1 kg de liège mince on obtient 200 rondelles de 34 mm de diamètre et de 6 mm d'épaisseur.

Durant le procédé de fabrication, il faut réaliser les contrôles de qualité suivants :

- Contrôle de qualité de l'affûtage des lames, chaque heure.
- Contrôle des dimensions : largeur et épaisseur des bandes de liège mince, chaque heure.
- Contrôle de l'épaisseur et de la finition des rondelles lors du ponçage des faces, chaque demi-heure.
- Contrôle et ajustement de la machine automatique de sélection des rondelles, chaque heure.

4. FABRICATION ET FINITION DU BOUCHON

Dès que les rondelles de liège naturel et les manchons du bouchon sont obtenus, on réalise les dernières opérations qui donneront le bouchon pour vins mousseux. Ces opérations sont les suivantes :

a) Collage des rondelles au manchons aggloméré

Cette opération permet de réaliser le collage entre le manchon et les rondelles au moyen de colles appropriées. La colle est appliquée sur les faces planes. Celles-ci sont maintenues unies durant le temps nécessaire pour que le collage soit correct. Normalement, on applique simultanément, de l'air chaud pour réduire le temps de collage, les colles durcissant avec la chaleur.

Lors de cette phase, on colle deux rondelles de liège naturel sur le manchon d'aggloméré. Les rondelles se placeront de manière à ce que celle de meilleure qualité soit à l'extérieur du bouchon, c'est-à-dire en contact avec le vin.

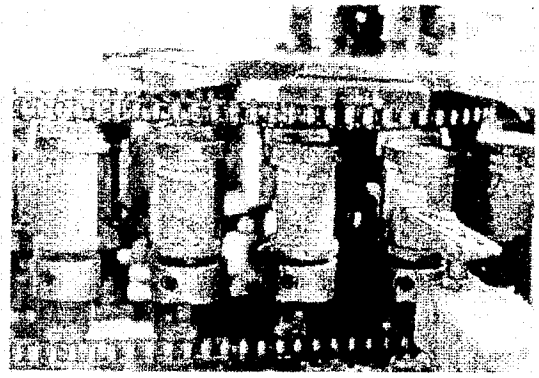


Figure 3.24 : Collage

Figure 3.25 : Collage

b) Repos et stabilisation des bouchons

L'apport de colle, d'air chaud et de pression sur le bouchon obtenu, produisent à l'intérieur de celui-ci des tensions qui ont tendance à faire augmenter la longueur qui avait été comprimée lors du collage. Pour éviter que ces opérations fassent varier les dimensions du bouchon terminé, un stockage est réalisé dans des cages ventilées pour assurer une bonne aération et permettre une stabilisation des dimensions. De cette façon, on pourra réaliser les opérations de finition, plus tard. Ce temps de repos, va de 7 à 14 jours, tout dépend de la période où cette opération est faite. En été le temps de séchage est plus rapide qu'en hiver.

c) Ponçage des surfaces cylindriques

Les bouchons obtenus possèdent un diamètre irrégulier, à cause des manches et des rondelles qui n'ont pas un diamètre identique, mais aussi à cause d'une possible erreur lors du collage de ces deux pièces. Il est donc nécessaire de réaliser un ponçage de cette surface pour la rendre lisse et uniforme.

Le ponçage se réalise avec des ponceuses (ou « lijadoras de costado » en Castillan). Une bande abrasive plate réduit le diamètre jusqu'à ce qu'il atteigne 30 mm. La poussière dégagée sera aspirée. Cette opération permet une précision de $\pm$ 0,5 mm.

d) Ponçage des surfaces planes

Pour obtenir les dimensions correctes du cylindre, il faut finir par les surfaces planes. Cette opération consiste à poncer les deux bases du cylindre jusqu'à obtenir une longueur d'environ 46 mm.

La machine qui permet cette opération se compose de 2 bandes ponceuses plates et parallèles. Le bouchon qui passe entre elles deux est poli. On obtient ainsi une longueur de 46 mm qui sera la dimension finale. La poussière obtenue est aspirée de façon analogue.

e) Chanfreinage

Le chanfreinage des bouchons de vins mousseux est réalisé pour que les machines à embouteiller automatiques puissent placer correctement le bouchon : rondelles en contact avec le vin mousseux. Ces machines possèdent une bande abrasive plane et inclinée à 45° par rapport à l'axe de rotation du bouchon. Les bouchons passent en tournant sur un guide à hauteur de la bande et celle-ci provoque le chanfreinage d'une des faces.

Pour que le chanfrein se situe bien sur la face du manche, les bouchons seront tous placés dans la même position pour éviter aussi que cette opération ne touche les rondelles de liège naturel.

Figure 3.26 : Trémie d'alimentation de bouchon marqué pour une détection optique

f) Marquage au feu

Les entreprises qui embouteillent les vins mousseux exigent que les bouchons qu'ils utilisent pour leurs vins soient marqués aux noms commerciaux de leur entreprise ou au nom du produit. Les fabricants doivent suivre les instructions de leurs clients et les marquer ainsi.

Le marquage des bouchons est réalisé par des machines qui utilisent le système du marquage au feu. Ce système consiste à mettre en contact la surface à marquer à une plaque d'acier soumise à haute température, proche de 250°. Cette température est obtenue par une flamme à gaz ou par une résistance électrique (effet Joule). Dans tous les cas, la figure ou le texte à marquer sur le bouchon sont gravés en relief sur la plaque d'acier et quand la température adéquate est atteinte, on approche le bouchon. Si la surface à marquer est cylindrique, on fait tourner le bouchon sur la plaque et s'il s'agit de la base du bouchon on l'approche le temps nécessaire pour être marqué.

g) Satinage

Les bouchons sont traités avec un produit satiné qui facilitera le bouchage mécanique, augmentera l'étanchéité et maintiendra la pression intérieure de la bouteille. Ce traitement s'applique sur la surface cylindrique et sur la moitié inférieure du bouchon qui entre dans le goulot de la bouteille.

Généralement, le produit utilisé est une paraffine ou vaseline qui a température ambiante est solide et qui s'applique à l'état liquide après l'avoir fait fondre en la chauffant.

h) Choix, comptage et empaquetage

A la fin, on réalise une sélection visuelle des bouchons sur des tapis de triage. Tous les bouchons circulent sur un tapis sur lequel ils tournent lentement afin de pouvoir mieux inspecter l'état de toutes leurs faces. Les opérateurs écartent ceux qui présentent des défauts de fabrication.

Les bouchons classés sont comptés grâce à des machines automatiques et emballés dans des sacs de PVC ou polyéthylène par 500 ou 1000 unités selon les commandes des clients. Les sacs sont placés dans des cartons. Leur poids total ne doit pas dépasser 15/20 kg afin de faciliter leur manipulation.

Le bouchon fabriqué suivant les phases décrites ci-dessus pèse entre 7 et 8 gr.

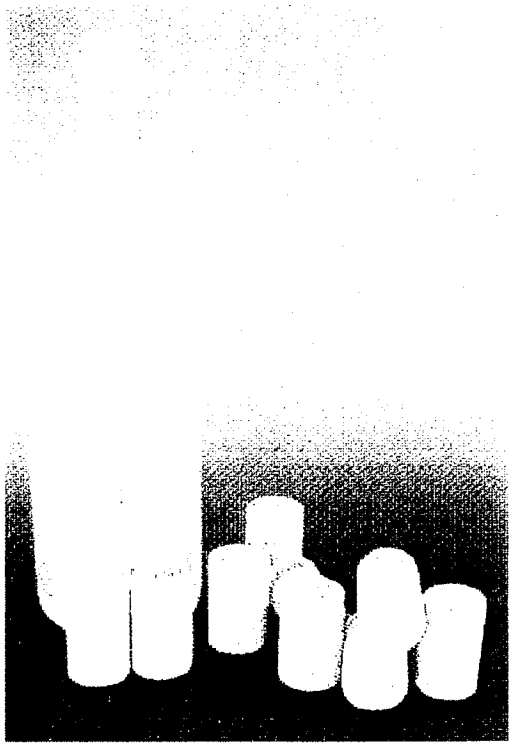


Figure 3.27 : Bouchons finis

i) Contrôle de qualité lors du procédé de fabrication

- Contrôle visuel de qualité des rondelles, des cylindres et des manchons d'agglomérés avec 1% des unités à consommer.
- Contrôle de qualité dans le dosage de la colle et le collage en machine, toutes les heures.
- Contrôle de qualité des dimensions des bouchons dans les machines à poncer (faces et roules), toutes les heures.
- Contrôle de qualité de la finition des surfaces poncées, toutes les heures.
- Contrôle de qualité des dimensions du chanfreinage, toutes les heures.
- Contrôle de qualité de la finition lors du marquage au feu, toutes les heures.
- Contrôle de qualité du satinage : dosage et surface, toutes les heures.
- Contrôle de l'humidité des bouchons, toutes les heures.

5. CARACTERISTIQUES ET ENTRETIEN DES MACHINES

Machine à découper « rebanadora » en Castillan

Fonctionnement

- Les planches de liège naturel passent manuellement par une lame circulaire à affûtage continu, qui s'appuie sur un guide. La largeur obtenue est de 80 mm. Les planches sont découpées du côté le plus long. Cette opération se répète sur toute la planche. Les chutes iront à la trituration.

Description

- Châssis d'acier.
- Table d'appui pour les planches avec guide d'appui réglable.
- Lame circulaire avec disque d'acier et à affûtage continu.
- Moteur électrique pour actionner la lame.

Entretien

- Graissage des parties articulées.
- Réglage correct de la pierre d'affûtage de la lame.
- Réglage du guide d'appui de la planche.

Production

- 800 à 1 500 bandes/heure.

Trancheuse « laminadora de rebanadas » en Castillan

Fonctionnement

- Les bandes obtenues sont coupées au moyen d'une lame circulaire du côté de la croûte ou ventre afin de l'éliminer. Ensuite, on coupe suivant l'épaisseur des rondelles, environ 6 mm, et ce jusqu'à la fin de la planche. Il faudra éliminer toutes traces de partie intérieure. Ainsi, on obtiendra des bandes de liège naturel de 80 mm de largeur, de 6 mm d'épaisseur et de la longueur de la planche.

Description

- Châssis d'acier.
- Lame circulaire avec disque d'acier et affûtage continu.
- Table d'appui et guides latéraux.
- Mécanisme d'alimentation.
- Moteur électrique pour actionner la lame.

Entretien

- Graissage des parties articulées.
- Réglage des pierres d'affûtage de la lame.
- Réglage du mécanisme d'alimentation.
- Réglage de la lame pour l'épaisseur de la feuille.

Production

- 1 500 à 2 000 feuilles/heure.

Machine à perforer les rondelles

Fonctionnement

- Les feuilles obtenues passent par des guides qui au moyen d'un mécanisme d'alimentation intermittent, sont perforées par des emporte-pièce du diamètre des rondelles désiré. La perforation se réalise au moment où la feuille est immobile. Cette action est simultanée grâce à trois ou quatre emporte-pièce en quinconce pour obtenir un nombre maximum de pièces.

Description

- Châssis d'acier.
- Mécanisme d'alimentation intermittent.
- Table avec guide.
- Emporte-pièce à perforation giratoire avec extracteur de rondelles.
- Moteur électrique pour actionner les emporte-pièce et mécanisme intermittent d'alimentation.

Entretien

- Graissage des parties articulées.
- Réglage de la pression du mécanisme intermittent d'alimentation.
- Remplacement des emporte-pièce défectueux.

Production

- 2 000 à 3 000 rondelles/heure.

Tapis d'entraînement des rondelles

Fonctionnement

- Lors de la perforation on aura un nombre élevé de rondelles défectueuses : peu circulaires, parties avec croûte, etc. Pour cette raison il est indispensable d'effectuer une sélection manuelle. Les rondelles perforées circulent sur un tapis plat, roulant qui avance à la vitesse de 4 à 6 m/minute, les rondelles écartées partent pour la trituration.

Description

- Trémie d'alimentation.
- Support du tapis roulant.
- Tapis en caoutchouc flexible de 5 m de long par 500 mm de large.
- Eclairage.

Entretien

- Graissage des parties articulées.
- Contrôle des disques.
- Contrôle de l'éclairage.

Production

- La production est en relation directe avec le nombre d'opérateurs qui réalisent la sélection (3 à 5 opérateurs donnent 2 000 à 3 000 rondelles/heure).

Ponceuse des rondelles

Fonctionnement

- Les bonnes rondelles sélectionnées vont être poncées. Elles passent entre deux pierres abrasives séparées par une distance initialement choisie, environ 5 mm. Un disque à mouvement giratoire métallique les fait passer entre les pierres. Les deux faces sont poncées afin d'obtenir l'épaisseur désirée.

Description

- Châssis d'acier.
- Trémie d'alimentation.
- Tube pour la chute des rondelles.
- Disque métallique pour l'alimentation.
- Pierres abrasives à mouvement giratoire.

- Moteur électrique pour actionner le disque métallique et les pierres abrasives.

Entretien

- Graissage des parties articulées.
- Réglage de la distance entre les pierres.

Production

- 10 000 à 12 000 rondelles/heure.

Machine automatique à sélectionner les rondelles

Fonctionnement

- Les rondelles sélectionnées passent sous une caméra vidéo qui capte et analyse l'image des deux faces planes. Suivant les zones foncées qui apparaissent un système de tri les dirige vers 3 ou 5 sorties.
- Les rondelles de 1ère qualité sont marquées au feu sur la face la plus défectueuse, afin qu'elle soit collée au manche et ne soit pas en contact avec le vin. Les autres rondelles seront utilisées comme rondelles intermédiaires sur le bouchon.

Description

- Châssis d'acier.
- Trémie d'alimentation.
- Caméra vidéo de surveillance.
- Programme informatique.
- Eclairage.
- Sorties de classification.

Entretien

- Graissage des parties articulées.
- Réglage de l'éclairage.
- Contrôle du système informatique.
- Nettoyage du système d'éclairage.

Production

- 1 500 à 2 000 rondelles/heure.

Colleuse rondelles/cylindres aggloméré

Fonctionnement

- Cette machine réalise l'opération de collage entre les rondelles de liège naturel et le cylindre aggloméré. Deux ou trois rondelles sont collés au cylindre. La meilleure face de la rondelle sera en contact avec le vin. L'opération consiste à appliquer un adhésif ou une colle sur la face du cylindre et des rondelles à unir. Plus tard on les pressera pour que la colle durcisse et qu'elle adhère. La colle utilisée doit être à prise rapide pour que le temps de pressage soit le plus court possible.

Description

- Châssis d'acier.
- Trémie d'alimentation de rondelles.
- Trémie d'alimentation des cylindres d'aggloméré.
- Réservoir de colle.
- Applicateur doseur de colle.
- Presse continuelle multiple.
- Sortie du bouchon collé.
- Moteur électrique pour actionner les rondelles et les cylindres.

