

UNIVERSITE DE LIMOGES

Faculté de Pharmacie

ANNEE 1990

THESE N° 311

**LE HOUBLON
(CANNABINACEES)**

**Classification et étude botanique,
culture, principes actifs
et applications actuelles**

T H E S E

POUR LE

**DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

Présentée et soutenue publiquement le 20 JUIN 1990

par

Didier CHEREAU

né le 19 Juin 1960 à Montluçon (Allier)

EXAMINATEURS de la THESE

Monsieur le Professeur CHULIA PRESIDENT
Madame ALLAIS, *Maître de Conférences* JUGE
Monsieur WERNER, *Docteur en Médecine* JUGE

U N I V E R S I T E D E L I M O G E S

F A C U L T E D E P H A R M A C I E

- DOYEN de la FACULTE : Monsieur le Professeur RABY
- ASSESSEURS : Monsieur le Professeur GHESTEM (1er Assesseeur)
Monsieur DREYFUSS, Maître de Conférences (2e Assesseeur)

PERSONNEL ENSEIGNANT

• PROFESSEURS DES UNIVERSITES

BENEYTOU Jean-Louis	Biochimie
BERNARD Michel	Physique-Biophysique
BUXERAUD Jacques	Chimie Organique, Chimie Thérapeutique
CHULIA Albert	Pharmacognosie
CHULIA Dominique	Pharmacotechnie
DELAGE Christiane	Chimie Générale et Minérale
GALEN François Xavier	Physiologie
GHESTEM Axel	Botanique et Cryptogamie
GUICHARD Claude	Toxicologie
HABRIOUX Gérard	Biochimie Fondamentale
LEFORT des YLOUSES Daniel	Pharmacie Galénique
NICOLAS Jean Albert	Bactériologie et Virologie, Parasitologie
LOUDART Nicole	Pharmacodynamie
PENICAUT Bernard	Chimie Analytique et Bromatologie
RABY Claude	Pharmacie Chimique et Chimie Organique
TIXIER Marie	Biochimie

SECRETARE GENERAL DE LA FACULTE - CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS

CELS René

A Monsieur le Professeur CHULIA

Professeur de Pharmacognosie
à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Limoges

qui a bien voulu me faire l'honneur de présider le
jury de cette thèse.

A Madame ALLAIS

Maître de Conférences de Pharmacognosie
à la Faculté de Pharmacie de Limoges

A Monsieur le Docteur J. P. WERNER

Docteur en Médecine, ancien interne des hôpitaux de Paris,

qui ont gentiment accepté de juger ce travail.

En témoignage de ma vive reconnaissance.

A Monsieur le Professeur CHULIA

Professeur de Pharmacognosie
à la Faculté de Pharmacie de Limoges

qui m'a aidé et conseillé en me faisant bénéficier de
son expérience et de ses conseils.

En témoignage de ma vive reconnaissance.

A Madame ALLAIS

Maître de Conférences de Pharmacognosie
à la Faculté de Pharmacie de Limoges

Pour son aide, sa gentillesse et les nombreux conseils
qu'elle a bien voulu me donner pendant la réalisation de
cette thèse.

En témoignage de ma vive gratitude.

A Monsieur le Docteur J. P. WERNER

Docteur en Médecine, ancien interne des hôpitaux de Paris

qui a tout de suite été intéressé par ce travail et qui nous fait
l'honneur de juger cette thèse.

En témoignage de mes profonds remerciements.

A mes parents

qui m'ont réconforté pendant ces quelques années d'études pharmaceutiques.

Recevez par l'intermédiaire de ce travail mes sincères et chaleureux remerciements.

A Karine et Thierry.

Tous deux futurs confrères. Leur présence et leur gentillesse m'ont toujours encouragé.

Recevez ici ma grande affection.

A Monsieur J. BLONDEAU.

Docteur en Pharmacie de la faculté de Strasbourg

qui, en qualité de maître de stage, m'a appris les premiers rudiments de la profession.

En témoignage de ma grande sympathie.

A Monsieur P. BLOIS.

Pharmacien diplômé de la Faculté de Clermont Ferrand

qui m'a permis de préparer ce travail tout en commençant à travailler.

En témoignage de ma sincère amitié.

A Monsieur Michard.

Directeur de la Brasserie "Le Paris" à Limoges

qui m'a permis de visiter son établissement tout en me donnant de précieuses informations sur le houblonnage de la bière.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de mes profonds remerciements.

Je remercie enfin tous ceux qui à titre divers m'ont si souvent aidé et soutenu, et en particulier l'ensemble du personnel de l'Amicale Corporative des Etudiants en Médecine et Pharmacie de Limoges pour la remarquable réalisation technique de ce travail.

PLAN

INTRODUCTION

I - ORIGINE ET HISTORIQUE DE LA PLANTE

II - ETUDE DE LA PLANTE

- 1 - CLASSIFICATION BOTANIQUE
- 2 - DESCRIPTION BOTANIQUE
- 3 - DESCRIPTION HISTOLOGIQUE
- 4 - COMPOSITION CHIMIQUE
- 5 - PHYSIOLOGIE

III - LA CULTURE DU HOUBLON

- 1 - LES DIFFERENTES VARIETES DE HOUBLON
- 2 - LES SOLS SUSCEPTIBLES DE RECEVOIR LA PLANTE
- 3 - LES FACTEURS CLIMATIQUES
- 4 - LA HOUBLONNIERE
- 5 - LES TECHNIQUES CULTURALES
- 6 - LES SOINS SPECIAUX A APPORTER EN VUE D'UNE BONNE
RECOLTE
- 7 - LA RECOLTE DU HOUBLON
- 8 - LES OPERATIONS POSTERIEURES A LA RECOLTE
- 9 - APPRECIATION COMMERCIALE DU HOUBLON LORS DE SA MISE
SUR LE MARCHE

IV - LES UTILISATIONS DU HOUBLON

1 - LA BRASSERIE

2 - LA PHYTOTHERAPIE

V - LES DANGERS DU HOUBLON

1 - LES DERMATOSES LEGERES

2 - LES POLLINOSES

VI - ASPECT ECONOMIQUE DU HOUBLON

1 - PRODUCTION MONDIALE DE HOUBLON

2 - PRODUCTION DE LA BIERE

3 - CONSOMMATION DE LA BIERE

CONCLUSION

INTRODUCTION.

Le houblon fait partie de ces plantes dont on ne parle que très peu mais dont l'importance est reconnue aussi bien sur le plan alimentaire, elle tient une place privilégiée dans la fabrication de la bière, que sur le plan médical puisqu'elle figure en bonne place dans la Pharmacopée française.

Humulus Lupulus .L., plante grimpante, abondante à l'état sauvage dans les lieux humides et frais est largement cultivée dans le nord de l'Europe.

Sa culture n'est pas intensive, elle s'intègre dans un système de polyculture où se côtoient blé, tabac et betteraves sucrières.

Ce travail a pour but de présenter le houblon dans son ensemble ; il s'articule en cinq grandes parties :

- Une première partie présente les origines de la plante ainsi que l'intérêt porté par l'homme sur elle au cours de l'histoire. On apprendra notamment que cette plante était déjà utilisée par nos ancêtres dans l'antiquité.

- La seconde partie fait le point sur les connaissances botaniques, histologiques et chimiques de la plante ; nous ferons d'ailleurs connaissance de l'un de ses constituants importants : le lupulin.

- La troisième partie résume les techniques culturelles du houblon ; nous y découvrirons l'originalité des exploitations houblonnières, originalité liée au particularisme physiologique de la plante.

- La quatrième partie portera sur les différents emplois du houblon essentiellement au nombre de deux :

. utilisation du houblon dans la brasserie comme aromatisant de la bière ;

. utilisation du houblon comme plante médicinale à l'heure où l'on redécouvre les bienfaits de la phytothérapie dans notre médecine moderne.

- La cinquième et dernière partie fera apparaître l'aspect économique de la plante ainsi que les difficultés rencontrées au cours des dernières années par les exploitants français devant la concurrence des autres pays producteurs mondiaux.

I - HISTORIQUE.

Aujourd'hui encore, l'origine des plants de houblon demeure incertaine. Il est cependant certain que sa culture est intimement liée à son utilisation en brasserie.

Pour certains auteurs, le houblon est originaire des régions montagneuses d'Asie centrale (Tibet, Yunnan).

Pour d'autres, son origine se situe dans le sud de l'Europe (territoires slaves et ouest de l'Asie).

En France, son apparition dans les écrits date de 768 ; cette année là, il est question de "humularias" dans un acte de donation de Pépin le Bref à l'abbaye de Saint Denis, mais rien ne permet d'affirmer qu'il s'agit de houblon.

1070 marque une étape importante dans la destinée de la plante. L'abesse Sainte Hildegarde mentionne dans un ouvrage de sciences naturelles les propriétés conservatrices et aromatisantes des principes amers du houblon et ce, dans les boissons auxquelles on l'ajoute.

Peu à peu l'usage du houblon se généralise et remplace le cumin, le romarin, l'anis et le genièvre qui sont encore utilisés dans la cervoise des gaulois.

Une nouvelle boisson était née, la bière.

Au XIVe siècle des houblonnières apparaissent en Europe occidentale notamment en Normandie mais elles disparaîtront dès la fin de ce siècle. En revanche le nord de la Flandre va se spécialiser dans cette culture.

Dès le XVe siècle, le houblon est officiellement reconnu comme plante alimentaire. En 1406 Jean sans Peur duc de Bourgogne donne aux meilleurs planteurs une médaille d'or frappée à l'effigie du houblon ; l'ordre du houblon venait d'être créé.

L'année suivante une boisson à base d'orge, d'eau et de houblon est préparée. Peu après le mot bière apparaît dans un texte de l'époque.

Le 1er avril 1435, un écrit officiel réglementant l'activité des fabricants de bière (les brasseurs) du quartier Sainte Geneviève à Paris est divulgué. Pourtant à cette époque le vin est encore la boisson la plus populaire et la plus appréciée, mais en 1445 et 1446 une chronique de Daniel Specklin nous apprend que le vignoble français a souffert de la gelée ; le vin produit lors de ces deux années étant de médiocre qualité, on commence à fabriquer de la bière en plus grande quantité. Ce breuvage encore récent va être débité dans plus de 40 endroits à Strasbourg.

En 1489, Charles VIII donne un statut aux brasseurs de Paris : la profession est réglementée, deux boissons bien distinctes sont créées :

- la cervoise : boisson aromatisée par des plantes comme la marjolaine, le romarin, l'anis, le cumin et la genièvre. L'emploi du houblon y est strictement interdit.

- la bière : boisson à base d'orge, de malt et aromatisée par les principes amers de houblon.

A la fin du XVe siècle, dans les autres pays d'Europe, on brasse également le houblon ; la Belgique se spécialise dans la fabrication de la bière puisqu'à Gand on ne compte pas moins de 109 brasseries.

A partir du XVIe siècle, on se met à éditer des traités sur les techniques de préparation de la bière :

- l'un en 1530 en Allemand,

- l'autre en 1549 en Latin.

Pendant toute cette période moyenâgeuse, des moines brasseurs vont préparer de la bière pour leurs propres besoins et ceux de leurs hospices, mais rapidement des brasseurs professionnels font leur apparition, les brasseries de type familial disparaissent au profit

de brasseries plus artisanales souvent assorties d'une auberge ou d'une taverne.

Les brasseurs professionnels vont se regrouper en corporations qui fixent les règles du métier et veillent à leur respect.

Ainsi en 1537, on nomme à Poperinge en Belgique, un corps de contrôleurs chargés d'accorder des certificats aux lots de houblon satisfaisant aux exigences de qualité demandées par les brasseurs.

Vers les années 1550, le houblon fait l'objet d'une culture assez développée. On commence à utiliser à cette époque une technique nouvelle de culture qui consiste à laisser grimper la plante le long de perches.

Le XVII^e siècle marque l'implantation de la brasserie alsacienne. On commence à consommer de plus en plus de bière. La monarchie de l'époque permet, par un édit en date du 23 juillet 1694 à des jurés brasseurs, d'avoir le monopole de la fabrication de la bière ; les cabaretiers se voient alors interdire la préparation de cette boisson. Pourtant dans certaines régions dépourvues de jurés brasseurs, ils continueront à la préparer plus ou moins clandestinement .

Les jurés brasseurs sont tenus de donner aux consommateurs de l'époque un breuvage de qualité. C'est pour cette raison que le roi crée des commissions "les gourmets", chargées par les magistrats de goûter les boissons préparées, en cas de contestation.

Au XVIII^e siècle, entre les années 1770 et 1780, les cultures de houblon en Alsace sont encore rares. Le pasteur Ehrenfort tente d'introduire quelques pieds de houblon, mais très vite il va abandonner. Toujours en amateur A. Gendertheim, M de Weitersheim tentent en 1797 une culture de houblon sur les bords de la Zorn. Ils donnent comme appui pour la plante, les peupliers et les saules qui bordent cette rivière.

Il faudra attendre 1820 pour découvrir la première houblonnière professionnelle à Bischwiller en Alsace.

1834 marque les premiers essais de culture dans la région de Oberhoffen et c'est à cette époque que l'on peut noter les créations des houblonnières de Brumath, Wissembourg et Sélestat.

Entre 1833 et 1838, les superficies plantées en houblon passent de 26 à 108 hectares en France, les rendements en cônes se situant en moyenne entre 20 et 25 quintaux à l'hectare.

L'extension de cette culture houblonnière est considérée à cette époque comme salvatrice pour l'économie Alsacienne, car l'industrie brassicole se développe parallèlement à l'implantation des houblonnières et permet d'atténuer les crises qui affectent les cultures de plantes industrielles des arrondissements de Strasbourg ou Wissembourg comme le tabac, le chanvre ou la garance. Le houblon est une plante qui assure à cette époque de bons revenus aux agriculteurs ; cette culture devient après 1830 la branche agricole la plus importante de Bischwiller.

Avant la guerre de 1870, l'évolution des surfaces houblonnières en hectares a été la suivante en Alsace (1).

Arrondissement	1840	1852	1865
Strasbourg	109,1 ha	420 ha	936 ha
Saverne	2,2 ha	6 ha	95 ha
Sélestat	0,2 ha	21 ha	63 ha
Wissembourg	8,5 ha	13 ha	123 ha
<u>Total Basse Alsace</u>	120 ha	460 ha	1217 ha

Ensuite le conflit franco-prussien de 1870 éclate : il ne favorise pas l'extension des cultures.

La période 1876-1914 montre l'évolution suivante (1).

1876	4494 ha	1900	3966 ha
1883	4689 ha	1908	4564 ha
1893	4145 ha	1914	4083 ha

ha : hectares

Les chiffres précédents montrent une diminution des surfaces cultivées jusqu'en 1900.

La guerre de 1914-1918 redonnera encore un sérieux coup d'arrêt au développement des cultures houblonnières. La main d'oeuvre nécessaire à cette activité fait défaut et la situation économique de l'époque ne permet pas l'écoulement des récoltes. En 1918 les surfaces effectivement cultivées ne sont plus que de 2199 hectares.

L'entre-deux guerres (1919-1939) se caractérise par deux tendances opposées :

- (1919-1928) : période marquant une augmentation relativement importante des surfaces cultivées en houblon ; les prix sont à la hausse car les plantations allemandes sont décimées par le mildiou.

A titre indicatif, le prix de vente du quintal de houblon est de l'ordre de 2000 F en 1925 et 3300 F en 1926.

- (1929-1939) : chute de la production, puis on remonte à 1350 hectares de terre cultivée en houblon à la veille de la dernière guerre mondiale. En Europe il y a surproduction. Les récoltes se vendent mal et on assiste à une chute spectaculaire des prix de vente.

En 1929 il y a même surproduction de houblon alsacien et la moitié de la production restera invendue. Le quintal de houblon est alors coté à 175 F.

En 1945, on réduit les superficies cultivées. En Alsace il n'y a plus que 558 hectares de houblonnières.

Après 1945 l'évolution des cultures est la suivante (2) :

année	superficie (ha)
1950	1200
1970	1160
1975	1169
1978	911
1985	654

En totalité, de 1950 à 1985, ce sont 546 hectares de houblonnières qui disparaissent, soit une réduction de près de 50%. Dans le même temps on enregistre une diminution du nombre de planteurs qui passe de 3624 en 1952 à 233 en 1982. Ces tendances ont pour effet une restructuration des unités de production (remembrement, redistribution géographique, agrandissement des superficies houblonnières par exploitation, mécanisation poussée). Toutes ces opérations conduisent en général à une réduction non négligeable des frais de production.

La situation de la culture houblonnière en Alsace de nos jours peut être résumée par le tableau suivant (1):

variétés de houblon	superficies (ha)	production (en quintaux)	rendement quintaux/ha
Strisselspalt	181,5	6337	34,9
Brewers Gold	233,5	12495	53,5
Northern Brewer	42,5	1119	26,3
Record	5,5	167	30,4
total	463	20118	$\bar{x} = 43,45$

On a vu que les origines du houblon sont très anciennes. Après une période de relative prospérité tout au long de l'histoire, la culture houblonnière subit de nos jours une période de crise malgré les efforts des planteurs pour sauvegarder cette culture en France. On doit également signaler que cette culture, lorsqu'elle existe, est très localisée en France (Nord, Alsace, Bourgogne).

II : ETUDE DE LA PLANTE.

1 - LA CLASSIFICATION BOTANIQUE. (3) (4)

Le houblon (HUMULUS LUPULUS) fait partie de :

- la famille des CANNABINACEES ;
- l'ordre des URTICALES ;
- la classe des DICOTYLEDONES APETALES ;
- l'embranchement des ANGIOSPERMES.

La famille des cannabinaées ne comporte que 2 genres qui ne diffèrent que par le port des feuilles et des inflorescences (5) :

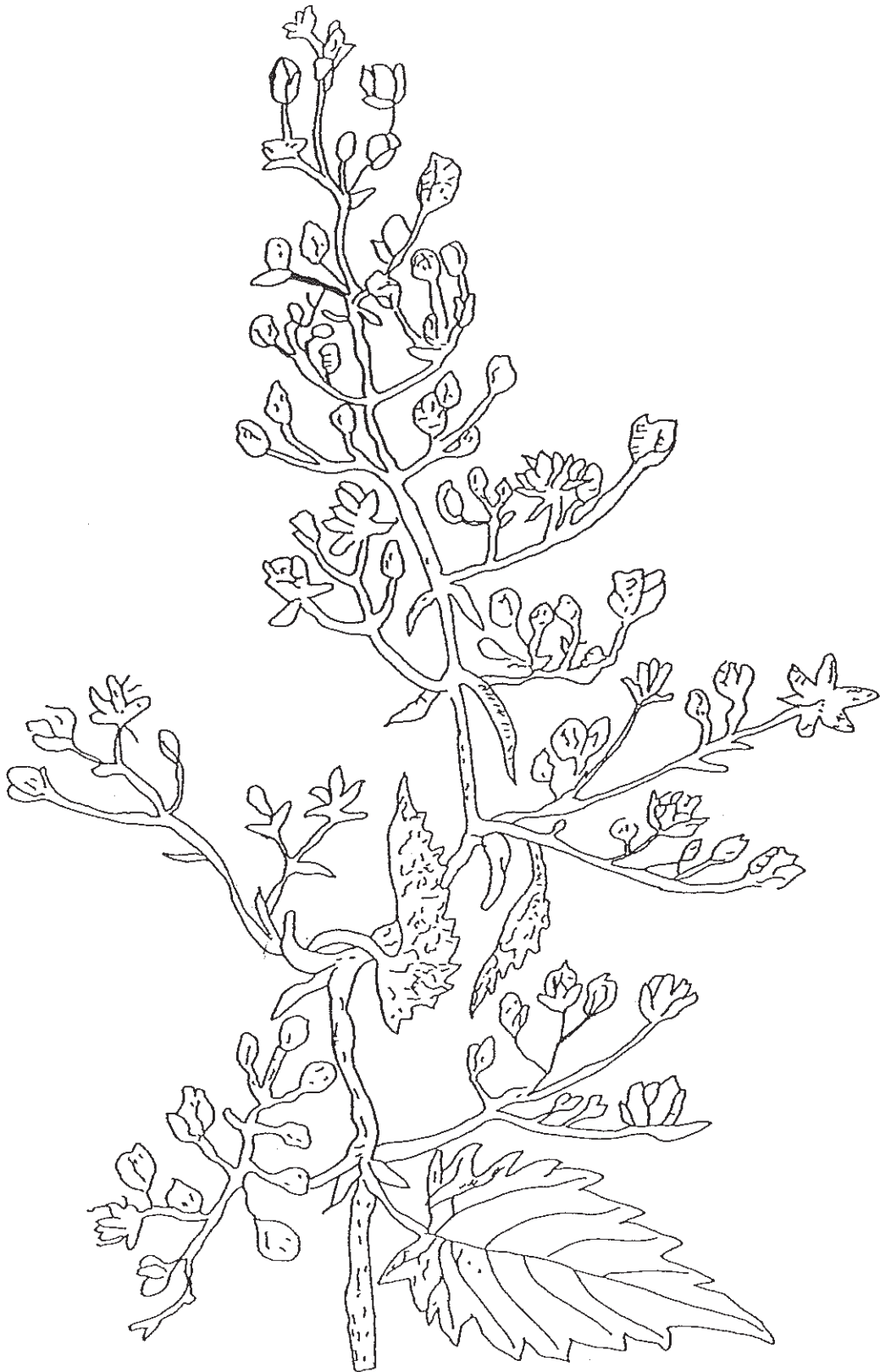
- *Cannabis sativa* (chanvre) avec une seule espèce.
- *Humulus* (houblon) avec deux espèces :

. *Humulus lupulus*

. *Humulus japonicus*

- HUMULUS LUPULUS est une plante vivace, grimpante, que l'on cultive surtout pour ses propriétés brassicoles. Cette variété est originaire du continent nord américain. (6) (7).

- HUMULUS JAPONICUS est originaire du Japon et de la Chine ; c'est une plante annuelle, ressemblant dans son apparence et son développement à l'espèce HUMULUS LUPULUS, pourtant elle ne possède aucune valeur brassicole ; on l'utilise comme plante d'ornement grimpante à feuillage panaché entre autres.



LE HOUBLON (Humulus lupulus)

2 - DESCRIPTION BOTANIQUE.

HUMULUS vient du latin Humus (terre) ; en effet, il arrive que les tiges grimpantes du houblon rampent si elles ne trouvent pas de support. On s'aperçoit également que le houblon est friand de terres humides et de leur "humus".

LUPULUS (petit loup) : le houblon est une plante exigeante vis à vis de la qualité des sols ; lorsqu'il se plaît, il épuise vite les terres riches ; on dit de lui qu'il a un appétit de loup ; cette dénomination est attribuée à Pline (13).

La traduction française HOUBLON découlerait du vieux latin médiéval HUMULONE, du néerlandais ancien HOMMEL et de HUMMOL en francisque.

En France et selon les régions traversées, on peut trouver les termes suivants (9) : couleuvrée septentrionale, houblon à bière, houblon grimpant, houblon lupulin, salsepareille indigène, salsepareille nationale, vigne du nord.

Humulus lupulus est une plante vivace ; l'hiver, elle se trouve réduite à une souche souterraine qui assure sa survie.

2 - 1 - LA SOUCHE SOUTERRAINE DU HOUBLON (1).

Elle est ligneuse ; c'est la partie essentielle de la plante dont elle assure la pérennité ; de forme globuleuse, elle mesure 30 à 40 cm de long pour 10 à 15 cm de large ; sa surface est rugueuse, cannelée, bosselée. De cet organe partent de nombreuses racines d'une grande extension. Certaines d'entre elles peuvent atteindre jusqu'à 4 mètres de longueur.

On distingue deux systèmes racinaires :

- un système permanent ;
- un système annuel.

Le système permanent, pivotant, comprend deux types d'organes : le premier est épais (2 à 3 cm de diamètre), il joue un rôle de réserve (glucides, sels minéraux) ; l'autre est beaucoup plus mince et court ; il participe à l'absorption des sels minéraux et de l'eau nécessaires à la nutrition de la plante.

Le système annuel apparaît l'été ; c'est un réseau de racines superficielles, traçantes qui partent de la base des tiges et qui jouent également un rôle important pour l'alimentation de la plante pendant son développement annuel.

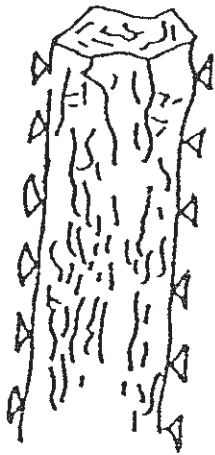
2 - 2 - L'APPAREIL LIGNEUX (8).

Il comprend les tiges et les ramifications. Au printemps, des tiges sont émises à partir de bourgeons axillaires situés à la partie supérieure de la souche. On peut compter jusqu'à 50 pousses (ou turions) par souche. Au début les jeunes tiges sont de couleur blanche puis prennent en grandissant une teinte un peu rougeâtre.

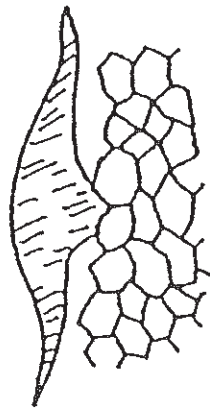
Après une croissance de 80 à 100 cm, la tige devient volubile (liane), elle cherche un support pour s'enrouler de gauche à droite. On dit qu'elle présente un enroulement dextrogyre. Cette liane présente une coloration variable selon la variété de houblon considérée (tiges vertes, rouges, mouchetées, striées, marbrées...)

La section de cette tige est hexagonale, des cannelures saillantes apparaissent à la surface d'où partent des crochets à une ou deux pointes. Ces crochets vont servir à la fixation de la plante sur le support.

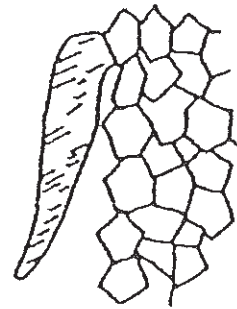
Au toucher, cette liane est rugueuse, l'intérieur de la tige est creux sauf au niveau des entre-noeuds. Ces tiges herbacées au départ subissent une sublignification avec l'âge. Elles peuvent atteindre des hauteurs variables selon les conditions du milieu (5 à 12 m).



Rameau
(sarment)



à 2 crochets



à 1 seul crochet

Le houblon : plante grimpante.

son système de fixation.

Les ramifications se développent à hauteur des entre-noeuds, ne sont pas volubiles et seront porteuses des inflorescences. Plus cet appareil est développé, meilleure risque d'être la récolte des fleurs de houblon.

2 - 3 - LES FEUILLES (4).

Elles sont de forme variable. Ce polymorphisme est en relation directe avec les différents niveaux de la plante.

En règle générale, ces feuilles sont palmées, profondément lobées, à marge dentée. Elles sont lisses sur le dessus, rugueuses au toucher dessous. Le limbe est divisé en 3 ou 5 lobes ; elles sont donc lobées et longuement pétiolées.

On note 3 types de feuilles :

- entières
- trilobées
- à 5 lobes.

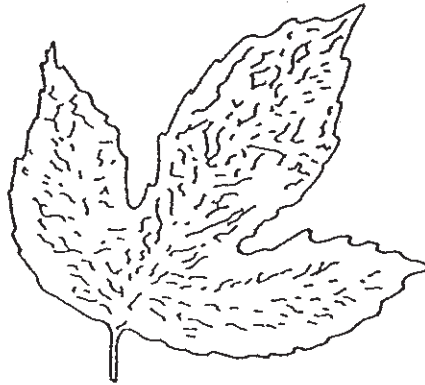
La coloration foliaire varie du vert-jaunâtre au vert foncé.

2 - 4 - LES INFLORESCENCES.

Elles apparaissent à l'aisselle des feuilles, leur agencement est un peu complexe. La floraison a lieu en juillet-août. Il faut également signaler que le houblon est une plante dioïque : les fleurs staminées et les fleurs pistillées sont portées par des individus différents. Cependant il est curieux de constater que cette dioïcité n'est pas absolue car d'une saison à l'autre on peut observer un changement de sexe du plant de même qu'un plant peut être porteur des deux types de fleurs.



entière



trilobée



à 5 lobes

Les trois types de feuilles du houblon.

2 - 4 - 1 - LES FLEURS MALES (8).

Les fleurs des plantes mâles sont réunies en grappe de cymes disposant de 5 étamines dressées, entourées d'un périanthe de 5 pièces. Lorsque cette fleur s'ouvre, les sacs staminaux s'ouvrent et le vent entraîne le pollen (pollinisation anémophile). Dans le sillon des anthères, on note la présence de glandes à résine.

2 - 4 - 2 - LES FLEURS FEMELLES (8).

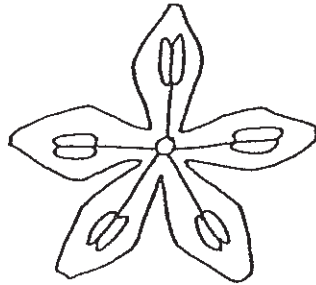
Les fleurs femelles sont réunies sur le plant en cônes ou strobiles. Elles forment des chatons raccourcis, composés de bractées foliacées jaunâtres et membraneuses se recouvrant les unes les autres ; à l'aisselle de ces bractées, 2 à 6 fleurs protégées à leur tour par une bractéole et réduites à un ovaire surmonté de 2 styles contenant un ovule, solitaire, descendant anatrope.

Les fleurs femelles sécrètent un suc résineux qui apparaît en granulation jaune dorée.

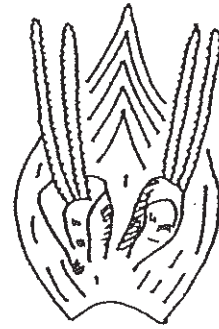
En l'absence de pollinisation, l'ovaire dépérit. Dans le cas contraire, il y a formation d'un akène situé à la base des bractéoles. A la base de celles-ci, sur la face interne, on note la présence de poils épidermiques glanduleux sécréteurs de lupuline (poussière d'un beau jaune brillant) qui est un mélange d'oléorésine. Ce lupulin tombe facilement dans la main quand on froisse un cône entre les doigts. De saveur amère, ce lupulin répand une odeur agréable, pénétrante et aromatique. Pour la culture, on élimine la totalité des pieds mâles pour éviter tout risque de pollinisation. S'il y a fécondation, il y a formation d'un akène sur le pied femelle dont la saveur n'est pas recherchée.

2 - 5 - L'AKENE (4) (8) (10).

L'akène renferme une graine dépourvue d'endosperme dont la plantule est enroulée en spirale.



fleur mâle

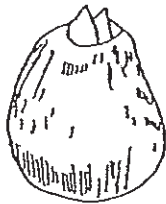


fleur femelle

Humulus lupulus : une plante dioïque.



cône



akène



akène (coupe longitudinale)



Rameau latéral avec insertions florales

(* = les fleurs)

3 - DESCRIPTION HISTOLOGIQUE (11) (12).

3 - 1 - LES TIGES.

3 - 1 - 1 - MACROSCOPIE.

La partie du rameau ou sarment qui se trouve sous terre entre la souche et la surface du sol est lignifiée. Elle est de couleur brunâtre épaisse (2 cm de diamètre environ).

Au dessus du sol, une tige se développe, garnie de bourgeons. Le long de celle-ci on observe une succession de noeuds à hauteur desquels elle se ramifie.

Si l'on réalise une coupe longitudinale, on constate qu'au niveau des noeuds, la tige est remplie de moelle mélangée à des paquets de vaisseaux entrecroisés, les internoeuds sont creux.

Plus les internoeuds sont longs, meilleur est l'état de croissance du houblon.

Les tiges présentent des saillies ou cannelures. Sur ces cannelures se développent des poils qui serviront à la plante pour grimper et à l'aide desquels le houblon va s'accrocher à son support.

Ces poils sont issus de formations épidermiques dont les cellules ont des formes bien particulières et pointues ; les pointes se dirigent soit vers le haut, soit vers le bas (rameau à un crochet), soit vers le haut et vers le bas (rameau à deux crochets) (figure p. 39).

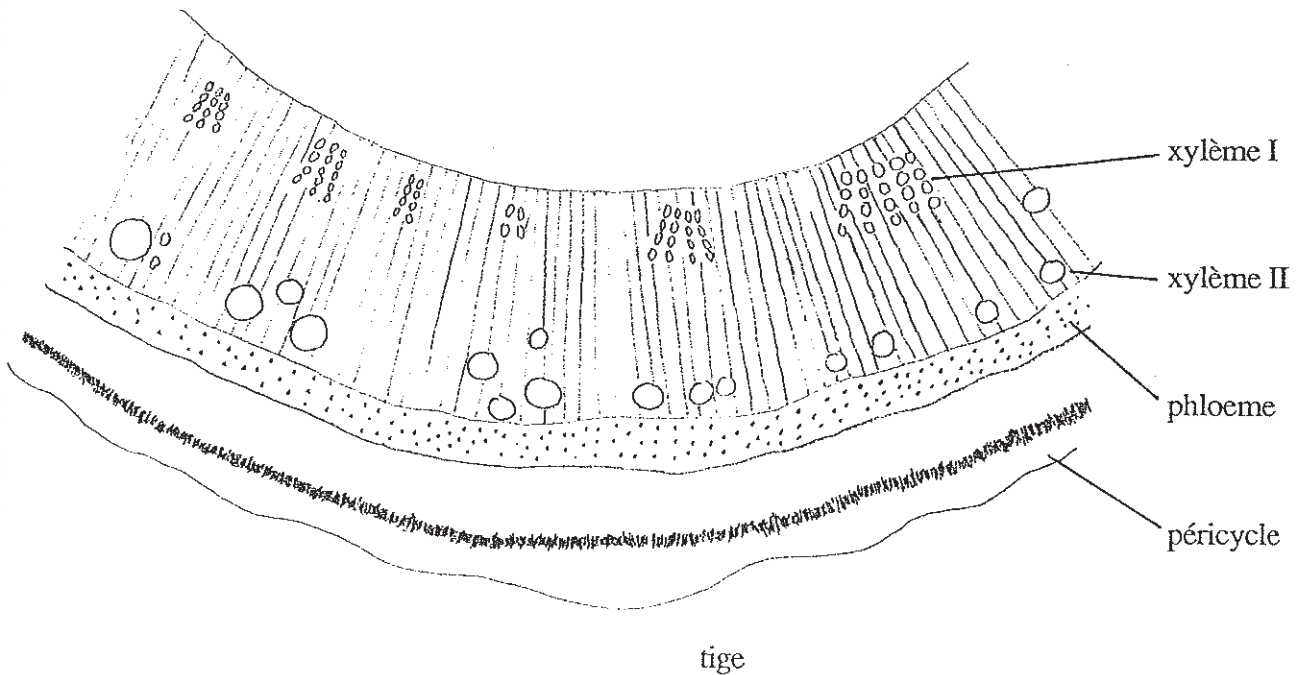
3 - 1 - 2 - MICROSCOPIE.

Si l'on réalise une coupe transversale de tige on remarque que le péricycle contient des fibres de cellulose groupées en masse triangulaire.

Le phloème secondaire contient des fibres identiques rangées de manière différente. Ce tissu comporte des canaux laticifères riches en tanins. Le xylème se décompose en xylème primaire et secondaire et forme un cylindre continu.

Dans le xylème primaire les vaisseaux sont rangés en files, regroupés en petits tas.

Dans le xylème secondaire les vaisseaux sont disposés de façon anarchique. Le diamètre des vaisseaux les plus larges est de 180 μm alors que ce diamètre est beaucoup plus faible pour les vaisseaux appartenant au xylème primaire (environ 90 μm).



Coupe transversale d'après C. R. Metcalfe et L. Chalk (13).

3 - 2 - LES FEUILLES.

3 - 2 - 1 - FACE DORSALE.

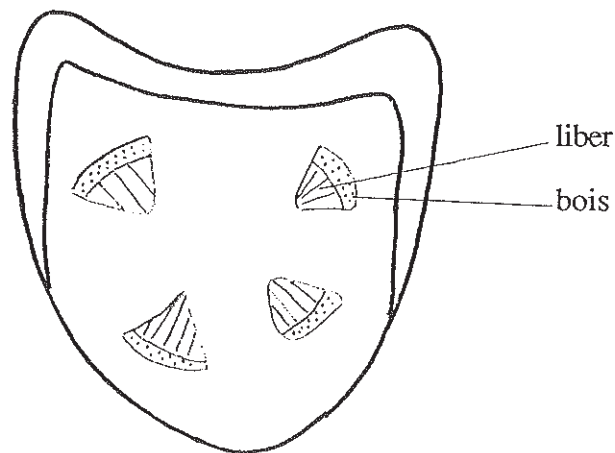
Elle est formée d'une seule couche de cellules de tailles variables.

3 - 2 - 2 - FACE INFÉRIEURE.

On trouve des poils plus ou moins silicifiés. Ces poils ont des pieds unicellulaires ou pluricellulaires fixés à l'épiderme. On trouve également des poils glanduleux à pieds unicellulaires et tête sphérique à quatre cellules ou plus.

3 - 2 - 3 - LE PETIOLE.

Sa section transversale montre la présence de canaux vasculaires incurvés en croissant (13).



Pétiole

Coupe transversale

(d'après C.R. Metcalfe et Challe) (13)

3 - 3 - LE LUPULIN.

En fin de floraison, grâce à la fermeture des bractées et des bractéoles des cônes, la lupuline est protégée.

Le lupulin (lupuline) se compose d'une multitude de glandes pédonculées de couleur jaune orangé, luisantes et translucides. Cette lupuline se trouve à la base des bractéoles et peut être obtenue par battage des cônes.

3 - 3 - 1 - ASPECT MACROSCOPIQUE.

En masse, après abattage des cônes murs, ce lupulin se présente comme une poudre granuleuse de couleur brun jaunâtre. C'est lui qui donne au houblon son odeur spéciale et sa saveur amère aromatique ainsi que bon nombre de ses propriétés médicinales.

Broyé dans un mortier, les petites glandes éclatent et leur contenu visqueux se prend en masse.

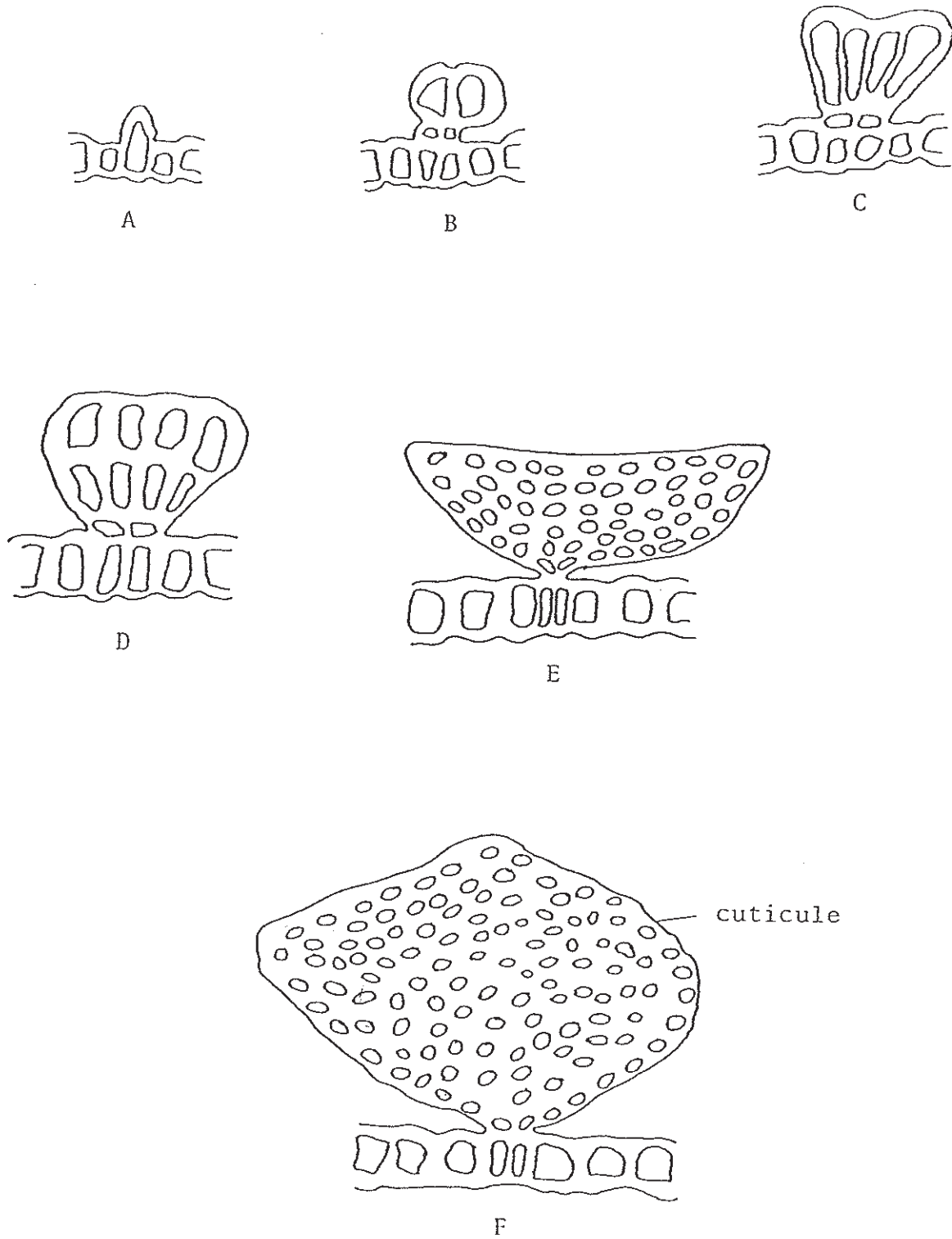
L'analyse chimique de la substance obtenue détermine une oléorésine composée de 0,5 % d'huiles essentielles et 10-15% d'une résine à principes amers.

3 - 3 - 2 - ASPECT MICROSCOPIQUE (14) (15).

Au microscope, le lupulin se présente comme un gros sac globuleux muni d'un pied court pluricellulaire.

Le sac est constitué de deux parties distinctes :

- une partie inférieure cupuliforme formée d'une rangée de cellules polyédriques sécrétrices à cuticules distendues par l'accumulation de sécrétions oléorésineuses.
- une partie supérieure correspondant à une membrane mince, continue. Cette partie supérieure donne à la glande sa forme de sac.



A,B,C,D : premiers stades (apparition des cellules sécrétrices)

E : glande adulte

F : glande adulte, la cuticule est soulevée par le produit secreté.

Formation du lupulin chez Humulus Lupulus.

4 - COMPOSITION CHIMIQUE.

La composition chimique des cônes de houblon selon le professeur J. de Clerk (16) est la suivante :

4 - 1 - L'EAU.

Elle représente environ 12,5% du poids des cônes. En effet la valeur brassicole du houblon est évaluée actuellement par deux facteurs très importants :

- Le taux d'humidité des cônes de houblon.
- Le taux de résines molles présentes également dans ces mêmes cônes.

A titre indicatif, nous allons donner un résumé du protocole d'analyse du taux d'humidité de ces cônes de houblon ainsi que les résultats qui en découlent (17).

Lors de la commercialisation du houblon, on exige un taux d'humidité compris entre 12 et 14%.

Si ce taux est inférieur à 12%, les cônes vont s'effeuiller et l'on risque une oxydation et une volatilisation des essences et principes amers.

Par contre, un taux d'humidité supérieur à 14% entraîne une mauvaise conservation de la récolte. Les cônes sont exposés à l'attaque des moisissures et des microorganismes nuisibles.

En laboratoire, l'analyse du taux d'humidité utilise une méthode de distillation à l'aide d'un solvant organique : le perchloréthylène (point d'ébullition 120°C).

En général, ce taux est recherché sur une prise d'essai de 20 grammes de houblon qui sont prélevés sur le lot à examiner et qui seront placés dans une boîte en aluminium fermée hermétiquement pendant le transport au laboratoire, dans le but d'éviter toute modification du taux d'humidité après le prélèvement.

Afin d'avoir des résultats aussi précis que possible, il faut que le négociant de houblon tienne compte de certaines conditions de prélèvement et d'emballage de ces

échantillons.

La boîte d'aluminium s'avère le récipient d'expédition le plus pratique ; elle devra cependant être disposée ouverte pendant au moins deux heures dans le local de stockage de la récolte pour s'ajuster au degré hygrométrique de cette pièce.

On effectue ensuite les prélèvements à différents niveaux de la bulle et on ferme hermétiquement la boîte après remplissage dans le local où a eu lieu le prélèvement.

L'échantillon est ensuite envoyé au laboratoire aussi rapidement que possible ; l'expérimentateur effectue l'analyse dès ouverture de la boîte.

L'université de Strasbourg (17) donne des résultats obtenus au moyen de différents prélèvements examinés d'après 3 méthodes de dosage d'humidité possibles :

- Méthode classique (déshydratation à 104° pendant 8 heures).
- Méthode rapide (déshydratation à 100° pendant 1 heure).
- Distillation.

L'expérience fut conduite avec 10 échantillons de houblon différents.

Les trois méthodes de déshydratation furent utilisées, de sorte qu'il a été possible d'obtenir une moyenne du taux d'humidité restant après déshydratation par chacune des 3 méthodes.

Selon Grignoli (17), il reste 15,5% d'eau en moyenne dans un houblon traité par la méthode dite classique (déshydratation à 104° pendant 8 heures), 13,4% pour la méthode rapide (déshydratation à 100° pendant 1 heure), et 13,4% après distillation.

Les résultats obtenus montrent que la méthode classique donne des résultats élevés, tandis que les deux autres méthodes donnent des résultats tout à fait comparables.

Des trois méthodes, c'est la distillation au perchloréthylène qui donne les résultats les plus stables et les plus réguliers (18) ; elle sera préférée aux deux autres.

4 - 2 - LES OLEORESINES.

Présentes essentiellement dans la lupuline, elles constituent le principe actif de la plante. Ces oléorésines sont constituées de deux parties bien distinctes :

- L'huile essentielle (0,50%).
- Les résines (10 à 15%) renfermant deux principes amers cétoniques :

- * Les acides α .

- * Les acides β .

Ces corps cétoniques peuvent être accompagnés de substances voisines à chaînes acylées différentes.

4 - 2 - 1 - L' HUILE ESSENTIELLE.

Teneur dans le houblon : 0,4 - 0,5% en moyenne (valeur extrême selon les variétés envisagées : 0,2 - 2,4%). On les retrouve principalement dans la lupuline (poussière jaune provenant des cônes).

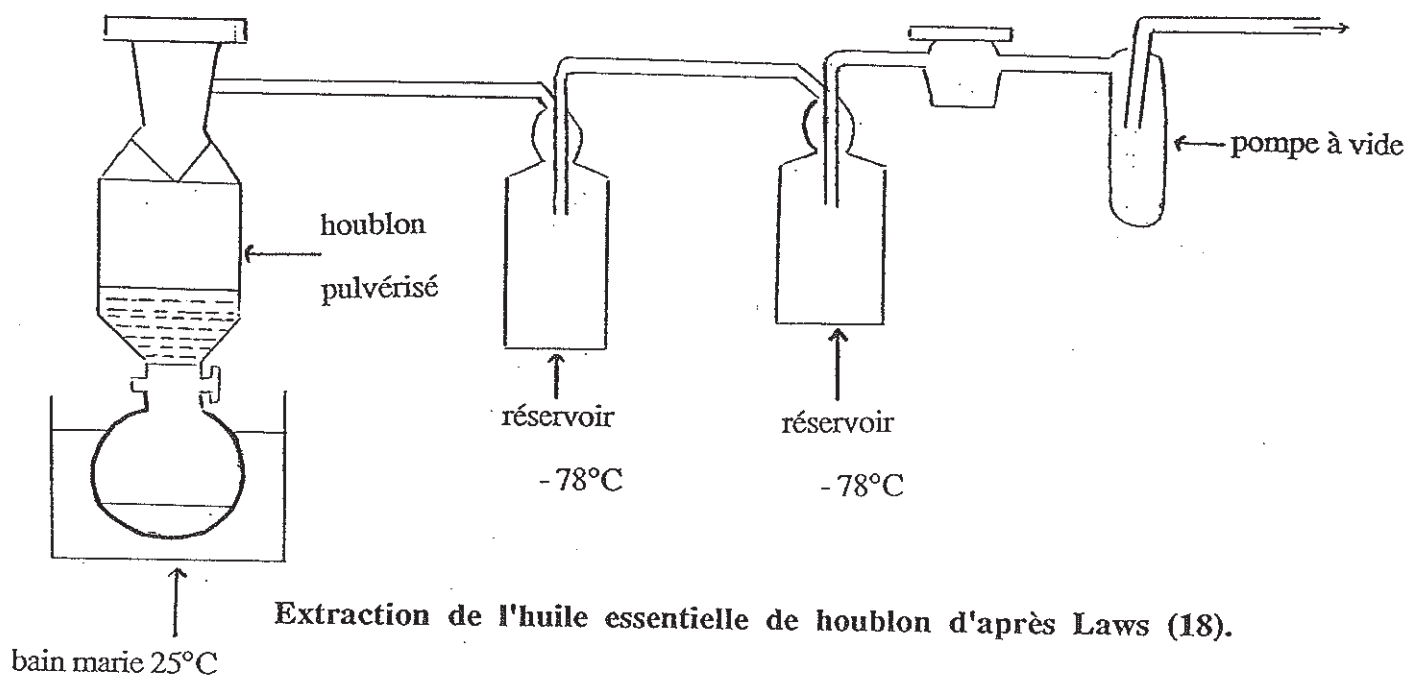
Cette huile est insoluble dans l'eau, volatile, de couleur verdâtre ou rougeâtre et virant au brun selon qu'elle est extraite de cônes frais ou conservés. Elle est toujours très odorante.

On donne les constantes physiques suivantes :

- point d'ébullition : 150, 160°C.
- point de solidification : - 20°C.

* *Extraction.*

Laws (18) et ses collaborateurs utilisent une technique d'entraînement par la vapeur d'eau. L'appareillage utilisé est le suivant.



Extraction de l'huile essentielle de houblon d'après Laws (18).

* *Composition chimique.*

La composition chimique de l'huile essentielle du houblon est très compliquée car de nombreux corps chimiques y sont présents.

La chromatographie en phase gazeuse a permis d'identifier quelques 200 composants. Chaque variété de houblon renferme entre 70 et 100 composés différents, les proportions de chacun étant variables d'une variété à l'autre.

Les composants les plus souvent rencontrés sont :

- des hydrocarbures aliphatiques saturés.
- des hydrocarbures aliphatiques non saturés.
- des hydrocarbures aliphatiques saturés ou insaturés mais oxygénés.

. divers alcools.

le méthyl-3 butène-2 ol, le méthyl-4 pentanol.

. des cétones

la méthyl nonyl cétone

. des esters

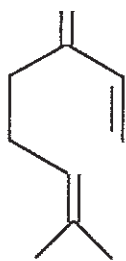
sous forme d'acétates, de propionates, de butyrates..., de geraniates, de pelargonates.

L'oxygénation de ces hydrocarbures s'effectue surtout au cours du séchage et lors de la conservation des houblons.

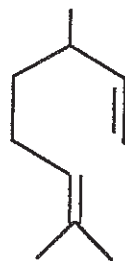
- les terpènes.

C'est le groupe chimique le plus important de ces huiles essentielles (14). On distingue :

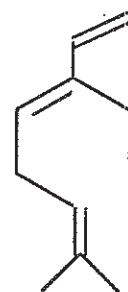
* *des monoterpènes acycliques non oxygénés.*



le myrcène

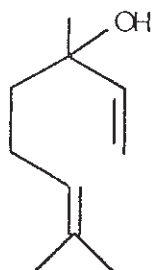


le β cisocymène

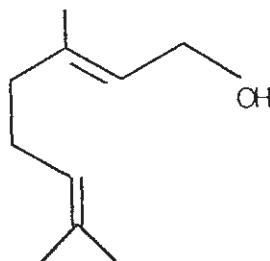


le β transocymène

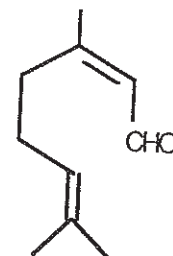
** des monoterpènes acycliques oxygénés.*



le linalol

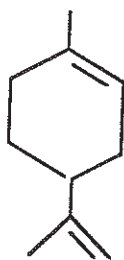


le géraniol

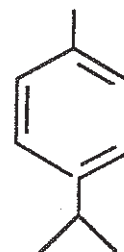


le citral

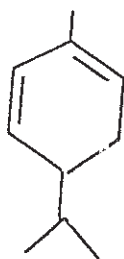
** des monoterpènes monocycliques.*



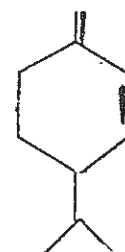
le limonène



le p-cymène



l' α -phellandrène

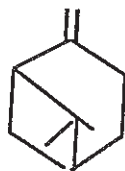


le β -phellandrène

** des monoterpènes bicycliques.*



l' α pinène

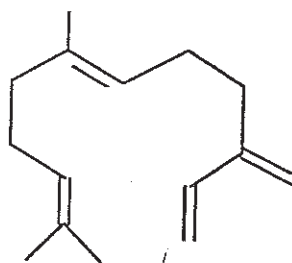


le β pinène

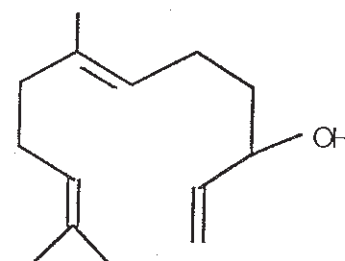


le sabinène

** des sesquiterpènes acycliques.*



le β farnesène

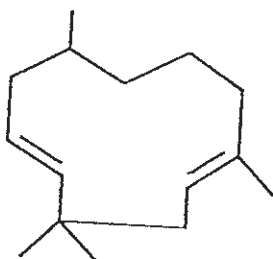


le nerolidol

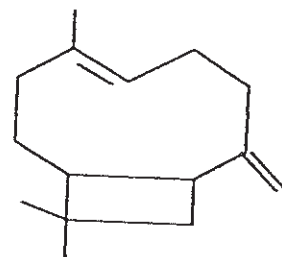
** des sesquiterpènes monocycliques.*

L'humulène est un composé très important dans la constitution des huiles essentielles ; il représente environ 15 à 20% des huiles (14).

Il fut découvert pour la première fois en 1903. Il est considéré comme l' α caryophyllène inactif.



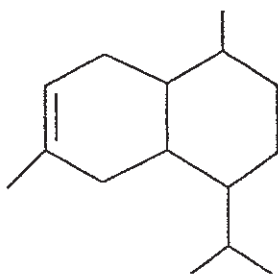
l' α humulène



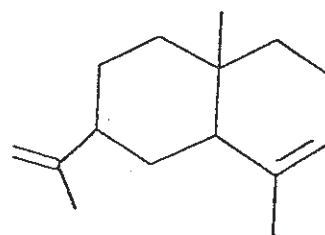
le β caryophyllène

** des sesquiterpènes bicycliques.*

Ils sont en faible quantité ; on peut citer le sélinène, le cadinène...



le cadinène



l' α selinène

- un éther valérianique : le valérol.

Ce valérol donne par oxydation l'acide valérianique responsable de l'odeur désagréable de la drogue desséchée.

En conclusion l'analyse chimique des huiles essentielles fait ressortir quatre composants majeurs :

- l'humulène
- le myrcène
- le bêta-caryophyllène
- le farnesène

Ils représentent à eux seuls 80 à 90% du mélange (6) (8).

4 - 2 - 2 - LES RESINES.

4 - 2 - 2 - 1 - Nature chimique.

Elles sont constituées d'un mélange de nombreux constituants. Leur composition chimique est fort complexe, mais dès le début du siècle, on isole de ces résines deux substances très importantes à caractère acide :

- l'acide α lupulinique ou humulone.
- l'acide β lupulinique ou lupulone.

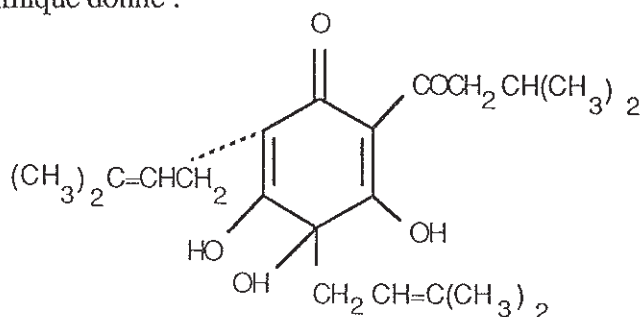
Des recherches ultérieures prouvent que ces deux corps chimiques ne sont pas de véritables acides ; ils en ont certaines propriétés car ils présentent dans leur formule chimique un groupement céto-énol.

- l'humulone ou acide α lupulinique (quelquefois appelé acide α amer) (8) (19).

Cristallise en petites aiguilles fondant entre 66 et 66,5°C, soluble dans les solvants organiques mais peu soluble dans l'eau.

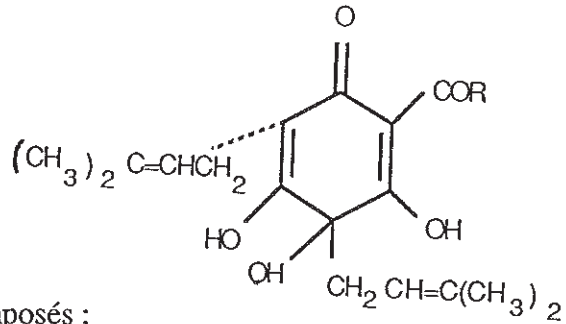
Exposé à l'air, il se colore en brun ; lévogyre, il confère au houblon ses propriétés aromatiques et bactériostatiques, qui sont largement utilisées dans l'industrie brassicole.

Sa formule chimique donne :

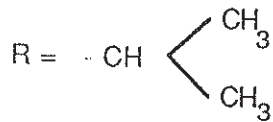


humulone (20)

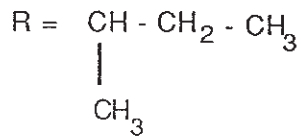
L'humulone est accompagné de plusieurs autres substances dont les formules ne varient que par des radicaux R différents de la formule générale.



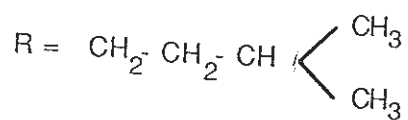
On obtient 4 autres composés :



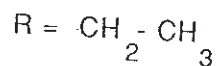
la cohumulone



l'adhumulone



la préhumulone

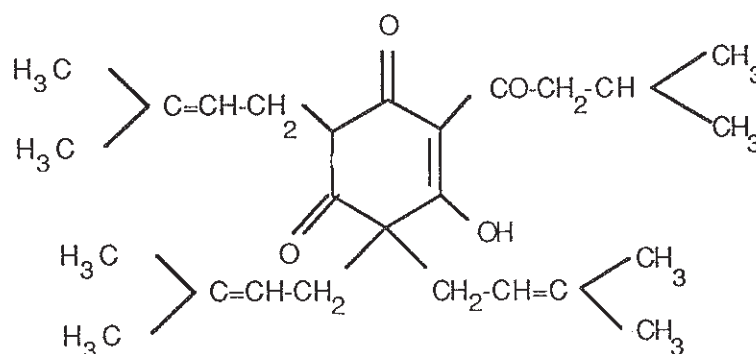


la posthumulone

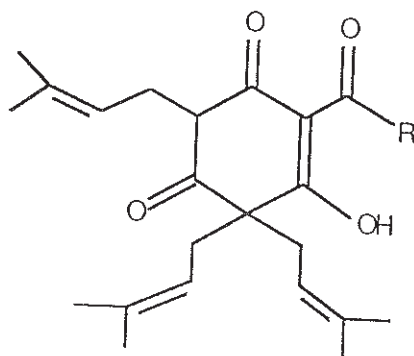
- la lupulone ou acide β lupulinique (19).

Cristallise sous forme de petites aiguilles blanches prismatiques. Son poids moléculaire $PM = 414,3$; elle fond à $92^{\circ}C$. Ce composé n'a aucune activité sur la lumière polarisée et contrairement à l'humulone, il n'a aucune saveur amère alors que ses produits d'oxydation le sont.

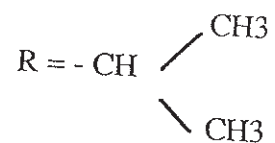
Sa formule chimique fût établie en 1926 par Wieland et Martz (20).



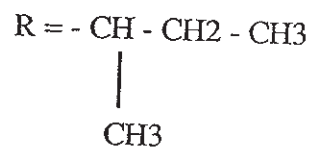
La lupulone est également accompagnée de 4 autres produits dérivés de la structure suivante :



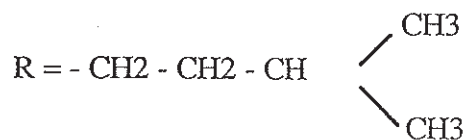
On définit avec



la colupulone



l'adlupulone



la pré-lupulone



la postlupulone.

Les acides α et β ainsi définis se rencontrent en quantité relativement élevée dans les cônes de houblon.(21) :

α acides : 2 - 12% }

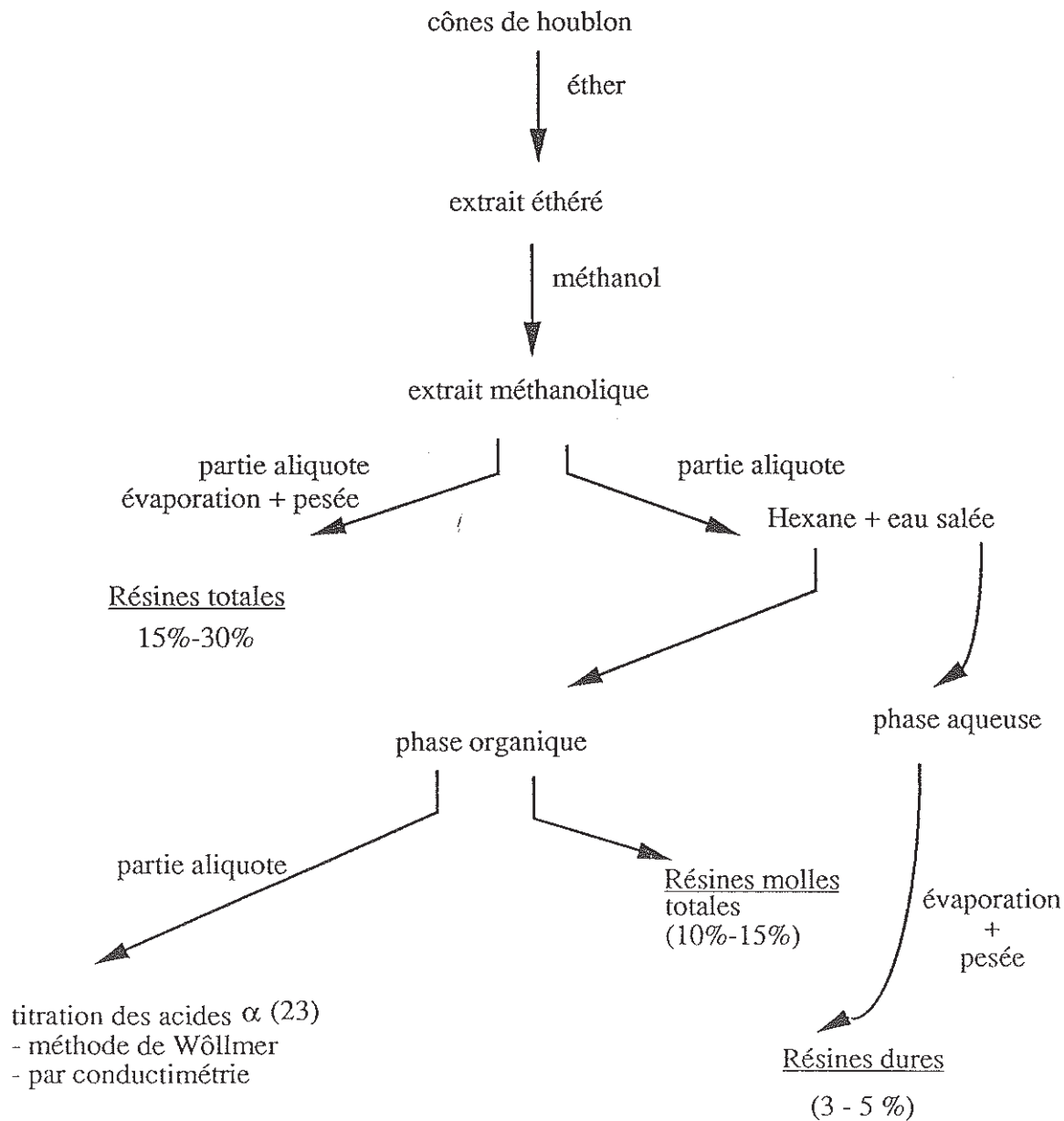
} selon les variétés envisagées.

β acides : 1 - 10% }

4 - 2 - 2 - 2 - Méthode d'extraction et de dosage des résines selon Wöllmer (22).

Cette méthode de séparation et de dosage est la plus ancienne. Les acides α sont des acides qui donnent en solution dans le méthanol, des précipités avec les acétates de plomb. La pesée de l'humulate permet de connaître le titre en acide α .

L'extraction peut être schématisée de la manière suivante :



D'après ce schéma, il apparaît 3 fractions de résines :

- les résines totales.
- les résines dures.
- les résines molles.

Les résines totales représentent le résultat de l'addition des résines dures et des résines molles. Elles constituent la fraction étherée soluble à froid dans le méthanol.

Les résines dures représentent la fraction des résines totales insolubles dans l'éther de pétrole.