Entretien

- Graissage des parties articulées.
- Réglage du doseur de colle.
- Réglage de la pression.

Production

- 1 000 à 1 500 bouchons/heure.

Machine à poncer les faces

Fonctionnement

- Cette machine réalise le ponçage des faces planes des bouchons jusqu'à ce qu'ils atteignent leur taille définitive. De plus, les faces ainsi obtenues sont lisses et parallèles. Les bouchons passent entre deux bandes abrasives, séparées par une distance qui sera celle du bouchon final. Les bandes poncent le liège générant ainsi de la poussière qui pourra être essentiellement utilisée comme source d'énergie.

Description

- Châssis d'acier électrosoudé.
- Réservoir d'alimentation.
- Système d'approvisionnement.
- Bande abrasive.
- Moteur électrique qui actionne les bandes abrasives ainsi que le système d'approvisionnement.

Entretien

- Graissage des parties articulées.
- Réglage de la distance entre les bandes abrasives.
- Remplacement des bandes abrasives.

Production

- 4 000 à 5 000 bouchons/heure.

Machine à poncer les roules

Fonctionnement

- Cette machine ponce la superficie des bouchons appelée roule, permettant d'obtenir une finition extérieure lisse et totalement cylindrique ainsi que le diamètre désiré. Les bouchons entrent en contact avec une bande abrasive. Lors de cette opération le diamètre du bouchon est réduit d'environ 1 mm.

Description

- Châssis électrosoudé.
- Réservoir d'alimentation.
- Tube d'approvisionnement.
- Bande abrasive.
- Moteur électrique qui actionne la bande abrasive.

Entretien

- Graissage des parties articulées.
- Réglage de la pression du bouchon contre la bande abrasive.
- Remplacement de la bande abrasive.

Production

- 1 500 à 2 000 bouchons/heure.

Machine à chanfreinage

Fonctionnement

- Cette machine réalise le chanfrein du bouchon sur la face du cylindre aggloméré, partie hors de la bouteille. On fait rouler les bouchons entre des guides sur une surface plane. Une face des guides est munie d'une bande qui réalise le chanfrein avec une inclinaison de 45° et d'environ 5 mm de longueur. La poussière de liège est aspirée.

Description

- Châssis d'acier.
- Trémie d'alimentation pour les bouchons.
- Table plate avec guides.
- Bande abrasive.
- Tapis d'alimentation.
- Moteur électrique actionnant la bande ponceuse et le système d'alimentation en bouchons.

Entretien

- Graissage des parties articulées.
- Réglage de la bande abrasive.
- Réglage de la vitesse de l'alimentation des bouchons.
- Remplacement des bandes abrasives.

Production

- 1 500 à 2 000 bouchons/heure.

Marqueuse au feu

Fonctionnement

- Cette machine réalise le marquage au feu des bouchons (habituellement les surfaces planes). On met en contact la face du bouchon avec une surface métallique gravée en relief, à une température d'environ 300°C. Le relief de la plaque brûle le bouchon et grave le dessin ou le texte.

Description

- Châssis d'acier.
- Trémie d'alimentation.
- Plaque d'acier pour imprimer.
- Installation à gaz.
- Moteur électrique pour actionner l'alimentation.

Entretien

- Graissage des parties articulées.
- Réglage de la température de la plaque.
- Réglage de la pression de la plaque sur le bouchon.

Production

- 2 000 à 2 500 bouchons/heure.

Machine à satiner

Fonctionnement

- Les bouchons passent sur un rouleau métallique imprégné d'une cire ou paraffine qui imprègne le bouchon qui roule sur cette surface. La partie cylindrique du bouchon est satinée juste sur la moitié inférieure, partie qui pénètre dans le goulot de la bouteille. Cela permet une meilleure étanchéité lors de l'embouteillage.

Description

- Châssis d'acier.
- Réservoir d'alimentation du produit.
- Rouleau pour appliquer le produit.
- Rouleau pour alimenter en bouchons.
- Moteur électrique pour actionner les rouleaux.

Production

- 1 500 à 2 000 bouchons/heure.

Tapis pour triage manuel des bouchons

Fonctionnement

- Un tapis en mouvement transporte les bouchons. Les opérateurs réalisent une sélection manuelle en écartant ceux qui présentent un défaut. Lors de ce tri, les défauts les plus fréquents proviennent généralement d'un mauvais marquage du bouchon, d'un mauvais collage ou encore d'un mauvais ponçage. Le tapis possède un mécanisme qui fait tourner lentement les bouchons afin de pouvoir bien visualiser et inspecter toute la surface cylindrique.

Description

- Support du tapis.
- Réservoir d'alimentation.

- Régulateur de bouchons.
- Eclairage.
- Moteur électrique pour actionner le tapis.

Production

- 1 500 à 2 000 bouchons/heure.

Machine à compter les bouchons

Fonctionnement

- Les bouchons circulent entre des sortes de rails longitudinaux inclinés. Une cellule photoélectrique détecte leur présence par une coupure électrique. De cette façon, un ordinateur reçoit les signaux de cette cellule et lorsque le nombre désiré est atteint, le doseur attend un nouvel ordre. En général les bouchons sont comptés par 500 ou 1 000 et mis dans des sacs de polyéthylène.

Description

- Support d'acier électrosoudé.
- Réservoir d'alimentation pour les bouchons.
- Multiples rails inclinés.
- Cellules photoélectriques.
- Tapis.
- Moteur électrique pour actionner le doseur et le tapis.

Entretien

- Graissage des parties articulées.
- Nettoyage des cellules photoélectriques.
- Programmation du nombre de bouchons.

Production

- 15 000 à 20 000 bouchons/heure.

Machine à emballer les bouchons dans des sacs

Fonctionnement

- Cette machine réalise la fermeture des sacs de polyéthylène qui contiennent les bouchons comptés. La fermeture est réalisée par thermofusion du polyéthylène grâce à une résistance électrique. Au moment de la fermeture l'air du sac est aspiré afin de créer le vide. Par la même occasion, un gaz est injecté pour éviter le développement de micro-organismes dans les bouchons. Plus tard, les sacs scellés sont empaquetés dans des cartons résistants aux coups et à l'empilage.

Description

- Support.
- Résistance électrique.
- Machine créant le sous-vide.
- Machine à injection de gaz.

Entretien

- Réglage de l'intensité électrique.
- Réglage de la température de la résistance.

Production

- 30 à 40 sacs/heure.

TRAVAUX PRATIQUES

- Réaliser les opérations de base pour la préparation des machines et des installations.
- Obtenir des feuilles de liège.
- Perforation des feuilles pour obtenir des rondelles ou rondelles de liège naturel.
- Classification des rondelles de liège.
- Collage et pressage du cylindre d'aggloméré et des rondelles de liège naturel.
- Réglage, entretien et nettoyage du matériel utilisé.
- Réaliser les opérations de contrôle de qualité aussi bien sur les matières premières que sur les produits finis.

QUATRIÈME PARTIE

Finition du bouchon

de liège naturel

OBJECTIFS VISES

- Découvrir les transformations et les opérations de finition effectuées sur le bouchon de liège.
- Identifier les équipements et machines utilisés dans les travaux de finition du bouchon de liège.
- Effectuer les opérations les plus communes de finition sur le bouchon de liège.
- Analyser les différentes qualités des bouchons de liège au moment de la finition.
- Evaluer grâce à un contrôle de qualité l'efficacité de bouchage du bouchon de liège.
- Identifier et connaître les différentes phases de suivi du contrôle de qualité des bouchons de liège.
- Evaluer l'importance et l'influence du bouchage dans la maturation et la conservation des vins.
- Identifier les éléments fondamentaux du bouchage.
- Décrire la façon dont est réalisé le bouchage d'une bouteille et effectuer les opérations fondamentales.

CRITERES D'EVALUATION

- Décrire les installations servant à la réalisation de bouchons naturels.
- Identifier les opérations de fabrication de bouchons naturels.
- Connaître et déterminer les machines utilisées pour chacune des phases de réalisation de bouchons de liège naturel.
- Distinguer les bouchons de liège naturel en fonction de leur qualité.
- Réaliser les opérations de finition du bouchon de liège.
- Décrire les phases de suivi du contrôle de la qualité des bouchons de liège.
- Utiliser les équipements et les machines nécessaires au contrôle de qualité des bouchons.
- Réaliser les essais et démonstrations permettant de vérifier les propriétés des bouchons.
- Expliquer les objectifs de bouchage que l'on souhaite atteindre.
- Décrire les éléments intervenant dans le bouchage.
- Réaliser le procédés de bouchage des bouteilles de vin.

CHAPITRE 1

Finition du bouchon de liège naturel

CONTENUS

a) Thèmes:

- Description du bouchon naturel.
- Ressources et installations de base.
- Procédé de fabrication.
- Triage des bouchons de liège naturel.
- Rendements.
- Le bouchon couronne à tête plastique.
- Equipements et outils utilisés au cours de chaque phase.

b) Méthodologie:

- Analyse et détermination des installations de base nécessaires à la fabrication de bouchon de liège naturel.
- Analyse et application des principaux procédés de fabrication de bouchons.
- Utilisation des équipements de fabrication de bouchons de liège (fonctionnement, pièces, entretien et production).
- Distinction des différentes qualités du bouchon de liège.
- Evaluation des rendements quantitatifs et qualitatifs en fonction des lots de liège naturel

c) Attitudes:

- Avoir une vision globale des différentes phases de fabrication des bouchons de liège (connaissance de la fonction des équipements et des installations en fonction des objectifs à atteindre).
- Réaliser chronologiquement les activités, avec rigueur et propreté en respectant les instructions générales et en prévenant tout risque personnel.
- Respecter les normes d'utilisation et d'entretien des outils et du matériel employé.
- Reconnaître l'importance d'un environnement de travail sûr, ordonné, agréable ainsi que des conditions sanitaires.

1. DESCRIPTION DU BOUCHON DE LIEGE NATUREL

La fabrication du bouchon de liège naturel est une des plus anciennes manufactures que l'on connaisse. On l'obtient par perforation de planche de liège au moyen d'un emporte-pièce effectuant de nombreuses rotations par minute.

Sa forme géométrique la plus répandue est un cylindre droit dont les dimensions les plus courantes sont 44 mm de haut et 24 mm de diamètre (on peut également trouver des bouchons de 49 mm de haut).

On obtient le bouchon à partir de planches dites de liège à bouchon, la qualité du bouchon étant fonction de celle de la planche.

La perforation de la planche s'effectue selon le principe de base suivant : l'axe de symétrie du bouchon doit être parallèle au tronc de l'arbre. Pour fabriquer des bouchons de 24 mm de diamètre, les planches doivent avoir une épaisseur de 30 à 35 mm. Ainsi les pores de respiration du liège naturel sont perpendiculaires à l'axe et aucune fuite de vin ne se produit ensuite dans la bouteille.

2. RESSOURCES - INSTALLATIONS DE BASE

Pour les opérations de fabrication de bouchons naturels il faut appliquer les consignes suivantes :

Matières premières

- Bouchons de liège naturel « enrasse ».

Bâtiments

- Hangar industriel couvert.
- Bureaux.
- Services d'hygiène.

Installations

- Ligne électrique à basse tension.
- Plomberie et dispositifs anti-incendie.
- Air comprimé.
- Système d'aspiration des poussières.
- Transport par pneumatiques.
- Séchage des bouchons.
- Moyens de transport intérieurs.

Machines

- Machines à colmater.
- Trieuse automatique de bouchons.
- Ponceuse des têtes.
- Ponceuse des côtés.
- Lavage.
- Marquage au fer.
- Marquage à l'encre.
- Comptage des bouchons.
- Emballage des bouchons.

Matériels auxiliaires

- Colle et adhésif.
- Papier abrasif.
- Sacs en polyéthylène.
- Caisses en carton.
- Satinage.
- Gaz sulfureux..
- Marqueurs métalliques.

Equipements de contrôle de qualité

- Calibreuse.
- Fours de séchage.
- Bascules de précision.
- Thermomètres.
- Hygromètre.

3. PROCEDES DE FABRICATION

Au cours de la finition des bouchons, on réalise une série d'opérations. Celles-ci ne sont cependant pas toutes réalisées selon les caractéristiques du bouchon.

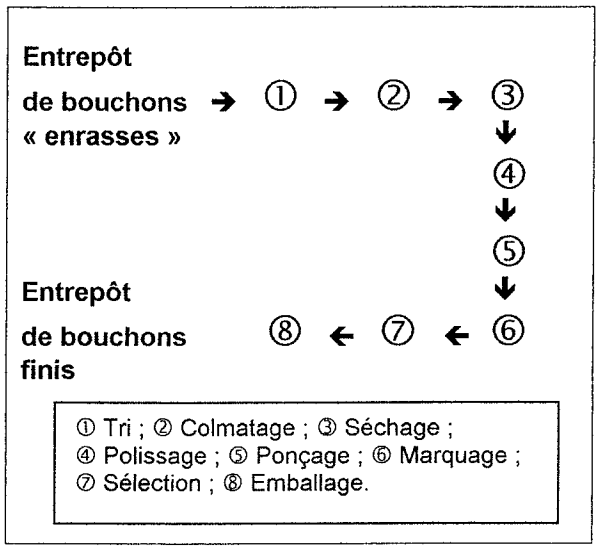


Figure 4.1 : Schéma général de finition du bouchon de liège naturel destiné aux vins tranquilles

a) Colmatage

Il s'agit d'un procédé de finition réalisé uniquement sur les bouchons de 5ème et 6ème catégorie de qualité. Cela consiste à mélanger à l'intérieur d'un cylindre ou d'un tambour, un nombre déterminé de bouchons avec de la colle spéciale et de la poussière de liège provenant du ponçage. Ce mélange, réalisé dans des proportions adéquates, est agité à l'intérieur du tambour pendant une heure, à une vitesse de 45 à 50 tours minute. Durant ce temps, le mélange de poudre de liège et de colle s'introduit dans les pores des bouchons et les remplit ; cela les durcit et change ainsi l'aspect extérieur ; cela améliore également leur étanchéité dans la bouteille.

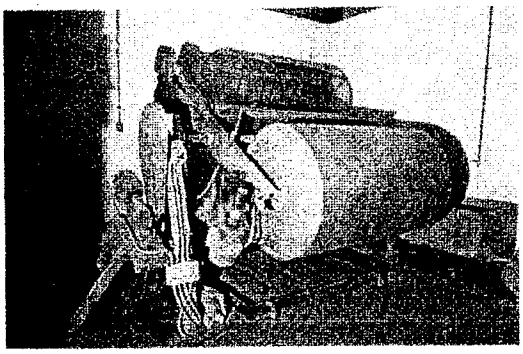


Figure 4.2 : Colmatage

Les bouchons ainsi obtenus peuvent subir plus tard les autres opérations de finition.

b) Séchage

Cela consiste à mettre les bouchons dans un four à l'intérieur duquel circule un courant d'air chaud de 80/90°C. Cela permet donc de sécher les bouchons humides et de faire redescendre le taux d'humidité aux alentours de 7 à 8%. Le temps nécessaire à ce séchage varie en fonction du nombre de bouchons, de la façon dont ils sont placés et de la température du four. S'ils sont placés sur plateaux sur lesquels circule aisément l'air chaud, le temps de séchage est considérablement réduit.