Elles se forment à partir de résines molles par oxydation. On les rencontre principalement dans les lots de houblon conservés dans de mauvaises conditions. Elles donnent une odeur rance et désagréable au houblon qui perd une bonne partie de sa valeur brassicole (24).

Les résines molles sont les résines totales solubles dans les hydrocarbures, de faible point d'ébullition ; elles comprennent les acides α et les acides β .

4 - 2 - 2 - 3 - Teneur dans le matériel végétal.

Les teneurs en acide α des houblons et leur composition permet de les classer en 2 groupes (1) :

- *les variétés aromatiques*, d'origine européenne, continentale, avec un taux de 3 à 6% d'acide α .

Dans ce groupe il faut citer :

- les Strisselspalt ;
- les Bourgognes ;
- le Saaz ;
- le Hallertau ;
- le Guggles ;
- les Goldings.

Les variétés riches, d'origine anglaise et américaine, avec un taux de 6 à 12% d'acide α .

- le Brewer Gold ;
- le Northern Brewer ;
- le Target ;
- l'Aurore.

Le taux en acide α n'est pas fixe pour une variété donnée ; ce taux varie d'une année sur l'autre en fonction des conditions climatiques (températures, pluviométrie, climat) qui caractérisent la période de développement des cônes.

4 - 3 - LES TANINS.

Ils se rencontrent dans les queues et le rachis du cône ; ces tanins représentent 3% de la composition moyenne des cônes (12). Le composé chimique le plus important de ces tanins est représenté par l'acide humulotanique (8) (17) (25).

En brasserie, lors de la cuisson du moût, cet acide se combine à l'albumine pour former un complexe insoluble qui se sépare en cours de fabrication, permettant ainsi une bonne clarification du mélange.

Les tanins exercent aussi une action conservatrice sur la bière.

4 - 4 - LES LIPIDES.

Ils sont présents en faible quantité dans la plante, mais ils abondent dans les graines (jusqu'à 32%).

- *Dans la plante*, ces lipides se rencontrent sous forme d'acide cérylique, de phytostérols et d'hentriacontane. Le reste de ces constituants lipidiques est constitué d'une cire (la myricine).

- *Dans la graine*, ces lipides appartiennent à divers acides carboxyliques estérifiés :

- palmitates ;
- stéarates ;
- oléates ;
- linoléates.

Ces linoléates représentent environ 60 à 80% des esters d'acide gras présents.

4 - 5 - DES HORMONES.

Des hormones oestrogènes ont été découvertes dans les cônes frais à raison de 0,02 à 0,03%.

4 - 6 - LA MATIERE EXTRACTIVE AZOTEE (2 à 4% dans les cônes de houblon).

On distingue :

- des molécules de protéines (12 à 14%) ;

- des acides aminés :

- α alanine

- lysine

- β alanine

- phénylalanine

- arginine

- sérine

- asparagine

- thréonine

- histidine

- tryptophane

- isoleucine

- tyrosine

- leucine

- valine

Ces acides aminés jouent un rôle dans les synthèses biologiques qui conduisent à l'élaboration des acides α et β .

4 - 7 - LES MATIERES NON AZOTEES.

Elles représentent environ 30% et sont constituées par :

- la cellulose ;
- les sucres ;
- les gommages ;
- l'acide arabique ;
- l'acide borique ;
- l'acide malique et citrique (faible quantité).

Notons que la cellulose ne joue aucun rôle dans le processus brassicole ; il s'agit d'un ballast inerte qui est éliminé avec les déchets de houblon.

En conclusion, voici la composition des cônes (d'après Marocke (1)).

	eau	10 à 12%
partie végétale (rachis, bractéole, bractée)	cendres	5 à 10%
	cellulose brute	12 à 15%
	matières extractives	
	- azotée	15 à 20%
	- non azotée	25 à 30%
	tanins	2 à 5%
oléorésines (présentes uniquement dans la lupuline)	résines totales	12 à 25%
	huile essentielle	0,2 à 2,4%

5 - PHYSIOLOGIE (1).

5 - 1 -L'HABITAT NATUREL.

Le houblon fait l'objet de culture en Alsace, en Flandre et en Bourgogne.

Il pousse aussi à l'état sauvage dans de nombreuses régions. Il aime les endroits frais, ombragés, les buissons bordant les cours d'eau. Il redoute pourtant les excès d'humidité qui produisent sur ses racines l'asphyxie. Les sols riches en humus, peu acides, neutres ou calcaires conviennent parfaitement à son développement.

Au début de sa croissance, le houblon est une plante d'ombre ; on dit qu'il est sciaphile, puis au cours des phases de floraison, il demande davantage de lumière ; il devient héliophile.

En tant qu'espèce grimpante lianoïde, il a besoin d'un support pour son développement (buissons, arbustes).

A l'état sauvage, il se caractérise par de nombreuses lianes peu vigoureuses, leur longueur ne dépassant généralement pas 4 à 5 mètres.

Les inflorescences produites par les pieds de houblons femelles sont des cônes ; ils sont petits ; leur teneur en lupuline (principe amer utilisé comme aromatisant dans la bière) est toujours faible.

Dans la nature, on recense davantage de pieds mâles.

La multiplication naturelle du houblon, nous l'avons vu dans la description générale, s'effectue de 2 manières différentes :

- la voie végétative (rhizomes, boutures) ;
- la voie germinative (la graine).

Sur le plan géographique, c'est une plante de plaine ; elle ne s'élève pas à de hautes altitudes sur les montagnes. On la trouve à l'état sauvage dans toute l'Europe, en Asie, en Amérique du nord.

Le houblon est rencontré fréquemment en France, en Suisse et en Belgique ; il abonde dans les forêts des bords du Rhin, le long des rivières vosgiennes et sur les collines sous vosgiennes.

Dans les Vosges, il ne s'élève guère au dessus de 700 mètres d'altitude.

5 - 2 - LA CROISSANCE.

La croissance et le développement du houblon peuvent être divisés en deux phases principales. La durée des différentes phases varie suivant les espèces.

5 - 2 - 1 - LA PHASE VEGETATIVE.

Elle se caractérise par l'élongation des tiges (lianes) et par la production de différentes ramifications : c'est durant cette phase que le houblon s'accroche et s'enroule sur son support.

Cette phase végétative débute vers le mois d'avril et se poursuit jusqu'à l'apparition des premières fleurs au début du mois de juillet ; plus la croissance est rapide, plus l'intervalle des entre-nœuds est important et plus les ramifications secondaires seront longues (critère de qualité pour le houblon).

5 - 2 - 2 - LA PHASE DE FRUCTIFICATION.

Elle désigne la période du début de floraison à la maturation des cônes.

La floraison débute fin juin, début juillet, et dure en moyenne une vingtaine de jours.

A titre indicatif, nous pouvons donner le tableau des dates de floraison du houblon valable pour l'Alsace selon l'INRA (Colmar) (1).

variétés	floraison	durée de la floraison (en jours)
- précoces (Saaz...)	avant le 30 juin	inférieure à 20
- demi précoces (Northern Brewer, Golding)	du 1er au 15 juillet	15 à 27
- tardives (Record, Strinelspalt, Brewer Gold)	après le 15 juillet	20 à 27

La cônaison.

C'est la période de formation et de maturation des cônes ; elle débute durant la dernière quinzaine du mois d'août et se poursuit jusqu'à la mi-septembre, date de début de la récolte.

5 - 2 - 3 - LE REPOS HIVERNAL.

Après ces deux phases de croissance, le houblon rentre dans une phase de repos hivernal. Pendant cette saison, le système racinaire reconstitue des réserves minérales qu'il puise dans le sol ; cette phase se poursuit jusqu'au printemps suivant. Le cycle reprend dès le mois d'avril.

III - LA CULTURE DU HOUBLON.

Il existe en réalité deux catégories de houblon :

- Un houblon indigène.
- Un houblon de culture.

A l'état sauvage, le houblon est une plante de climats tempérés. Il cohabite au milieu des autres espèces botaniques dans la nature.

On rencontre indifféremment des plants mâles ou femelles (plante dioïque). Les propriétés aromatiques des cônes femelles de houblon ont poussé l'homme à cultiver cette espèce.

Dans ce chapitre, nous allons décrire les différentes variétés cultivées, ainsi que leur exigence culturale.

Nous découvrirons aussi la houblonnière ainsi que les principaux travaux nécessaires pour une bonne récolte, et notamment la lutte contre les différentes maladies spécifiques du houblon.

Enfin, les différentes techniques de récolte seront étudiées, ainsi que certaines opérations importantes utiles pour une bonne conservation des cônes de houblon.

1 - LES DIFFERENTES VARIETES DE HOUBLON (1).

Elles sont relativement nombreuses ; on en recense actuellement près d'une quinzaine.

On peut les répartir en deux grands groupes :

- Les variétés à caractère aromatique :

- . Hallertau.
- . Saaz.
- . Tett nang.
- . Spalt.
- . Styrian.
- . Hersbrücker spat.
- . Strisselspalt.
- . Hallertau Mittelfrüh.

- Les variétés plus riches en acide alpha ayant une amertume plus marquée :

- . Northern brewer.
- . Brewer Gold.
- . Record.
- . Perle.
- . Orion.

1 - 1 - LES VARIETES A CARACTERE AROMATIQUE.

1 - 1 - 1 - LE HALLERTAU.

Cette variété se cultive depuis 150 ans environ. De nos jours, elle semble en nette régression dans les cultures. C'est une variété semi-précoce, originaire de la région du

Hallertau en Bavière.

Du point de vue botanique, ce houblon se caractérise par une tige verte pigmentée et des feuilles de couleur vert franc.

Cultivée en Allemagne, c'est une variété encore traditionnelle ; son arôme est fin et léger.

1 - 1 - 2 - LE SAAZ.

Originnaire de Tchécoslovaquie, c'est la variété aromatique par excellence. Les cônes sont répartis irrégulièrement le long des rameaux et forment des amas.

Son arôme est exceptionnel ; il donne des bières remarquables. De cette variété dérivent le Tettang, le Spalt, le Styrian.

1 - 1 - 3 - LE TETTANG.

Cela fait environ 80 ans qu'il se cultive. On le rencontre fréquemment dans la région du Tettang.

Il dérive du Saaz ; précoce, ses cônes sont fins et généralement plus allongés que ceux du Saaz.

Il donne un arôme fin, délicat, mais assez prononcé.

1 - 1 - 4 - LE SPALT.

Variété dérivant également de celle du Saaz, il est cultivé en Allemagne (Spalt). Sa puissance de foliation est importante ; il donne des cônes de qualité ; son arôme est excellent.

1 - 1 - 5 - LE STYRIAN.

Il provient de boutures issues de croisement de Saaz et de Spalt. On le rencontre dans les houblonnières anglaises et yougoslaves. Son arôme, sans valoir celui du Saaz, est bon.

1 - 1 - 6 - LE HERSBRUCKER SPAT.

Il se cultive depuis une vingtaine d'années dans la région du Hallertau (Allemagne). C'est une des variétés les plus répandues de cette région. Selon les années, il donne des rendements de 30 à 38 quintaux par hectare.

Il est largement utilisé en brasserie pour son arôme qualifié de pur, fin et doux par les professionnels.

1 - 1 - 7 - LE STRISSELSPALT.

C'est l'une des principales variétés rencontrées en Alsace. Dans cette région, on estime que la moitié de la surface cultivée en houblon l'est avec cette variété. Son rendement représente 35 quintaux par hectare ; c'est une variété aromatique.

1 - 1 - 8 - LE HALLERTAU MITTELFRUH.

C'est une ancienne variété ; on le rencontre dans la région du Hallertau depuis déjà 150 ans.

Il se caractérise par des cônes très petits mais abondants le long des rameaux. Son arôme est assez grossier et fort.

1 - 2 - LES VARIETES RICHES EN ACIDES ALPHA.

1 - 2 - 1 - LE NORTHERN BREWER.

Ce houblon est d'origine anglaise (Canterbury Golding x Brewer Gold), semi-précoce. Il a été très cultivé et l'est toujours en Hallertau (Allemagne) et Flandre. Sa tige, colorée en rouge, porte des feuilles d'un beau vert foncé. Il donne des cônes de taille assez importante, bien répartis sur toute la longueur du rameau ; ceux-ci sont lourds, denses et présentent une forte tendance à devenir feuillus.

Sur le plan agricole, il se place parmi les meilleurs avec un rendement avoisinant les 40 quintaux à l'hectare.

Son arôme est fort mais agréable ; plus il devient vieux, plus son arôme devient subtil. Néanmoins, il faut savoir qu'il contient une plus grande quantité de myrcène que les autres houblons, ce qui peut parfois conférer à la bière une amertume désagréable. Il faut donc l'utiliser avec prudence.

1 - 2 - 2 - LE BREWER GOLD.

Cette variété anglaise est le résultat du croisement suivant :

[houblon sauvage du Manitoba (Canada)] x [(pied mâle d'origine anglaise inconnue)].

Il est cultivé depuis 20-25 ans. Jadis, on le trouvait dans le Hallertau, mais peu à peu, on se rend compte que cette variété convient mieux à l'Alsace où l'on enregistre des rendements records de l'ordre de 55 quintaux à l'hectare.

Les brasseurs allemands l'abandonnent pourtant peu à peu. Sa tige verdâtre supporte des feuilles d'un vert moins foncé que celles de Northern Brewer. Il est vigoureux, présente un fort développement foliacé mais il est tardif.

Son arôme est fruité et caractéristique (26).

1 - 2 - 3 - LE RECORD.

Cultivé depuis 20 ans, c'est une variété belge (croisement de pied femelle de Northern Brewer par un pied mâle de Saaz).

On le trouve parfois en Alsace sur de petites exploitations. Pourvu de cônes foncés, petits mais denses, ce houblon possède un arôme délicat se situant entre Northern Brewer et Saaz.

1 - 2 - 4 - LE PERLE.

Variété rencontrée en petite quantité en Allemagne (Hallertau) ; depuis 5 ans, il reste peu cultivé malgré sa bonne résistance vis à vis des maladies.

Son arôme est fort mais agréable.

1 - 2 - 5 - L'ORION.

Variété encore toute récente, elle est en cours de développement et n'est pas encore commercialisée pour les brasseries.

L'arôme de ce houblon est fin ; il peut être amené à se développer dans les années futures.

2 - LES SOLS SUSCEPTIBLES DE RECEVOIR LA PLANTE.

Le facteur sol exerce une influence non négligeable sur la production houblonnière. Il faut s'assurer que le terrain ait une certaine profondeur afin que le houblon puisse y raciner dans de bonnes conditions.

2 - 1 - LA PROFONDEUR DU TERRAIN.

Elle s'évalue au moyen de forages. L'agriculteur devra vérifier que la structure de son terrain est bien homogène sur 3 ou 4 mètres de profondeur.

Pour sa croissance, le houblon exige des sols profonds.

2 - 2 - LA STRUCTURE DU TERRAIN.

Un bon terrain à houblon est perméable ; il ne doit pas y avoir de couches intermédiaires d'argile imperméable, qui auraient pour effet de provoquer des masses d'humidité stagnantes en sous sol et de favoriser le développement de certaines maladies.

Par contre, un sol trop sablonneux ne convient pas car les réserves en eau deviennent insuffisantes (trop de perméabilité). La préférence de la plante va aux terres limonosableuses à limonoargileuses (très légère rétention d'eau).

2 - 3 - LE PH DES SOLS.

Il ne semble pas jouer un rôle primordial. On considère qu'un pH de 6,5 à 7 suffit au bon développement de la plante.

2 - 4 - LES GRANDS GROUPES DE SOLS FAVORABLES A LA CULTURE HOUBLONNIERE.

- Les limons loessiques du Kokelberg.

- Les limons acides (limon argileux et argilo-limoneux) de l'arrière Kokelberg et des collines situées au nord de la Zorn.

- Les alluvions siliceuses du cône de déjection de la Moder (sables et limons sableux de la région de Haguenau).

- Les alluvions calcaires du Rhin (sablo-limoneux, limoneux) du secteur de la Wantzenau.

3 - LES FACTEURS CLIMATIQUES.

Température, précipitations atmosphériques, éclairagements et vents sont les principaux facteurs auxquels il faut s'attacher afin de pouvoir réaliser avec succès la culture houblonnière

3 - 1 - LES TEMPERATURES.

Les températures minimales permettant un début de croissance se situent aux environs de 12°C. Une croissance plus rapide sera obtenue avec des températures de 18-20°C.

La floraison apparaît à des températures plus printanières de l'ordre de 25°C.

La formation des cônes exige un apport thermique compris entre 20 et 25°C.

La somme des températures maximales quotidiennes doit être en moyenne de 2500 à 3000°C par an.

Les périodes de froid entraînent invariablement un retard sur la croissance et le développement de la plante.

3 - 2 - LES BESOINS EN EAU.

Ils sont relativement élevés. Grâce à son système racinaire, la plante est susceptible de puiser dans les réserves profondes du sol. Une nappe phréatique située à faible profondeur peut contribuer à l'alimentation hydrique.

Une pluviométrie annuelle moyenne comprise entre 600 et 900 mm convient très bien. La répartition temporelle des précipitations est importante. Les pluies seront vraiment utiles vers mai alors qu'un temps plus sec sera préférable vers le début de la floraison en juin.

Les excès d'humidité et les brouillards sont néfastes ; ils favorisent l'apparition de maladies fongiques (mildiou).

3 - 3 - L'ECLAIREMENT (1).

Il agit sur l'initiation florale et sur la synthèse chlorophyllienne de la plante.

Un manque de luminosité implique toujours une faible floraison, une formation imparfaite des cônes et une baisse de leur teneur en acide alpha.

Dans une houblonnière, il est primordial d'obtenir une bonne pénétration de la lumière du soleil ; l'orientation nord-sud et des intervalles entre chaque rang de houblon apparaissent comme nécessaires.

3 - 4 - LE VENT.

Le houblon est sensible aux effets du vent ; s'il est léger, il peut avoir des effets bénéfiques ; s'il est violent, il risque d'arracher la liane de son support. L'installation de l'exploitation se fait habituellement en lieu abrité.

3 - 5 - DESCRIPTION DE L'ANNEE IDEALE SUR LE PLAN CLIMATIQUE.

- *De mars à avril* : il faut un temps doux, sec ; le départ de la végétation s'en trouvera favorisé.
- *Fin avril-début mai* : nous sommes dans la phase d'élongation des plants ; il faudra un équilibre entre les périodes chaudes et les périodes d'humidité.
- *Fin mai-fin juin* : des températures élevées sont nécessaires pour la floraison.
- *Fin août-1ère quinzaine de septembre* : une alternance de chaleur, d'ensoleillement et d'humidité sera la bienvenue ; nous sommes en pleine période de côneaison. Une période chaude et ensoleillée 15 jours avant la récolte agit positivement sur la teneur en principes actifs contenus dans les cônes.

4 - LA HOUBLONNIERE : DESCRIPTION (27).

La culture du houblon nécessite de la part de l'agriculteur qui s'y adonne, une technicité particulière ainsi qu'un ensemble de matériel et d'installations spécifiques.

Le houblon est une plante grimpante ; pour cette raison, la conduite de sa culture demande un dispositif de tuteurage approprié. Au fil des ans, ce dispositif a évolué.

Tout a commencé en 1797, année lors de laquelle M de Weitersheim donne pour appui à la plante les peupliers et les saules qui bordent la Zorn.

Ensuite, les premiers tuteurages artificiels apparaissent ; ils font appel à un ensemble de perches en bois de pin longues de 8 à 12 m, amovibles.

Elles sont placées au début de chaque printemps puis retirées à l'automne suivant. Ce mode de tuteurage pouvait être encore aperçu localement dans la région de Haguenau vers 1960.

A partir des années 1900, des installations fixes plus complexes font leur apparition.

Le système est composé d'un grand nombre de poteaux élevés, dont la base repose sur une dalle rocheuse ; les sommets de ces poteaux sont reliés entre eux par un réseau de fil de fer (fils transversaux ou porteurs).

Un autre système de soutien complète cet ensemble : les fils de tuteurage. Ces derniers sont attachés dans le sol par un système d'ancrage suffisamment solide pour résister à des tensions importantes (poids des plantes, force du vent). Ces fils serviront de support à la plante lors de sa croissance.

La largeur entre chaque rang varie entre 1,20 m et 1,50 m. Elle est suffisante pour permettre le passage d'instruments aratoires, de traitements à traction hippomobile.

Vers 1963, un système nouveau se développe ; il est toujours en vigueur

actuellement.

Son principe est le même que le précédent, mais ici, le nombre de poteaux est considérablement réduit (60 à 80 à l'hectare). La distance entre eux est de l'ordre de 15 à 20 mètres, ils sont enterrés sur un mètre de profondeur pour une hauteur totale de 7 à 8 mètres.

Pour assurer une grande solidité à l'ensemble de la houblonnière, le diamètre des câbles (tuteurage et porteurs) est augmenté (diamètre n°8 à 10 jauge de Paris).

En fonction des exigences physiologiques variétales, ces fils font un angle de 90° avec le sol (Northern Brewer) ou sont légèrement inclinés : angle de 60° (Strisselspalt, Brewer Gold).

Quelquefois le fil tuteur peut être dédoublé à partir de son point d'ancrage du sol (conduite en V).

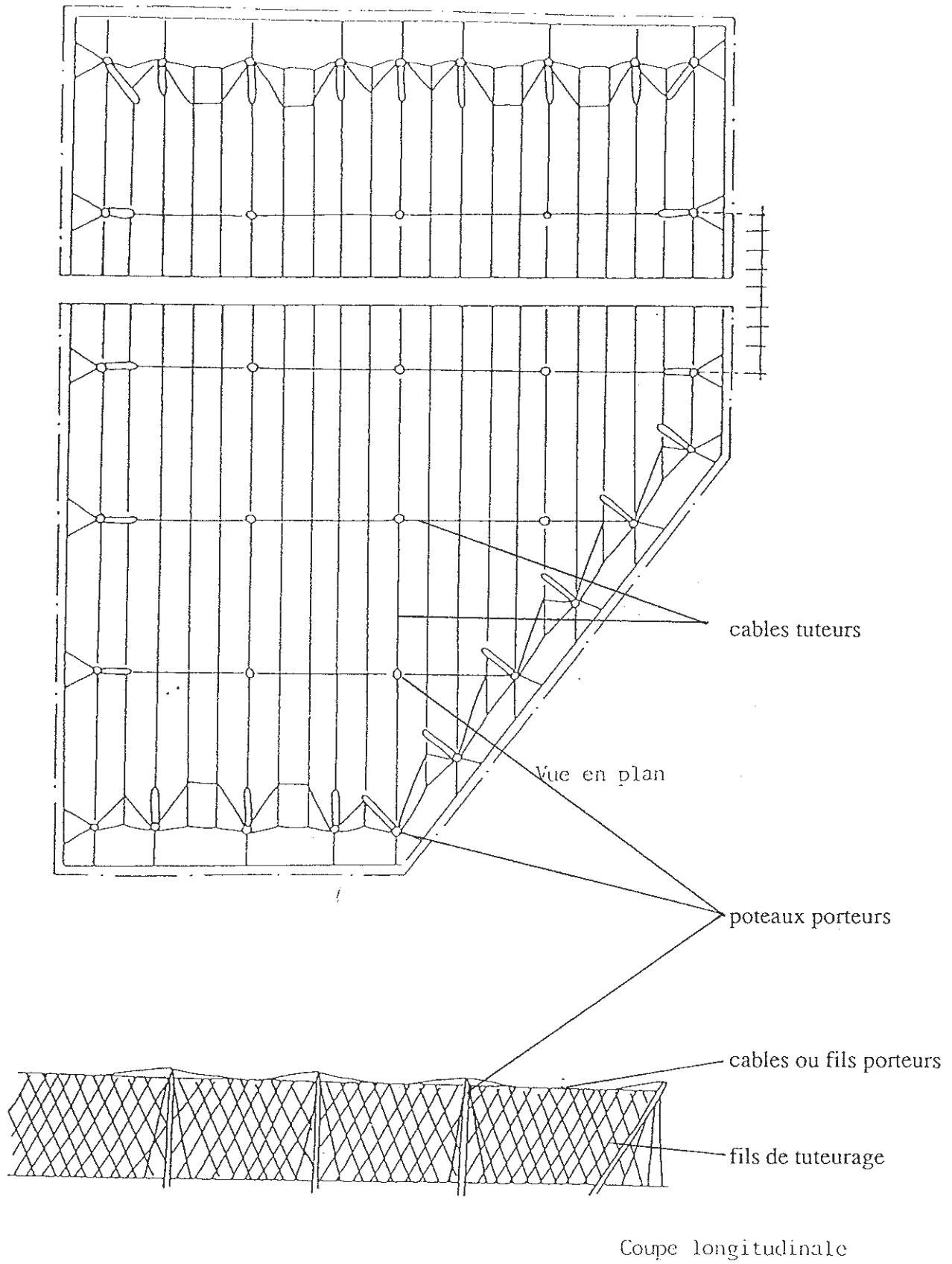
La distance entre chaque rang varie entre 2,7 à 3,2 mètres, ce qui permet un meilleur développement pour la plante et l'utilisation d'engins mécaniques.

Une installation de ce type doit pouvoir résister une trentaine d'années au minimum.

La longévité d'une houblonnière dépend de la qualité des poteaux employés. Ceux-ci proviennent de scieries spécialisées belges et ils sont ensuite créosotés (enduits d'un bain de goudron). Toutefois, et lorsque c'est possible, l'agriculteur s'approvisionne auprès de la SNCF ou des PTT et on emploie ainsi les anciens poteaux télégraphiques.

Des essais ont été faits pour remplacer les traditionnels poteaux en pin par des poteaux métalliques mais les installations ainsi réalisées s'avèrent être beaucoup plus sensibles aux tempêtes et demandent un entretien accru (risque de rouille des poteaux).

Actuellement, la superficie des houblonnières européennes varie selon les régions considérées et les types d'exploitation entre 20 et 100 hectares.



Implantation d'une houblonnière : échafaudage de houblon (29) (30).

5 - LES TECHNIQUES CULTURALES.

Le houblon est une plante dont la souche est persistante. Sa durée de vie peut atteindre entre 40 et 50 ans, mais la longévité des plantations n'excède jamais 25 ans à cause des risques phytosanitaires auxquels sont exposés les vieux pieds.

La plantation des plants femelles a lieu dès les premiers beaux jours du printemps. On utilise le plus souvent la technique de bouturage.

5 - 1 - LE BOUTURAGE.

Les boutures sont prélevées lors de précédentes tailles dans des houblonnières en production et en bon état phytosanitaire.

Les plants sont ensuite sélectionnés ; ils sont le plus souvent issus de sujets réputés pour leur vigueur et leur robustesse. Les boutures longues de 10 à 15 cm sont pourvues de 4 à 6 yeux ; elles sont enterrées dans des trous de plantation profonds de 20 à 25 cm puis recouvertes de terre arable meuble.

Les boutures utilisées peuvent être de l'année (non encore racinées), ou de l'année précédente. Ces dernières sont préparées en pépinières ; elles sont déjà racinées lors de la plantation (gain de temps).

Actuellement, les techniques de sélection agricole permettent d'obtenir des plants plus homogènes, plus performants et qui seront plus résistants vis à vis des maladies cryptogamiques (28).

Après plusieurs saisons, ces boutures initiales donneront des souches robustes d'où partent au printemps de jeunes tiges souvent nombreuses (40 environ) qu'il sera nécessaire de tailler rapidement. Les nouvelles pousses atteignent en effet rapidement 40 ou 50 cm de long et leur vitesse de croissance dépend beaucoup des conditions climatiques du moment. Par temps sec et frais, on observe une croissance de 10 cm par jour (croissance observée entre chaque noeud de la plante). Par temps humide et chaud, la croissance est plus rapide et peut atteindre 30 cm par 24 heures.

5 - 2 - LE DECHAUSSAGE.

Cette opération consiste à enlever la terre qui se trouve autour des pieds de houblon de façon à les préparer pour la taille. Chaque pied doit être suffisamment dégagé ; le cultivateur utilise pour ce travail une charrue montée de disques.

5 - 3 - LA TAILLE.

Elle est réalisée vers la fin du mois de février et peut se poursuivre durant le mois de mars ; les époques sont variables suivant les variétés de houblon cultivées.

La taille est une opération qui va permettre d'éliminer les pousses inutiles de la souche (2 sarments par fil tuteur) ; elle a également un effet bénéfique sur la production et permet de se procurer des boutures en vue de la constitution d'une nouvelle houblonnière.

Un houblon taillé précocement se développera ensuite plus rapidement et conservera une certaine avance pendant toute la durée de sa croissance jusqu'à la maturité de ses cônes.

5 - 4 - LE TUTEURAGE.

Il s'effectue vers le mois d'avril ; il consiste à fournir un support au houblon.

Au pied de chaque plant, en terre, on fixe à un crochet un fil tuteur ; celui-ci sera raccordé aux fils transversaux du sommet de la houblonnière.

En général, chaque plant dispose de deux fils partant en V du sol.

5 - 5 - L'ENROULEMENT.

Dès le début de la croissance de la plante (début avril), il faut aider la nature : le cultivateur doit guider les jeunes tiges sur les fils tuteurs tout en considérant que la plante est dextre. Chaque tuteur reçoit lors de cette opération 3 à 4 sarments. Lors de la croissance de la plante, on ramènera le nombre de sarments à 2 par fil tuteur (cf. taille).

5 - 6 - L'ELAGAGE.

Cette opération se réalise début juin ; c'est l'élimination des rameaux latéraux du bas de la plante : ces rameaux étant le plus souvent peu productifs (risque de maladie près du sol, ombrage...)

Pendant longtemps, cette opération se réalisait de façon manuelle avec une cisaille. De nos jours, les agriculteurs utilisent des herbicides puissants en traitements dirigés.

5 - 7 - LA TAILLE DES RAMEAUX LATÉRAUX.

Les rameaux latéraux ne doivent pas atteindre de trop grandes longueurs sinon, il y a entrelacement de ces rameaux entre eux. L'exploitation de la houblonnière est ainsi rendue difficile et il y a risque de prolifération pour les maladies.

Cette taille a lieu fin juin, début juillet et d'après les agriculteurs consultés, elle n'est pas préjudiciable pour la récolte. Il se développe après cette taille aux aisselles des dernières feuilles du rameau, de nouvelles pousses productrices de cônes.

5 - 8 - LES DIFFERENTS TRAVAUX ARATOIRES.

Ils ont lieu périodiquement ; leur but est d'entretenir la fertilité du sol, d'en assurer la propreté (ensevelissement des mauvaises herbes) et de limiter la prolifération des parasites.

Un labour à grosses mottes, profond, est réalisé en début d'hiver. Au cours de l'année et pendant la période végétative du houblon, des labours de surface sont réalisés fréquemment ; leurs avantages : aérer le sol, le nettoyer et augmenter sa perméabilité afin de permettre une meilleure assimilation des eaux de pluie.

En complément de ces labours, des buttages sont réalisés au pied de chaque plant ; ils permettent d'étouffer les rameaux issus de la souche. Ce travail permet aussi un meilleur développement racinaire d'été.

5 - 9 - LE BRULAGE.

Il est réalisé au printemps ; son but est de détruire les mauvaises herbes qui apparaissent entre les rangs de houblon.

Le brûlage peut être pratiqué par tout temps ; l'agriculteur utilise un tracteur porteur d'une rampe à propane disposée à une soixantaine de centimètres au dessus du sol. La chaleur dégagée par ce dispositif élimine les mauvaises herbes. Pour que le brûlage soit efficace la vitesse du tracteur ne doit pas être trop lente (risque de destruction des lianes par une trop forte chaleur), ni trop rapide (inefficacité du brûlage).

6 - LES SOINS SPECIAUX A APPORTER EN VUE D'UNE BONNE RECOLTE.

6 - 1 - AMENDEMENT DU SOL.

L'apport de substances minérales ou organiques sous forme d'engrais au houblon dépend des besoins de chaque variété mais également de la composition du sol recevant la plante.

En général, trois éléments chimiques sont nécessaires pour une croissance normale (7) :

- l'azote à raison de 180-220 kg/hectare.
- le phosphore 60-80 kg/hectare.
- le potassium 200-240 kg/hectare.

6 - 1 - 1 - L'AZOTE.

Ce composé permettra un développement foliaire optimal ; les besoins en azote vont être différents selon la variété de houblon que l'on cultive.

Les traitements par les engrais azotés sont généralement de deux types :

- nitrate d'ammonium 33%.
- sulfate d'ammonium 20 à 30% avec adjonction de 25% de soufre.

Ils sont fractionnés durant l'année :

- un premier traitement a lieu au mois de mai dès le début de la croissance des tiges.
- un second traitement est appliqué lorsque la hauteur des tiges avoisine deux mètres de hauteur. Parfois, il est nécessaire de faire un troisième et dernier traitement azoté

dosé à 33,5% sur la floraison (sulfate d'ammonium à 33,5%).

6 - 1 - 2 - LE PHOSPHORE.

Il est apporté à la plante sous forme de phosphate de chaux. Quelquefois, il est associé au potassium (fertilisant phosphopotassique). Cet élément est le plus souvent répandu sur le sol à l'entrée ou à la sortie de l'hiver.

6 - 1 - 3 - LE POTASSIUM.

Il est apporté par le chlorure de potassium dosé à 60% ou en association avec le phosphore.

6 - 1 - 4 - LES AUTRES ELEMENTS FERTILISANTS.

En fonction des terrains utilisés, certains éléments chimiques peuvent manquer ; des apports en éléments complémentaires s'avèreront donc souvent indispensables pour prévenir ces carences (magnésium, bore...).

L'apport d'un amendement organique (fumier) complétera la fertilisation des terrains à houblon.

6 - 2 - LUTTE CONTRE LES MALADIES.

6 - 2 - 1 - INTRODUCTION.

Les parasites aussi bien animaux que végétaux, sont nombreux chez le houblon. Seuls certains d'entre eux constituent une véritable menace pour la plante.

Nous pouvons classer ces parasites en trois groupes distincts : A, B, C :

A = les plus redoutables. Ils occasionnent des pertes considérables au niveau des récoltes et mettent en jeu la vie de la plante.

Nous pouvons citer parmi ces ennemis : 2 champignons :

- Pseudospora humuli (champignon responsable du mildiou du houblon) ;
- Sphaerotheca humuli (oïdium).

2 insectes :

- l'araignée rouge (Panonychus humuli), acarien causant la brûlure rouge du houblon ;
- le puceron des feuilles de houblon (Phodoron humili).

B = les parasites moins redoutables mais que l'agriculteur pourra éventuellement traiter :

- le ver fil de fer ;
- la punaise du houblon ;
- le Fusarium (champignon entraînant la rouille des feuilles de houblon) ;
- le Verticillium alboatrum (donnant des toxines et entraînant un flétrissement de la plante).

C = un parasite souvent inoffensif :

- la cicade (insecte ailé de 5 mm de long).

Dans ce chapitre nous étudierons principalement les maladies qui persistent encore actuellement dans les cultures et qui sont provoquées d'une part par les insectes (pucerons, araignée rouge) , et d'autre part par les champignons (mildiou, oïdium, Fusarium et Verticillium).

Ces ennemis font l'objet d'une lutte vigoureuse, actuellement, dans toutes les houblonnières d'Europe.

6 - 2 - 2 - LUTTE CONTRE LES MALADIES CAUSEES PAR LES INSECTES.

6 - 2 - 2 - 1 - L'araignée rouge.

a - Description.

Son apparition n'est pas toujours régulière ; cet insecte se développe essentiellement au cours des années sèches et chaudes ; sa multiplication rapide constitue une menace pour le houblon.

L'araignée rouge tisse une toile pour se protéger du vent. La femelle installée dans cette toile va être fécondée par un mâle. Elle pond une vingtaine d'oeufs qui vont éclore au bout de 6 à 10 jours.

Les larves atteignent leur maturité sexuelle au bout de 15 jours. Ces adultes se multiplient et si la saison est favorable, il peut apparaître jusqu'à neuf générations successives par été. Heureusement, la plus grande partie des oeufs n'arrive jamais à maturité. Pourtant la descendance d'une araignée peut compter jusqu'à 3 milliards de parasites.

Ces insectes se nourrissent en suçant la sève. Peu à peu, la plante s'épuise ; en cas de forte infestation, l'insecte s'attaque aux cônes.

Lorsque l'automne arrive, l'araignée s'abrite sous terre ou dans les fentes des perches. En l'absence de tout traitement, seul un hiver très rigoureux peut faire diminuer

la colonie, sinon au printemps, dès que la température redevient favorable, l'araignée rouge retrouve à nouveau son activité.

Du point de vue morphologique, la taille de l'araignée adulte femelle est d'environ 0,5 mm de diamètre, elle possède 8 pattes alors que la larve n'en a que 6. Le mâle est généralement plus petit que la femelle.

b - Maladie provoquée par l'araignée.

L'insecte attaque principalement la feuille ; les cônes peuvent être également touchés.

Les feuilles malades vont prendre une coloration rouge cuivre et on y observe les acariens et leurs oeufs groupés sur une sorte de toile qui les abrite des agressions extérieures (vent, pluies). Les cônes, s'ils sont touchés, restent flétris, légers, ce qui entraîne une diminution du rendement moyen de la plante.

c - les traitements insecticides.

Ils sont de deux ordres : préventifs et curatifs.

- Les traitements préventifs ont pour but de diminuer la violence de l'attaque.

Il faut pour cela assurer une bonne fumure des houblonnières, ce qui permet une meilleure circulation de la sève ; la plante, bien nourrie, pourra faire face à l'agression dans de meilleures conditions.

On peut également créer des conditions humides défavorables à la prolifération de l'insecte par des arrosages plus fréquents en période sèche, ce qui a pour effet d'entretenir un climat froid, humide et donc peu favorable au développement de la maladie.

- Les traitements curatifs ont pour but de stopper l'invasion de l'insecte. On utilise des insecticides polyvalents, capables de détruire aussi bien l'araignée que le puceron. Ces traitements seront étudiés un peu plus loin dans ce chapitre.

6 - 2 - 2 - 2 - Le puceron du houblon (Phodoron humuli).*a - description.*

Cet insecte se présente sous deux formes différentes :

- Une forme ailée de couleur vert foncé avec des taches sombres sur le corselet et sur la partie postérieure du corps.
- Une forme aptère, corps dépourvu d'aile, de couleur vert clair avec une bande plus sombre sur le dos. Leur longueur varie entre 1,5 et 2 mm. Son cycle est assez complexe, il exige pour être complet le passage sur deux hôtes intermédiaires : Prunus Spinosa et Humulus Lupulus.

b - la maladie.

La gravité de la maladie est due au nombre énorme de pucerons qui envahissent la plante pour sucer la sève à partir de la face inférieure des feuilles.

Peu à peu les feuilles s'enroulent et se dessèchent. La production de rameaux latéraux s'arrête ou bien ceux-ci restent trop courts pour pouvoir donner une floraison convenable.

De plus, les pucerons secrètent sur les feuilles une sorte de miellat. Cette sécrétion se présente comme un vernis brillant, collant, sur lequel adhèrent les restes des différentes mues des jeunes pucerons.

Ce miellat par sa haute teneur en sucres divers, va offrir aux moisissures un substrat favorable. L'une d'entre elles, de couleur noire, va se développer ; les feuilles se recouvrent ainsi d'une poussière noire identique à de la suie. Cette maladie cryptogamique secondaire est appelée fumagine.

Cette maladie n'est pas dangereuse pour le rendement ; elle témoigne cependant de la présence de pucerons qu'il sera sans doute nécessaire de traiter.

Parfois, cette fumagine apparaît sur les folioles de pointe des cônes. La qualité et la présentation de la récolte s'en trouve affectée. Le développement de cette maladie

secondaire est maximal lorsque les températures sont élevées.

c - Les traitements insecticides.

Les traitements utilisés sont le plus souvent polyvalents. Ils vont permettre de combattre aussi bien l'araignée rouge que le puceron.

On utilise : * L'OmethoateND ou FolimateND.

Ce sont des dérivés organophosphorés du soufre (methyl carbamoyl methyl) d'origine allemande. Ils agissent par contact et ingestion sur les pucerons et les acariens. Ce sont des produits "systémiques".

* Le DecamethrineND ou DecisND

C'est un insecticide d'origine britannique appartenant à la famille des pyréthriinoïdes de synthèse. Il agit par contact et ingestion à doses faibles ; sa durée d'action est d'environ 3 semaines.

* Le DimefoxND ou Terra-SytolND.

D'origine anglaise, c'est l'oxyde bis fluorophosphoreux. Il agit par voie endotherapique sur les insectes suceurs. On le verse au pied des tiges de houblon ; les insectes s'empoisonnent en suçant la sève du houblon.

* Le MethidathionND ou Ultracid 20ND, Ultracid 40ND.

Insecticide organophosphoré et soufré d'origine suisse, il agit par contact et ingestion.

* Le CyclohexatinND ou PlictranND.

Ce produit est fort intéressant dans la mesure où il est actif par contact sur les sujets résistant aux autres traitements.

6 - 2 - 3 - LUTTE CONTRE LES MALADIES CRYPTOLOGAMIQUES (26).

6 - 2 - 3 - 1 - le mildiou.

a - Description.

C'est l'une des maladies les plus redoutables pour le houblon. Cette maladie aurait été introduite en Europe par des boutures venues du Japon. Elle est assez récente puisqu'elle a fait son apparition pour la première fois en 1910 en Angleterre.

Le champignon (Peronospora humili) responsable de la maladie appartient à la classe des champignons inférieurs : les phycomycètes, à la sous-classe des peronosporales et à la famille des peronosporées à mycelium intercellulaire.

Il se caractérise par :

- Un abondant mycelium non cloisonné.
- Une reproduction de type sexué par des gamètes et de type asexué par des spores.

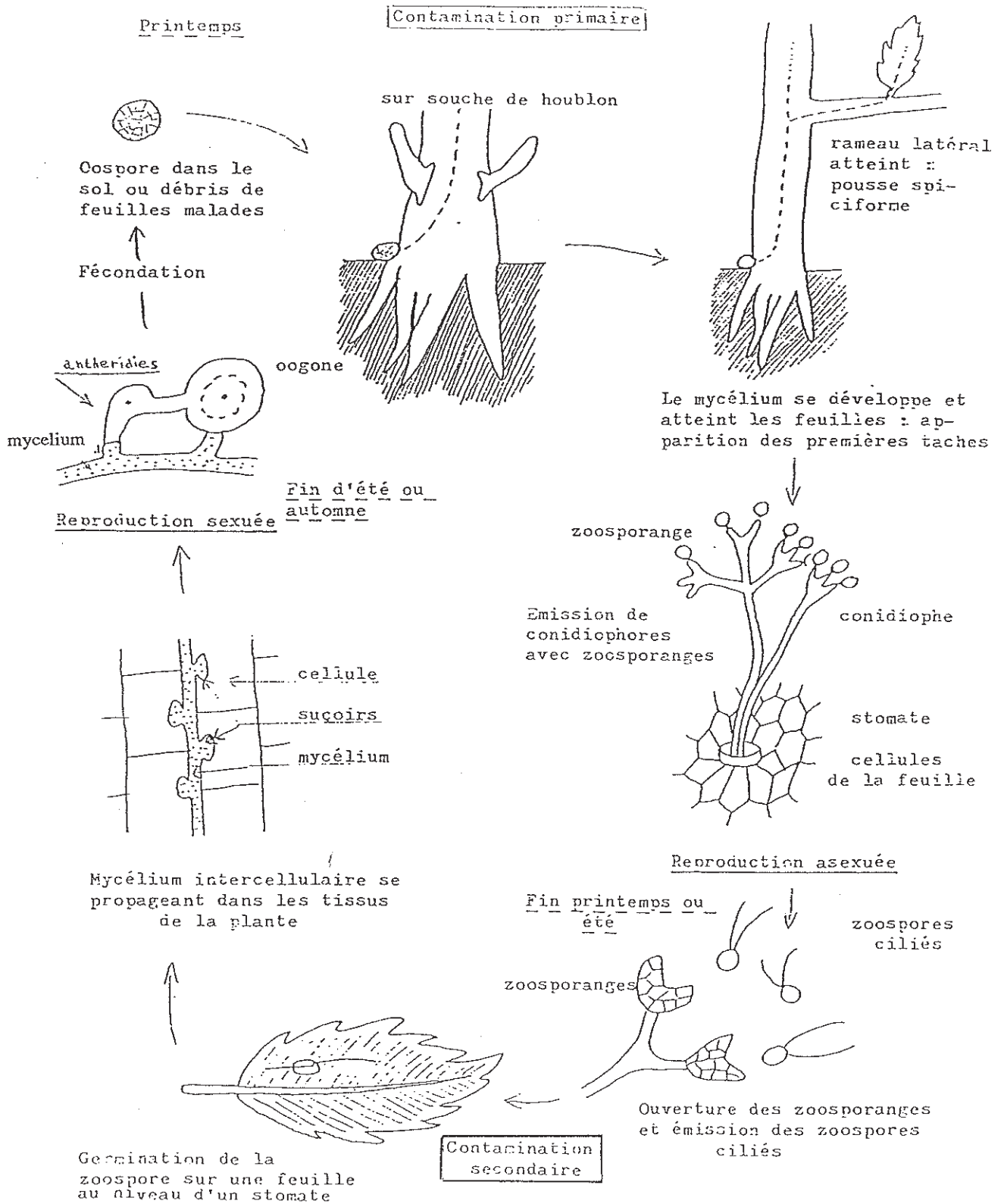
Il se développe suivant un protocole particulier appelé cycle (voir schéma cycle du mildiou (26)).

L'infection sur le houblon est de deux types :

- Une infection primaire.
- Une infection secondaire.

L'infection primaire est due aux spores qui, après avoir séjourné durant l'hiver dans les débris de feuilles, germent au contact de la souche ; un tube germinatif apparaît, il donnera naissance à un mycelium intercellulaire qui se développera parallèlement à la plante.

L'infection secondaire est réalisée par les zoospores disséminées par les vents ou les pluies. Ces zoospores étant ciliées, elles nagent dans l'eau. Lors des étés pluvieux et brumeux, les gouttelettes de pluie sont chargées en zoospores qui vont contaminer la plante par les stomates foliaires. Un nouveau mycelium est ainsi émis en 8 à 12 jours et donc de nouvelles zoospores.



Cycle du mildiou (26).

b - La maladie.

Elle débute par l'apparition de taches à la surface des feuilles. Au départ, les taches sont peu perceptibles ; elles ont un aspect huileux, puis les tissus meurent, la feuille brunit peu à peu, la face inférieure étant également attaquée. Au niveau des stomates foliaires, il y a apparition et développement d'un conidiophore qui va émettre des zoospores ciliées. Lorsque le mycelium a épuisé tout le contenu des cellules foliaires, la feuille se dessèche et finit par tomber.

Lorsque l'attaque du champignon est importante, les rameaux latéraux sont attaqués avec les fleurs ; il y a alors diminution du nombre de cônes et donc une baisse du rendement de la plante. Sur le jeune cône la maladie se manifeste par une croissance réduite ; le lupulin ne se forme pas ou très peu. Par contre, si la maladie se développe sur des cônes murs, ils brunissent, se flétrissent, mais le lupulin formé n'est pas dégradé, le rendement n'est pratiquement pas modifié.

c - Les traitements fongiques.

Ils sont utilisés régulièrement depuis 1925. Pendant de nombreuses années, on a traité les pieds de houblon avec un mélange de soufre et de sulfate de cuivre en solution dans l'eau, appelé "bouillie bordelaise". Cette préparation devait être neutre au papier tournesol car une trop grande acidité pouvait causer de graves brûlures à la plante, ainsi qu'une oxydation des fils de fer porteurs.

Aujourd'hui, ce produit est moins utilisé. Il est souvent remplacé par des traitements cuprocalciques neutres contenant en plus de l'oxyde de zinc.

Parmi les traitements les plus utilisés, on trouve :

- Des traitements d'origine minérale.
 - . l'oxyde cuivreux en solution.
 - . l'oxychlorure tetracuvrique.

Ces composés cuivreux sont souvent associés à des fongicides organiques de synthèse ;

on les rencontre dans les spécialités suivantes :

* Clarofix 50 ND.

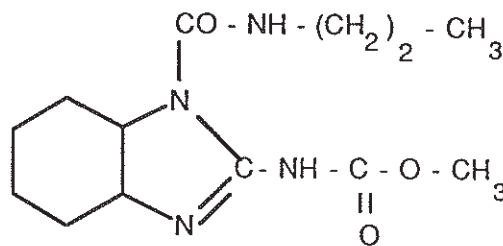
*Cupravit ND.

*Cuivrosan ND.

- Des traitements d'origine organique.

. les dérivés de l'acide carbamique dont la formule développée

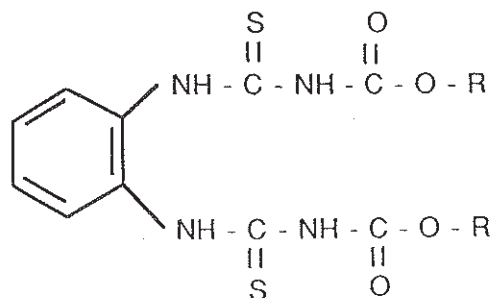
donne :



Ce composé est transformé par la plante en dérivé fongitoxique.

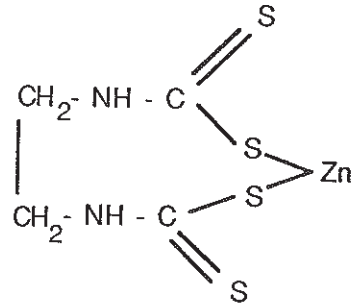
- Les dérivés de l'acide thiocarbamique (type thiophanate ou methyl-thiophanate). Ce composé est commercialisé sous le nom de Pelt 44 ND

avec R = CH3

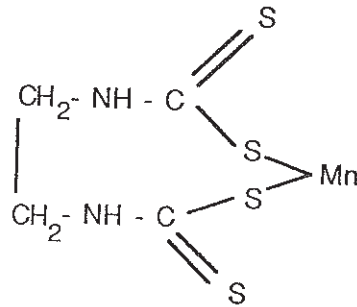


- Les dérivés de l'acide dithiocarbamique.

Nom commercial : Zinèbe ND.



Manèbe ND.



NB : Il existe aussi un fongicide, résultant de la condensation du Zinèbe et du Manèbe, à qui on a donné le nom de Mancozèbe. Avec cette nouvelle molécule, on réalise le produit traitant suivant : Le Dithane ND (soufre + Mancozèbe).

Tous ces fongicides sont très efficaces dans la lutte contre le mildiou, de sorte que cette maladie n'est, de nos jours, guère préjudiciable aux cultures.

Le mildiou reste toutefois un parasite dangereux, latent en période humide. Il est souvent nécessaire de réaliser des traitements préventifs, surtout sur les jeunes plants de houblon.

6 - 2 - 3 - 2 - L'oïdium.

a - Description.

Le champignon responsable de cette maladie se nomme "Sphaeroteca humuli". Il appartient à l'ordre des erysiphalles et à la famille des Erysiphacées. Il atteint plus particulièrement les houblons flamands ; les houblons allemands et alsaciens sont très peu touchés.

Sphaeroteca humuli dispose d'un mycelium superficiel. Il se nourrit du suc cellulaire des cellules épidermiques foliaires en y envoyant des suçoirs. Lors d'infestation grave, le parasite pénètre à l'intérieur des feuilles par les stomates.

Sa reproduction asexuée s'effectue à partir du mycelium sur lequel vont apparaître des folioles qui donneront naissance aux spores : les conidies. La contamination se fera par le vent qui disséminera ces conidies vers d'autres pieds de houblon.

b - La maladie.

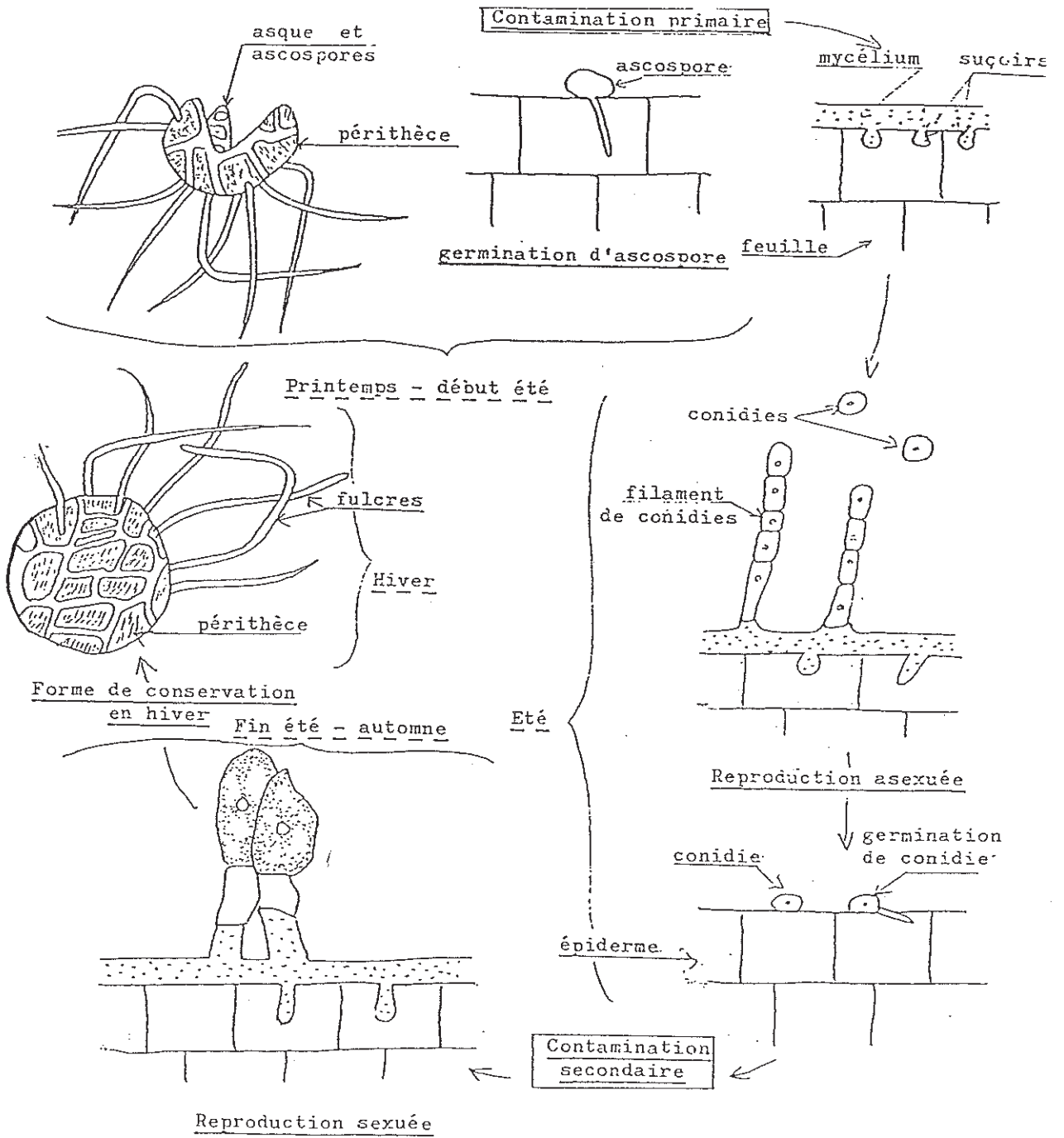
Elle est particulièrement redoutable si elle est tardive (fin juillet, début août). Les cônes sont alors formés ; s'ils sont infestés, les pertes sont considérables.

La maladie apparaît le plus souvent mi-juillet. Son apparition est plus fréquente lors d'étés chauds et pluvieux. Par contre, un mois d'août chaud et sec limite le développement du champignon ; on ne trouvera, lors de la récolte, que peu de cônes touchés.

c - Traitement.

- Origine minérale : on utilise surtout le soufre pulvérulent. Il est disposé tel quel (soufre micronisé) ou à l'état de poudre mouillable (réalisation d'une suspension dans l'eau).

- Origine organique : on peut utiliser des dérivés de l'acide carbamique ou thiocarbamique et, comme lors des traitements contre le mildiou, ces dérivés seront métabolisés par la plante en dérivés fongitoxiques.



Cycle de l'oidium.

6 - 2 - 3 - 3 - La verticillose.

a - Description.

Cette maladie peut être causée par deux types de champignons : Verticillium dahliae ou Verticillium alboatrum.

- Verticillium dahliae se développe à l'intérieur des vaisseaux du bois. Dans la plupart des cas, le champignon pénètre par la racine ; son mycelium traverse assez rapidement le cortex, gagne les vaisseaux du bois ; à l'intérieur de ces vaisseaux, une reproduction asexuée donne des conidies qui seront véhiculées par la sève vers d'autres vaisseaux. La propagation du champignon provoque une obstruction partielle des vaisseaux ; des réactions de défense apparaissent sur la plante (nodules), des toxines fongiques apparaissent, la plante tout en restant verdâtre, se dessèche et perd ses feuilles.

- Verticillium alboatrum a un comportement voisin de celui de Verticillium dahliae ; la différence entre les deux réside dans leur forme de conservation.

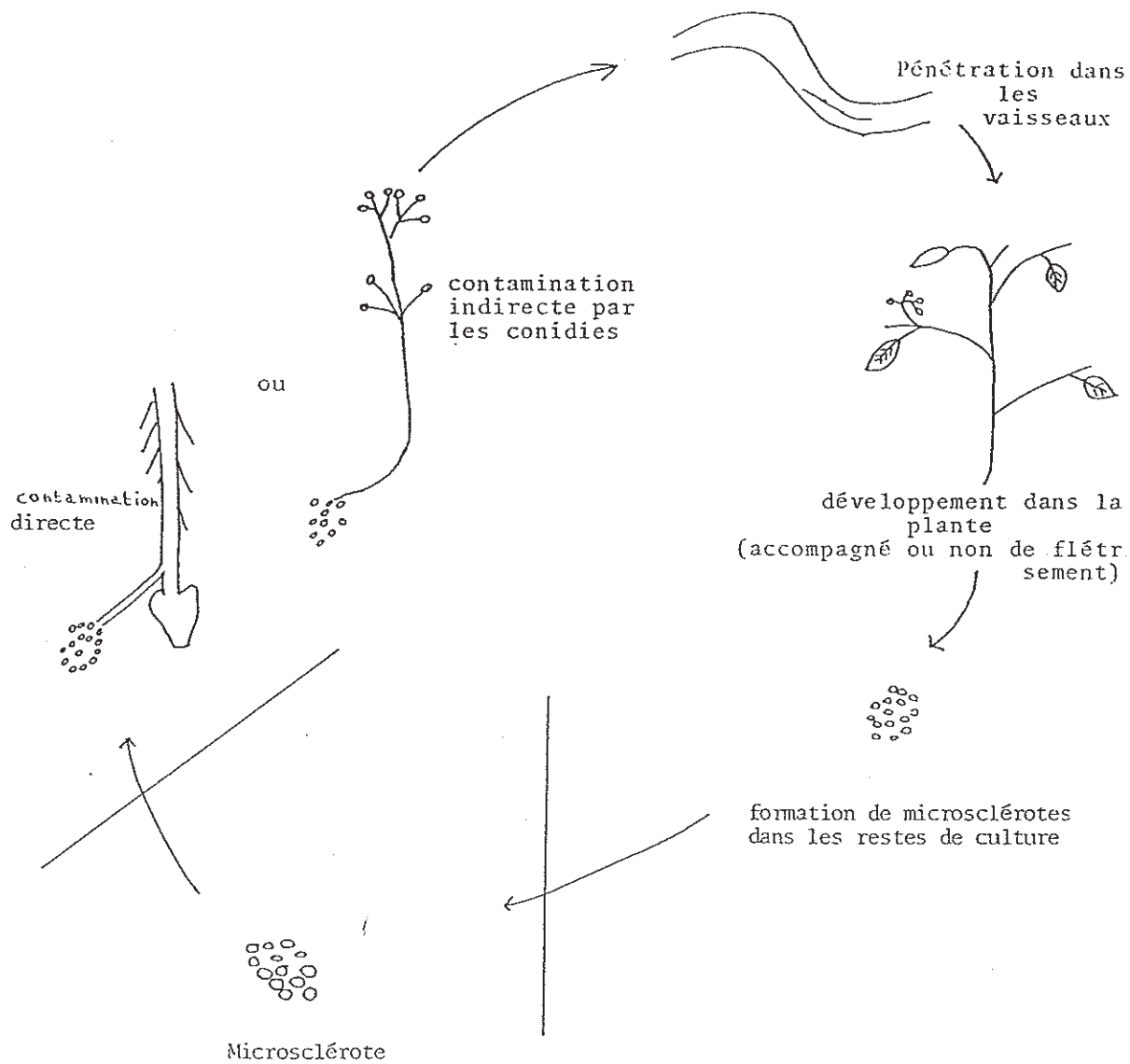
Verticillium dahliae produit par reproduction sexuée, des microsclérotés ; alors que Verticillium alboatrum donne des myceliums sombres de conservation (cycle de la maladie) (26).



b - La maladie.

Après l'attaque, le houblon jaunit presque entièrement, se dessèche ; la liane dépourvue de feuilles reste bien accrochée à sa souche.

c - Traitements.

A l'heure actuelle, les traitements proposés donnent de médiocres résultats. Les recherches consistent surtout à mettre au point des variétés de houblon résistant vis à vis de cette maladie.



N.B. : Pour le Verticillium albo-atrum, il suffit de remplacer les microsclérotos  par des mycéliums sombres de conservation 

Cycle de développement de Verticillium (26).

6 - 2 - 3 - 4 - La fusariose.

a - Description.

On dénombre deux champignons responsables de la maladie : Fusarium oxysporum et Fusarium roseum.

Ces champignons sont courants sur le houblon ; ils appartiennent à la classe des Adélomycètes et à la famille des Tuberculariacées. Ils attaquent plus particulièrement des espèces sensibles comme Northern Brewer.

b - La maladie.

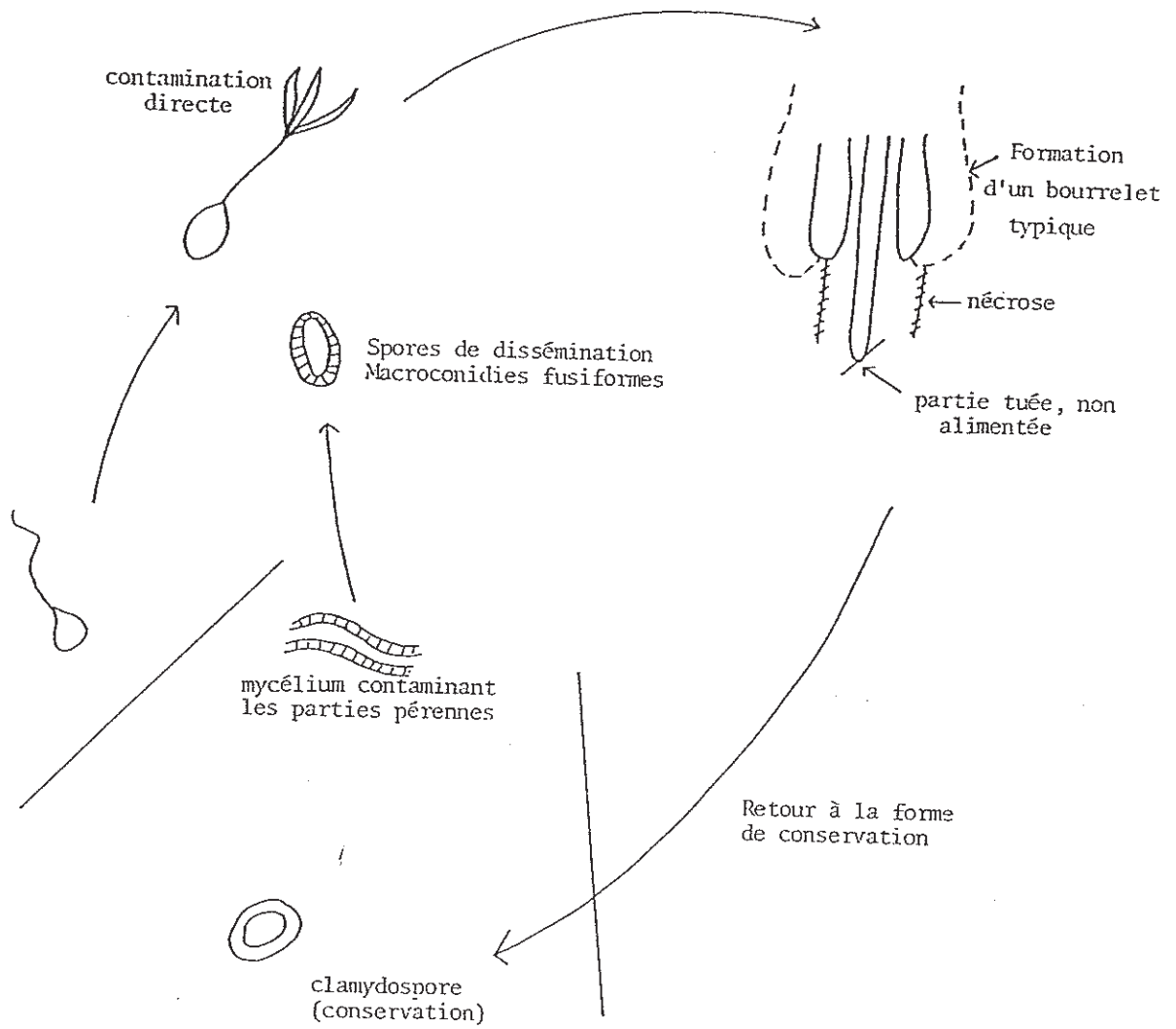
Elle se caractérise principalement par un flétrissement précoce des feuilles, suivi d'un dessèchement complet de la plante sans chute des feuilles.