Le séchage des bouchons est important car il réduit d'une part le temps du ponçage et du polissage des têtes et d'autre part, il stabilise les dimensions du bouchon. Par ailleurs, les professionnels de l'embouteillage l'exigent car il en améliore la conservation.

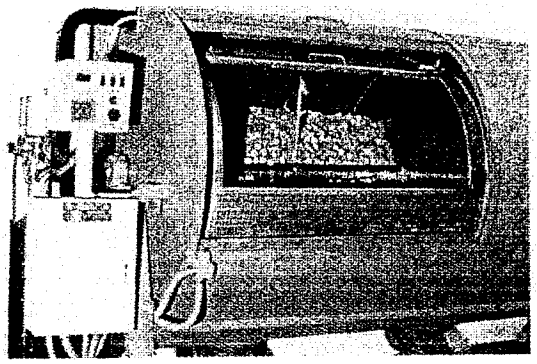


Figure 4.3 : Séchoir

c) Ponçage et polissage

Une fois secs, les bouchons doivent être poncés et polis au niveau de la tête et sur les côtés afin d'obtenir une meilleure précision de mesure.

En premier lieu on réalise le polissage des têtes ensuite vient le ponçage de la superficie cylindrique.

Ces traitements sont réalisés au moyen de bandes de polissage abrasives qui rabotent le liège jusqu'à l'obtention des dimensions recherchées pour le bouchon. La poussière générée est récupérée par

des aspirateurs. Elle peut être utilisée pour le colmatage.

Toutes les usines n'effectuent pas le polissage du cylindre du bouchon. En effet, certaines considèrent que la finition de l'emporte-pièce est suffisante.

d) Lavage

Cela consiste à appliquer des produits déterminés sur le bouchon afin de lui donner une couleur plus régulière (généralement blanche). Ce procédé est aussi appelé *blanchissage*.

Les bouchons sont introduits en même temps que les produits chimiques adéquats dans des tambours cylindriques que l'on agite pendant un certain temps jusqu'à ce que les bouchons prennent tous une couleur régulière et uniforme. Ce procédé est généralement réalisé sur des bouchons colmatés ou sur des bouchons de qualité moyenne. ($4^{ème}$, $5^{ème}$, $6^{ème}$).

e) Marquage

Cela consiste à marquer les bouchons sur leur partie cylindrique au nom de la cave ou du type de vin pour lequel ils devront servir.

Le marquage au fer est plus répandu bien que parfois celui à l'encre de différentes couleurs soit utilisé. Le marquage au fer consiste à appliquer le bouchon sur une plaque d'acier chauffée à 300°C, sur laquelle est gravé en relief, le dessin ou le texte. La plaque brûle le bouchon et grave le motif en noir.
La température des plaques d'acier est obtenue au moyen d'une flamme de gaz placée sur la partie postérieure ou grâce à une résistance électrique.

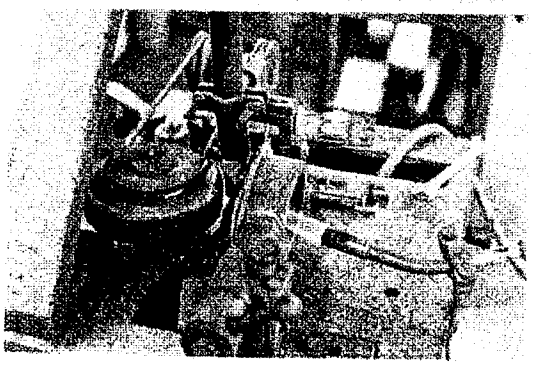


Figure 4.4 : Marquage par le feu

Il est également possible de marquer les têtes entièrement mais cette méthode est peu fréquente sur ce type de bouchon.

f) Satinage

Il est toujours réalisé après le marquage des bouchons. Cela consiste à imprégner la surface extérieure du bouchon par un produit adoucissant tel que le talc. Grâce à ce traitement le bouchon se fixera mieux dans la bouteille, les machines à boucher travailleront mieux et l'opération d'extraction du bouchon en sera facilitée.

Les produits utilisés pour le satinage sont la paraffine, la vaseline ou le silicone qui se fixent sur le bouchon en couvrant les cellules extérieures déchirées au cours du polissage ; ils améliorent également le contact du bouchon avec le verre de la bouteille.

Ce traitement s'effectue dans des tambours cylindriques dans lesquels on introduit une quantité déterminée de bouchons et de produits adoucissants. Grâce aux mouvements circulaires du tambour, le produit se répand uniformément sur tous les bouchons. La proportion de produits adoucissants varie en fonction des recommandations des fabricants.

g) Tri manuel

A la fin des opérations décrites plus haut, on procède à un tri ultime et définitif. Il sert à écarter les bouchons présentant des défauts non détectés par la machine, ainsi que les défectueux produits au cours de la finition. Ces défauts peuvent être : un marquage incorrect, un ponçage excessif du bouchon, des perforations dues aux parasites, des crevasses trop profondes.

Au cours de ce dernier tri, les bouchons écartés représentent généralement de 2 à 5%.

h) Comptage et emballage

Une fois sélectionnés les bouchons sont emballés. Il existe pour cela des machines électroniques qui effectuent le comptage par 1000 unités emballées dans des sacs de polyéthylène. Ces sacs sont fermés par soudure thermique et mis sous vide ; on introduit ensuite un gaz

généralement sulfureux afin d'éviter que des micro-organismes tels que la moisissure, les bactéries et les levures s'y développent et viennent contaminer le vin. Plus tard les sacs sont placés dans des caisses et sont préparés pour l'expédition vers les caves.

i) Contrôle de qualité dans le procédé de fabrication

- Contrôle de l'aspect et des dimensions des bouchons arasés .
- Contrôle des dimensions et de la finition des surfaces dans les opérations de polissage toutes les heures.
- Contrôle de qualité des trieuses automatiques en vérifiant, toutes les demi-heures, l'angle de mise en lumière des bouchons nécessaire à une bonne analyse optique.
- Contrôle du colmatage : vérification de la colle durcie, de la quantité de poudre de liège utilisée.
- Contrôle de finition du marquage au fer par le réglage de la température de la plaque toutes les demi heures.
- Contrôle de satinage, vérification de l'homogénéité des produits de satinage ainsi que de la quantité nécessaire pour chaque mélange, en fonction des recommandations du fabricant.

4. CLASSIFICATION DES BOUCHONS DE LIEGE NATUREL

Les bouchons de liège naturel sont classés en 6 catégories liées directement à la qualité des planches de liège d'origine.

D'une manière générale, les bouchons présentent des défauts de fabrication ou des défauts naturels sont mis à part et classés dans des catégories inférieures.

Les défauts de fabrication peuvent être :

- Polissage défectueux.
- Cylindre incomplet.
- Marquage défectueux.

Les défauts naturels du liège peuvent être :

- Tâches sombres.
- Perforations de parasites.
- Présence de parties extérieures (dos) et intérieures (ventre) des planches.
- Pores naturels (lenticelles) trop grands.
- Pores naturels (lenticelles) allongés.

La classification des bouchons naturels s'effectue par des machines automatiques informatisées et par lecture optique. Une caméra digitalise l'image du développement cylindrique du bouchon et des têtes. Un programme informatique analyse le nombre de pores et leur taille. En fonction de sa programmation, la machine sépare les différentes catégories de bouchons. Le résultat de l'analyse digitale correspond à une évaluation de la surface sombre du bouchon qui représente le nombre de pores ou lenticelles.

En résumé, les bouchons de 1ère catégorie sont ceux qui ont le moins de pores ou le moins de surface sombre, alors que les bouchons de 6ième catégorie sont ceux qui ont le plus de pores et le plus de surface sombre.

5. RENDEMENTS

Nombre approximatif et qualité des bouchons obtenus en fonction des lots de liège naturel.

Bouchons	Lot de liège naturel de classe d'aspect 1 à 5 et d'épaisseur de 13 à 15 lignes	Lot de liège naturel de classe d'aspect 6 à 7 et d'épaisseur de 15 à 18 lignes
1ère	200	0
2ème	300	50
3ème	1100	100
4ème	2200	1300
5ème	1300	2000
6ème	800	2500
TOTAL	5900	5950

Si l'on considère qu'un lot pèse 80 Kg environ, on peut estimer que l'on obtient 70 bouchons par kg de liège naturel.

6. LE BOUCHON COURONNE A TETE PLASTIQUE

On appelle bouchon couronne à tête plastique, une catégorie de bouchon en liège naturel ou aggloméré auquel on fait adhérer sur la partie supérieure un disque de plastique (voir figure 4.5). Ce type de bouchon est utilisé pour des vins rapidement consommés, à savoir un an après la mise en bouteille et qui ne nécessitent pas de vieillissement. En général on l'utilise pour des vins du type Xérès produits dans le sud de l'Andalousie bien qu'ils puissent être aussi utilisés pour d'autres vins ou pour des liqueurs. Le diamètre est inférieur à celui des bouchons des vins tranquilles ; il mesure en général 21 mm, sa longueur est de 25 mm ; il est légèrement biseauté à l'extrémité de manière à faciliter le bouchage.

On effectue sur ce type de bouchon les opérations de ponçage, polissage, satinage, ainsi que le collage du disque ou tête plastique. La tête ne pénètre pas dans la bouteille, elle sert de prise pour le bouchage et le débouchage.

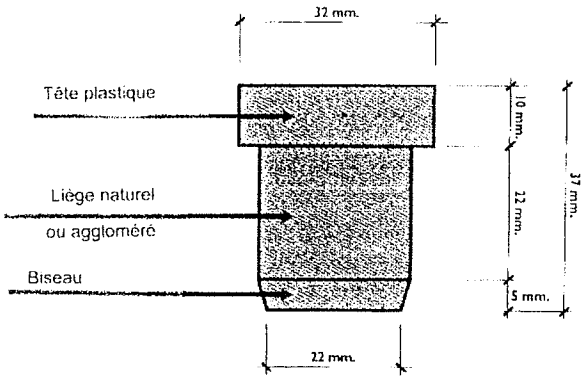


Figure 4.5 : Bouchon couronne à tête plastique

7. EQUIPEMENTS ET OUTILS UTILISES AU COURS DE CHAQUE PHASE

Machines à colmater les bouchons

Fonctionnement.

- Cette machine est composée de deux cylindres métalliques avec deux ouvertures de chargement ; ils mesurent environ 2 m de long et 1 m de diamètre et effectuent 30 rotations par minute. L'un des cylindres ou tambours est fermé et l'autre a une paroi perforée pour que la poudre de liège n'ayant pas adhéré au bouchon soit éliminée.

- Les bouchons sont introduits dans le cylindre en même temps que la dose adéquate de poudre de liège et de colle. Au bout d'un certain temps, la colle durcit et les pores du liège se remplissent de ce mélange.

Description

- Châssis d'acier électrosoudé.

- Deux tambours cylindriques.

- Moteur électrique permettant d'actionner les tambours.

Entretien

- Graissage des parties mobiles.

- Nettoyage des tambours cylindriques.

Production

- 4000 à 6000 bouchons/heure.

Trieuse automatique de bouchons

Fonctionnement

- Les bouchons à trier passent, dans un mouvement de rotation, devant une caméra optique qui enregistre l'image. Un programme informatique la numérise et analyse le nombre de pores du bouchon ainsi que la surface qu'ils représentent par rapport au total. Les bouchons ayant un nombre inférieur de pores (ceux qui ont la plus petite surface sombre), seront les meilleurs. La machine est programmée pour trier 7 catégories de bouchons qui sont recueillies dans différents récipients.

Description

- Châssis d'acier électrosoudé.

- Trappe d'alimentation en bouchons.

- Système pneumatique de réglage.
- Tapis roulant.
- Caméra optique.
- Logiciel de traitement de l'image.
- Système pneumatique de tri des catégories de bouchons.
- Moteurs électriques permettant d'actionner le tapis roulant et le système d'approvisionnement en bouchons.

Entretien

- Graissage des parties mobiles.
- Réglage de l'intensité lumineuse de la caméra optique.
- Nettoyage de la caméra optique.

Production

- 7000 à 9000 bouchons/heure.

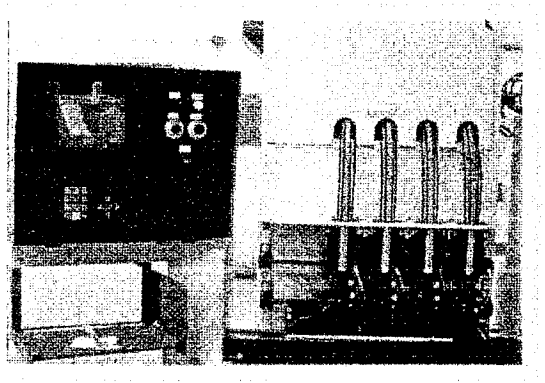


Figure 4.6 : Tri automatique des bouchons

Séchoir à bouchons

Fonctionnement

- Le séchoir à bouchons est un récipient fermé muni d'une porte et isolé thermiquement. Il y circule un courant d'air chaud s'élevant à 90°C. Cet air chaud est obtenu par échange de chaleur produite par la combustion de fuel ou de bois.
- Les bouchons sont introduits à l'intérieur du séchoir pour qu'au bout d'un certain temps, ils puissent perdre une part de leur humidité. En effet, l'humidité des bouchons oscille entre 12% et 18% ; Ce taux trop élevé gène le procédé de finition ; il est donc nécessaire de le ramener à 7% ou 9%.

Description

- Générateur de chaleur.
- Cheminée d'évacuation des fumées.
- Récipient fermé avec portes d'accès.
- Ventilateurs.

Entretien

- Réglage du thermostat de température.
- Réglage d'entrée d'air primaire.
- Nettoyage des filtres à air.
- Contrôle de la combustion et des fumées.

Production

- Le rendement de séchage des bouchons dans les fours est très variable ; il dépend du taux d'humidité de départ, du volume du récipient et de la puissance calorifique du générateur de chaleur. En tout état de cause, on peut estimer de manière réaliste ce rendement à 15000 bouchons/jour environ.

Machine de ponçage des têtes

Fonctionnement

- Cette machine effectue l'opération de ponçage du bouchon pour obtenir des faces planes et parallèles et donner au bouchon une hauteur précise. Ce procédé consiste à faire glisser le bouchon entre deux surfaces abrasives placées à distance variable en fonction de la hauteur souhaitée. Le liège qui dépasse est ainsi poncé.