Au début, les feuilles brunissent, se dessèchent, mais restent accrochées sur la tige, et contrairement à ce qui se passait pour la verticillose, la liane s'arrache facilement de sa souche.

L'extrémité arrachée présente une réaction de défense ; elle est épaissie et couverte d'un fin réseau blanc rosé qui correspond au mycelium du champignon.

c - Traitements.

Ils sont difficiles et d'une efficacité variable. En général, partout où il y a présence de fusariose, le plus radical consiste à arracher les plants atteints, à les détruire puis à rechercher des variétés résistantes à la maladie. Le houblon "Brewer Gold" est un bon résistant vis à vis de la fusariose.



Cycle de développement du *Fusarium roseum*.

6 - 2 - 4 - LUTTE CONTRE LES VIROSES (29).

Les viroses sont des maladies graves pour Humulus lupulus. Elles entraînent chaque année , si elles se déclarent, des baisses importantes des récoltes.

On en définit deux :

- la mosaïque ordinaire.
- la mosaïque chlorotique.

La mosaïque chlorotique est de loin la plus dangereuse des deux. Elle provoque un dessèchement rapide du pied ; les feuilles périssent en premier, se recroquevillent sur elles-mêmes, leur bord s'enroule sur les faces supérieures, leur couleur change, passant du vert au jaune brun (notamment les faces inférieures). Les nervures foliaires apparaissent proéminentes avec des portions translucides.

Les cônes peuvent être également touchés ; ils restent petits et peu nombreux d'où une baisse de la production.

Pourtant la maladie ne tue pas complètement la plante. L'extension de la maladie aux pieds voisins se fait par l'intermédiaire d'insectes suceurs comme le puceron ou l'araignée rouge.

La mosaïque chlorotique étant une maladie virale, le seul moyen de lutte connu à l'heure actuelle consiste à arracher les pieds malades pour replanter des pieds sains.

7 - LA RECOLTE DU HOUBLON.

Les dates de récolte du houblon s'échelonnent de la dernière quinzaine d'août jusqu'au 20 septembre environ.

A maturité, les cônes vont jaunir peu à peu ; ils passent du vert franc au vert doré, ils se raffermissent ; la lupuline visqueuse, grasse au toucher, devient jaune doré, brillante. A cette époque, la concentration en acide alpha est optimale (15).

Une récolte tardive entraîne un dessèchement et un brunissement des cônes ; la lupuline devient alors terne.

A l'inverse, une récolte trop précoce donne une lupuline de qualité médiocre (24). Bien souvent l'exploitant dispose dans ses cultures, de toute une gamme de houblon variant de précoce à tardif, de sorte qu'il allonge au maximum la période des récoltes.

Autrefois, le houblon se récoltait entièrement à la main ; une forte main d'oeuvre se réunissait à cette occasion. Des familles entières, des saisonniers, des voisins prêtaient leur concours à l'exploitant. Pendant une quinzaine de jours, il fallait cinq à sept personnes pour cueillir 1000 pieds de houblon (12).

Généralement, le houblon était coupé sur pied, amené à la ferme, où s'effectuait la cueillette proprement dite.

Cette période de récolte aujourd'hui révolue, donnait l'occasion à des familles entières de se réunir et donnait même bien souvent lieu à l'organisation de banquets ponctués de récits, d'histoires, d'anecdotes et de chants qui se prolongeaient tard dans la nuit.

Actuellement, la diminution de la main d'oeuvre et l'évolution des mentalités entraîne un développement accru des machines qui remplacent le travail de l'homme.

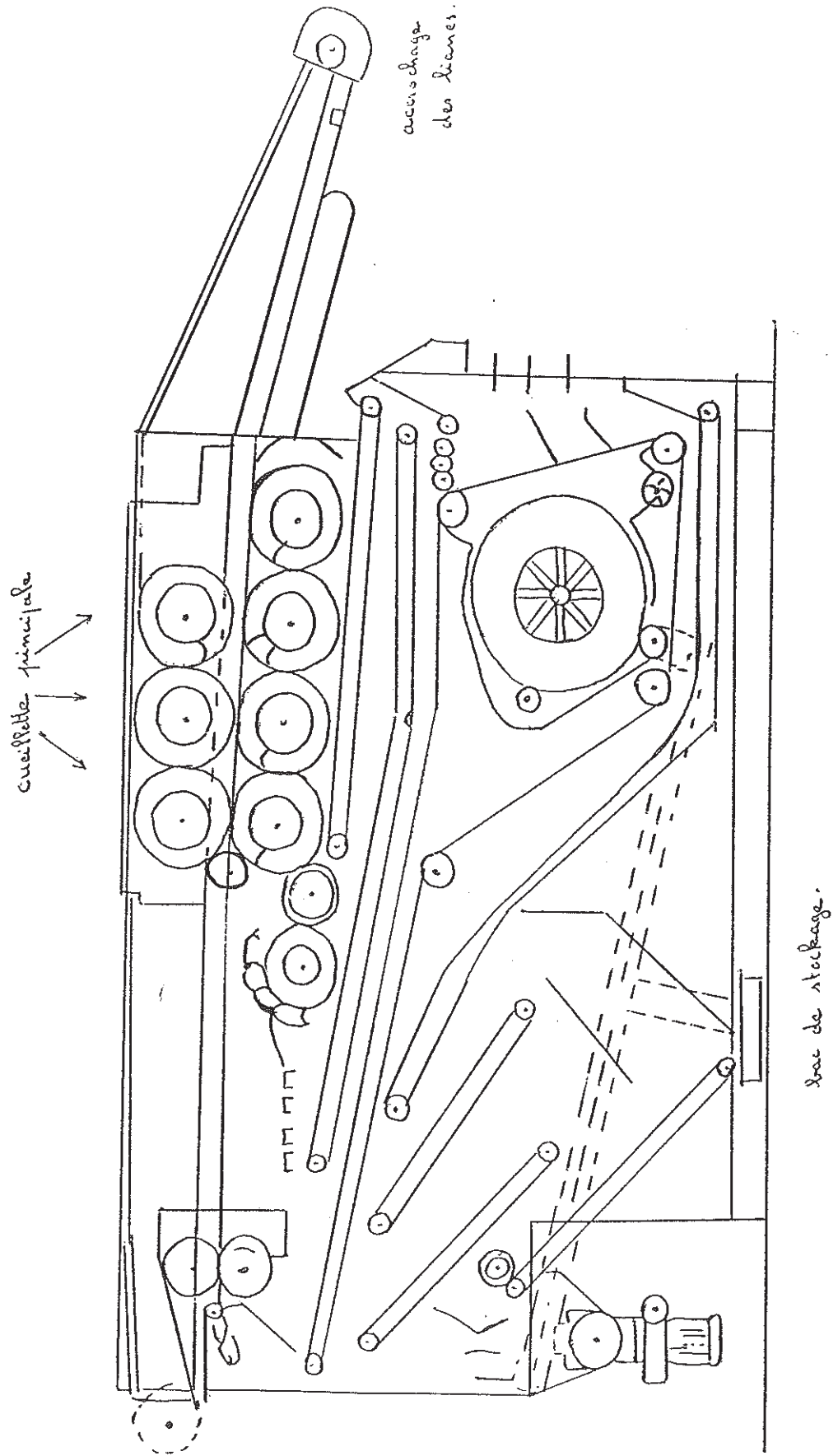
Depuis 1955, les récoltes sont entièrement mécanisées : les tiges sont d'abord coupées à 80 cm du sol. C'est l'opération la plus longue ; elle dure une quinzaine de jours et réclame l'aide de 3 à 5 personnes. Le cueilleur est placé sur une plateforme tirée par un tracteur ; il coupe le fil de chanvre reliant le fil de fer tuteur aux fils longitudinaux. La liane une fois coupée, toujours solidaire de son fil tuteur, est étalée sur le chariot qui suit la plateforme. Lorsqu'il est plein, le chargement est dirigé vers la ferme.

A la ferme, une cueilleuse mécanique tire les cônes dès leur arrivée car il faut agir vite ; les cônes de houblon sont fragiles et s'oxydent rapidement.

Les machines utilisées pour cette opération comportent un dispositif d'alimentation qui entraîne les tiges de houblon, toujours enroulées sur leur fil tuteur, à travers une série de peignes. La liane est ainsi totalement dépouillée de ses feuilles et de ses cônes. Elle est ensuite évacuée vers un compost ou broyée. Après décomposition il ne restera rien du fil tuteur.

Les cônes et les feuilles empruntent un circuit où alternent des dispositifs soufflants, des tamis et des tapis inclinés. Ces systèmes permettent de séparer les cônes des feuilles.

Ces opérations ainsi réalisées, il faut sans tarder penser au séchage ; le fort taux d'humidité présent dans les cônes risque de rendre la conservation délicate et par voie de conséquence, il s'ensuivrait une modification dans la composition chimique des principes amers (oxydation - fermentation).



Coupe transversale d'une cueilleuse

8 - LES OPERATIONS POSTERIEURES A LA RECOLTE.

8 - 1 - LE SECHAGE.

Autrefois il se réalisait à l'air libre. Aujourd'hui on utilise des séchoirs à air chaud.

Vers la fin de la cueillette, la teneur en eau des cônes s'élève à 70-80% ; très vite, des réactions d'oxydation se déclenchent et les acides alpha se dégradent.

Pour remédier à cet inconvénient, le planteur dispose d'une salle de séchage de 30 m² environ. Le houblon y est disposé sur des claies situées 2 mètres au dessus du sol. Le séchage s'effectue par le moyen d'air chaud pulsé traversant la cueillette de bas en haut.

La température de l'air de séchage augmente progressivement durant l'opération passant de 35° à 55°. Toutefois, on ne dépasse jamais 60° afin de ne pas risquer d'endommager la lupuline.

Après le séchage qui dure une douzaine d'heures environ, un système de tiroir permet d'extraire le houblon. Son taux d'humidité une fois sec n'est plus que de 7-8%. On le stocke ; il se rehumecte légèrement dans l'air ambiant pour arriver à un taux d'humidité définitif de 10-12%.

Les cônes sont ensuite tassés dans de grands sacs pour constituer des ballots de 50 kg qui seront vendus par l'agriculteur aux négociants ou aux coopératives.

Avant son admission à la coopérative, le houblon devra être identifié (provenance, millésime, variété) et contrôlé car des exigences minimales de qualité sont requises (humidité, proportion de feuilles, de tiges, de bractées, de déchets, de graines).

8 - 2 - LE TOURAILLAGE.

Il a lieu dans les coopératives avant le conditionnement définitif. Son but : assurer une bonne conservation du houblon et limiter sur le produit sec le développement de moisissures et de microorganismes divers.

Les cônes sont placés sur un plancher à claire-voie ou un treillis grillagé. On va faire passer à travers ce plancher des vapeurs de soufre produites par la combustion de soufre en fleur ou en canon.

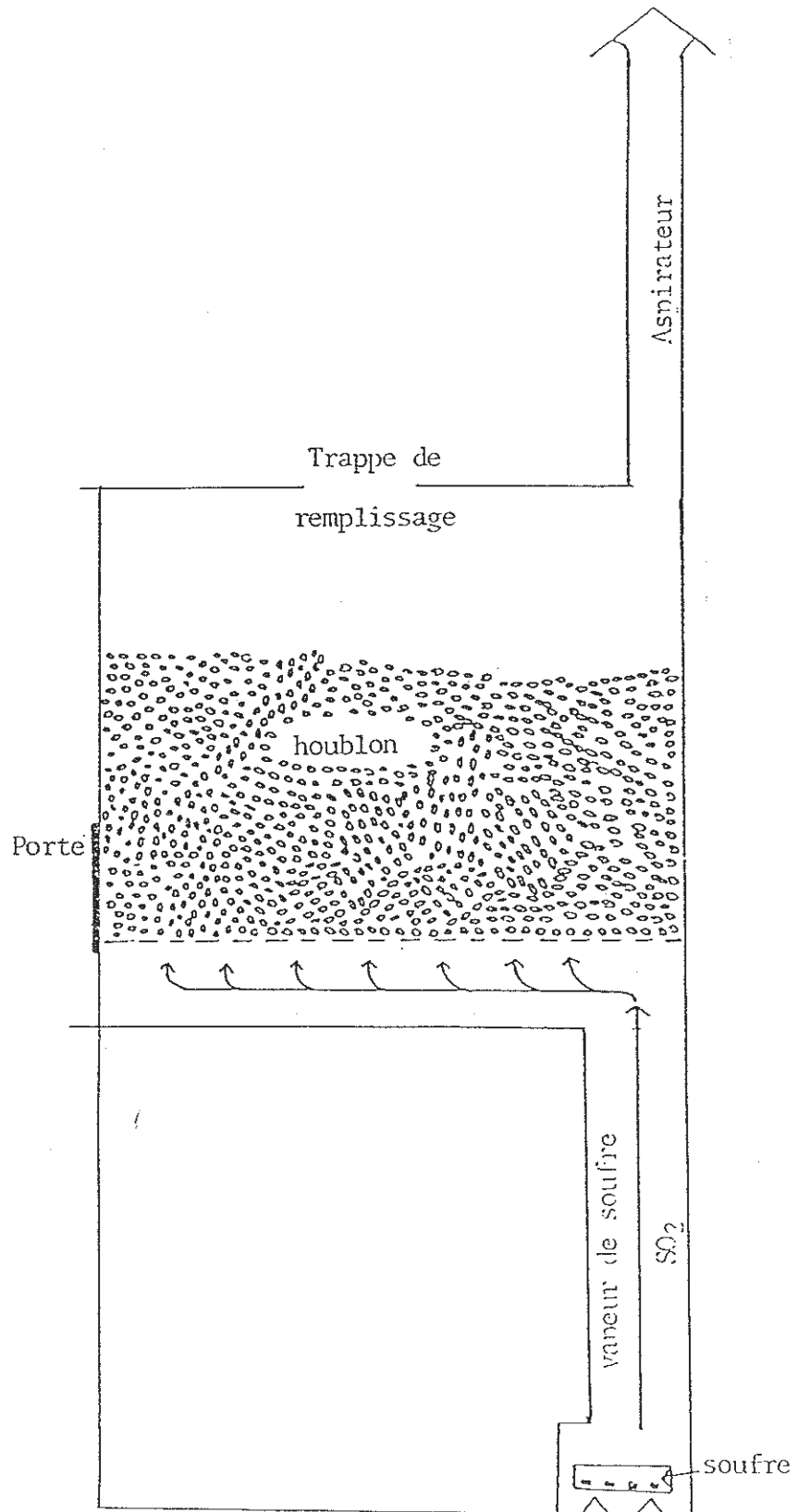
Pour 100 kg de cônes traités, il faut brûler environ un kilo de soufre.

Les vapeurs traversent donc la couche de houblon de bas en haut (mécanisme d'aspiration vers le haut). Cette opération dure entre 12 et 16 heures. On constate qu'après cette opération aucune trace de soufre n'est retrouvée sur les cônes. Le traitement est donc tout à fait inoffensif pour l'homme et ne modifie pas la composition chimique des cônes de houblon.

8 - 3 - CONDITIONNEMENT DEFINITIF.

Avant d'être présenté sur le marché, les cônes de houblon sont comprimés en ballots ; un certificat est apposé avant l'expédition vers l'acheteur ou l'usine de transformation (poudres, extraits).

Les cônes de houblon sont ainsi prêts à être utilisés dans les industries alimentaires (brasseries) ou pharmaceutiques.



Le touraillage.

**HOUBLON PRÉPARÉ
SANS GRAINES**

B. GOLD

N° Réf. _____

N° Ballots _____

balle _____

**HOUBLON PRÉPARÉ
SANS GRAINES**

N. BREWER

N° Réf. _____

N° Ballots _____

balle _____

9 - APPRECIATION COMMERCIALE DU HOUBLON LORS DE SA MISE SUR LE MARCHE.

La véritable valeur commerciale d'un lot de houblon est non seulement basée sur les résultats de l'analyse chimique (teneur en eau ou teneur en acides amers), mais également sur des caractères organoleptiques simples. Ainsi, l'acheteur peut se faire une opinion sur la qualité d'une récolte par les critères suivants :

2 - 1 - LA COULEUR DES CONES.

Ils doivent présenter une belle couleur jaune dorée. Un échantillon de couleur vert-clair homogène prouve que le houblon est insuffisamment mûr. Sa teneur en substances amères sera faible (24).

Un acheteur expérimenté est capable de donner d'emblée une note de couleur comprise entre 1 et 5.

9 - 2 - LA COULEUR DE LA LUPULINE.

La lupuline est la poudre jaune produite par les cônes des pieds femelles de houblon.

Pour être de bonne qualité, cette lupuline devra être fine et d'un beau jaune doré. Une lupuline brune est de mauvaise qualité et prouve une mauvaise conservation des cônes de houblon ou un séchage à température trop élevée.

9 - 3 - LE DEGRE D'EFFEUILLEMENT.

Il concerne les cônes de houblon (quelquefois baptisés cloches de houblon).

Ainsi, les bractées et les bractéoles qui composent les cônes doivent rester bien fermées autour du rachis afin que la lupuline ne puisse s'échapper.

9 - 4 - ASPECT DU RACHIS.

Le rachis représente la partie de la queue qui se prolonge à l'intérieur du cône. Cet organe est grêle, articulé et partagé en un certain nombre de segments disposés en zig-zag. Sur l'articulation de chaque segment s'insèrent les pièces foliacées. Donc, on en déduit que plus les ondulations du rachis sont serrées (plus il y a d'implantation de bractées), plus la teneur en lupuline est élevée puisque les glandes à lupuline se trouvent à l'aisselle des bractées. Le rachis doit être sec. Il devra se casser lors de la torsion du cône.

9 - 5 - L'AROME.

L'appréciation de l'arôme d'un cône de houblon demande une grande expérience. En résumé, on peut estimer que d'un bon houblon se dégage un arôme fin, doux et agréable. Quelquefois, certaines variétés dégagent une odeur d'ail prononcée (cas des cônes de houblon sauvage).

Il faut également savoir qu'un houblon "vert" ne donne aucun arôme (odeur de foin), et qu'un vieux houblon mal conservé a une odeur de "beurre rance". Cette odeur est toujours due à la décomposition des esters valérianiques en acides valérianiques.

9 - 6 - CARACTERISTIQUES PARTICULIERES POUVANT DETERMINER UNE RECOLTE DE MAUVAISE QUALITE.

- La présence de graines dans les cônes de houblon constitue le défaut le plus grave. Le cône femelle a été pollinisé (présence de plants mâles de houblon à proximité d'une houblonnière). Il n'y a plus de lupuline dans les cônes ; ce défaut entraîne à chaque fois le refus de l'acheteur.

- Les signes des maladies ou de détérioration par les vents peuvent également faire baisser plus ou moins la valeur brassicole des houblons.

IV : LES UTILISATIONS DU HOUBLON.

Le houblon reste une plante encore très utilisée de nos jours.

Ce chapitre s'articule en deux parties et permet de dégager deux types d'emploi très différentes :

- Dans une première partie, le houblon sera considéré comme plante alimentaire, car il est utilisé dans l'élaboration de la bière comme aromatisant et conservateur.

- Dans une seconde partie, nous passerons en revue les différentes propriétés pharmacologiques du houblon, afin de comprendre sous quelles formes il peut être utilisé en phytothérapie.

Le houblon est aussi une plante médicinale à part entière inscrite à la Pharmacopée française, même si, aujourd'hui, sa consommation est plus faible que par le passé.

1 - LA BRASSERIE (30).

C'est un décret du 28 juillet 1908 qui régit encore de nos jours la fabrication de la bière. Cette boisson est obtenue par fermentation alcoolique d'un moût fabriqué à l'aide d'eau, de malt, d'orge pure ou associée à 30% au plus de grains crus et de succédanés.

Le houblon y est utilisé comme aromatisant.

La législation alimentaire codifie chaque opération en brasserie ; on obtient ainsi une boisson de qualité qui va assurer l'entière protection du consommateur.

On obtient différents types de bières classées :

- Selon leur couleur (bières pâles, bières ambrées, bières blondes, bières brunes).
- Selon leur goût.
- Selon leur densité (bières de table, bière bock, bière de luxe).

Chaque brasserie fabrique un type bien précis de bière.

1 - 1 - LES MATIERES PREMIERES.

1 - 1 - 1 - LE MALT.

C'est une matière première essentielle en brasserie. Il est constitué par des grains d'orge que l'on fait germer et dont on arrête la germination par dessiccation.

L'orge de brasserie, soigneusement sélectionné, est une céréale dure. Il est transformé en malt friable, riche en enzymes et en extraits aromatiques solubles dans l'eau par désagrégation.

Cette désagrégation se déroule en trois phases :

- Le trempage.
- La germination.
- Le touraillage.

Le trempage de l'orge dans l'eau doit porter son humidité à un taux voisin de 45% pour une température de l'ordre de 12 à 20°C.

Dans l'eau, le grain gonfle et l'embryon commence son développement : c'est la germination.

Pendant une semaine, on contrôle cette germination. La température est maintenue entre 12 et 15°C, et le taux d'humidité doit rester constant à 45%. Différentes enzymes se développent durant cette phase : (α amylase, β amylase, protéases, peptidases). L'orge devient plus friable et riche en acides aminés.

Par la suite, l'orge ainsi germé doit être séché profondément. Son humidité ne doit plus dépasser 4%. Pour y parvenir, on effectue une opération appelée touraillage.

Le touraillage va conférer au malt un arôme et une couleur particulière tout en lui conservant une teneur élevée en enzymes. On obtient un malt dont la couleur peut être variable (malt pâle, malt caramel).

Le malt est la matière première fondamentale dans la fabrication de la bière. Il faut contrôler soigneusement sa qualité en laboratoire (évaluation du niveau de désagrégation

de l'orge utilisé, composition chimique du malt).

Le malt est une matière première riche en amidon, en oses, en protéines, peptides, acides aminés, sels minéraux et vitamines.

Les enzymes présents dans le malt serviront de catalyseurs lors des réactions d'amylolyse et de protéolyse qui auront lieu lors du brassage.

1 - 1 - 2 - LE HOUBLON.

A partir du XV^{ème} siècle, le brasseur se sert de ses fleurs femelles .

Elles servent à donner une amertume agréable à la bière, la rendre désaltérante et digestive ; cette amertume va stimuler l'appétit et faire ressortir la saveur sucrée de la bière afin de la rendre désaltérante.

On utilise environ 170 g de houblon par hectolitre de bière. Le houblon est devenu une matière première très chère.

Différents crus de houblon sont utilisés ainsi que différentes variétés.

Actuellement, l'Allemagne est le premier producteur, suivie de l'Angleterre puis viennent ensuite respectivement la Tchécoslovaquie, la Yougoslavie et la France.

Le houblon en cône tient beaucoup de place au stockage et il doit être conservé en chambre froide frigorifique.

Pour faciliter ce stockage et la bonne conservation de la plante, on fabrique aujourd'hui des concentrés en poudre de houblon qui sont conservés en boîte étanche sous atmosphère d'azote afin d'éviter l'oxydation des résines (31). On utilise également des extraits pâteux de houblon en emballages métalliques clos.

1 - 1 - 2 - 1 - Les différentes présentations du houblon (32).

a - Le houblon moulu.

Le houblon, lorsqu'il est acheté à la coopérative, se présente en balles.

Pour pouvoir être utilisé en brasserie, il devra être finement moulu. Cette forme est la plus ancienne mais elle est encore largement utilisée aujourd'hui. Une déchiqueteuse va préparer le travail du moulin. Les ferrailles emprisonnées dans le houblon pressé vont être libérées puis éliminées par des aimants répartis sur les parois de la trémie et sur la bande transporteuse.

Le houblon ainsi préparé est dirigé vers un moulin équipé de couteaux mobiles. La poudre obtenue est triée par des tamis dont les mailles sont choisies pour obtenir une granulation homogène.

b - La mouture humide du houblon.

Ce procédé, comparativement au précédent, est très récent (10 ans) : le houblon est ici préalablement humidifié et mélangé dans un réservoir muni d'un agitateur et d'une pompe à circulation d'eau. Le houblon est ensuite haché dans un moulin à axe vertical, puis directement expédié en chaudière.

Ce procédé augmenterait de 20% le rendement du houblonnage. Il y a ici absence totale d'échauffement et d'oxydation.

c - Les extraits de houblon.

Apparus avant 1960, les extraits représentent à l'heure actuelle une part importante du marché du houblon : 22 à 25%. De nos jours, la production est plutôt stable à cause de l'apparition d'une nouvelle présentation : les pellets.

Les extraits sont obtenus par action de solvant sur les cônes. 3 types de solvants sont utilisés par les transformateurs de houblon :

- Les alcools (essentiellement le méthanol).
- Les hydrocarbures (éther de pétrole, hexane).
- Les hydrocarbures chlorés (chlorure de méthylène, trichloréthylène).

 α - Les solvants utilisés pour les extractions.

* Le méthanol.

Ce solvant fut beaucoup utilisé dans le passé. L'extraction est rapide et assez complète ; les huiles essentielles sont dissoutes ainsi que les polyphénols.

Le matériel nécessaire à cette extraction est relativement simple ; le coût de production de ces extraits reste assez bas. Il apparaît pourtant des inconvénients. Le méthanol est inflammable, sa température d'évaporation est assez élevée, il est soluble dans l'eau. On ne l'utilise pratiquement plus.

* L'hexane.

Ce solvant est plus sélectif que le précédent : les huiles essentielles et les résines molles sont entraînées alors que les résines dures et les polyphénols sont pratiquement insolubles dans ce solvant.

L'hexane reste très utilisé ; sa température d'ébullition est plus basse que celle du méthanol.

Les résines dures entourent les grains de lupuline, puisque ces résines restent insolubles dans l'hexane, il est nécessaire de procéder à une mouture très fine de façon à briser les grains de lupuline.

Ce solvant est très inflammable ; l'installation doit être spécialement conçue pour éviter l'incendie ; l'investissement de départ est important.

* Le chlorure de méthylène.

Il est très utilisé en Allemagne. Tous les produits non solubles dans l'eau sont entraînés depuis les huiles essentielles jusqu'aux résines dures, avec en plus une portion non négligeable de polyphénols (30%).

Ce solvant est ininflammable, son point d'ébullition est relativement bas, donc d'utilisation plus aisée.

* L'eau.

Comme les polyphénols sont assez peu solubles dans les solvants préalablement cités, les extractions précédentes sont généralement suivies d'une extraction aqueuse des polyphénols.

Les huiles essentielles peuvent être également entraînées par la vapeur d'eau.

* Le gaz carbonique liquide (CO₂).

Le CO₂ est un bon solvant ; découvert voilà déjà une quarantaine d'années, il a déjà été expérimenté à partir des jus de fruits, du thé, du café, du tabac.

Pour le brasseur, il était intéressant d'essayer ce solvant : dépourvu de toxicité, il est très spécifique, il ne dissout que les huiles essentielles, les acides α et β et les résines molles. Les résines dures, chlorophylles et polyphénols ne seront pas dissoutes.

L'extrait obtenu par cette technique est d'une jolie couleur jaune de lupuline et possède le parfum de houblon frais. Cet extrait est assez stable dans le temps.

Pour l'extraction proprement dite, on utilise le houblon moulu. Ce houblon sera mis en contact avec du gaz carbonique liquide. Le matériel utilisé est principalement constitué par un échangeur de température.

β - Les différents types d'extraits.

- Les extraits purs.

Ils résultent d'une action du solvant sur la plante. Les parties solubles vont se trouver dissoutes dans le solvant ; on réalise une évaporation presque totale du solvant ; une concentration des substances initialement dissoutes se produit. Le résidu obtenu est une pâte visqueuse de couleur brune, verte, contenant des acides α . Le taux de concentration en acide α n'est pas corrigé par le fabricant ; il dépend de la qualité du houblon utilisé.

- Les extraits aux polyphénols.

En général, les extraits purs ne contiennent pratiquement pas de polyphénols (très peu solubles dans les solvants organiques mais plus solubles dans l'eau).

Les fabricants rajoutent quelquefois à l'extrait par les solvants organique l'extrait aqueux.

Cette opération a pour effet de former une émulsion dans laquelle le taux d'acide α peut être ajusté à 20, 30 ou 40% selon la richesse du houblon.

Lors de cette manipulation, on introduit des molécules d'eau dans la préparation ; le risque d'oxydation augmente, la stabilité de l'ensemble diminue.

Ces extraits se caractérisent par une teneur en polyphénols de houblon plus importante. Ils apporteront un peu de "corps" à la bière. Leur amertume n'est cependant pas fine.

- Les extraits normalisés.

Dans ces extraits, le taux d'acide peut être ajusté par l'adjonction de sucre dans les extraits aux solvants organiques. Les extraits ainsi préparés résistent mieux à l'oxydation ; ils ne contiennent pas d'eau.

De nos jours, les extraits sont assez largement utilisés dans la brasserie moderne ; leur conservation s'avère excellente dans le temps. Leur transport et leur stockage ne posent aucune difficulté. Par contre, leur fabrication reste coûteuse ; on leur reproche parfois d'être impurs et de contenir des traces de solvants organiques.

d - Les pellets.

Dans la fabrication de la bière, le houblon est fourni le plus souvent en poudre ; cette poudre est sensible à l'oxydation. Elle doit donc être comprimée et conservée sous emballage hermétique et à l'abri de l'air (conditionnement sous vide plus ou moins partiel).

Ces procédés ont conduit tout naturellement les industries de transformation du houblon vers la fabrication des pellets. Les pellets sont constitués par des bouchons de poudre de houblon très fortement comprimés, maintenus sous gaz inerte en emballage hermétique.

Ces pellets occupent maintenant une part d'environ 25% du marché. On compte 2 types de pellets :

- Les pellets normaux ou type 90.

Ils sont fabriqués à base de houblon complet ; ils contiennent 90% du poids du houblon utilisé. Durant leur fabrication, la perte en acide alpha s'élève à 2%.

- Les pellets enrichis ou type 45.

Ils ne contiennent que 45% du poids total du houblon utilisé. Les rachis, les bractées ont été séparés et enlevés.

Les pellets sont fabriqués à partir d'un tonnage important de houblon ; le produit préalablement moulu et bien homogénéisé devrait permettre un houblonnage régulier. Or, il n'en serait rien et d'après les études menées par les laboratoires des Brasseries Artois J. Hupe (32) nous signale qu'il existe des différences importantes concernant les taux d'isohumulones pour des brassins houblonnés avec 100% de pellet.

Les variations du taux d'acide alpha dans les balles de houblon servant à la fabrication du pellet ne seraient pas le seul facteur d'irrégularité.

Les expériences menées par J. Huppe (32) montrent l'évolution de la teneur en composants volatils à partir du houblon frais, puis séché, puis moulu et enfin transformé en pellet.

- La dessiccation du houblon frais détruirait 1/3 des produits volatils.

- La pelletisation enlèverait encore 50% des composants volatils restant après séchage.

Il faut savoir que la compression de la poudre de houblon s'accompagne d'une forte élévation de température.

D'après Huppe, cette modification de la teneur en produits volatils dans les pellets est un élément négatif.

* Conditionnement.

Les pellets sont conditionnés en boîtes métalliques de différentes contenances selon les origines. Depuis peu, les boîtes plastiques font leur apparition sur le marché ; il y a cependant un risque de détérioration pour ces boîtes forcément moins résistantes.

* Conservation.

Elle semble relativement bonne ; la fabrication de pellet élimine pratiquement complètement l'air contenu dans le houblon, l'oxygène ne dépassant pas 1 à 2% en volume.

Conservés à 0°C, les pellets se gardent parfaitement pendant plus de 4 ans.

Conservés à 20°C, on constate une perte de 0,6% par an en acide alpha.

En conclusion, cette présentation est une bonne solution pour le transport du houblon vers des pays lointains, ainsi que pour le stockage en pays chauds. Pour l'Europe, le houblon en cône se conserve plus d'un an en chambre froide sans aucune altération. On peut donc se demander si les brasseries européennes ont avantage à utiliser cette présentation.

1 - 1 - 2 - 2 - Choix des qualités de houblon en brasserie.

L'influence du houblon sur le caractère aromatique de la bière est mal connu.

La variété va cependant jouer un rôle important dans la qualité du houblonnage.

Un Styrène n'a pas les mêmes caractères qu'un Hallertau et un Northern Brewer n'apporte pas les caractéristiques d'un Saaz.

Le choix du houblon dépendra essentiellement du type de bière que l'on veut fabriquer.

- Pour une bière peu amère, le caractère du houblon n'est pas déterminant ; il n'est pas nécessaire d'employer de grands houblons.

- Pour une bière fortement houblonnée mais qui possède un fort arôme de malt ou de levure, le caractère du houblon est masqué : un houblon peu aromatique peut convenir.

- Pour une bière sèche de goût et bien houblonnée, il faut choisir un houblon dont l'arôme est recherché.

Depuis quelques années, le marché houblonnier propose une variété australienne "le Pride of Ringwood". Cette variété posséderait des qualités aromatiques intéressantes.

1¹ - 1 - 2 - 3 - Quantités utilisées pour l'élaboration de la bière.

A titre indicatif, on utilise en moyenne entre 180 et 250 grammes de houblon par hectolitre de bière produite. Toutefois, il faut savoir que certaines bières de type Pilsen exigent une quantité de houblon plus importante (400 à 500 g de houblon par hectolitre).

Pour certaines bières anglaises (très aromatisées), on peut utiliser jusqu'à 700 g/hl.

Les brasseries allemandes utilisent entre 180 et 200 g de houblon pour 100 litres de bière préparée.

1 - 1 - 3 - LES GRAINS CRUS.

Le brasseur peut utiliser parfois des substances riches en amidon pour améliorer la stabilité colloïdale de la bière. Ces substances proviennent du maïs, du riz, du blé ou de l'orge. Ces grains se présentent sous forme de semoule, d'amidon de maïs, de brisures de riz, de farine de blé.

Dans la fabrication de bières pâles, on utilise de l'amidon de maïs et de la brisure de riz.

1 - 1 - 4 - LES SUCCEDANES.

Pour fabriquer des bières pâles, plus pauvres en azote et parfois plus parfumées, on utilise le sirop de glucose issu de l'hydrolyse de l'amidon de maïs.

En outre, certains sucres caramélisés peuvent être employés ; ils sont utilisés comme colorants pour la fabrication de bières spéciales, dorées, ambrées ou foncées.

1 - 1 - 5 - L'EAU.

L'eau est une matière première très importante dans la fabrication de la bière à cause des sels minéraux qu'elle contient.

La nature et la quantité de ces sels jouent un grand rôle lors du brassage, en modifiant les réactions enzymatiques qui ont lieu lors de l'empatage (mélange d'eau tiède avec la mouture de houblon).

Ce n'est qu'à la fin du siècle dernier que les chimistes commencent à interpréter l'influence de certains ions sur la saveur de la bière (33).

Il ressort de ces travaux que l'ion Ca^{++} présent dans l'eau de brassage donne une filtration de moût plus rapide, améliore la stabilité et le goût de la bière, ceci pour des taux de 60 à 80 mg/l dans la bière.

L'ion sodium (Na^+) donne des bières peu agréables au goût (saveur légèrement

aigre salée). Cet ion peut se combiner avec l'ion chlore (Cl^-) pour donner NaCl. Si le taux en NaCl est inférieur à 300 mg/l, on ne note aucune mauvaise influence. Sur la bière terminée, NaCl améliore souvent le moelleux, la clarification et accroît la stabilité de la préparation.

L'ion sulfate (SO_4^{2-}) ne doit pas être présent en trop grande quantité ; il ralentit le trempage et donne des irrégularités pendant la germination de l'orge. Sur la bière, il donne un goût sec ; c'est presque toujours le cas pour les bières anglaises fortement houblonnées.

Enfin le dosage en ion nitrite (NO_2^-) et nitrate (NO_3^-) doit être réalisé afin d'écartier toute éventualité de pollution de l'eau ; un taux en NO_3^- inférieur à 30 mg/l est généralement considéré comme normal. A ce propos, il faut souligner également que la présence d'ions ammonium (NH_4^+) est le témoin d'une pollution grave de l'eau par des déchets organiques (putréfaction de matières organiques). Une eau qui en contiendrait, même à l'état de traces, devrait être irrémédiablement rejetée.

D'autres ions sont également cités ; leur influence se fait sentir aussi bien lors du brassage que sur les qualités gustatives de la bière terminée.(33)

	PILSEN		BURTON		MUNICH		DORTMUND		KULMBACH		VIENNE	
	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Résidu sec	51		1226		284		1110		76		947.8	
Ca ²⁺	7.14	0.357	267.98	13.373	75.75	3.780	262.27	13.087	8.00	0.399	162.80	8.124
Mg ²⁺	2.41	0.198	62.11	5.110	18.09	1.488	22.92	1.885	7.00	0.576	67.60	5.561
HCO ₃ ⁻	14.03	0.230	280.13	4.591	151.51	2.483	282.39	4.628	37.04	0.607	242.9	3.981
SO ₄ ²⁻	4.80	0.100	698.30	13.289	9.60	0.200	289.16	6.020	13.00	0.271	216.30	4.503
NO ₃ ⁻		Traces	31.00	0.500		Traces		Traces	12.00	0.194		Traces
Cl ⁻	5.00	0.141	36.00	1.016	2	0.056	107	3.019	11.00	0.310	39.00	1.100
Dureté totale °F	0.90	0.18	29.01	5.80	8.29	1.66	23.52	4.70	1.40	0.26	21.56	4.31
Dureté temporaire °F	0.73	0.15	7.39	1.48	7.95	1.59	9.41	1.88	0.95	0.19	17.30	3.46
Dur. permanente °F	0.17	0.03	21.62	4.32	0.34	0.07	14.11	2.82	0.45	0.09	4.26	0.85
Alcalinité restante °F	0.50	0.10	0.22	0.04	5.94	1.19	3.08	0.62	1.13	0.23	4.40	0.88

Eaux de brassage "célebres".

1 - 1 - 6 - LA LEVURE.

C'est une véritable matière première ; c'est elle qui va donner à la bière son parfum et une partie de son goût.

Ces levures jouent également un rôle dans la conservation de la bière et la protègent contre des pollutions bactériennes.

La levure de bière (Sacharomyces cerevisiae) est un champignon inférieur. Les travaux de Pasteur (1876) ont mis au point l'utilisation de souches pures de levures en brasserie.

Deux types de levures sont utilisés :

- Les levures de fermentation haute (Sacharomyces cerevisiae).
- Les levures de fermentation basse (Sacharomyces calbergensis).

Les levures de fermentation haute donnent des bières souvent plus parfumées.

Les levures de fermentation basse exercent leur activité entre 8 et 12°C et flocculent vers le fond de la cuve. Ce sont les plus utilisées dans le monde (très utilisées pour la préparation des bières anglaises).

Dans les brasseries, on trouve des installations de culture pure de levure, où l'on observe toutes les règles de l'asepsie, depuis les travaux de Pasteur.

1 - 2 - LA FABRICATION.

1 - 2 - 1 - LE BRASSAGE.

a - Le concassage du malt.

C'est une opération très délicate. On réduit l'amande du grain en poudre ; la farine obtenue sera mélangée à l'eau. Il faut cependant garder intacte l'enveloppe du grain, celle-ci étant indispensable pour la filtration du moût.

Le malt est donc écrasé dans des concasseurs, ce qui donne une mouture comprenant de la farine fine, des gruaux et des pailles bien entières.

La mouture peut se réaliser à sec ou en milieu humide. Il faut environ 19 kg de malt pour faire un hectolitre de bière de luxe.

b - Le brassage proprement dit.

Il commence lorsque cette mouture tombe dans la "cuve matière".

Cette mouture est ensuite mélangée avec de l'eau tiède. On utilise pour cela un agitateur appelé souvent "vagueur" par les professionnels. Cette opération porte le nom d'empatage.

Le mélange est ensuite porté à différents paliers de température pour d'une part extraire les matières solubles du malt, hydrolyser les substances azotées (la protéolyse s'effectue vers 50°C), et d'autre part liquéfier et hydrolyser l'amidon par les amylases et libérer en particulier glucose et maltose qui seront fermentescibles.

Cette amylolyse se déroule entre 60 et 75°C et dure 1 heure. La composition de ce moût peut varier suivant les facteurs suivants :

- Les paliers de température.
- Le pH.
- La dilution du milieu.

On va fixer l'atténuation limite du moût, c'est à dire le pourcentage d'extrait fermentescible par la levure.

Cette atténuation se situe en général entre 75 et 85%. Plus l'atténuation sera élevée, plus la bière sera alcoolisée.

Dans une autre chaudière (chaudière à grains crus), riz et maïs sont mélangés avec 20% de malt qui apporte l'amylase α . Cette amylase va liquéfier l'amidon du riz.

Ce mélange sera porté à ébullition afin de parfaire le traitement de l'amidon et il sera renvoyé dans la cuve matière.

c - La filtration du moût.

Le moût provenant de la cuve matière va être filtré. On utilise des filtres presses (fig. page 128) (ou cuvé filtre) . On obtient :

- Le moût clair (premier bouillon).
- Une drèche (elle sera épuisée de son extrait par lavage à l'eau chaude ; cette drèche ainsi traitée est vendue pour l'alimentation animale, pour les vaches laitières en particulier).

Le moût clair et les eaux de lavage de la drèche sont envoyés dans une grande chaudière à cuire et à houblonner.

d - Cuisson et houblonnage.

Ces opérations constituent la dernière opération du brassage. Le moût, soumis dans la chaudière à houblonner à une ébullition de deux heures environ, est stérilisé et se concentre légèrement. Un coagulat constitué de protéines et de tanins se forme ; on lui donne le nom de "cassure".

Le houblon est versé dans le moût et pendant 60 à 90 minutes, on opère l'isomérisation des humulones du houblon. Peu à peu, on observe un trouble supplémentaire dans le mélange ; c'est le "gros trouble".

Le mélange se colore.

Le pH du moût à ce moment est de 5,2 ; il sera amené à diminuer légèrement lors de la fermentation. Il devra toutefois protéger la bière finale contre les éventuelles agressions bactériennes. En effet, un pH neutre (7 ou 7,5 favoriserait le développement bactérien).

On sépare ensuite la drèche de houblon du moût ; elle sera utilisée en culture comme engrais.

1 - 2 - 2 - LE REFROIDISSEMENT DU MOUT.

Après l'ébullition en chaudière, le moût houblonné est stérile ; il faut le refroidir vers 6°C et l'oxygéner ou éliminer le "gros trouble" par décantation ou par centrifugation.

On refroidit le moût au moyen d'un échangeur à plaque en inox, d'eau et de fluide frigorigène.

Le moût est ensuite oxygéné par de l'air stérile à la sortie de l'échangeur (environ 8 mg/l d'oxygène).

Le moût houblonné, filtré, oxygéné et refroidi est ensuiteensemencé par la levure (500 g / hl) à l'aide d'une pompe doseuse.

1 - 2 - 3 - LA FERMENTATION.

C'est une opération plus longue. On distingue deux étapes principales : d'abord une fermentation principale qui dure de 5 à 10 jours, selon la densité de la bière à la température de 8 à 10°C, puis la fermentation secondaire qui va s'étendre sur deux à huit semaines à une température de 1°C.

a - La fermentation principale.

Elle se déroule dans des "tanks" parallélépipédiques. La régulation de la température y est fortement automatisée. Lors de cette fermentation principale, la levure se multiplie activement et fermente le saccharose, le glucose (environ 90 g/l), puis le maltose très abondant (environ 40 g/l). L'azote aminée qui est contenu dans le moût contribue à la multiplication cellulaire et à la synthèse d'enzymes nécessaires à la fermentation (perméase, maltase).

La levure métabolise 50% environ de l'azote du moût ; le malt apporte les facteurs de croissance.

Au cours de la fermentation, le pH du moût passe de 5,2 à 4,4 puis 4 (pH de la bière finie).

Il faut noter également à ce stade, l'apparition de substances volatiles ; ce sont les alcools supérieurs, les aldéhydes, les esters. Celles-ci vont définir le parfum de la bière.

Lorsque la fermentation principale se termine, la levure floccule au fond du "tank". On la récolte pour une autre fermentation ; un refroidissement brusque du moût va faciliter cette récolte.

A la fin de la fermentation principale, le moût contient suffisamment d'extrait fermentescible pour assurer la maturation de la bière en "cave de garde". Le transfert de la bière de la cave de fermentation principale à la "cave de garde" s'appelle "travassage".

b - La fermentation secondaire.

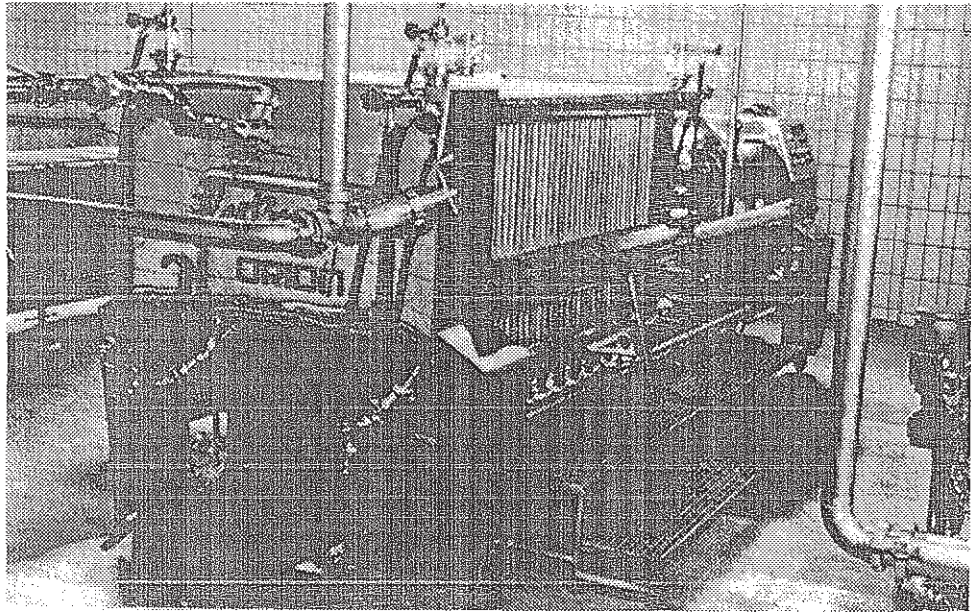
Elle s'effectue à 0°C. La bière va "mûrir", c'est à dire se saturer naturellement en gaz carbonique (4,5 à 5 g / l). Le léger trouble qui persiste encore au début de ce stade va se trouver précipité par le froid. La maturation de la bière dure environ deux semaines pour une bière bock et un mois pour une bière de luxe ; cependant, ces durées ne sont données qu'à titre indicatif, chaque brasserie définissant une durée optima de maturation pour la bière qu'elle fabrique.

A partir du refroidissement du moût jusqu'au soutirage, le brasseur doit travailler avec une asepsie rigoureuse, car moût et bière sont des milieux fragiles. Les bacilles les plus dangereux pouvant infecter le moût et surtout la bière sont le pédiocoque et le lactobacille.

Ces bactéries vont déterminer des odeurs, des goûts, des troubles anormaux, ce qui aurait pour but de rendre la bière impropre à la consommation. En conséquence, on utilise largement en brasserie les techniques de nettoyage, de désinfection et de stérilisation propres aux industries alimentaires.

1 - 2 - 4 - LA FILTRATION DE LA BIÈRE.

Cette opération doit rendre la bière brillante en retenant les levures et le trouble. Le consommateur exige ce bel éclat limpide, jaune doré de la bière. La bière est donc filtrée sur des gâteaux de diatomées (Kieselgur) de nature siliceuse et quelquefois on la filtre sur un filtre à cartons de cellulose stérilisants. La bière ainsi filtrée est stockée dans des tanks inox de présoutirage, sous pression et à froid.



Un filtre presse.

1 - 2 - 5 - LE SOUTIRAGE.

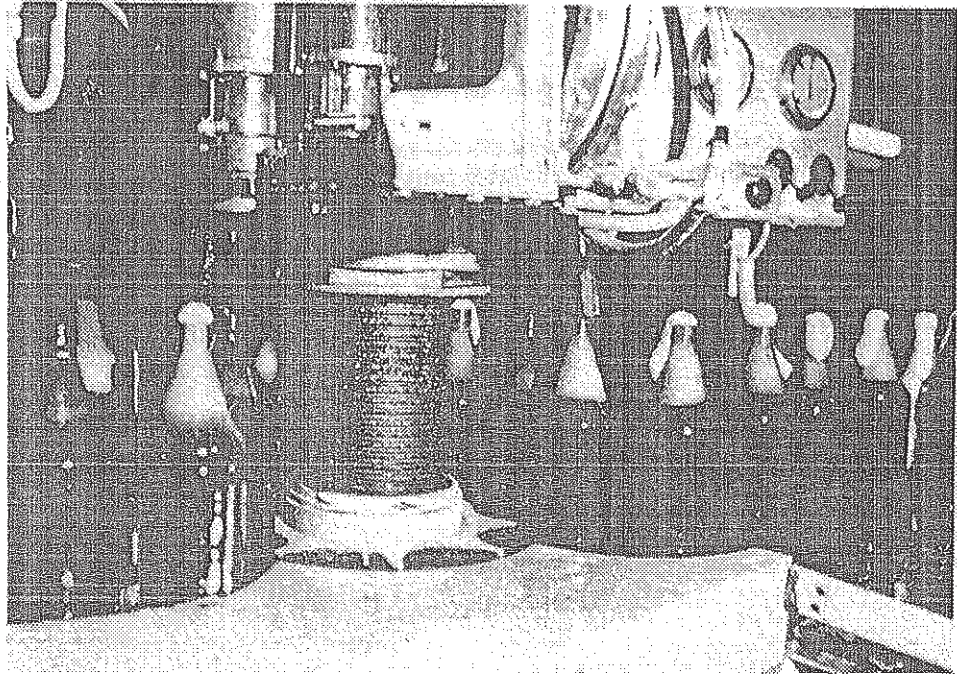
La bière sera conditionnée en bouteilles ou en fûts, parfois en boites métalliques. On utilise des machines appelées soutireuses. Ces machines ont la particularité d'avoir de gros débits de soutirage, en particulier pour les petites bouteilles (90000 bouteilles/heure).

La bière est une boisson contenant une grande quantité de gaz carbonique. Les soutireuses sont construites pour fonctionner selon le principe du soutirage "isobarométrique". Ce principe est le suivant :

Le récipient à remplir (bouteille) est mis sous une contre pression (1 à 2 kg/cm²). La bière à soutirer se trouve dans la chambre de la soutireuse sous une pression identique. Lors de la montée de la bière dans la bouteille sous pression, le gaz est chassé et retourne dans la chambre de la soutireuse.

L'avantage de ce remplissage réside dans le fait que la bière ne se dégaze pas et ne mousse pas lors du soutirage.

La bière est stockée soit en bouteilles, soit en fûts lavés très soigneusement. Les bouteilles destinées à recevoir la bière sont nettoyées par deux traitements successifs : un bain de détergent chaud plus un bain d'eau froide. Ces lavages sont complétés par des injections et des aspersion sous pression.



Le soutirage en bouteille sur chaîne automatique.

1 - 2 - 6 - LA PASTEURISATION.

De nos jours, le consommateur désire une bière de longue stabilité biologique assurant ainsi une longue conservation allant de plusieurs semaines à plusieurs mois. Il faut donc la pasteuriser.

Cette opération est réalisée par un échangeur à plaques (30 secondes à 70°C). Avec ce procédé elle est réalisée juste avant le soutirage.

On peut également effectuer la pasteurisation après le soutirage et le bouchage dans la bouteille. Cette pasteurisation se fait par passage de la bouteille pendant 20 minutes à 60°C.

1 - 2 - 7 - CONTROLE DE QUALITE.

Comme il est de tradition pour toutes les denrées alimentaires, la bière est soumise en laboratoire à des contrôles minutieux. Ces contrôles sont de deux types :

- Des contrôles physiques et chimiques.
- Des contrôles microbiologiques.

Parmi les contrôles physiques, nous pouvons citer ceux concernant la brillance, la mousse, la saturation en CO₂, le pH, la couleur et l'état d'oxydo-réduction par voie colorimétrique.

Pour ce qui est des contrôles microbiologiques, on se borne à rechercher la présence de tout microorganisme susceptible de rendre la bière impropre à la consommation.

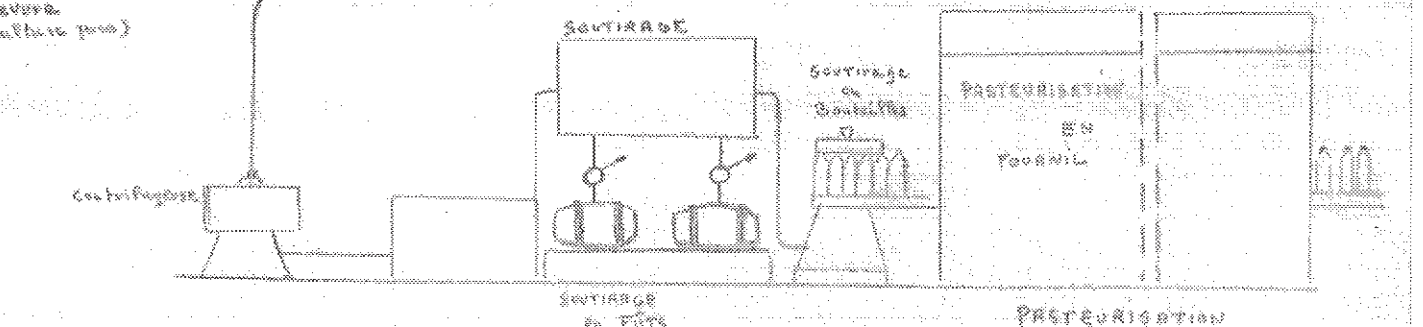
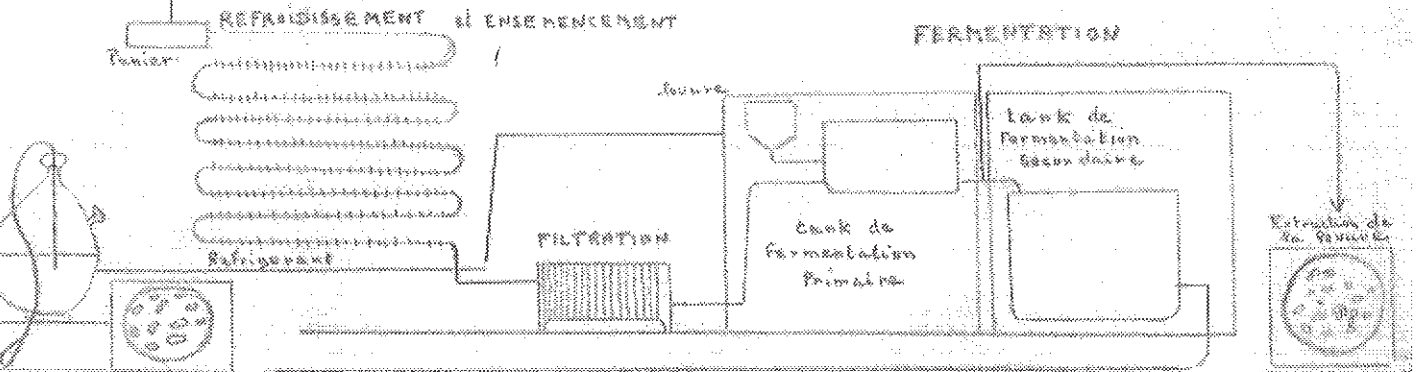
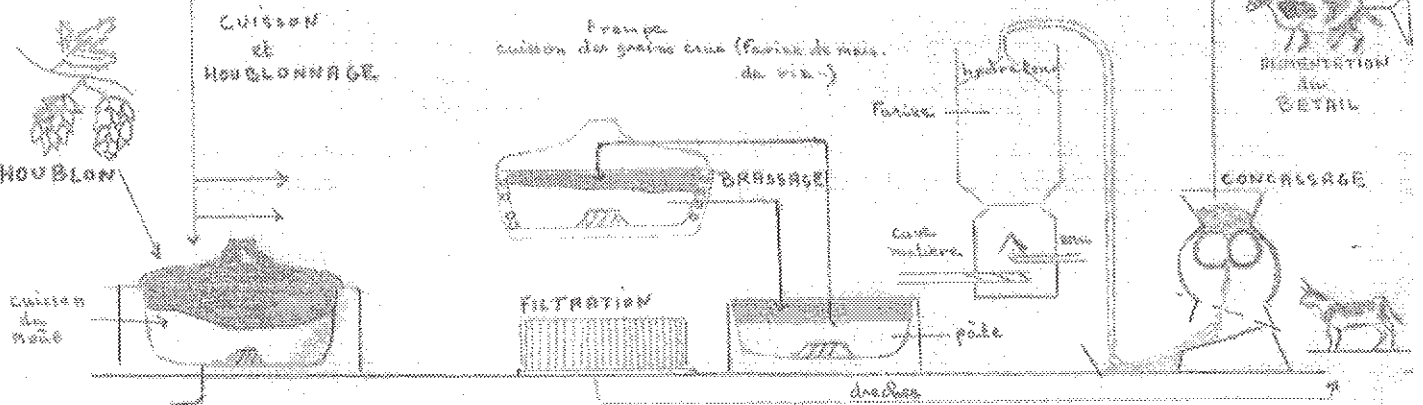
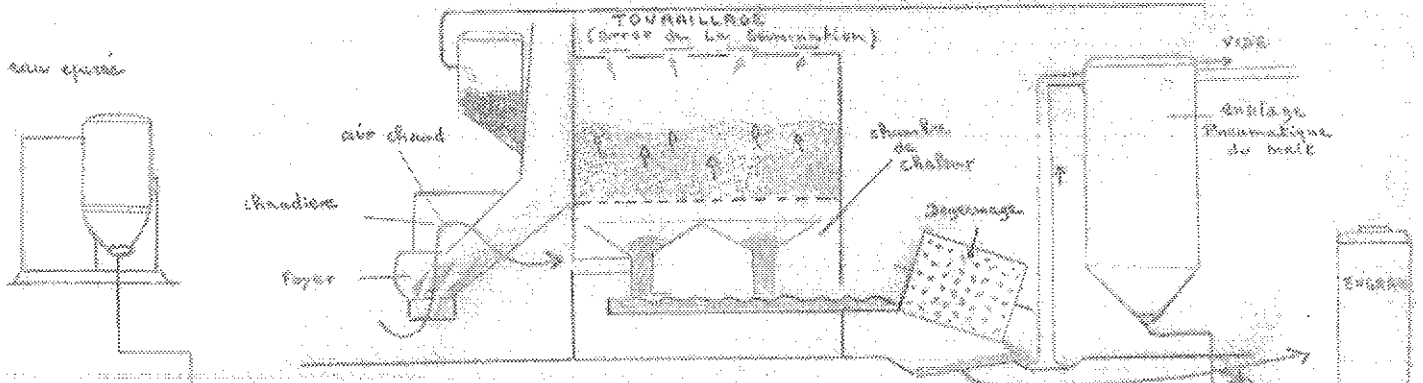
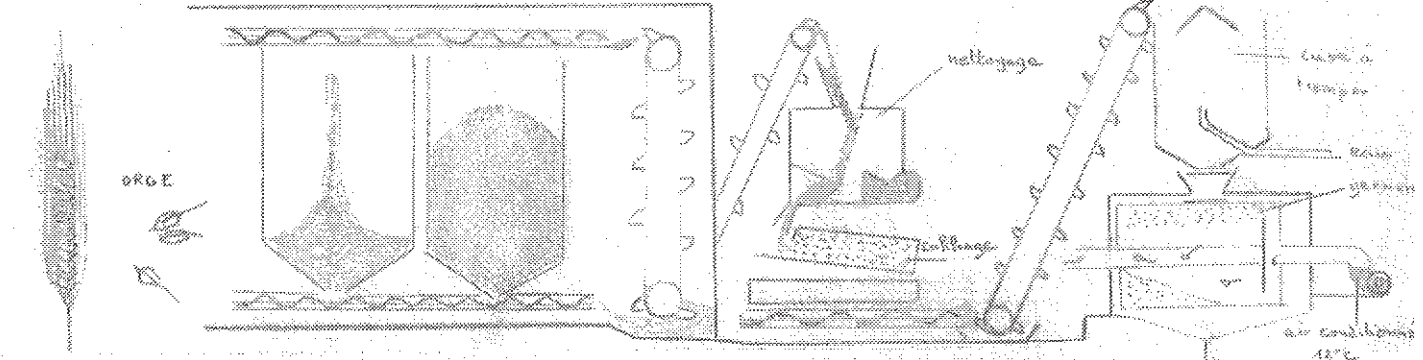
1 - 2 - 8 - PROBLEME DE STABILITE DE LA BIÈRE.

La bière est une boisson qui évolue dans le temps. Du point de vue biologique, elle doit être stable, exempte de troubles, de levures, de bactéries lactiques (en particulier si elle n'est pas pasteurisée) et insensible à la chaleur et au froid.

En principe, une bière de qualité ne doit présenter aucun trouble. Sa stabilité dans le temps est généralement bonne si l'on prend soin de la protéger contre les rayonnements solaires. En effet, des réactions photochimiques peuvent lui apporter une couleur et une saveur désagréables : c'est pour cette raison que la bière est toujours stockée soit en fûts métalliques inoxydables opaques, soit en bouteilles de verre ambré.

STOCKAGE et SEPARATION du ORGE

TREPAGE et GERMINATION



SCHEMA de LA FABRICATION de LA BIERE

1 - 2 - 9 - CONSEILS DE DEGUSTATION POUR LA BIÈRE.

Une bonne bière doit être dégustée fraîche ou "chambrée" (8°C environ pour une bière blonde, 11 à 19°C pour une bière brune).

Le verre de dégustation doit être parfaitement propre, exempt de traces graisseuses souvent gênantes pour la bonne stabilité de la mousse.

a - Conseil sur la manière de verser la bière dans le verre.

- Tenir le verre légèrement incliné, puis verser lentement jusqu'à mi hauteur.
- Redresser alors le verre et verser de plus haut afin de former la couronne de mousse indispensable pour préserver la bière du contact avec l'air.

1 - 2 - 10 - COMPOSITION CHIMIQUE D'UNE BIÈRE DE LUXE (30).

Elle est mentionnée dans le tableau suivant en comparaison avec celle du vin. Il faut y remarquer cependant la présence de quelques glucides provenant de l'attaque de l'amidon de malt lors du brassage.

Le vin, contrairement à la bière, ne comporte pas de glucides.

COMPARAISON DE LA COMPOSITION DE LA BIÈRE ET DU VIN :

	Bière de luxe 5 °	Vin 12 °
Calories/l.....	440	700
Alcool g/l.....	40	100
Glucides g/l.....	35	0
Protides g/l.....	4	0
Sels minéraux g/l.....	1,6	1 à 3
Tannins g/l.....	1,2	0,1 à 3
Gaz carbonique g/l.....	4,5	0
Glycérol g/l.....	1,6	4 à 20
Alcools supérieurs g/l.....	0,1	0,1 à 0,5
Acides organiques g/l.....	0,7	3 à 5
Minéraux		
PO ₄ mg/l.....	70	80-500
Ca mg/l.....	30-100	50-200
Mg mg/l.....	70-135	50-140
K gm/l.....	300-450	700-1600
Na mg/l.....	25-130	20-250
Vitamines		
Thiamine (B1) mg/l.....	0,005 à 0,15	0,005 à 0,04
Riboflavine (B2) mg/l.....	0,3 à 1,3	0,06 à 0,4
Pyridoxine (B6) mg/l.....	0,4 à 1,7	0,1 à 0,45
Niacine (PP) mg/l.....	5 à 20	0,8 à 1,9
Ac. pantothénique mg/l.....	0,4 à 1,2	0,5 à 1,2
Ac. folique mg/l.....	0,1 à 0,13	
Biotine mg/l.....	0,002 à 0,015	0,0006 à 0,005
Vitamine C mg/l.....	20 à 50	1 à 1,5
Vitamine B 12 mcgl.....	190 (90-140)	0,05 à 0,16
Nature des glucides (le vin n'en comporte pratiquement pas)		
Dextrines	27 g/l (vestiges de l'attaque de l'amidon de malt au brassage)	
Maltotriose	5 g/l (vestiges de la fermentation)	
Glucose	néant	
Fructose	néant	
Saccharose	néant (sauf certaines bières brunes)	
Pentosanes	3 g/l	
Professeur TRÉMOLIÈRES - Cahiers de nutrition et de diététique "Connaissance de la Bière" 1975 (30)		

2 - LA PHYTOTHERAPIE.

S'il est vrai que de nos jours le houblon reste peu employé dans l'industrie pharmaceutique, il faut savoir qu'il fût très employé par le passé en médecine traditionnelle.

La drogue est surtout constituée par les cônes. C'est en 1818 qu'ils furent introduits dans la Pharmacopée française.

A partir du 11ème siècle, l'abesse Hildegarde de Bringen mentionne ses propriétés antiseptiques (30).

Au 13ème siècle, Albert le Grand signale ses propriétés conservatrices sur les boissons.

Au 15ème siècle, il est couramment utilisé dans la société médiévale pour ses propriétés aromatisantes, sédatives et antiseptiques.

La période la plus intéressante pour la phytothérapie se situe cependant au 19ème siècle, car le houblon se prescrit dans les traitements de la tuberculose, mais la mise sur le marché en 1952 de nouvelles molécules d'origine chimique comme l'isoniazide entraîne son abandon pour le traitement de cette maladie.

- Le lupulin est inscrit à la Pharmacopée de 1866.

Les différentes propriétés de la plante sont les suivantes :

2 - 1 - USAGE INTERNE.

2 - 1 - 1 - SOMNIFERE.