Description

- Châssis en fonte.
- Trappe d'alimentation.

- Tube d'alimentation.
- Dispositif porte-bouchon.
- Diabolos abrasifs.
- Moteurs électriques permettant d'actionner le système d'alimentation, les diabolos et le porte-bouchon.

Entretien

- Graissage des parties mobiles.
- Remplacement des bandes abrasives des diabolos métalliques.
- Remise en place régulière des bandes abrasives.

Production

- De 6000 à 8000 bouchons/heure.

Machines à polir les côtés

Fonctionnement

- Il s'agit d'une machine de polissage des surfaces cylindriques du bouchon. Les bouchons sont placés dans le sens de l'axe de rotation sur une surface abrasive plane tournant à très grande vitesse. Au contact de cette surface le liège en surplus est poncé jusqu'à l'obtention du diamètre voulu. Il est en général réduit de 0.5 mm.

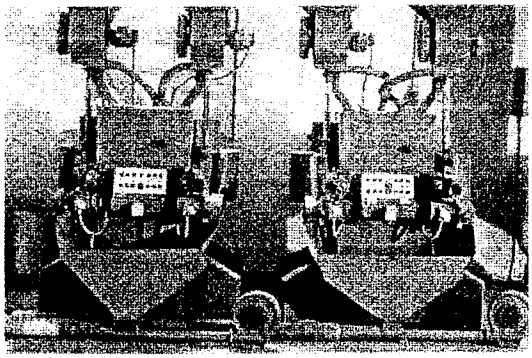


Figure 4.8 : Machine à polir les côtés

Description

- Châssis en fonte.
- Trappe d'alimentation.
- Tube d'alimentation.
- Bandes de ponçage ou pierres cylindriques abrasives.
- Moteurs électriques permettant d'actionner le système d'alimentation, les bandes ou les pierres abrasives.

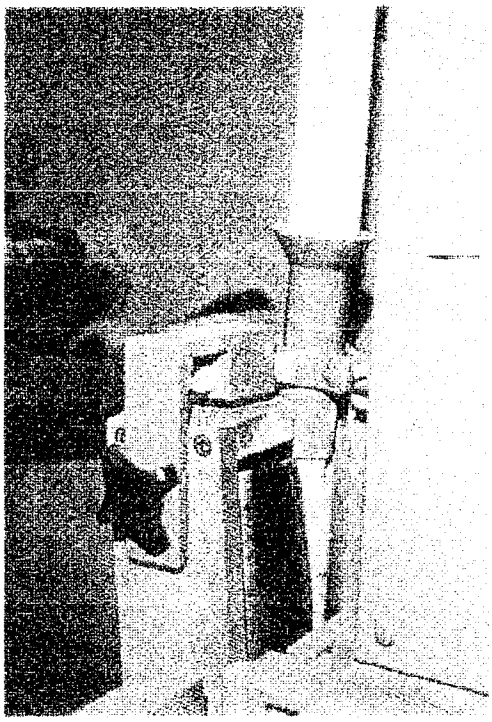


Figure 4.9 : Machine à polir les côtés

Entretien

- Graissage des parties mobiles.
- Réglage de la position des bandes et pierres abrasives.

Production

- de 8000 à 10000 bouchons/heure.

Machine de lavage

Fonctionnement

- Elle est composée d'un tambour cylindrique généralement en acier inoxydable dans lequel on introduit les bouchons et le produit chimique dans les proportions adéquates. Grâce à ses mouvements de rotation, ce tambour agite les bouchons et le produit et permet d'homogénéiser le

mélange pour obtenir une couleur de bouchon régulière.

Description

- Châssis.
- Tambour cylindrique en acier inoxydable muni d'une porte d'accès.
- Moteur électrique permettant d'actionner le tambour.

Entretien

- Graissage des parties mobiles.
- Réglage de la vitesse du tambour.
- Réglage du temps de fonctionnement.

Production

- De 5000 à 10000 bouchons/heure.

Machine de marquage des bouchons

Fonctionnement

- Cette machine effectue l'opération de marquage des bouchons. Celui-ci peut se faire au fer ou à l'encre quoique l'usage de l'encre soit peu répandu.
- Cette opération consiste à passer le bouchon sur une surface gravée en acier à une température proche de 300°C. Le bouchon est ainsi brûlé, le dessin de la plaque métallique s'inscrit. La plaque d'acier est chauffée au contact d'une flamme de gaz.

Description

- Châssis.
- Trappe d'alimentation.
- Tube d'alimentation.
- Plaque d'acier en relief pour le marquage.
- Installation de la combustion au gaz.
- Moteurs électriques permettant d'actionner le système d'alimentation.

Entretien

- Graissage des parties mobiles.
- Réglage de la flamme de gaz.
- Réglage de la plaque de marquage.

Production

- De 6000 à 8000 bouchons/heure.

Machine à satiner les bouchons

Fonctionnement

- Cette machine permet de satiner les bouchons. Elle est composée d'un cylindre fermé muni d'une porte d'accès par laquelle on introduit les bouchons et le produit de satinage. Le cylindre effectue ensuite des mouvements de rotation pour que le produit se répartisse uniformément sur tous les bouchons.

Description

- Châssis en acier électrosoudé.
- Cylindre métallique d'axe horizontal.
- Moteur électrique permettant d'actionner le cylindre.

Rendements

- De 5000 à 7000 bouchons/heure.

Tapis de tri manuel des bouchons

Fonctionnement

- Cette machine est composée d'un tapis plat transportant les bouchons à faible vitesse de manière à ce qu'ils puissent être inspecter attentivement par les opérateurs à l'occasion d'une dernière sélection. Les bouchons sont choisis et triés manuellement en fonction de leurs défauts de finition.

Description

- Supports de tapis roulant.
- Trappe d'alimentation.

- Tapis roulant lisse.

- Rampe de tri des bouchons.

- Moteur électrique permettant d'actionner le tapis et le système d'alimentation.

- Eclairage électrique.

Entretien

- Graissage des parties mobiles.

- Réglage de la vitesse d'avancement du tapis.
- Nettoyage du système d'éclairage.

Rendements

- De 8000 à 10000 bouchons/heure.

Figure 4.10 : Tapis de tri manuel

Machine à compter les bouchons

Fonctionnement

- Cette machine permet de compter les bouchons grâce à un système de cellule photoélectrique rapide et précise. Le nombre d'unités à compter est programmé sur un système informatique relié au dispositif d'alimentation. Une fois comptés, ils sont mis dans des sacs en polyéthylène prêts à être fermés.

Description

- Châssis d'acier électrosoudé.

- Trappe d'approvisionnement en bouchons.

- Programme informatique et écran de contrôle.

- Jeu de cellules photoélectriques.

- Evacuation des bouchons comptés.

- Moteur électrique permettant d'actionner le dispositif d'alimentation en bouchons.

Entretien

- Graissage des parties mobiles.

- Nettoyage des cellules photoélectriques.

Rendements

- De 50000 à 80000 bouchons/heure.

Machine à emballer et à conditionner

Fonctionnement

- La machine à emballer effectue l'opération de fermeture des sacs en polyéthylène contenant les bouchons comptés (environ 1000 par sac). La fermeture s'effectue par thermofusion grâce à une résistance électrique. Au moment de la fermeture, l'air est vidé et remplacé par un gaz permettant d'éviter le développement de micro-organismes sur les bouchons.

- Plusieurs sacs de bouchons sont ensuite conditionnés dans des caisses en carton rigide, fermées par du scotch.

Description

- Châssis d'acier électrosoudé.

- Résistance électrique avec variateur.
- Dispositif de mise sous vide.
- Dispositif d'injection du gaz.

Entretien

- Nettoyage de la résistance électrique.
- Réglage du variateur.
- Réglage de l'intensité électrique.

Rendements

- De 50 à 100 sacs/heure.

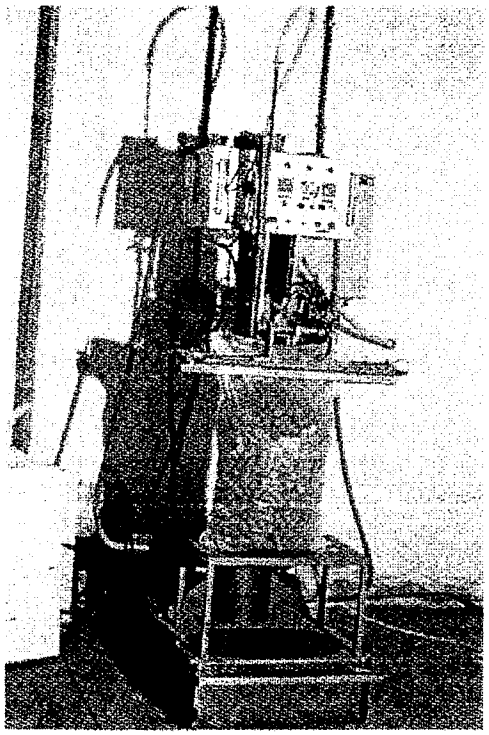


Figure 4.11 : Machine à ensacher

TRAVAUX PRATIQUES

- **Trier les bouchons à la main et à la machine .**
- **Colmater les bouchons de qualité adéquate.**
- **Poncer et biseauter les bouchons sur mesure.**
- **Laver et sécher les bouchons.**
- **Appliquer les traitements superficiels.**
- **Assembler les couronnes de plastique sur les bouchons.**
- **Marquer, compter et emballer les bouchons.**
- **Réglage, entretien et nettoyage des équipements et des outils.**

CHAPITRE 2

Contrôle de qualité

CONTENUS

a) Thèmes:

- Introduction.
- Echantillonnage.
- Conditionnement des échantillons
- Tests.
- Autres tests.

b) Méthodologie:

- Observation et réalisation de l'échantillonnage et du conditionnement des échantillons de bouchons.
- Observation, analyse et réalisation des tests permettant de vérifier les propriétés des bouchons.

c) Attitudes:

- Respecter les normes de sécurité et de contrôle de qualité des bouchons de liège en prenant en compte les risques de mauvaise exécution de ces tâches.
- Mettre en valeur et respecter les normes d'utilisation des équipements et des produits utilisés.
- Mettre en valeur le soin et le travail correctement exécuté ainsi que la présentation finale du produit.

1. INTRODUCTION

Pour tout produit fabriqué, en l'occurrence le bouchon de liège, le but est de satisfaire l'utilisateur. Dans cette optique, nous devons fabriquer un produit remplissant pleinement sa fonction : le bouchage.

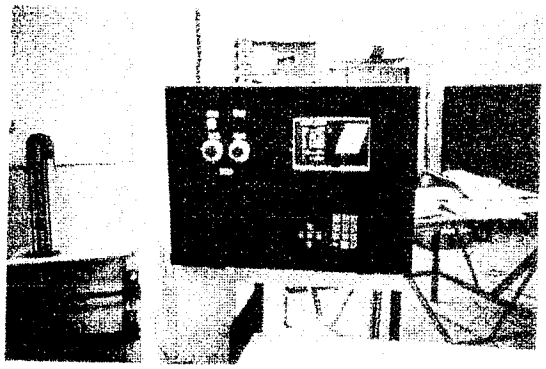


Figure 4.12 : Trieuse de bouchon par imagerie

Pour savoir si l'on peut faire confiance dans la qualité du bouchon, il faut réaliser des contrôles de qualité. La matière première de départ (les planches de liège) a des incidences directes sur la qualité des bouchons ; celle-ci est appréciée en fonction de son aspect extérieur qui peut être universel grâce à l'utilisation de machines automatiques (voir figure 4.12

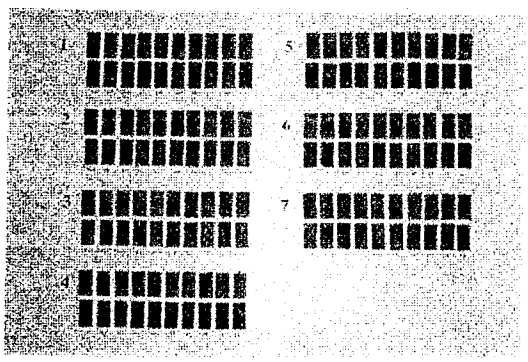


Figure 4.13 : Différentes classes de bouchon naturel d'une pièce

L'automatisation du tri des bouchons a donné lieu à des classifications de bouchons cylindriques à partir d'une planche de liège naturel. Certaines comprennent sept catégories de bouchons mais aucune norme n'a encore été retenue.

L'estimation de la qualité de la tête du bouchon a un intérêt tout particulier étant donné qu'il est en contact avec le vin.

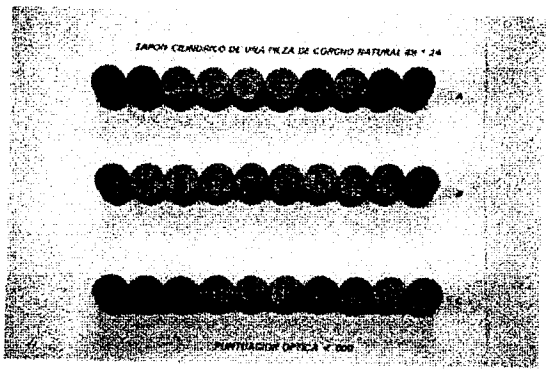


Figure 4.14 : Aspect de tête du bouchon naturel d'une pièce

Par ailleurs les propriétés du liège sont altérées au cours de la fabrication des bouchons. Le temps de stabilisation, le polissage, le séchage, le lavage et la lubrification ont respectivement des répercussions sur l'ovalisation, l'humidité, la propreté et la force d'extraction. Nous disposons donc de deux facteurs de détermination de la qualité de notre produit : la matière première de départ et le procédé de fabrication utilisé.

Il faut connaître les facteurs qui influent sur la qualité des bouchons de manière à leur affecter des valeurs permettant de garantir que le bouchon remplit correctement sa fonction.

La vérification de ces facteurs pourra être faite par le bouchonnier au moment de l'expédition, par le vigneron au moment de la réception des bouchons, par un laboratoire de tests etc. Ils définiront au préalable le procédé à suivre, afin de déterminer la qualité, les équipements, le personnel et les méthodes à utiliser.

Afin de valider les résultats des tests, tous les essais devront être consignés par écrit et l'on pourra ainsi démontrer qu'ils ont été effectués conformément aux protocoles établis.

L'une des manières d'établir des protocoles est de se référer aux normes existantes. Dans le cas de l'Espagne, on dispose des normes UNE (Une Norme Espagnole) ; pour le Portugal la norme NP (Norme Portugaise) ; pour l'union Européenne la norme EN (Norme Européenne) et au niveau international, on trouve la norme ISO (International Organization for Standardization), ect.