L'action hypnotique du houblon a été signalée à maintes reprises (35).

Dans les manuscrits historiques, on raconte que Georges III, roi de Grande Bretagne et d'Islande, faisait remplir son oreiller de cônes de houblon pour favoriser son sommeil.

De même, plus près de nous, lors des cueillettes du houblon à la main, les cueilleurs devaient siffler et chanter pour éviter de succomber au sommeil en manipulant les cônes de houblon (12).

Cette propriété serait due à la présence de composés présents dans l'huile essentielle des cônes frais comme le méthyl 2 butène-3 ol 2 ; la teneur de ce principe actif augmente lors du vieillissement des cônes (15).

Le houblon peut donc être indiqué comme somnifère.

En thérapeutique douce, pour induire le sommeil, on peut prescrire le houblon sous forme de tisanes :

- seul :

On peut proposer une décoction de houblon avec 30 g de cônes pour 1 litre d'eau (9).

- en association :

On peut rapprocher le houblon avec d'autres plantes médicinales dont les propriétés hypnogènes ont également été reconnues.

La composition de ces associations phytothérapeutiques doit cependant respecter certaines règles établies en 1986 par le ministère chargé de la santé et de la famille (36).

2 - 1 - 2 - SEDATIF.

Les cônes de houblon peuvent être utilisés comme sédatif léger. Cette propriété serait due essentiellement à l'acide valérianique, à ses esters ainsi qu'aux produits de transformation de l'humulone et de la lupulone (37).

On utilise souvent la préparation suivante :

- *Une infusion* réalisée avec 30 g de cônes par litre d'eau additionnée d'une cuillerée à café d'eau de fleur d'oranger.

2 - 1 - 3 - SEDATIF DES SPASMES GASTRIQUES.

La plante peut être prescrite dans le traitement de gastropathies d'origine nerveuse (37) (38).

Lors de certaines gastralgies, la préparation suivante peut être prescrite :

- décoction de 15 g de cônes florifères séchés pour 1 litre d'eau.

2 - 1 - 4 - TONIQUE AMER - APERITIF.

Les principes amers (humulone et lupulone) contenus dans les cônes de houblon ont une action tonique sur l'estomac. La motricité gastrique augmente d'où une digestion plus facile. Ces mêmes principes amers favorisent les sécrétions stomacales. Le houblon peut donc être dégusté en apéritif (macération de cônes dans du vin).

2 - 1 - 5 - ANAPHRODISIAQUE.

Le houblon peut être utilisé comme anaphrodisiaque. La substance qui confère cette propriété aux fleurs femelles de houblon est une glycoprotéine isolée en 1983 qui possède un fort pouvoir antigonadotrope (39).

Contre l'hyperexcitation sexuelle (érection nocturne par exemple), on peut citer la préparation suivante (37) :

extrait de nénuphar	0,10g
lupulin	0,05g.

2 - 1 - 6 - ACTION HORMONALE DU HOUBLON.

Les cônes du houblon contiennent entre 25 et 300 milligrammes d'oestradiol 17 par kilogramme de cônes de houblon frais à maturité, ainsi qu'un polyphénol dénommé xanthohumol (21). Ces deux substances sont douées de propriétés oestrogéniques qui se manifestaient autrefois chez les cueilleuses de houblon par un cycle menstruel perturbé. Après quelques jours de cueillette, ces substances oestrogéniques sont absorbées par voie transcutanée et respiratoire ; on observe l'apparition des règles chez la femme.

Ces produits se retrouvent également en faible quantité dans la bière (0,01 à 0,036 mg/l) : des troubles d'hyperoestrogénie peuvent apparaître chez les grands buveurs de bière ; ces troubles bien que rarissimes, peuvent aller jusqu'à une atrophie testiculaire avec

perte des poils.

Cette action oestrogénique peut être amplifiée chez l'individu souffrant de troubles hépatiques (liés à l'alcoolisme), le catabolisme de ces substances au niveau du foie étant alors réduit.

Sur le plan thérapeutique, cette propriété fût utilisée dans le cas de certaines affections hormonales chez la femme (troubles lors de la ménopause). On a utilisé longtemps dans le passé les "troubles" qui se forment après refroidissement du moût dans la fabrication de la bière comme remèdes.

De nos jours, ces procédés sont totalement tombés en désuétude.

2 - 1 - 7 - ACTION ANTIBACTERIENNE - POUVOIR ANTISEPTIQUE.

Cette action est connue depuis fort longtemps déjà, mais elle n'est bien précisée que depuis 1937 par les travaux de Walker, Parleer, Schimwell (40) (41).

Les fleurs femelles de houblon contiennent deux substances fondamentales : la lupulone et l'humulone. La lupulone est ici environ dix fois plus active que l'humulone.

La lupulone est bactériostatique :

- Pour Staphylococcus aureus à une concentration de 1,5 µg/cm³.
- Pour Mycobacterium tuberculosis à une concentration de 25 µg/cm³.
- Pour Mycobacterium phlei pour une concentration de 50 µg/cm³.

L'activité de cette lupulone peut même être potentialisée par l'adjonction de chlorure de sodium dans le milieu de culture. Par contre il n'existe aucune synergie d'action avec les autres médicaments antituberculeux.

Cette action antibactérienne fut mise en évidence expérimentalement chez la souris (42).

L'activité antibiotique des composés du houblon est fondée sur la toxicité de la lupulone et de l'humulone en raison de leur structure phénolique.

Au niveau cellulaire, ces composés diminuent les perméabilités membranaires, entravent les mécanismes respiratoires et arrêtent les synthèses protéiques par blocage de l'ARN et de l'ADN (poison cellulaire).

Aujourd'hui, cette propriété antibiotique n'est plus utilisée en médecine humaine, mais elle est reconnue et mise à profit dans la fabrication de la bière pour y jouer un rôle fondamental dans la conservation.

2 - 1 - 8 - ANTHELMINTIQUE.

Cette propriété n'est plus utilisée à l'heure actuelle, mais jadis on utilisait fréquemment la décoction de sommités fleuries de houblon à 20% sous forme de lavement contre Ascaris vermicularis.

2 - 1 - 9 - AUTRES PROPRIETES EXPERIMENTALES.

Chez l'animal, une injection de décoction de cônes de houblon, rendue isotonique et stérile, donne une action sur les centres nerveux périphériques et centraux.

- Ainsi, chez la grenouille, il se produit au niveau des muscles striés et de leur terminaisons nerveuses motrices, une paralysie avec baisse de leur excitabilité.

- Sur le système nerveux central, des expériences menées sur les oiseaux montrent que l'administration de la drogue s'accompagne d'une augmentation du rythme respiratoire et d'une élévation de température corporelle (43).

2 - 2 - USAGE EXTERNE.

2 - 2 - 1 - DERMATOLOGIE.

Les propriétés toniques de la plante sont utilisées en cosmétologie. L'extrait de houblon entre parfois dans la composition de crèmes de beauté pour le corps ou le visage. Les laboratoires Boiron ont ainsi mis au point une crème régénératrice au Symphytum contenant des extraits de houblon.

Cette crème régénératrice est préconisée pour prévenir l'apparition des rides et contribue à rétablir un taux d'hydratation optimum des couches superficielles de l'épiderme. Elle est utilisée comme crème hydratante de jour pour peau sèche.

Certains circuits de distribution autres que pharmaceutiques commercialisent des préparations aux propriétés analogues.

Ainsi, un nouveau réseau de produits vitaminés dirigé par Michel Bontemps, propose une crème de houblon enrichie en vitamines F. Sa composition qualitative est la suivante :

- extrait de houblon.
- extrait de tussilage.
- huile de carotte.
- huile d'amande.
- huile de noyau d'abricot.
- huile de calendula.
- beurre de karité.
- vitamine F.

2 - 3 - FORMES D'UTILISATION.

En phytothérapie, le houblon est utilisé sous cinq formes différentes :

- Le lupulin en nature.
- La teinture alcoolique de lupulin.
- L'infusion de cônes de houblon.
- La teinture alcoolique de cônes de houblon.
- L'extrait hydroalcoolique de cônes de houblon.

2 - 3 - 1 - LE LUPULIN EN NATURE (37).

On le prescrivait sous forme de cachets à la dose quotidienne de 0,25 à 1 gramme, soit pur, soit mélangé à du sucre pulvérisé ; cette forme n'est plus guère usitée.

2 - 3 - 2 - LA TEINTURE ALCOOLIQUE DE LUPULIN.

Elle contient une partie du principe actif pour quatre parties d'alcool. On la prescrivait à la dose de 2 à 8 grammes sous forme de sirop ou de potion. Comme exemple : le sirop de lupuline ou sirop de Magendie dont la composition donne (44) :

Teinture de lupulin	1 g.
Sirop simple	7 g.

2 - 3 - 3 - L'INFUSION DE CONES DE HOUBLON.

Elle est encore très utilisée aujourd'hui. Elle est préparée à l'aide de cônes de houblon séchés seuls ou additionnés à d'autres plantes dans des mélanges. On utilise en général entre 15 et 30 g de cônes par litre d'eau bouillante.

2 - 3 - 4 - LA TEINTURE ALCOOLIQUE DE CONES DE HOUBLON.

On la prescrit à des doses de 2 à 4 grammes. De nos jours elle est utilisée en homéopathie sous forme de teinture mère pour l'élaboration de granules ou de globules. Elle sert également à l'élaboration de crèmes dermiques en cosmétologie.

2 - 3 - 5 - L'EXTRAIT HYDROALCOOLIQUE DE HOUBLON.

Il possède des propriétés sédatives intéressantes aux doses de 0,1 à 0,15 g et narcotiques de 0,5 à 0,8 g. De nos jours ces extraits sont surtout utilisés en cosmétologie et en brasserie (35).

2 - 4 - LES SPECIALITES ACTUELLES CONTENANT DU HOUBLON.

On dénombre actuellement cinq spécialités dans lesquelles le houblon rentre comme principe actif (45).

2 - 4 - 1 - LES ARKOGELULES (laboratoires Arkopharma).

Ce sont des gélules de poudres titrées de plantes unitaires broyées, tamisées, débactérisées. Cette présentation permet de conserver tous les principes actifs de la plante.

Les arkogélules de poudre de cônes de houblon sont administrées pour leurs propriétés sédatives pouvant favoriser le sommeil.

2 - 4 - 2 - L'ELIXIR SPARK (laboratoire de médecine végétale et homéopathique Rocal).

Ce médicament est un mélange d'extraits végétaux (dont celui de houblon) et d'essences végétales. Cet élixir est utilisé comme cholérétique et diurétique. Il favorise également la digestion et possède des propriétés laxatives. Le houblon apporte à cette préparation ses propriétés stomachiques.

2 - 4 - 3 - LE PASTABA MONAL (laboratoire Pastaba).

Ce médicament est utilisé sous forme de pastilles servant pour les cures de désaccoutumance au tabac. Le lupulin de houblon entrant dans sa composition est utilisé pour ses propriétés aromatisantes (principes amers de la lupuline).

2 - 4 - 4 - LE CAROMINTHE LEHNING (laboratoire Lehning).

Présenté sous forme de gouttes buvables, le carominthe est une spécialité homéopathique à visée digestive, antigestive et antianorexique.

Le houblon entre dans sa composition par le lupulin.

2 - 4 - 5 - LES TISANES SANTANE (laboratoire Iphym).

Ce sont des mélanges de plantes identifiées par des codes. Deux de ces mélanges (D5, N9) renferment des cônes de houblon dans leur composition.

Le mélange D5 est utilisé pour ses propriétés digestives, antigestraalgiques et antispasmodiques.

Le mélange N9 possède en plus des propriétés somnifères. Le houblon y a été introduit surtout pour ses propriétés antigestraalgiques et somnifères. Son rôle aromatisant ne peut cependant pas être exclu dans de telles préparations (l'amertume du houblon apparaît assez nettement dans la tisane ainsi préparée).

En ce qui concerne la phytothérapie, il ressort que le houblon est encore présent dans nos officines pour ses propriétés somnifères, sédatives, apéritives et tonique amer. D'autres propriétés comme son pouvoir antibactérien ou anthelminitique sont totalement oubliées dans notre thérapeutique moderne.

En usage interne, on utilise ses cônes séchés seuls ou en association avec d'autres parties de plante pour la préparation de tisanes.

La teinture alcoolique de cônes de houblon permet la préparation de spécialités plus complexes aussi bien en allopathie (solutés buvables) qu'en homéopathie (granules, globules ou gouttes buvables).

En usage externe, on met à profit les propriétés toniques et raffermissantes des cônes de houblon pour la préparation de crèmes de beauté pour le corps ou le visage.



IV : LES DANGERS DU HOUBLON.

Les Cannabinacées, famille dont est issu le houblon, ne sont pas dénués de toxicité.

- Le chanvre indien est réputé pour ses propriétés hallucinogènes.
- Le houblon est, lui, redoutable par son huile essentielle et les principes amers qu'il contient.

Très vite après absorption ou inhalation massive de principe actif, on constate l'apparition de malaises où dominant anorexies, céphalées, ralentissement du pouls et somnolence parfois entrecoupée de périodes de délire.

Dans les cas graves, il peut se produire un blocage rénal.

Les séquelles de l'intoxication sont (15) :

- un érythème scarlatiforme plus ou moins tenace ;
- une mydriase persistante ;
- une ophtalmie ;
- une myasthénie pouvant persister plusieurs mois.

Certains de ces symptômes peu graves peuvent être observés chez les ouvriers des brasseries lors des manipulations du houblon pour la préparation de la bière ou encore chez les agriculteurs du nord et de l'est de la France au moment de la récolte des cônes.

En général, les affections les plus fréquentes se développent surtout sous formes cutanées. Il s'agit d'éruptions papuleuses, irritantes localisées sur les parties exposées à la plante (mains, bras, jambes).

Chez les personnes particulièrement sensibles voire allergiques, un érythème peut apparaître autour des yeux et sur le côté du nez.

1 - LES DERMATOSES LEGERES.

Elles se signalent par un érythème sur les mains et sur les bras, parfois un léger oedème apparaît autour des yeux. Généralement, l'évolution de la maladie est favorable. Les démangeaisons et les rougeurs régressent au bout de 5 à 6 jours sans l'apport de soins particuliers.

Les facteurs déclenchant ces dermatoses peuvent être de trois ordres dépendant directement ou indirectement de la plante. Ce sont :

- Les insecticides et autres produits de traitement utilisés dans la culture de la plante.
- Les insectes parasites du houblon.
- Les cônes de houblon.

1 - 1 - LES INSECTICIDES ET AUTRES PRODUITS DE TRAITEMENT.

Quelquefois, les sulfures peuvent être toxiques pour l'homme, surtout si les traitements ont été réalisés tardivement, quelque temps avant la cueillette.

1 - 2 - LES INSECTES.

Il s'agit soit de piqûres reçues lors des récoltes, soit d'allergies dues à la présence de pucerons sur la plante. Les affections prurigineuses qui en résultent se distinguent parfaitement des dermatoses observées chez les sujets allergiques à la plante.

1 - 3 - LES CONES DE HOUBLON.

La plante elle-même peut être responsable d'intoxication. Les dermatites qui en résultent sont dues aux résines et aux myrcènes contenus dans les cônes.

Le mécanisme d'action de ces substances sur l'organisme humain est encore mal connu et relève du domaine de l'allergologie.

Le passage des substances toxiques à travers la barrière cutanée se réalise par la présence de poils raides qui hérissent la surface des tiges. Des lésions cutanées microscopiques apparaissent et permettent une meilleure absorption des myrcènes et des résines qui se trouvent ainsi plus ou moins injectés sous la peau.

2 - LES POLLINOSES.

On regroupe sous ce terme plusieurs maladies provoquées par les plantes à fleurs productrices de pollen.

Le houblon, nous l'avons déjà vu, est producteur d'une poussière végétale fine s'échappant des cônes femelles : le lupulin.

L'inhalation de cette poussière entraîne souvent chez les sujets sensibles, une conjonctivite intense avec larmoiement, écoulement nasal, éternuement, bronchospasme avec apparition chez les personnes asthmatiques de gêne respiratoire plus ou moins intense.

Parfois, ces pollens provoquent chez d'autres individus des troubles digestifs avec tendance à la diarrhée.

V : ASPECT ECONOMIQUE DU HOUBLON.

Depuis toujours, le houblon a lié son existence à celui de la bière.

Les quantités de houblon produites par les exploitations agricoles européennes varient en fonction des fluctuations de la production mondiale de bière.

Le houblon étant une des matières premières fondamentales en brasserie, les exploitants houblonniers ont eu à subir les exigences des brasseurs.

Pour répondre aux attentes des professionnels de la brasserie, il a fallu trouver des variétés de houblon plus aromatiques, ce qui permet de diminuer sensiblement les quantités utilisées en brasserie.

Aujourd'hui, la production mondiale de bière, après la très grande croissance d'après guerre, subit un léger tassement, ce qui amène les agriculteurs producteurs de houblon à travailler, non plus sur les quantités produites, mais sur la qualité.

On assiste donc à une diminution des superficies cultivées en houblon, mais les rendements sont sans cesse améliorés, les exploitations sont regroupées, les techniques agricoles modernisées permettant un gain de temps appréciable et un travail souvent moins pénible, entraînant inévitablement une main d'oeuvre moins importante (12).

“Pour une exploitation de 7 hectares au temps où la récolte était entièrement manuelle il aurait fallu 220 personnes pendant 3 semaines de 5 heures du matin à 21 heures pour réussir à cueillir la totalité des pieds.

Aujourd'hui, une seule machine d'un coût moyen de 120.000 Francs suffit à remplacer au moins 210 des cueilleurs précédemment cités, diminuant du même coup les lourdes charges pesant sur le personnel exploitant”.

Nous l'avons vu, les variétés cultivées ont évolué au fil des ans. Aujourd'hui, les souches les plus cultivées sont “Northern Brewer et Brewer gold”.

Ces deux variétés se vendent bien mais il faut savoir également que l'on dit le plus grand bien d'une variété tchèque : le SAAZ. A tel point que ce houblon est aujourd'hui directement importé par certains brasseurs français.

D'autres variétés sont à l'étude dans les centres expérimentaux agronomiques ; citons l'Orion.

En général, les variétés nouvelles sont attractives ; elles se vendent assez bien et

sont étudiées pour procurer des rendements supérieurs aux autres.

Pourtant, si les années 60 avaient été bonnes et permettaient d'entretenir un certain optimisme pour la culture houblonnière (les surfaces cultivées augmentaient régulièrement de 12% par an), les années 70 marquaient l'entrée en crise du houblon, de laquelle il n'est toujours pas sorti semble-t-il.

Par exemple, 1973 fût une année catastrophique ; les producteurs ont dû céder plus de la moitié de leur production à des prix dérisoires. Aujourd'hui encore et malgré l'apparition des nouveaux procédés de transformation (extraits ou pellets), le houblon se vend trop bon marché pour être rentable.

De 1981 à 1986, les prix baissent régulièrement, les cours de 1984 sont par exemple inférieurs de 50% à ceux de 1983. Les exploitants houblonniers sont de plus en plus tentés de se recycler dans des cultures plus traditionnelles.

1 - PRODUCTION MONDIALE DE HOUBLON (2).

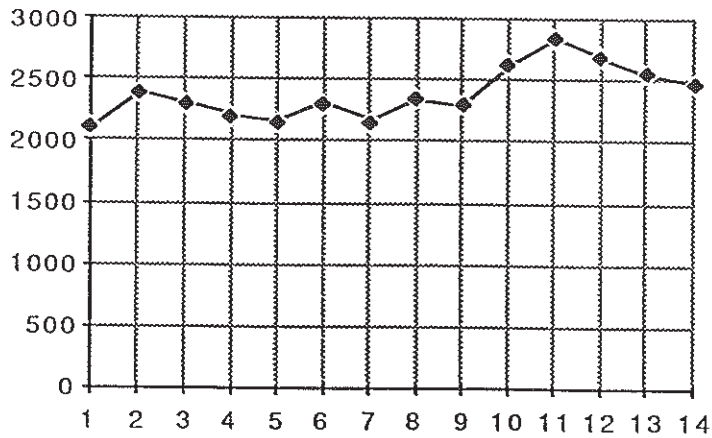
En 1985, cette production s'élève à 2.469.000 quintaux de houblon.

Cette culture reste la spécialité des européens puisque l'Europe produit à elle seule 1.660.000 quintaux, soit 67% de la production mondiale.

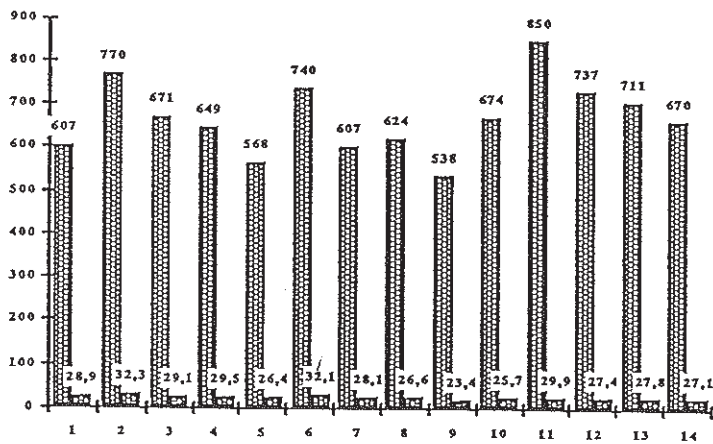
L'Allemagne reste le premier producteur mondial avec une production avoisinant les 70.000 quintaux par an.

Depuis 1982, cette production mondiale est en déclin. Seule la Tchécoslovaquie fait face à la crise ; sa production reste stable avec même une légère augmentation ces années dernières. Ceci est dû, semble-t-il, à la mise au point par ce pays de variétés dont les qualités sont reconnues par bon nombre de brasseurs européens (le Saaz).

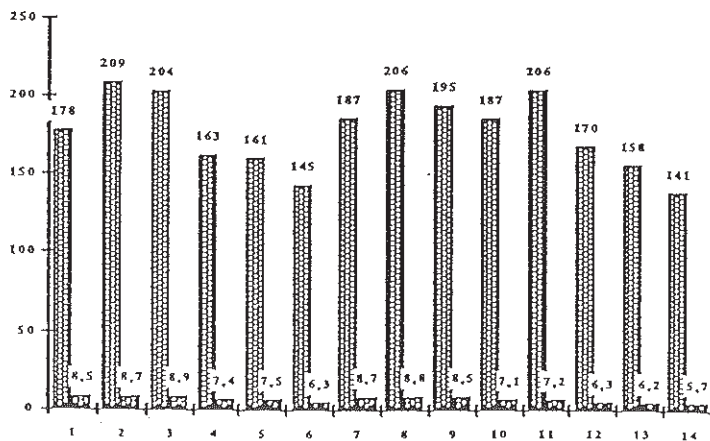
RECOLTE MONDIALE DE HOUBLON 1972-1985
(1000 quintaux et %)



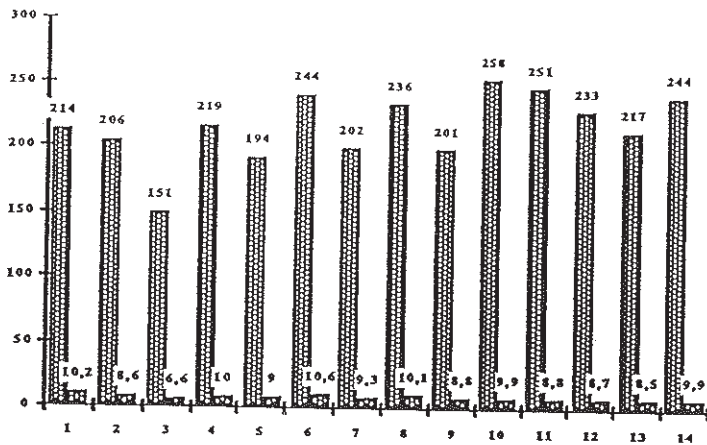
ESTIMATION
TOTAL



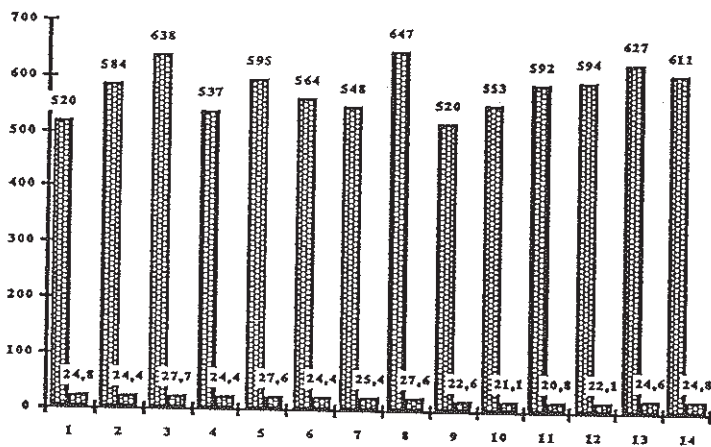
GERMANY
(BRD)



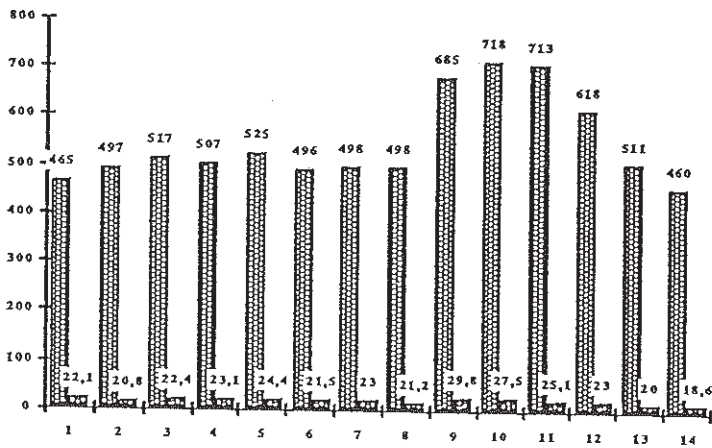
ENGLAND



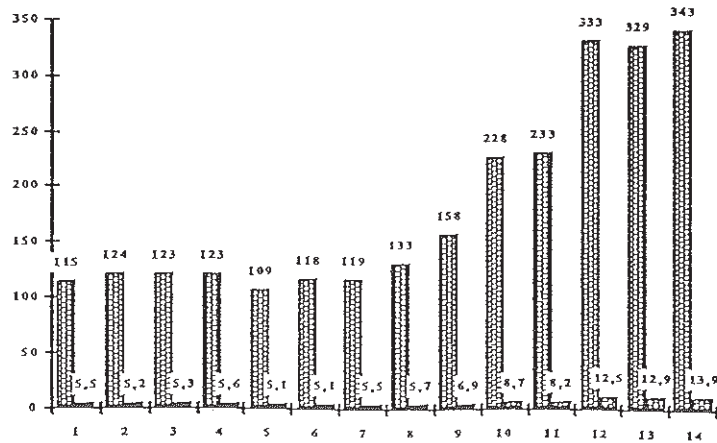
CSSR



EUROPE REST



USA



REST

2 - PRODUCTION DE LA BIÈRE.

2 - 1 - PRODUCTION MONDIALE.

Actuellement la production mondiale de bière est d'environ 960 millions hectolitres par an (2). Cette production fût en constante progression de 1970 à 1983. Mais le bilan de ces dernières années montre une réelle stagnation. L'Europe se situe au premier rang dans la production mondiale avec 434 millions hectolitres par an. Elle représente une part d'environ 45% de cette production.

Lorsque l'on considère l'évolution de la production européenne entre 1973 et 1986, on constate que cette production stagne (production seulement multipliée par 1,10 entre 1973 et 1986), alors que des continents comme l'Asie, l'Afrique ou l'Australie/Océanie prennent une place de plus en plus importante dans la production mondiale.

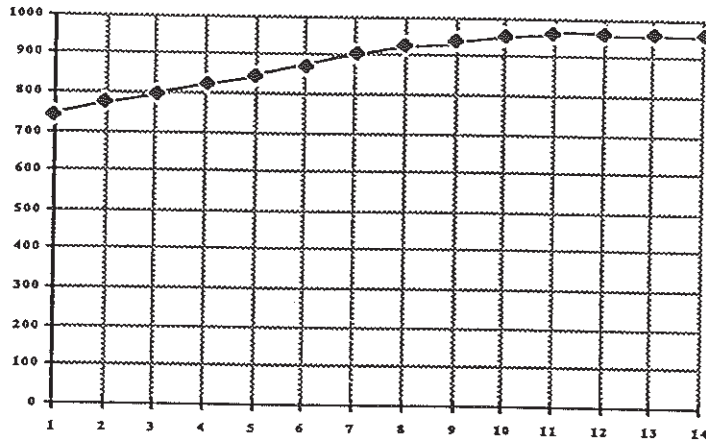
L'Asie a ainsi vu sa production multipliée par 2 entre 1973 et 1986. Sa production représente aujourd'hui 10% de la production mondiale.

L'Afrique multiplie par 2,1 sa production au cours de ces mêmes années (4,3% de la production mondiale).

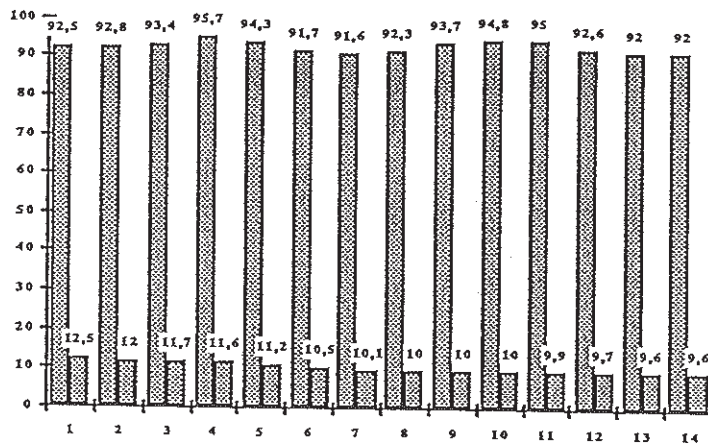
L'Australie/Océanie représente 2,3% de la production mondiale.

Ces chiffres montrent que les pays producteurs de houblon doivent maintenant s'ouvrir non seulement sur l'Europe mais également sur le monde où de nouveaux marchés sont peut-être en train de naître, et les derniers procédés de conservation du houblon peuvent constituer un atout supplémentaire pour ces marchés.

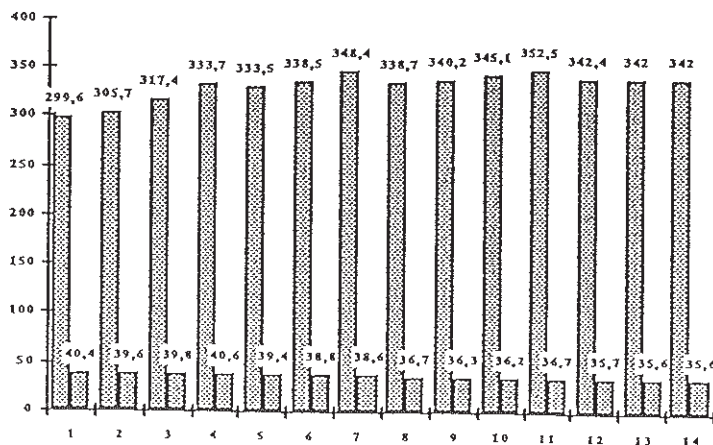
PRODUCTION MONDIALE DE BIÈRE 1973-1986
 en million d'hectolitres et en %.