2. ECHANTILLONNAGE

L'échantillonnage est une opération qui consiste à prélever un échantillon ou une représentation d'une partie ou d'un lot de bouchons suivant une méthode établie au préalable. C'est à partir de l'échantillonnage que l'on obtiendra des informations qui serviront à prendre des décisions sur le lot.

La qualité se définit en fonction du niveau d'exigence que l'on a par rapport à un échantillonnage, on pourra alors accepter une partie ou un lot.

Dans le tableau suivant dressé à partir de statistiques, apparaissent les différents niveaux de qualité ou d'exigence acceptable selon la norme ISO 4707-1981.

		Niveau de qualité acceptable à partir du critère dimensionnel					
Taille du lot	Taille de l'échantillon	1,5		2,5		4	
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
3201 à 10000	200	7	8	10	11	14	15
10001 à 35000	315	10	11	14	15	21	22
35001 à 150000	500	14	15	21	22	21	22

Ac : accepté
Re : rejeté

Exemple : Sur un lot de 50 000 bouchons auxquels nous recherchons un niveau de qualité dimensionnelle de 2,5, nous devons prélever un échantillon de 500 bouchons. Pour que le lot soit accepté, il ne sera toléré au plus que 21 bouchons aux dimensions hors normes. Si on en trouve 22, le lot sera alors rejeté.

Afin de faciliter les échantillonnages, il existe des normes spécifiques applicables à tout type de produit. Dans le cas des bouchons, la norme de référence est la UNE 66020-73.

3. CONDITIONNEMENT DES ECHANTILLONS

Cela consiste à maintenir les bouchons pendant un temps minimum dans une atmosphère humide et à une température déterminée avec pour finalité d'équilibrer cette température avec le taux d'humidité. Cette opération s'effectue avant tout test, à l'exception de celui permettant de déterminer le taux d'humidité et le contenu microbiologique. Il faut que les conditions du laboratoire soient semblables aux conditions de stabilisation des échantillons pour que leurs caractéristiques ne se modifient pas et que les résultats du test puissent être fiables.

Les conditions normales de stabilisation des échantillons sont de : 65% (+/-5%) d'humidité relative, 20°C (+/-2%) de température.

L'équipement nécessaire est appelé chambre climatique.

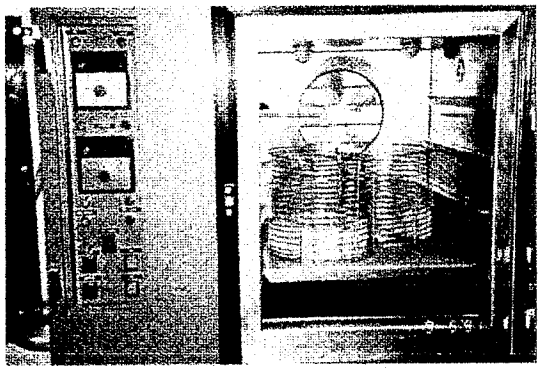


Figure 4.15 : Chambre climatique utilisée pour stabiliser les échantillons

4. TESTS

Le test correspond à l'examen et au contrôle des propriétés ou des caractéristiques du bouchon sur lesquelles on va s'appuyer pour formuler notre opinion.

a) Humidité

L'humidité nous informe sur le contenu en eau des bouchons. Elle est exprimée en pourcentage par rapport à un bouchon humide. Lorsque nous disons qu'un bouchon a un taux de 6% d'humidité, cela signifie qu'il y a 6 Kg d'eau par 100 Kg de liège humide.

L'humidité affecte les caractéristiques du bouchon de la manière suivante :

Par l'augmentation de l'humidité	Poids	Dimensions	Niveau microbien	Capillarité	Récupération du diamètre	Dureté	Force d'extraction
Augmentation	X	X	X	X	X		
Diminution						X	X

Il existe deux méthodes de détermination de l'humidité :

La méthode traditionnelle est plus exacte et consiste à sécher dans une étuve les bouchons préalablement pesés.

La méthode rapide consiste à mesurer la capacité de résistance du passage d'un courant électrique par unité de longueur ; celle-ci se modifie en fonction de l'eau contenue dans le bouchon.

Pour déterminer l'humidité on aura besoin du matériel suivant :

Méthode traditionnelle

- Etuve dont on maintiendra la température à 103°C (+/-2%) avec un dispositif d'air pulsé (voir figure 4.16).

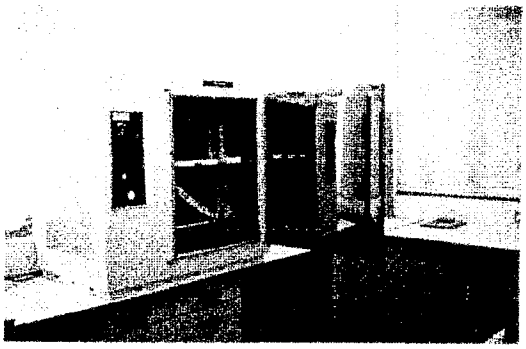


Figure 4.16 : Etuve de séchage à ventilation

- Dispositif de dessechage à base d'agent déshydratant efficace (CaCl2) (voir figure 4.17).

- Balance de précision (au 0,001 gr) (voir figure 4.19).

Figure 4.17 : Dispositif de dessication (« desecador » en Castillan)

Méthode rapide

- Equipement spécifique

Figure 4.18 : Matériel de détermination de l'humidité

b) Masse

La masse est indispensable pour déterminer la densité et l'humidité ; elle est exprimée en gramme et est considérée comme un paramètre indépendant pour les bouchons de vins mousseux.

L'équipement permettant de déterminer la masse est :

- Balance de précision (au 0,001 gr et au 0,01gr prés pour les vins mousseux)

Figure 4.19 : Balance de précision (0,01 gr de sensibilité)

c) Dimensions

Les dimensions des bouchons, longueur et diamètre, sont exprimées en millimètres et sont utilisées de la façon suivante : un bouchon de 44 X 24 a une longueur nominale de 44 mm et un diamètre nominal de 24 mm. Pour les bouchons cylindriques en liège naturel, le diamètre correspond à la moyenne arithmétique des diamètres mesurés dans le sens parallèle et perpendiculaire aux lignes de croissance (voir figure 4.20). Le terme nominal désigne les dimensions standards ; les dimensions réelles sont définies lors des tests ou sont comparées aux dimensions nominales qui permettent de vérifier si le niveau de tolérance est respecté.

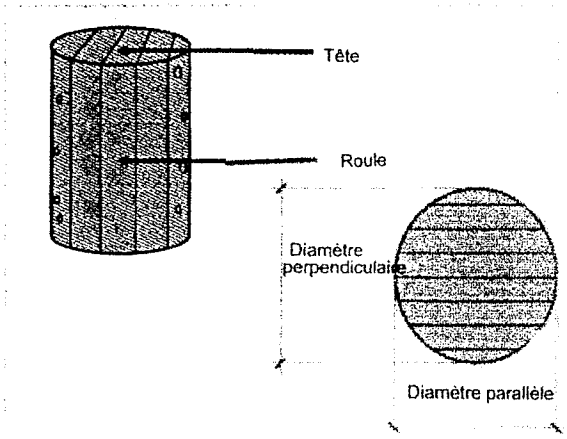


Figure 4.20 : Parties et diamètres d'un bouchon naturel cylindrique d'une pièce

L'équipement permettant de déterminer les dimensions est :

- le pied à coulisse de précision (au 0,01 mm précision).

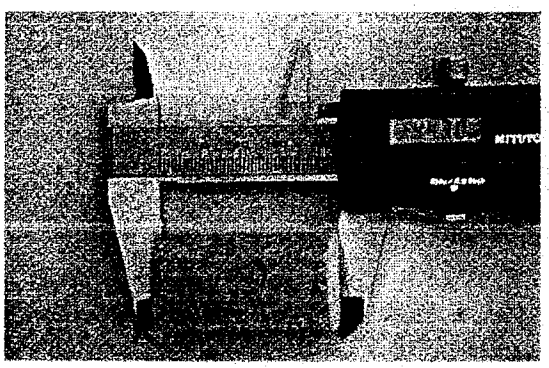


Figure 4.21 : Pied à coulisse

- Le liège étant un matériau qui cède à la pression, il est important de préciser le niveau de pression exercé lors de la mesure. Aujourd'hui, on trouve sur le marché des pieds à coulisse à pression constante qui éliminent toute erreur de l'opérateur.

Les comparateurs ou « comparador » en Castillan donnent un résultat plus précis que le pied à coulisse car il n'y a pas d'orthogonalité entre l'axe du bouchon et celui de l'appareil de mesure.

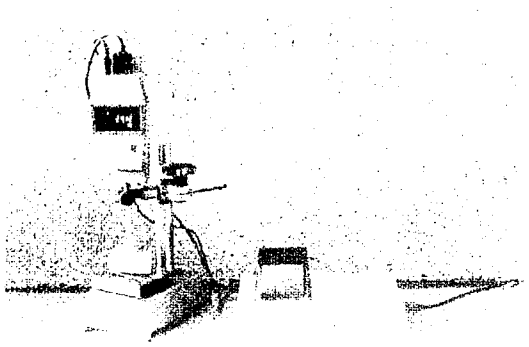


Figure 4.22 : Comparateur digital
de 0,01 mm de précision

d) Ovalisation « ovalación » en Castillan

Les bouchons cylindriques en liège naturel ont la particularité d'être ovales. Cette forme est la différence en valeur absolue entre le diamètre parallèle et le diamètre perpendiculaire (voir figure 4.20). Elle est exprimée en millimètres.

La fabrication du bouchon cylindrique à partir de liège naturel et au moyen d'un emporte-pièce ne pose pas ce problème d'ovalisation. Cependant, les tensions du liège au cours de sa croissance peuvent faire ressortir ce problème dans le cas d'un bouillage insuffisant ou d'une mauvaise stabilisation (mélange thermique aqueux défectueux).

L'outil permettant de déterminer ce paramètre est le même que pour la mesure de la dimension.

$$\text{Ovalisation} = \text{Abs}(Dpa - Dpe)$$

Dpa : diamètre mesuré dans le sens parallèle aux lignes de croissance.

Dpe : Diamètre mesuré dans le sens perpendiculaire aux lignes de croissance.

e) Densité apparente

La densité des bouchons est calculée à partir du quotient de masse du bouchon sur son volume. La densité des bouchons cylindriques, exprimée en Kg/m^3 est calculée grâce à la formule suivante :

$$De = (M \times 4 \times 10^6) / (\Pi \times D^2 \times L)$$

- De : Densité en Kg/m^3.
- M : Masse du bouchon en gramme
- Π : constante de la valeur 3.1416.
- D : Diamètre moyen du bouchon en mm.
- L : Longueur du bouchon en mm.

S'il s'avère difficile de déterminer le volume du bouchon parce que celui-ci est biseauté, on peut recourir au Principe d'Archimède ; on immergera le bouchon dans un liquide contenu dans une éprouvette graduée et l'on pourra lire directement l'échelle.

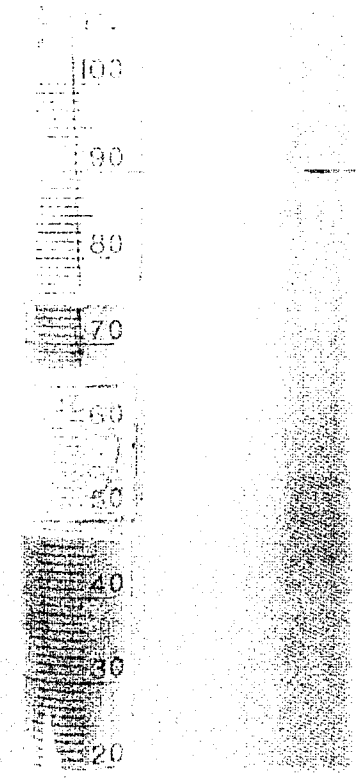


Figure 4.23 : Eprouvette graduée

La densité des bouchons d'une pièce de liège naturel varie en fonction des caractéristiques du liège comme indiqué ci-après

Densité	Incrustations ligneuses	Porosité lenticulaire	Fermeté	Souplesse	Vert/sec
Augmentation	X	X	X		
Diminution				X	X

f) Capillarité

La capillarité est la capacité du bouchon à attirer le liquide qui le mouille et à le faire remonter à sa surface jusqu'à une certaine hauteur (voir figure 4.24). Elle est exprimée en millimètre de hauteur atteinte par le liquide sur la surface du bouchon depuis le niveau mouillé et au bout de 24 heures ou d'un temps déterminé pour ce procédé.

La capillarité peut varier en fonction des paramètres suivants.

Capillarité	Variables à considérer				
	Humidité	Température	Porosité	Degré d'alcool	Lubrifiant.
Augmentation	X	X	X		
Diminution				X	X

Ce test requiert les équipements et outils suivants :

- Solution ethanolique à 10% v/v, colorée en rouge, ou au bleu de méthylène (toujours utiliser de l'eau distillée, jamais d'eau du robinet car celle-ci modifie la tension superficielle) (voir figure 4.24).
- Pipette, burette et autre instrument de mesure du volume équivalent (de 25 à 50 ml).
- Récipient à base plate, pouvant contenir la solution et le bouchon (ex. capsule pétrie), de façon à obtenir une hauteur de 3 mm en théorie ou bien la hauteur indiquée dans le procédé à suivre.
- Cloche pouvant contenir le récipient et le bouchon de manière à éviter l'évaporation de la solution (voir figure 4.25).
- Règle millimétrée, pied à coulisse ou autre instrument de mesure, de précision (0.5 mm prés).
- Papier filtre, Watman N°4 ou équivalent permettant d'absorber le liquide adhérant à la base du bouchon et éviter les erreurs d'égouttage au moment de la détermination de la hauteur.

La hauteur de la partie mouillée, 3 mm selon la norme nous aidera à connaître le volume de la solution que nous devons utiliser en fonction du diamètre du bouchon et le récipient qui le contiendra ; si celui-ci est cylindrique il devra répondre au critère suivant :

$$V = (\Pi \times 3/40) \times (D^2 - d^2).$$

- V : Volume de la solution éthanolique en millimètre.
- Π : Constante de la valeur 3.1416.
- D : Diamètre du récipient qui contiendra la solution et le bouchon, en cm.
- d : diamètre du bouchon en cm.

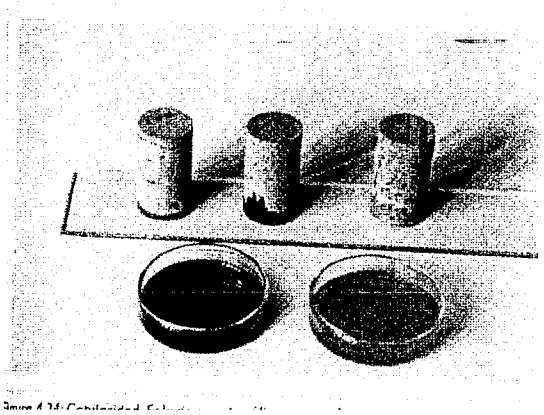


Figure 4.24 : Mesure de la capillarité : solution ethanolique avec du colorant (bleu de Méthylène)

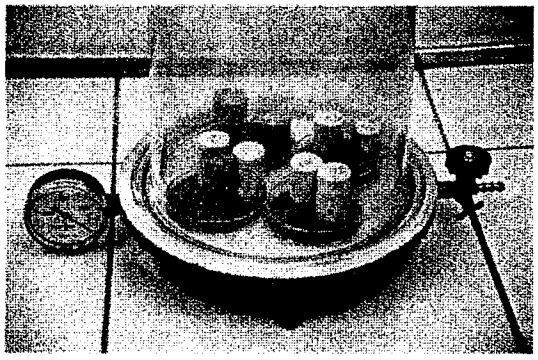


Figure 4.25 : Mesure de la capillarité : cloche pour éviter l'évaporation

g) Force d'extraction

La force d'extraction représente la résistance du bouchon au moment du débouchage ; elle est mesurée dans des conditions précises et est exprimée en décanewton (daN).

- I daN équivaut à 1.02 Kgr-force.

Les variables entrant en jeu dans ce paramètre sont les suivantes :

Force d'extraction	Variables à considérer				
	Humidité	Lubrifiant	Densité	Longueur	Diamètre
Augmentation			X	X	X
Diminution	X	X			

Les outils permettant de déterminer ce paramètre sont les suivants :

- Tire-bouchons .

Figure 4.26 : Mesure de la force d'extraction : tire-bouchon

- Dynamomètre (voir figure 4.27).
- Bouteille à goulot normalisé.
- Boucheuse à compression (voir figure 4.28).
- Solution ethanolique à 12% v/v.

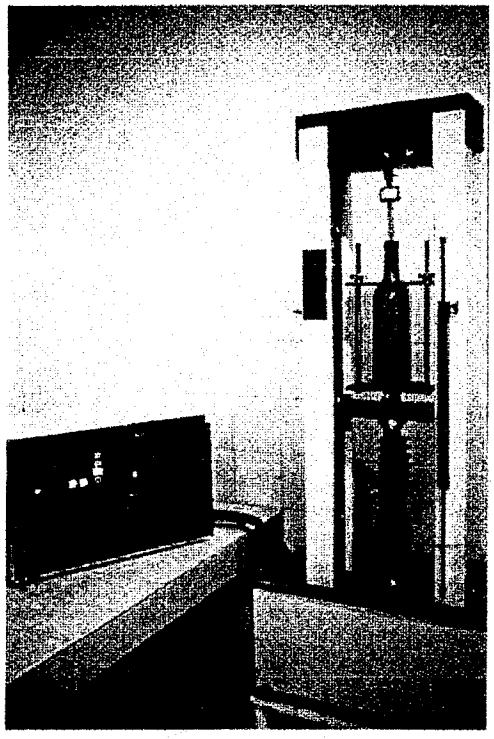


Figure 4.27 : Mesure de la force d'extraction : dynamomètre

h) Récupération diamétrale

Comme son nom l'indique, la récupération diamétrale représente la capacité du bouchon à reprendre son volume initial après avoir subi une compression de son diamètre. Elle permet au bouchon de s'adapter au goulot de la bouteille pour remplir sa fonction de bouchage.

La récupération diamétrale représente le quotient du diamètre du bouchon mesuré après la compression par rapport au diamètre initial, exprimé en pourcentage. Il est conseillé d'inscrire une marque ou un trait sur la zone du côté où l'on effectue la mesure du diamètre que l'on utilisera comme référence.

L'équipement nécessaire pour effectuer le test de mesure est composé de :

- Pied à coulisse ou comparateur permettant de mesurer le diamètre avec précision (à 0,01 mm prés) (voir figure 4.21 et 4.22).
- Mâchoire de compression composée de 4 mâchoires mobiles pouvant réduire le diamètre de départ de deux tiers.
- Chronomètre de contrôle du temps.

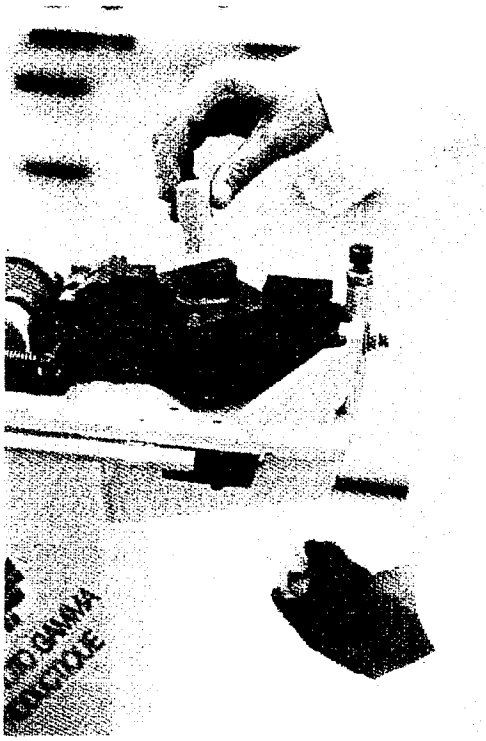


Figure 4.28 : Machine à boucher
à 4 mâchoires mobiles

i) Contenu en poudre

Le contenu en poudre est la masse de particules séparables des bouchons pendant le test de mesure. Il est exprimé en milligramme de poudre par bouchon.

Dans le cas des bouchons colmatés, cette caractéristique nous indique la fragilité de l'union des particules de poudre qui colmate les pores.

Dans le cas des bouchons agglomérés, le résultat donne une idée du niveau de poudre utilisée au cours des étapes de finition.

Les résultats du test sont extrêmement influencés par le degré d'agitation dans la solution d'extraction auquel sont soumis les bouchons. La composition de cette solution doit donc être bien définie.

La stabilisation du filtre avant son utilisation et après avoir retenu la poudre est un autre point critique étant donné le niveau de sensibilité exigé.

L'équipement nécessaire pour déterminer le contenu en poudre des bouchons est composé de :

- Balance de précision
  (sensibilité : 0,0001 gr) (voir figure 4.29).
- Filtre de 0.2 microm. pour la filtration de la solution d'extraction avant le test.
- Filtre de 1.2 microm. pour retenir la poudre de la solution d'extraction.
- Flacon de lavage.
- Agitateur mécanique.
- Etuve.
- Ballon de capacité suffisante pour contenir la solution d'extraction et les bouchons.
- Système de filtrage.

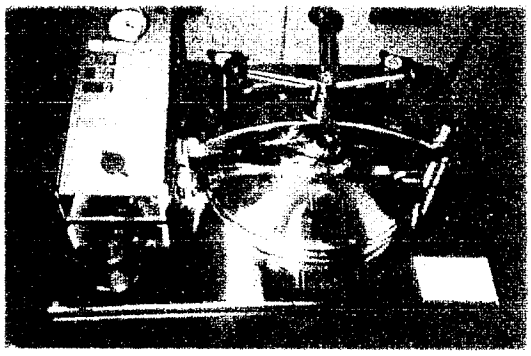


Figure 4.29 : Balance de précision

Afin de déterminer les erreurs possibles au cours des tests, il faut effectuer parallèlement un test en blanc.

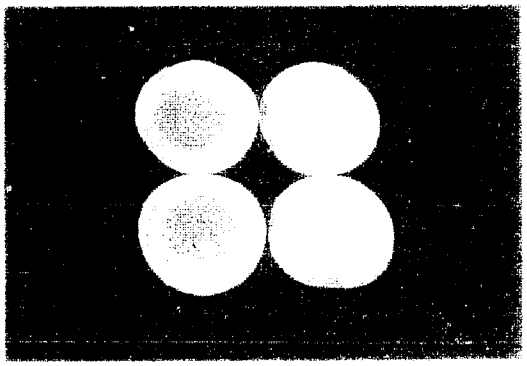


Figure 4.30 : Filtre à poudre de liège :
essaie en blanc et avec bouchon

j) Analyse microbiologique

L'analyse microbiologique nous indique le degré d'hygiène des bouchons.

Pour éviter que le niveau microbien augmente dans les échantillons de test, il faut les maintenir dans des conditions pouvant éviter toute contamination et/ou prolifération. On y parvient en utilisant du matériel stérile et en travaillant en basse température.

On effectue cette analyse pour les bactéries, champignons filamenteux et levures. On recherche parfois les lactobacilles et streptomycètes. Des tests en blanc doivent être effectués en parallèle , autrement dit avec la solution d'extraction exclusivement et en suivant les étapes pour qu'il n'y ait pas de contamination croisée.

Les résultats sont exprimés en UFC (Unités Formatrices de Colonies) par bouchon. En ce qui concerne les lactobacilles et streptomycètes , on indique leur présence ou absence.

L'équipement d'analyse microbiologique sont les suivants :

- Autoclave (voir figure 4.31).
- Brûleur ou tout autre moyen permettant de stériliser le milieu ambiant.
- Agitateur mécanique.
- Membranes filtrantes de 0.45 microm.
- Système de filtrage.
- Capsules de type « Petri ».
- Etuves à culture et à incubation.
- Solution d'extraction, Ringer l/4 ou solution saline dosée à 0.9% de NaCl.
- Ballons.
- Matériel de culture spécifique pour les :
  - ↳ Bactéries.
  - ↳ Champignons filamenteux et levures.
  - ↳ Streptomycètes.
  - ↳ Lactobacilles.

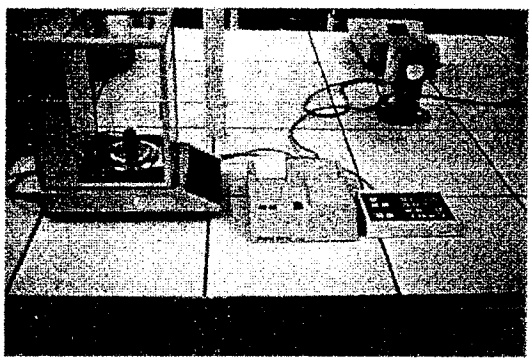


Figure 4.31 : Autocalve

Les cloches de flux laminaire permettent d'effectuer les tests microbiologiques dans un milieu de contamination moins susceptible, car elles sont en légère surpression et empêchent le passage de l'air extérieur. Elles peuvent être équipées de lampes ultraviolet permettant de stériliser le milieu ambiant au préalable.

Figure 4.32 : Cloche de flux laminaire avec matériel d'analyse microbiologique

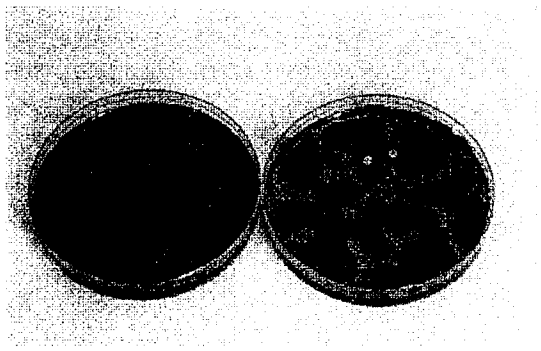


Figure 4.33 : Capsule de type « Petri » avec essai en blanc et au bouchon
(détermination de champignon et de levure)

k) Tension de rupture par torsion

Ce paramètre est spécifique aux bouchons de vins mousseux car au moment de leur extraction, l'extrémité qui ressort du goulot de la bouteille est soumise à une torsion qu'il doit supporter sans se rompre. La robustesse de l'union des particules de granulés formant l'extrémité est ainsi mise en évidence.

Les résultats sont exprimés en daN/cm².

La formule à appliquer est la suivante :

$$T = (16 \times M) / (\Pi \times D^3)$$

- T : Tension de rupture en daN/cm ².
- D : Diamètre du bouchon en cm.
- M : Moment de torsion en daNxcm.
- Π : constante de la variable 3.1416.

L'équipement nécessaire pour effectuer ce test est :

- Machine pourvue de mâchoires et servant à mesurer le moment de torsion. Sensibilité de 0,1 daN x cm.
- Pied à coulisse de 0,01 mm (Voir figure 4.21).

l) Désagrégation

Ce test spécifique aux bouchons agglomérés met en évidence la consistance de l'union des particules de granulés ; il s'agit de mettre les bouchons en situation agressive, les maintenir par exemple dans de l'eau bouillante pendant 30 minutes. Le résultat consiste à observer s'il y a ou non désagrégation du bouchon qui peut se produire lorsqu'un nombre substantiel de particules se détache ou lorsque apparaissent des fissures claires sur le bouchon.

L'équipement nécessaire pour ce test est le suivant :

- Erlenmeyer résistant au feu avec une capacité suffisante pour contenir l'eau et les bouchons ou autre récipient.
- Système de chauffage, couverture chauffante, plaque, brûleur ou autre instrument permettant de faire bouillir l'eau.
- Chronomètre.

m) Longueur et angle de biseau

On détermine cette caractéristique pour les bouchons de vins mousseux mais elle peut être définie pour tous les bouchons qui ont été biseautés pour des raisons pratiques.

La longueur du biseau est exprimée en mm.
L'angle du biseau est exprimé en degré sexagésimaux (1 angle droit = 90°).
L'équipement permettant de déterminer ces paramètres sont les suivants :

- Pied à coulisse de précision (0,01 mm) (voir figure 4.21).

La longueur du biseau est définie de la manière suivante :

$$L = [(D - d)^2 / 4) + (H - h)^2]^{1/2}$$

L'angle du biseau est défini de la manière suivante :

$$\text{Angle} = \arctan [(D - d) / 2 (H-h)]$$

- arctan : fonction arctangente.
- L : Longueur du biseau.
- H : Hauteur du bouchon en mm.
- h : hauteur du bouchon jusqu'au début du biseau en mm.
- D : Diamètre du bouchon en mm.
- d : diamètre de la face biseautée du bouchon en mm.
- Angle : Angle du biseau en degré sexagésimaux.

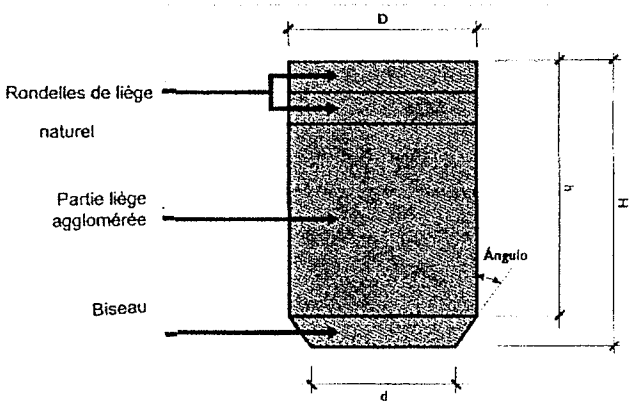


Figure 4.34 : Calcul du biseau du bouchon

n) Grosseur des rondelles

La détermination de la grosseur des rondelles est donnée par un pied à coulisse de 0,01 mm de précision. On doit effectuer deux mesures sur les mêmes rondelles. La grosseur

correspond à la moyenne des deux mesures effectuées.

Dans le tableau suivant sont rassemblés les tests les plus caractéristiques réalisés sur les bouchons de liège ainsi que les valeurs devant être respectées pour que le bouchon remplisse sa fonction de bouchage.

TEST	TYPE DE BOUCHON			
	Bouchons naturel d'une pièce pour les vins tranquilles.	**Bouchons de liège colmaté pour les vins tranquilles.**	**Bouchons de liège aggloméré pour les vins tranquilles.**	**Bouchons de liège aggloméré avec rondelles en liège naturel pour les vins mousseux.**
Humidité	De 5% à 8%	De 5% à 8%	De 4,5% à 7,5%	Partie agglomérée 4% /8% Rondelles 4% 10%
Longueur	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/-0,5 mm
Diamètre	+/-0,4 mm	+/-0,4 mm	+/-0,3 mm	+/-0,3 mm
Ovalisation	Maximum 0,5 mm	Maximum 0,5 mm		
Densité apparente	De 140 à 200 Kg/m^3	De 140 à 220 Kg/m^3	De 260 à 320 Kg/m^3	
Capillarité	Maximum 2,5 mm	Maximum 2,5 mm	Maximum 1/3 de la hauteur.	
Force d'extraction	De 20 à 40 daN	De 20 à 40 daN	De 15 à 40 daN	
Récupération diamétrale.	Minimum : Instant.88% A 5min. 93% A 1 heure 95%	Minimum : Instant.88% A 5min. 93% A 1 heure 95%	Minimum : Instant.86% A 5min. 90% A 1 heure 92%	
Contenu en poudre		Maximum 0,003 gr/bouchon		Maximum 0,001 gr/bouchon
Analyse microbiologique	Maximum 30 UFC/bouchon bactérie 10UCF/ bouchon champignon et levure. Absence de lactobacilles et streptomycètes	Maximum 30 UCF/bouchon Bactérie 10UCF/bouchon champignon et levure	Maximum 30 UCF/bouchon Bactérie 10UCF/bouchon champignon et levure	Maximum 30 UCF/bouchon Bactérie 10UCF/bouchon champignon et levure
Tension de rupture par torsion			Minimum 5,5 daN/cm^2	Minimum 7,5 daN/cm^2
Désagrégation			Ne se désagrège pas	
Poids				Bouchon de 48x31 à 2 rondelles minimum 8 gr
Angle de biseau et longueur				Longueur : 5.7+/-0.7 mm Angle : 45° +/- 7° sexagésimaux
Grosseur des rondelles				Total 11+/-1 mm

NB : Les valeurs du tableau ne correspondent pas forcément à la norme en vigueur qui est en permanente actualisation

5. AUTRES TESTS

Les tests suivants sont aussi intéressants pour apprécier les qualités des bouchons :

- Niveau de résidus oxydants sur les bouchons qui ont été lavés.
- Niveau de concentration des dérivés organochlorés, TCA, PCP.
- Examens organoleptiques etc.

Ceci peut être évalué grâce à des méthodes d'oxydation-réduction (Norme Portugaise 4296, permettant de déterminer qualitativement les résidus oxydants), ou des méthodes d'analyse instrumentale pour les résidus trichloroanisoles et chlorophénoles (chromatographie des gaz et spectrométrie des masses) ainsi que des procédés d'analyse sensorielle comme le test Barangé.

TRAVAUX PRATIQUES

- **Effectuer un échantillonnage sur un lot de bouchons pour en déterminer la qualité.**
- **Décider d'après les résultats de l'essai de l'échantillonnage si le lot doit être accepté ou rejeté.**
- **Utiliser la chambre climatique pour conditionner les échantillons.**
- **Appliquer les tests fondamentaux aux différents bouchons de liège, avec les équipements nécessaires afin d'apprécier leur comportement.**

CHAPITRE 3

Le bouchage

CONTENUS

a) Thèmes:

- Objectifs du bouchage.
- Eléments intégrés dans le bouchage :
  - ↳ Bouteille en verre.
  - ↳ Vin.
  - ↳ Bouchon de liège.
  - ↳ Machine à boucher.
- Procédé de bouchage.

b) Méthodologie:

- Comparaison des différentes bouteilles en verre utilisées en bouchage et distinction de leurs caractéristiques.
- Choix des bouchons de liège les plus appropriés en fonction des caractéristiques des vins et des bouteilles de verre.
- Mise en évidence des soins à apporter aux bouchons stockés.
- Choix et utilisation de la machine à boucher en fonction des caractéristiques du bouchon, de la bouteille en verre et du vin.
- Déroulement des différentes phases du bouchage.

c) Attitudes:

- Effectuer le bouchage de manière autonome et en confiance.
- Décrire les activités avec ordre, rigueur et propreté en accord avec les instructions générales et préventions des risques personnels.
- Respecter les normes d'utilisation et d'entretien des outils et matériels utilisés.
- Exécuter avec soin et application le travail de bouchage.

1. OBJECTIFS DU BOUCHAGE

Le liège possède des propriétés (légèreté, compressibilité, élasticité, imperméabilité, quasi-imputrescibilité etc.) qui en font un matériau idéal pour boucher les vins. Par ailleurs comme il est durable, il s'avère très utile pour le procédé de maturation et de conservation des vins.

En bouchant un vin, on cherche à obtenir les avantages suivants :

a) Herméticité, vis à vis des gaz et liquides sur la surface de contact verre/bouchon comprise entre 1 bar pour les vins tranquilles et 5 bars pour les vins mousseux.

b) Mise en place facile. La mise en place du bouchon dans la bouteille qu'elle soit manuelle ou automatique doit se faire simplement.

c) Ouverture aisée de manière à ce que le débouchage puisse être facilité.

2. ELEMENTS FAISANT PARTIE DU BOUCHAGE

Les éléments faisant partie du bouchage sont :

- La bouteille en verre.
- Le vin.
- Le bouchon de liège.
- La machine à boucher.

Pour obtenir un bon bouchage, chaque éléments doit être choisi correctement et des contrôles de qualité en laboratoire doivent être réalisés pour les trois premiers. Le bon fonctionnement de la machine à boucher doit être vérifié.

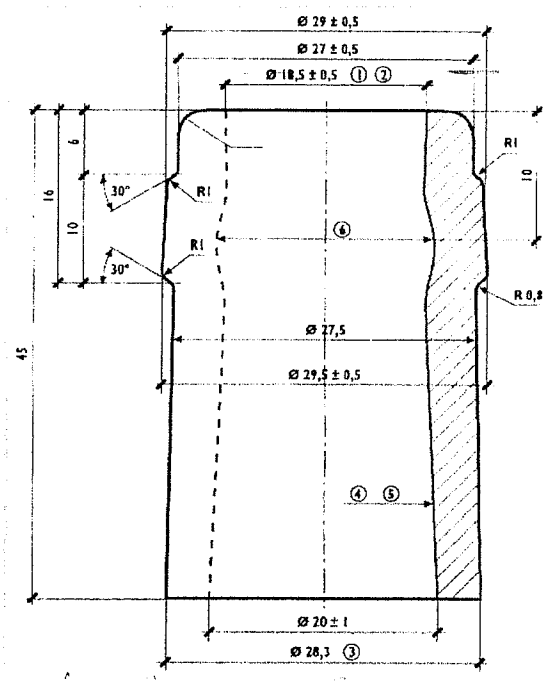
La bouteille en verre

On trouve sur le marché différents types de bouteilles normalisées (remplissant les conditions fixées par une norme établie). Pour effectuer les contrôles de qualité, en général au moment de la réception à la cave, on se réfère pour chaque pays à des normes différentes : normes internationales (ISO), normes espagnoles (UNE), normes françaises (NF), normes américaines (ASTM), normes portugaises (NP) etc.

Les bouteilles les plus courantes sont :

a) **Bouteille de type « bordelaise »** de 75 cl et de 37,5 cl. On peut trouver 5 modèles différents de bouteilles de 75 cl en fonction des caractéristiques telles que le poids ou la dimension. Le profil du goulot mesure le plus souvent 28 mm et le diamètre d'ouverture est de 18,5+/-0,5 mm.

Schéma



① Ce diamètre sera mesuré à 3 mm environ du ras du goulot.
② L'ovalisation ne doit pas dépasser de 50% le seuil de tolérance.
③ Diamètre moyen minimum = (∅ min. + ∅ max.) /2.
④ Profil intérieur : pour que le bouchon s'introduise bien, ce niveau ne doit pas être inférieur à la largeur d'entrée.
⑤ Calibre : diamètre 17,5 minimum pour une canule de 16 mm maximum.
⑥ Ce diamètre moyen ne doit pas être supérieur au diamètre mesuré à l'entrée de +1 mm.

Figure 4.35 : Profil du goulot d'une bouteille de type « bordelaise » norme UNE 126403

La norme applicable en Espagne par exemple pour la bouteille bordelaise est la UNE 126-201 et pour le profil du goulot on applique la norme UNE 126-403 alors qu'en France on applique la norme NI H 35-100.

b) **Bouteille de type « bourgogne ».** Il en existe de différents modèles. La bouteille de type « Bourgogne de réserve » de 75 cl avec un niveau de remplissage de 70 mm ou de 63 mm. Ou bien d'une capacité de 37,5 cl et un niveau de remplissage de 50 mm. La norme espagnole applicable dans le contrôle de réception est la UNE 126-202.

c) **Bouteille de type « champagne ».** C'est une bouteille de 75 cl avec un niveau de remplissage de 72 mm. Le profil du goulot est différent de celui des autres bouteilles. Les caractéristiques de ce goulot et de la bouteille sont stipulées respectivement dans les normes UNE 126-406 et UNE 126-204.

d) **Bouteille de type « Xérès ».** Il en existe de 75 cl et de 37,5 cl. Le profil du goulot est différent des autres. Les caractéristiques sont définies dans la norme UNE 126-402 et celles de la bouteille en verre sont stipulées dans la norme UNE 126-205.

Ces types de bouteilles sont les plus fréquents sur le marché mais il en existe d'autres comme la bouteille de type « Rhin » ou de type « Volga », etc.

Figure 4.36 : Différents types de bouteilles en verre

Comme nous l'avons déjà signalé, un contrôle de qualité doit être effectué au moment où les bouteilles arrivent à la cave de manière à vérifier que les normes sont respectées et à éviter tous problèmes à posteriori.

Dans le procédé du bouchage, les paramètres qui vont le plus directement influer sont le profil du goulot et la capacité utile. Cependant, au moment de la réception, il est important de tenir compte d'autres facteurs. On doit ainsi vérifier l'épaisseur du verre, les dimensions, le poids, la résistance au choc thermique, la résistance à la pression interne etc.

Plusieurs substances et/ou micro-organismes peuvent contaminer des bouteilles au vin, il faut en prendre soin dès leur réception et stockage jusqu'à leur utilisation. Elles doivent être stockées dans des locaux secs, ventilés, dépourvus de poussière et ne pas être en contact avec des animaux.

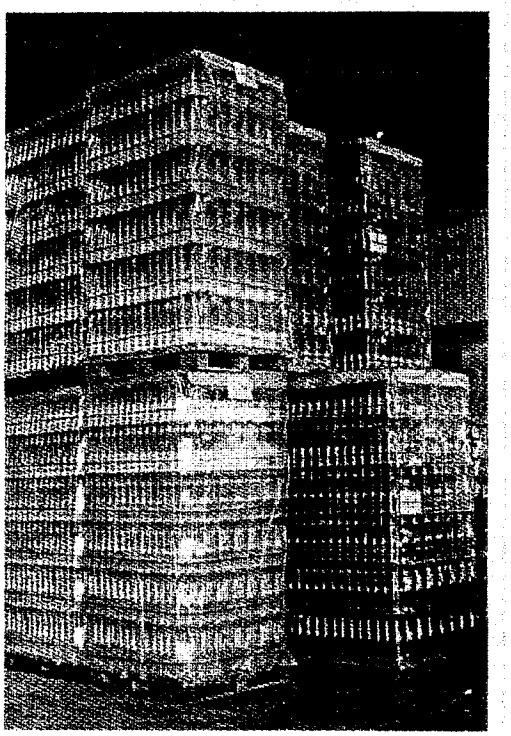


Figure 4.37

Le vin

Au moment de l'embouteillage, on doit tenir compte de la température du vin et du niveau de remplissage de la bouteille. En fonction des variations de température du vin, la pression initiale à l'intérieur de la bouteille et le volume du vin vont également varier. Si la température est plus élevée, le volume le sera aussi et par conséquent il y aura plus de pression à l'intérieur de la bouteille.

Si l'on utilise par exemple un bouchon en liège naturel de 44 mm de longueur et 24 mm de diamètre pour une bouteille en verre avec un niveau d'embouteillage de 63 mm à une température comprise entre 43°C et 46°C, le vin entrera en contact avec le bouchon par dilatation lorsque la température augmentera.

Au moment du choix du bouchon et de la bouteille, on tiendra compte également du fait du type de vin. En effet, un vin gazeux aura

une pression intérieure supérieure à un vin tranquille.

Le bouchon de liège sera choisi en fonction du goulot de la bouteille. En principe pour un vin tranquille et pour un profil de goulot de 28 mm, on choisit un bouchon de 24 mm de diamètre, alors que pour un vin pétillant on choisira un bouchon de 25 mm de diamètre ou plus, tout en tenant compte du fait que la réduction maximale du diamètre par la machine à boucher doit être de 33%. De cette façon, on exerce une plus grande pression sur le goulot de la bouteille pour en garantir son étanchéité.

C'est pourquoi, en fonction du type de vin et du traitement que l'on voudra lui donner (vin jeune, d'élevage ou de réserve), on choisira le bouchon de liège adéquat. Pour un vin rouge de garde par exemple, qui va suivre un vieillissement en bouteille, on peut choisir une bouteille bordelaise et un bouchon en liège naturel de 1ère catégorie de 44 mm de longueur et 24 mm de diamètre. S'il s'agit d'un vin rouge jeune devant être consommé très rapidement (sous deux ou trois mois), on peut choisir le même type de bouteille en verre mais le bouchon en liège naturel pourra ne pas être d'aussi bonne qualité ; on pourra même utiliser un bouchon en liège aggloméré ou en liège naturel colmaté.

Pour les champagnes, il faut utiliser une bouteille et un bouchon de liège spécial.

ADEQUATION ENTRE LES TYPES DE VINS ET BOUCHONS DE LIEGE

		Type de bouchon	Diamètre	Longueur
Vin rouge tranquille	Consommation immédiate de 1 à 6 mois en bouteille. Distribution locale.	Naturel 2ème et 3ème catégorie	24	35/40
		Colmaté	24	35/40
		Aggloméré	24	35/40
	Consommation < 2 ans. Distribution continentale	Naturel 1ère catégorie	24	40
		Naturel 2ème catégorie	25	40
		Aggloméré	24	40
		Aggloméré avec rondelles	24	40
	Distribution mondiale Réserve 2/4 ans. Grandes réserves +4ans	Naturel 1ère catégorie	24/25	40/54
		Aggloméré avec rondelles	24	40/50
		Naturel à 2 pièces 1ère catégorie	24/25	40/54
		Naturel 1ère catégorie	25/26	40/54
		Naturel à 2 pièces	25/26	40/54
Vin blanc tranquille	Taux d'alcool<15°	Naturel	24/25	40
		Bouchon à 2 pièces	24	40
		Aggloméré avec rondelle	24	40
	Taux d'alcool >15°	Naturel/aggloméré et/ou Bouchon couronne	24	40
			22	-

Le bouchon de liège

Nous avons étudié dans les chapitres précédents les différents types de bouchons de liège que l'on trouve sur le marché :

- Bouchon en liège naturel.
- Bouchon en liège aggloméré.
- Bouchon de deux pièces ou plus de liège naturel.
- Bouchon pour les vins mousseux.
- Bouchon colmaté.
- Bouchon colmaté à tête plastique.
- Autres bouchons.

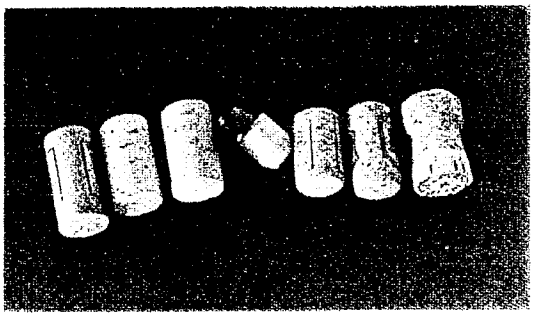


Figure 4.39 : Différents types de bouchon

Pour choisir un bouchon, il faut tenir compte des aspects suivants :

1 : Le type de vin que l'on va embouteiller et le traitement que l'on va lui donner.

2° : La bouteille en verre utilisée.

3° : La qualité du bouchon de liège.

4° : La différence entre le diamètre interne du goulot de la bouteille et du bouchon.

Les trois premiers aspects ont déjà été étudiés.

En ce qui concerne le quatrième point, il faut tenir compte du fait que le diamètre du bouchon une fois comprimé par les mâchoires de la machine à boucher devra mesurer 1,5 à 2 mm de moins que le diamètre interne du goulot de la bouteille. Il faudra veiller à ne pas comprimer excessivement le bouchon pour qu'il ne perde pas sa structure et une partie de ses propriétés. La compression maximale possible tourne autour de 33% de son diamètre.

Le liège peut absorber les odeurs environnantes et les communiquer ensuite au vin. Un lieux de stockage humide va entraîner un développement de moisissure et déprécier la qualité du liège et des bouchons.

Les soins à apporter au bouchon une fois fini et stocké en cave avant son utilisation sont les suivants :

- Les bouchons sont mis en sacs et parfois on injecte dans les sacs des anhydrides sulfureux permettant d'éviter la prolifération de micro-organismes. Parfois, les bouchons sont soumis à des radiations aux rayons Bêta.
- Les bouchons de liège doivent être conservés avant leur utilisation dans des locaux secs, ventilés, dépourvus de poussières et d'animaux.
- L'humidité des bouchons doit être comprise entre 5% et 8%.

Figure 4.40 : Stockage de bouchon dans une cave

Machine à boucher

Etant donné la grande variété de bouchons, les machines à boucher se sont également diversifiées.

La fonction de la machine à boucher est d'introduire le bouchon de liège dans la bouteille en verre contenant le vin.

Les éléments composant une machine à boucher sont généralement les suivants :

1. Mâchoire de serrage.
2. Piston de pression ou poinçon.
3. Cône de centrage dont le profil doit s'ajuster au goulot de la bouteille.

4. Système de centrage de la bouteille sous la tête de bouchage.

5. Support devant permettre de compenser les tolérances de hauteur de la bouteille.

6. Cran de compression.

Elles sont construites avec des fermetures à mâchoire de serrage (fermetures de une à quatre ou même six mâchoires), fermetures à rouleau et fermetures à piston.

Types de machines à boucher

a) Machine à boucher à rouleau

Un piston fait glisser le bouchon de liège entre deux rouleaux se trouvant à une distance donnée.

b) Machine à boucher à trois mors

Il s'agit d'un système combinant trois mâchoires de compression du bouchon de liège. Elles peuvent être toutes trois coulissantes ou bien il peut y en avoir une fixe et deux coulissantes.

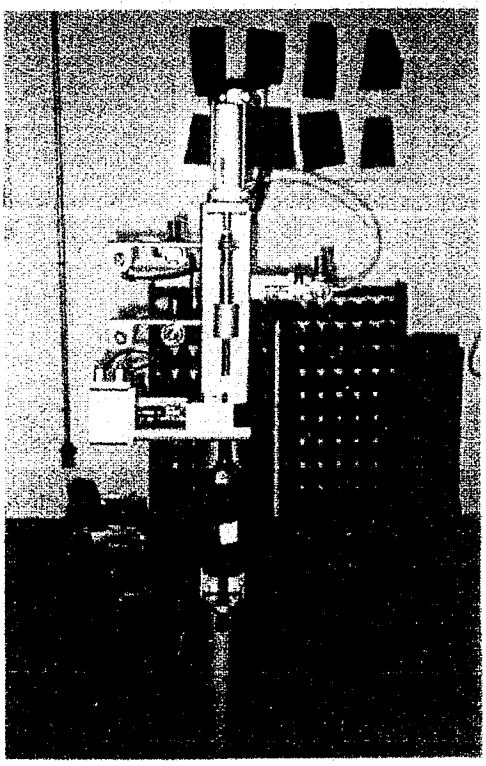


Figure 4.41 : Machine à boucher semi-automatique à 3 mors

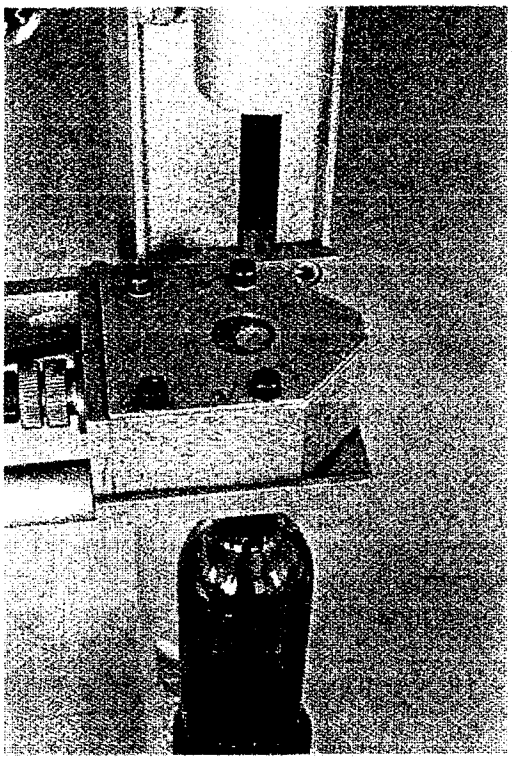


Figure 4.42 : Détail d'une machine à boucher semi-automatique à 3 mors

c) Machine à boucher à quatre mors coulissants

Figure 4.43 : Machine à boucher manuelle à 4 mors

Il s'agit d'un système composé de quatre mors coulissant servant à compresser les bouchons.
C'est une de celle qui obtient les meilleurs résultats car elle offre une plus grande surface de contact et la compression du bouchon est la plus uniforme. Cependant, il faut veiller au réglage des mâchoires ; un mauvais réglage peut engendrer la formation de plis sur le bouchon qui provoqueront plus tard des fuites du vin.

d) Machine à boucher à piston

Ceci s'effectue à la main au moyen d'un levier qui permet de faire glisser le bouchon.

Les machines à boucher peuvent être manuelles, semi-automatiques ou automatiques. Actuellement, les fermetures à rouleau et surtout à mors sont les plus utilisées sur les machines automatiques.

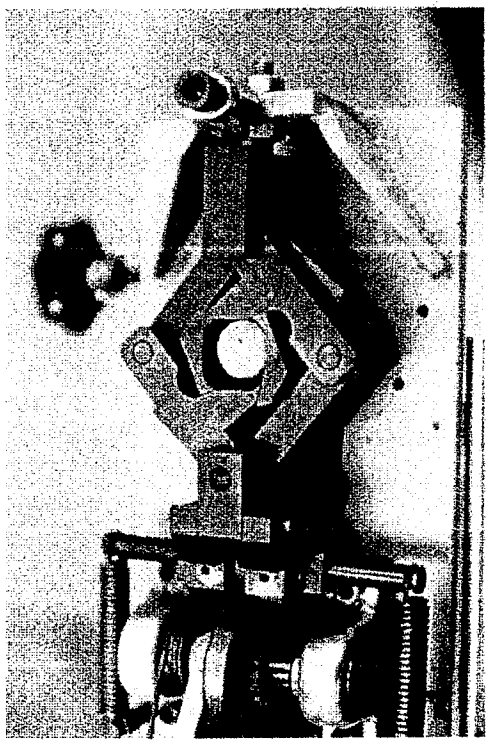


Figure 4.44 : Détail d'une machine à boucher manuelle à 4 mors

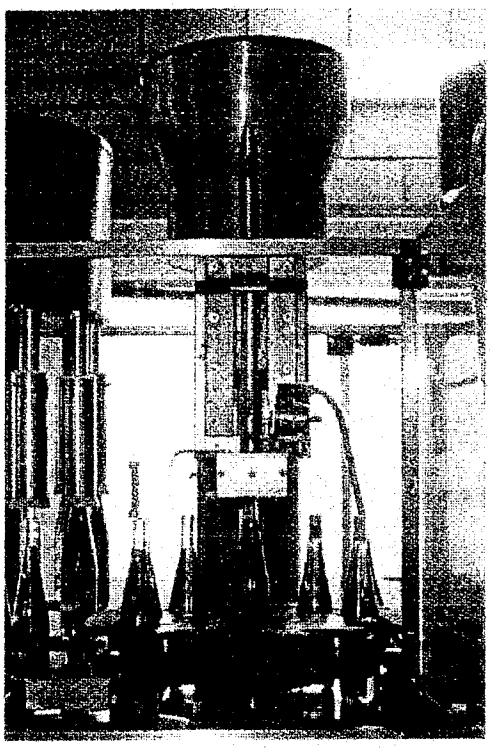


Figure 4.45 : Machine à boucher industrielle à 4 mors

Les machines à boucher automatiques industrielles sont équipées d'une rampe d'alimentation où l'on place les bouchons. Elles ont en général une contenance de mille bouchons et sont pourvues d'une rampe qui enregistre le poids, décharge le rouleau vibratoire et diminue ainsi la production de poussière de liège.

Les machines à boucher et en particulier les bouches d'alimentation doivent être nettoyées régulièrement de manière à éviter que la poussière de liège ne tombe pas dans le vin.

3. PROCEDE DE BOUCHAGE

Le diamètre du bouchon de liège est supérieur au diamètre intérieur du goulot de la bouteille. Grâce à la machine à boucher, le bouchon est comprimé pour rentrer plus facilement à l'intérieur du goulot de la bouteille. Comme il est dit plus haut, cette compression s'exerce jusqu'à ce que le diamètre du bouchon mesure de 1.5 à 2 mm de moins que le diamètre du goulot intérieur de la bouteille. Si le bouchon est rendu plus lisse autrement dit s'il est recouvert d'une fine couche de silicone, il

glissera plus facilement et le débouchage n'en sera aussi que plus aisé.

Une fois que le bouchon est comprimé et que la bouteille de vin repose sur son appui, le bouchon est enfoncé grâce à un piston qui l'introduit dans la bouteille. Une fois introduit, le bouchon, assez élastique, reprendra rapidement ses dimensions initiales jusqu'à ce que le goulot de la bouteille le retienne et garantisse ainsi une étanchéité immédiate.

Après avoir pris connaissance de la manière dont se réalise le bouchage d'une bouteille de vin, il faut appliquer les trois opérations fondamentales du bouchage :

1° Positionnement de la bouteille

Le mouvement de positionnement de la bouteille doit être doux et progressif pour que la bouteille ne prenne pas de coups ni que le vin soit agité. Si cela n'est pas respecté alors l'intérieur du goulot sera éclaboussé et mouillé et des problèmes d'herméticité se poseront ; il y aura probablement une fuite de vin à l'endroit qui aura été mouillé.

La précision du centrage de la bouteille sur son appui est également importante. Un mauvais positionnement empêchera le bouchon de pénétrer ou le déformera.

2° La compression du bouchon

Elle doit s'effectuer de manière uniforme sur toute la surface du bouchon. Il ne doit pas y avoir de pincements ni de déformations et la compression doit être calibrée car si elle est excessive la structure cellulaire peut être endommagée ou encore si elle est insuffisante, le bouchon butera sur le goulot de la bouteille.

3° Introduction du bouchon dans le goulot

Elle doit être rapide de manière à éviter que le bouchon se lâche avant d'être introduit à l'intérieur du goulot. Il doit arriver à ras du goulot supérieur ; s'il pénètre trop, cela peut s'avérer dangereux car des micro-organismes peuvent proliférer entre la capsule et le bouchon et le vin peut se voir affecté, cela peut également poser un problème d'herméticité. Si on laisse le bouchon ressortir du goulot, le problème sera surtout d'ordre esthétique et il sera difficile de poser la capsule.

Enfin, le train d'embouteillage doit être effectué en milieu frais et sec au niveau de la bouche d'alimentation des bouchons. Les rythmes de bouchage ne doivent jamais être forcés, pas même lorsqu'on est sûr du réglage des mâchoires et du piston. Les bouteilles ne doivent pas être renversées immédiatement après le bouchage ; il faudra les maintenir au moins cinq à dix minutes en position verticale ; cela laisse un temps suffisant pour la récupération diamétrale du bouchon qui pourra exercer une pression maximale sur le goulot interne de la bouteille et assurer l'étanchéité.

TRAVAUX PARTIQUES

- **Expliquer les objectifs de base d'un bouchage.**
- **Distinguer les différents types de bouteilles en verre.**
- **Différencier les divers types de bouchons de liège.**
- **Savoir choisir le bouchon le plus adapté en tenant compte des caractéristiques de la bouteille et du vin.**
- **Réaliser les travaux d'entretien liés au stockage du bouchon de liège.**
- **Reconnaître les différents types de machine à boucher et savoir les utiliser en tenant compte des caractéristiques du bouchon et de la bouteille en verre.**
- **Réaliser dans la pratique un bouchage.**