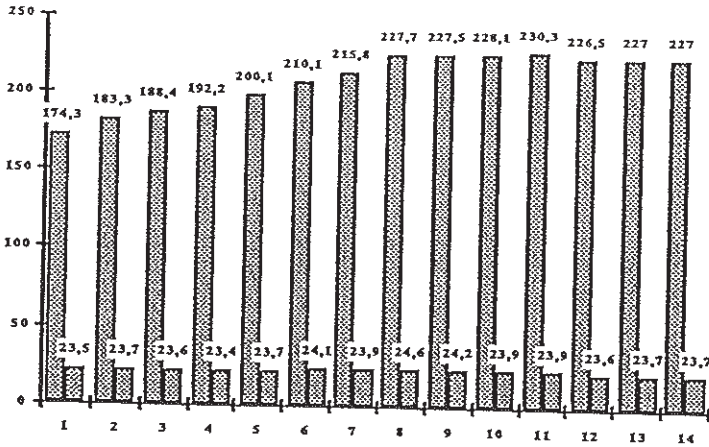
ESTIMATION
 TOTAL



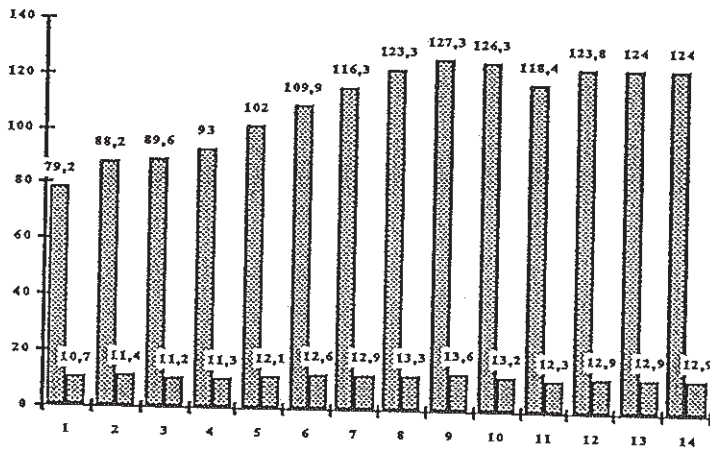
GERMANY
 (BRD)



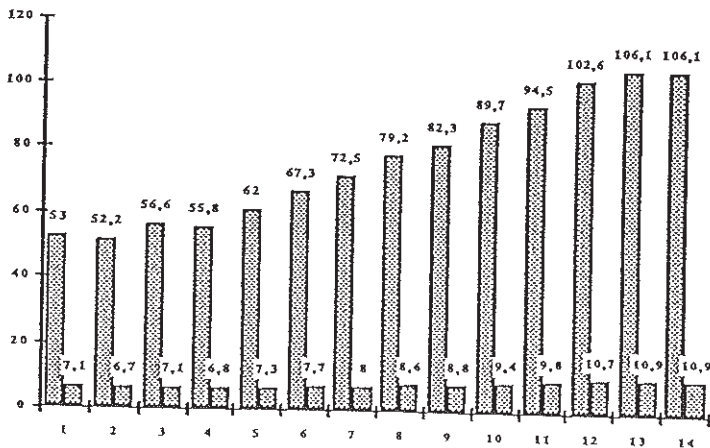
EUROPE REST



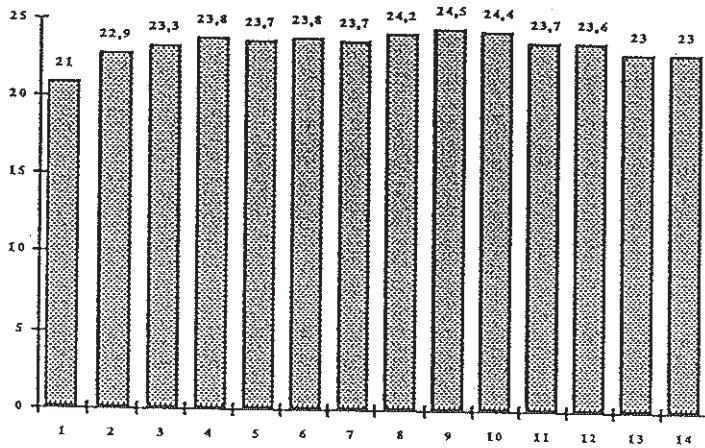
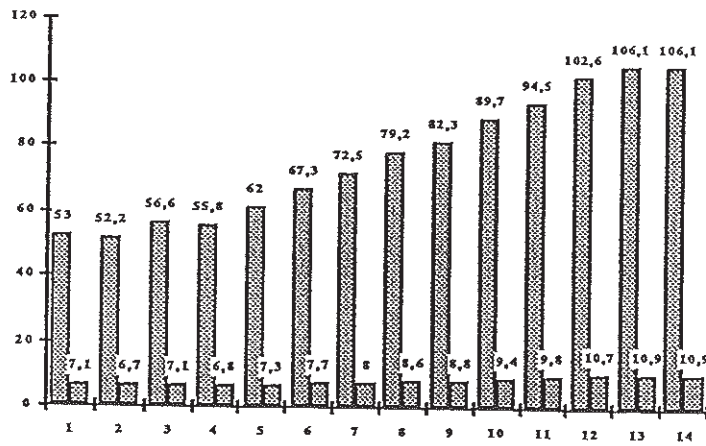
USA



America Rest



Asia



2 - 2 - PRODUCTION FRANCAISE.

La production française s'élève à 24 millions hectolitres de bière par an, ce qui la place au 6ème rang, dans la communauté économique européenne.

Par contre, si l'on considère une production moyenne d'ensemble (300.000 hl par brasserie), la France arrive largement en tête avec une production moyenne dépassant même celle de l'Allemagne et celle de la Belgique.

La commercialisation de la production est assurée par quatre grands groupes :

- BSN : Gervais Danone regroupant.

. La société européenne de brasserie avec 16 usines représentant des marques comme Champigneulle, Meuse, Valstar, Kanterbrau, Oberpils.

. Kronenbourg avec 2 usines (Kronenbourg, Obernai 1664).

. Union des brasseries avec 5 usines (33 export, Salvia, Salvia extra dry, Porter 39, Pilslea).

. Le groupe Pelforth avec 4 usines.

. Alha (Alsacienne de brasserie, filiale du groupe néerlandais Heineken).

2 usines commercialisant sous les marques Mützig, Ancre Pils.

On compte également des entreprises plus modestes qui assurent tout de même 20% des ventes :

- dans le nord (Brasserie semeuse, Brasserie moderne...)

- dans l'est (Brasserie du pêcheur, Adelshoffen, Meteor)

- à Paris (Brasserie nouvelle de Lutèce).

3 - CONSOMMATION DE LA BIÈRE.

La consommation de la bière est en rapport direct avec la production. Pour apprécier les chiffres de cette consommation, on pourrait reprendre avec une légère marge d'erreur seulement ceux de la production.

A titre indicatif, nous donnons les chiffres de la consommation de bière par tête des 23 principaux pays consommateurs dans le monde (cf. graphique page 163) (31).

La France arrive au 21ème rang mondial des consommateurs de bière alors que l'Allemagne est le plus gros consommateur de bière mondial avec 150 litres de bière absorbés par habitant et par an.

En règle générale, on peut dire que cette consommation mondiale est en constante augmentation.

Pour expliquer cette évolution on peut avancer quatre raisons :

- la qualité des produits commercialisés.
- l'évolution des moyens de transport.
- les réseaux de commercialisation de plus en plus variés.
- les nouveaux procédés d'emballage et de présentation.

3 - 1 - LA QUALITE DES PRODUITS COMMERCIALISES.

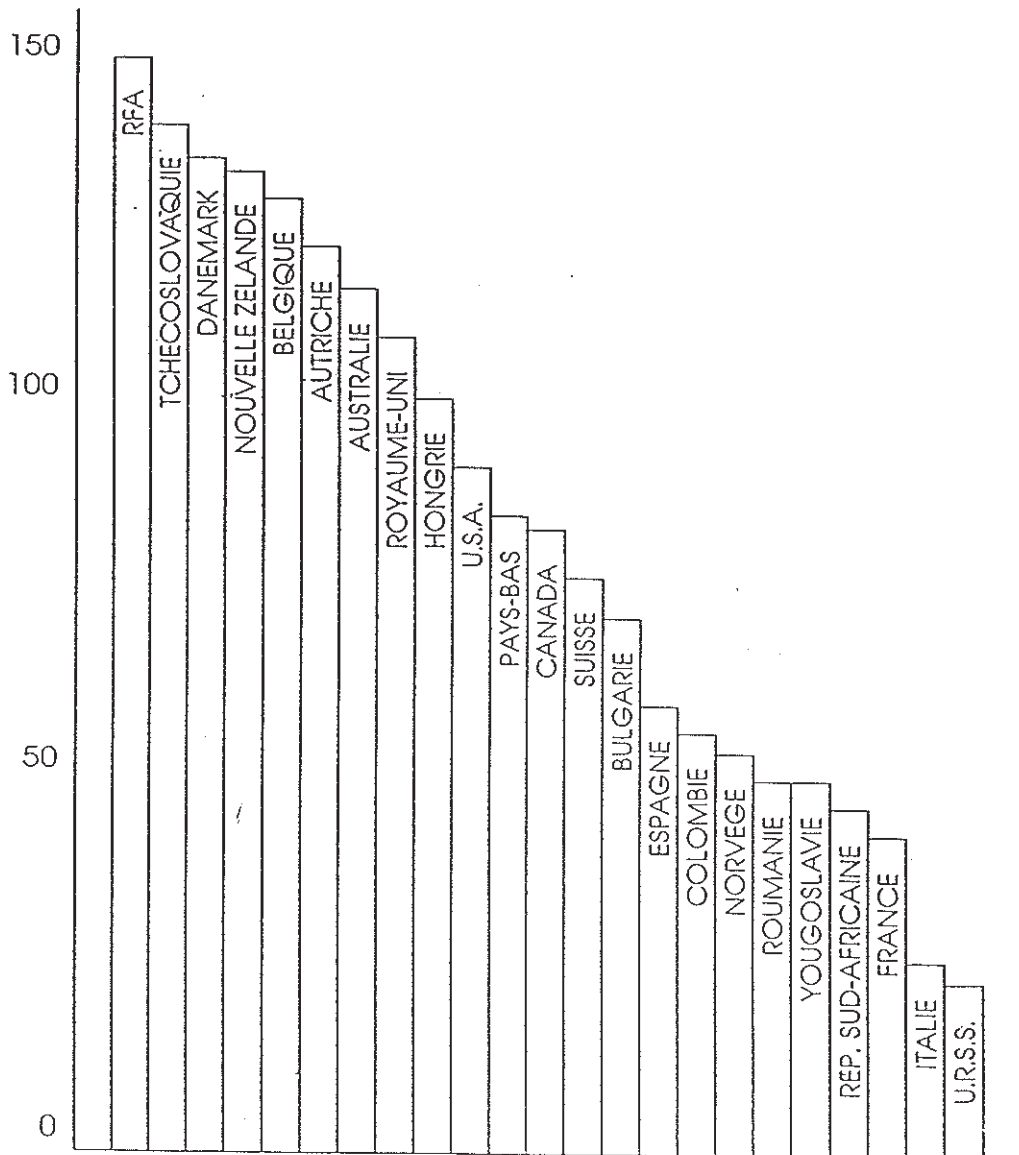
Aujourd'hui, on note une transformation de la qualité des produits consommés. Ce sont à présent des bières dites de luxe, c'est-à-dire présentant une densité minimale de 4°4 qui sont les plus consommées. Elles constituent près des 3/4 du total des bières consommées.

Cette tendance se retrouve d'ailleurs dans toute l'Europe. Les brasseurs unifient la qualité de leur production et considèrent qu'un minimum de densité en extrait sec du moût est nécessaire pour obtenir une bière de qualité. Cette densité est mesurée soit en degré Plato, soit en degré Régie (différents du degré alcoolique de la bière).

Ainsi une bière sera dite de luxe à partir de 4°4 Régie.

LA CONSOMMATION DANS LE MONDE

Litres par habitant
et par an



Comparaison de la consommation de bière en 1986 dans les principaux pays, la consommation étant exprimée en nombre de litres par habitant et par an.

3 - 2 - EVOLUTION DES MOYENS DE TRANSPORT.

La bière est un produit fragile ; sa conservation est délicate. Anciennement, les brasseurs ne pouvaient commercialiser leurs produits que dans une aire restreinte, délimitée par la distance que le cheval du brasseur pouvait parcourir. Seul un marché régional pouvait donc se développer ; les brasseries du nord et de l'est n'assuraient qu'une desserte limitée.

Aujourd'hui, chaque fabricant aspire à un marché national voire international. Le camion, le train, éventuellement l'avion remplacent les anciens chargements hippomobiles.

3 - 3 - LES RESEAUX DE COMMERCIALISATION DE PLUS EN PLUS VARIÉS.

Jadis, le consommateur dégustait la bière sur les lieux de fabrication, c'est-à-dire dans la brasserie. Aujourd'hui, la multiplication des grands centres de distribution permet la constitution de stocks importants de bières de marques et de provenances variées. Le consommateur peut ainsi choisir suivant ses goûts, des bières de qualité. La publicité réalisée autour de cette denrée dans les grands magasins ou dans les médias constitue également un atout supplémentaire pour le producteur et permet sans aucun doute de soutenir un rythme de consommation relativement élevé.

3 - 4 - LES NOUVEAUX PROCÉDES D'EMBALLAGE ET DE PRESENTATION.

Ils garantissent une bonne conservation de la bière aussi bien du point de vue de la qualité en vue de la dégustation que pendant son transport.

Le conditionnement de la bière demande un espace, un personnel et un équipement assez sophistiqué.

La majeure partie de la production sera délivrée soit directement en fûts réutilisables (cafés, brasseries), soit en bouteilles individuelles (grandes surfaces, petits détaillants).

Peu à peu, les industriels introduisent sur le marché un nouveau conditionnement appelé à se développer ; il s'agit de bidons métalliques cylindriques fermés hermétiquement, que l'on ouvre à l'aide d'une languette prédécoupée située sur la section supérieure du bidon. Cette nouvelle présentation provient des Etats-Unis et commence à se répandre en France. Ces boîtes métalliques ont l'avantage de pouvoir être stockées facilement (packs de 6 boîtes recouverts d'une housse plastique thermorétractable). Elles sont étanches, opaques et incassables.

CONCLUSION.

Ce travail nous a permis de faire plus ample connaissance avec une plante dont les propriétés aromatiques et conservatrices sont connues depuis le XIème siècle : le houblon.

Cette plante issue de la famille des Cannabinacées possède la particularité d'être dioïque puisque les fleurs femelles et mâles sont portées par des plants différents.

Notre étude s'est portée plus particulièrement sur les plants femelles de houblon car ce sont eux qui supportent les cônes recouverts d'un suc résineux jaune : le lupulin.

Le lupulin constitue le principe actif de la plante. Son étude chimique fait ressortir deux types de substances : les huiles essentielles et une résine renfermant des principes amers.

On dénombre actuellement une quinzaine de variétés de houblon que l'on a l'habitude de classer selon leur caractère aromatique. Parmi les houblons les plus remarquables, nous pouvons citer le Saaz cultivé en Tchécoslovaquie, le Strisselspalt fréquemment rencontré en Alsace ou encore les célèbres Brewer Gold et Northern Brewer tous les deux d'origine anglaise.

Contrairement à ses apparences plutôt rustiques, le houblon est une plante fragile, sa culture en houblonnière reste délicate et réclame des techniques agricoles bien particulières. De plus, la plante résiste mal aux maladies parasitaires et fait ainsi l'objet de traitements soigneux tout au long de l'année.

Du point de vue utilisation, c'est vers la brasserie que l'on doit se tourner pour savoir comment le houblon rentre dans la fabrication de la bière. Les brasseurs utilisent toujours les cônes séchés conditionnés en vrac dans des sacs de toile pour le houblonnage de la bière, mais ces dernières années voient le développement de nouveaux produits : les extraits de houblon et les pellets.

Sur le plan pharmacologique, ses usages se sont quelque peu réduits depuis le début du siècle, mais le nouvel essor de la phytothérapie nous fait redécouvrir les propriétés aromatisantes, sédatives, somnifères et digestives de ces cônes.

En phytothérapie, il est utilisé seul ou en association dans la préparation de tisanes.

Dans l'industrie pharmaceutique, il entre dans la composition de spécialités plus complexes à vocations digestives ou somnifères.

Pourtant au niveau économique, le marché mondial de houblon est en crise depuis 1982. En France nous voyons disparaître les cultures houblonnières peu à peu ; seule la Tchécoslovaquie fait face à la crise avec la mise au point d'une nouvelle variété dont on dit le plus grand bien : le Saaz.

BIBLIOGRAPHIE.

- 1 - MAROCKE R.
Encyclopédie d'Alsace,
Publital, Strasbourg, 1984, tome 7, 4094-4106

- 2 - STEINER H.
Hopiteiner : Données décisives pour l'achat du houblon,
Heimendinger et Cie, Brumath, 1983

- 3 - TUTIN T.G., HEYWOOD V.H., BURGESS N.A., MOORE D.M., VALENTINE
D.H., WALTERS S.M. et WEBB D.A.
Flora Europaea,
Cambridge university press, 1964, vol.1, 67

- 4 - DEYSSON G.
Organisation et classification des plantes vasculaires,
S.E.D.E.S, Paris, 1964, 193

- 5 - BONNIER G.
Flore de la France, de la Suisse et de la Belgique,
Librairie générale de l'enseignement, Paris, 1977, 284

- 6 - FOURNIER P.
Flore illustrée des jardins et des parcs,
Paul Lechevalier, Paris, 1952, tome 2, 49-50

- 7 - WURM G.
Le houblon (Humulus lupulus) : une plante à potentialité thérapeutique,
Thèse du diplôme d'état de Docteur en Pharmacie
Strasbourg, 1985
- 8 - GARNIER G., BEZANGER - BEAUQUESNE L., DEBRAUX G.
Ressources médicinales de la flore française,
Vigot frères, Paris, 1961, vol.1, 332-336
- 9 - Secrets et vertus des plantes médicinales,
Sélection du Reader's Digest, Paris, Bruxelles, Montréal, Zurich, 1980, 2ème
ed., 168
- 10 - EMBERGER L. et CHADEFAUD M.
Traité de botanique systématique : les végétaux vasculaires,
Masson et Cie, Paris, 1960, tome 2, fasc.1, 561
- 11 - LINKE W.
La culture du houblon,
Dunod, Paris, 1958
- 12 - GUERMEUR C.
Le houblon : botanique, culture, utilisations, aspect économique,
Thèse du diplôme d'état de Docteur en Pharmacie
Caen, 1986

- 13 - METCALFE C.R., CHALK L.
Anatomy of the dicotylédons,
Clarendon Press, Oxford, 1950, vol.2, 1254-1256
- 14 - MONIER C.
Boissons alcoolisées obtenues par fermentations,
Thèse du diplôme d'état de Docteur en Pharmacie
Montpellier, 1982
- 15 - FRAYSSE N.
Humulus lupulus L., Houblon ; étude botanique, phytochimique et
pharmacologique, rôle dans les qualités de la bière,
Thèse du diplôme d'état de Docteur en Pharmacie
Montpellier, 1987
- 16 - DE CLERCK J.
Cours de brasserie,
Université de Louvain, 1962, tome 2, 2ème ed.
- 17 - GRIGNOLI G.
Activité antibiotique de l'humulon et du lupulon contre les bactéries pyogènes et
tuberculeuses,
Thèse d'université, pharmacie, Strasbourg, 1956
- 18 - LAWS R.J., PEPPARD T.L., SHARPE F.R., PICKETT J.A.
Recent developments in imparting hop character to beer,
J. Am. soc. Brew., 1978, 36, 69-72

- 19 - Index Merck
An encyclopedie of chemical druggs, an biological,
Merck and Co, Inc, 1983, 10th éd., 4651-5422
- 20 - LANG E.
Contribution à l'étude du houblon, sa composition chimique et son essai pour
déterminer sa valeur brassicole,
Thèse d'université, pharmacie, Strasbourg, 1953
- 21 - VERZELE M.
Centenary review : 100 years of hop chemistry and its relevance to brewing,
Journal of the institute of brewing, 1986, 92, 32-48
- 22 - WOLLMER W.
 α and β acids
Chemische berichte 1925, 58, 672
- 23 - DRILLEAU J. F.
Etude sur l'analyse des extraits commerciaux de houblon et sur leur utilisation,
Thèse Doct. ing., Nancy, 1966
- 24 - MATON A.
Contribution à la connaissance des facteurs qui déterminent la valeur brassicole du
houblon et de la technique du séchage du houblon en particulier,
Thèse univ. Lille Science, 1961
Lille 1961

- 25 - FOURNIER P.
Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France,
Paul Lechevalier, Paris 1948, tome 2, 324-331
- 26 - DESWADT - DESODT F.
Le houblon,
Thèse du diplôme d'état de Docteur en Pharmacie,
Lille, 1981
- 27 - Encyclopédie nationale des sciences et techniques,
Presse de la cité, Paris, 1971, 332-335
- 28 - BOUX M.
Houblon,
Techniques agricoles, Paris, 1980, tome 2
- 29 - KENNETH, SMITH
A textbook of plant virus diseases,
J et A Churchill, London, 1957, 2nd ed, 272-278
- 30 - BISERTE G., BLONDEAU R., CARIDROIT M., FONTAN M., ITHURBIDE
M., MONTREUIL J., SCRIBAN R., TREMOLIERE J.
Connaissance de la bière,
Cahier de nutrition et de diététique, 1975, sup. fasc.4
- 31 - Réalité bière,
Association des brasseurs de France, Paris, 1989

- 32 - HUPE J.
Le houblonnage de la bière : aspect qualitatif et économique,
Cerevisia, 1981, 3
- 33 - MOLL M., FLAYEUX R.
Aide mémoire sur l'eau de brassage,
Bios, 1972, 3, 119-128
- 34 - La grande encyclopédie Larousse
Larousse, Paris, 1976, vol 3, 1700-1705
- 35 - DORVAULT F.
L'officine,
Vigot Frère, Paris, 1982, 769-770
- 36 - Avis aux fabricants concernant les demandes d'autorisation de mise sur le marché
de spécialités pharmaceutiques à base de plantes
Ministère des affaires sociales et de l'emploi
Ministère chargé de la santé et de la famille
Direction de la pharmacie et du médicament
Fascicule spécial n° 86/20 bis, Août 1986
- 37 - VALNET J.
Phytothérapie : traitement des maladies par les plantes,
Maloine S.A, Paris, 1983, 5ème ed., 319-453

- 38 - LOEPPER M., LESURE J.
Formulaire pratique de thérapeutique et de pharmacologie,
Doin, Paris, 1973, 3ème ed., 340
- 39 - Sapporo Breweries LTD
Extraction of antigonadotropic glycoproteins,
In C. A., 103, 1099302
- 40 - WALKER T. K., PARKER A.
Journal of the institute of brewing, 1937, 43, 17
- 41 - SHIMWELL J.L.
Journal of the institute of brewing, 1937, 43, 111
- 42 - CHIN Y.et Collab.
Journal Clinique investigation, 1949, 28, 909
- 43 - STEIDLE H.
Naunyn - Schmied
Arch Exp Pathol, Pharmacol, 1931, 161, 154-162
- 44 - DORVAULT F.
L'officine
Vigot Frère, Paris, 1978, 1349
- 45 - Le dictionnaire Vidal
OVP, Paris, 1989, 65ème ed.

TABLE DES MATIERES.

INTRODUCTION	p. 14
I - ORIGINE ET HISTORIQUE DE LA PLANTE	p. 17
II - ETUDE DE LA PLANTE	p. 25
1 - CLASSIFICATION BOTANIQUE.....	p. 26
2 - DESCRIPTION BOTANIQUE.....	p. 28
2 - 1 - La souche souterraine du houblon.....	p. 28
2 - 2 - L'appareil ligneux.....	p. 29
2 - 3 - Les feuilles.....	p. 31
2 - 4 - Les inflorescences.....	p. 31
2 - 4 - 1 - Les fleurs mâles.....	p. 33
2 - 4 - 2 - Les fleurs femelles.....	p. 33
2 - 5 - L'akène.....	p. 33
3 - DESCRIPTION HISTOLOGIQUE.....	p. 35
3 - 1 - Les tiges.....	p. 35
3 - 1 - 1 - Macroscopie.....	p. 35
3 - 1 - 2 - Microscopie.....	p. 36

3 - 2 - Les feuilles.....	p. 37
3 - 2 - 1 - Face dorsale.....	p. 37
3 - 2 - 2 - Face inférieure.....	p. 37
3 - 2 - 3 - Le pétiole.....	p. 37
3 - 3 - Le lupulin.....	p. 38
3 - 3 - 1 - Aspect macroscopique.....	p. 38
3 - 3 - 2 - Aspect microscopique.....	p. 38
4 - COMPOSITION CHIMIQUE.....	p. 40
4 - 1 - L'eau.....	p. 40
4 - 2 - Les oléorésines.....	p. 42
4 - 2 - 1 - L'huile essentielle.....	p. 42
4 - 2 - 2 - Les résines.....	p. 48
4 - 2 - 2 - 1 - Nature chimique.....	p. 25
4 - 2 - 2 - 2 - Méthode d'extraction des résines selon Wöhmer.....	p. 52
4 - 2 - 2 - 3 - Teneur dans le matériel végétal.....	p. 54
4 - 3 - Les tannins.....	p. 55
4 - 4 - Les lipides.....	p. 55
4 - 5 - Les hormones.....	p. 56
4 - 6 - La matière extractive azotée.....	p. 56
4 - 7 - Les matières non azotées.....	p. 57

5 - PHYSIOLOGIE.....	p. 58
5 - 1 - L'habitat naturel.....	p. 58
5 - 2 - La croissance.....	p. 59
5 - 2 - 1 - La phase végétative.....	p. 59
5 - 2 - 2 - La phase de fructification.....	p. 59
5 - 2 - 3 - Le repos hivernal.....	p. 60
III - LA CULTURE DU HOUBLON.....	p. 61
1 - LES DIFFERENTES VARIETES DE HOUBLON.....	p. 63
1 - 1 - Les variétés à caractère aromatique.....	p. 63
1 - 1 - 1 - Hallertau.....	p. 63
1 - 1 - 2 - Le Saaz.....	p. 64
1 - 1 - 3 - Le Tettnang.....	p. 64
1 - 1 - 4 - Le Spalt.....	p. 64
1 - 1 - 5 - Le Styrian.....	p. 65
1 - 1 - 6 - Le Hersbrucker spat.....	p. 65
1 - 1 - 7 - Le Strisselspalt.....	p. 65
1 - 1 - 8 - Le Hallertau mittelfrüh.....	p. 65

1 - 2 - Les variétés riches en acides alpha.....	p. 66
1 - 2 - 1 - Le Northern Brewer.....	p. 66
1 - 2 - 2 - Le Brewer Gold.....	p. 66
1 - 2 - 3 - Le Record.....	p. 67
1 - 2 - 4 - Le Perle.....	p. 67
1 - 2 - 5 - L'Orion.....	p. 67
2 - LES SOLS SUSCEPTIBLES DE RECEVOIR LA PLANTE.....	p. 68
2 - 1 - La profondeur du terrain.....	p. 68
2 - 2 - La structure du terrain.....	p. 68
2 - 3 - Le PH des sols.....	p. 69
2 - 4 - Les grands groupes de sols favorables à la culture houblonnière.....	p. 69
3 - LES FACTEURS CLIMATIQUES.....	p. 70
3 - 1 - Les températures.....	p. 70
3 - 2 - Les besoins en eau.....	p. 70
3 - 3 - L'éclairement.....	p. 71
3 - 4 - Le vent.....	p. 71
3 - 5 - Description de l'année idéale sur le plan climatique.....	p. 71
4 - LA HOUBLONNIERE.....	p. 72

5 - LES TECHNIQUES CULTURALES.....p. 75

5 - 1 - Le bouturage.....p. 75

5 - 2 - Le déchaussage.....p. 76

5 - 3 - La taille.....p. 76

5 - 4 - Le tuteurage.....p. 76

5 - 5 - L'enroulement.....p. 77

5 - 6 - L'élagage.....p. 77

5 - 7 - La taille des rameaux latéraux.....p. 77

5 - 8 - Les différents travaux aratoires.....p. 78

5 - 9 - Le brûlage.....p. 78

6 - LES SOINS SPECIAUX A APPORTER EN VUE D'UNE BONNE
RECOLTE.....p. 79

6 - 1 - Amendement du sol.....p. 79

6 - 1 - 1 - L'azote.....p. 79

6 - 1 - 2 - Le phosphore.....p. 80

6 - 1 - 3 - Le potassium.....p. 80

6 - 1 - 4 - Les autres éléments fertilisants.....p. 80

6 - 2 - Lutte contre les maladies.....p. 81

6 - 2 - 1 - Introduction.....p. 81

6 - 2 - 2 - Lutte contre les maladies causées
par les insectes.....p. 82

6 - 2 - 2 - 1 - L'araignée rouge.....	p. 82
a - Description.....	p. 82
b - La maladie.....	p. 83
c - Traitements.....	p. 83
6 - 2 - 2 - 2 - Le puceron du houblon	p. 84
a - Description.....	p. 84
b - La maladie.....	p. 84
c - Traitements.....	p. 85
6 - 2 - 3 - Lutte contre les maladies cryptogamiques.....	p. 86
6 - 2 - 3 - 1 - Le mildiou.....	p. 86
a - Description.....	p. 86
b - La maladie.....	p. 88
c - Traitements.....	p. 88
6 - 2 - 3 - 2 - L'oïdium.....	p. 91
a - Description.....	p. 91
b - La maladie.....	p. 91
c - Traitements.....	p. 91

6 - 2 - 3 - 3 - La verticillose.....	p. 93
a - Description.....	p. 93
b - La maladie.....	p. 93
c - Traitements.....	p. 93
6 - 2 - 3 - 4 - La fusariose.....	p. 95
a - Description.....	p. 95
b - La maladie.....	p. 95
c - Traitements.....	p. 95
6 - 2 - 4 - Lutte contre les viroses.....	p. 97
7 - LA RECOLTE DU HOUBLON.....	p. 98
8 - LES OPERATIONS POSTERIEURES A LA RECOLTE.....	p. 101
8 - 1 - Le séchage.....	p. 101
8 - 2 - Le touraillage.....	p. 102
8 - 3 - Conditionnement définitif.....	p. 102
9 - APPRECIATION COMMERCIALE DU HOUBLON LORS DE SA MISE SUR LE MARCHÉ.....	p. 105
9 - 1 - La couleur des cônes.....	p. 105
9 - 2 - La couleur de la lupuline.....	p. 105
9 - 3 - Le degré d'effeuillement.....	p. 105

9 - 4 - L'aspect du rachis.....	p. 106
9 - 5 - L'arôme.....	p. 106
9 - 6 - Caractéristiques particulières pouvant déterminer une récolte de mauvaise qualité.....	p. 106
IV - LES UTILISATIONS DU HOUBLON.....	p. 107
1 - LA BRASSERIE.....	p. 108
1 - 1 - Les matières premières.....	p. 109
1 - 1 - 1 - Le malt.....	p. 109
1 - 1 - 2 - Le houblon.....	p. 110
1 - 1 - 2 - 1 - Les différentes présentations du houblon.....	p. 111
a - Le houblon moulu.....	p. 111
b - La mouture humide du houblon.....	p. 111
c - Les extraits de houblon.....	p. 112
d - Les pellets.....	p. 115
1 - 1 - 2 - 2 - Choix des qualités de houblon en brasserie.....	p. 118
1 - 1 - 2 - 3 - Quantités utilisées pour l'élaboration de la bière.....	p. 118
1 - 1 - 3 - Les grains crus.....	p. 119
1 - 1 - 4 - Les succédanés.....	p. 119
1 - 1 - 5 - L'eau.....	p. 119
1 - 1 - 6 - La levure.....	p. 122

1 - 2 - La fabrication.....	p. 123
1 - 2 - 1 - Le brassage.....	p. 123
a - Le concassage.....	p. 123
b - Le brassage proprement dit.....	p. 123
c - La filtration du moût.....	p. 124
d - cuisson et houblonnage.....	p. 125
1 - 2 - 2 - Le refroidissement du moût.....	p. 125
1 - 2 - 3 - La fermentation.....	p. 126
a - La fermentation principale.....	p. 126
b - La fermentation secondaire.....	p. 127
1 - 2 - 4 - La filtration de la bière.....	p. 127
1 - 2 - 5 - Le soutirage.....	p. 129
1 - 2 - 6 - La pasteurisation.....	p. 131
1 - 2 - 7 - Contrôle de qualité.....	p. 131
1 - 2 - 8 - Problème de stabilité de la bière.....	p. 132
1 - 2 - 9 - Conseils de dégustation pour la bière.....	p. 134
a - Conseils sur la manière de verser la bière dans le verre.....	p. 134
1 - 2 - 10 - Composition chimique d'une bière de luxe.....	p. 134

2 - LA PHYTOTHERAPIE.....	p. 136
2 - 1 - Usage interne.....	p. 137
2 - 1 - 1 - Somnifère.....	p. 137
2 - 1 - 2 - Sédatif.....	p. 138
2 - 1 - 3 - Sédatif des spasmes gastriques.....	p. 138
2 - 1 - 4 - Tonique amer-apéritif.....	p. 139
2 - 1 - 5 - Anaphrodisiaque.....	p. 139
2 - 1 - 6 - Action hormonale du houblon.....	p. 139
2 - 1 - 7 - Action antibactérienne, pouvoir antiseptique.....	p. 140
2 - 1 - 8 - Anthelmintique.....	p. 141
2 - 1 - 9 - Autres propriétés expérimentales.....	p. 141
2 - 2 - Usage externe.....	p. 142
2 - 2 - 1 - Dermatologie.....	p. 142
2 - 3 - Formes d'utilisation.....	p. 143
2 - 3 - 1 - Le lupulin en nature.....	p. 143
2 - 3 - 2 - La teinture alcoolique de lupulin.....	p. 143
2 - 3 - 3 - L'infusion de cônes de houblon.....	p. 143
2 - 3 - 4 - La teinture alcoolique de cônes de houblon.....	p. 144
2 - 3 - 5 - L'extrait hydroalcoolique de houblon.....	p. 144

2 - 4 - Les spécialités actuelles contenant du houblon.....	p. 145
2 - 4 - 1 - Les arkogélules.....	p. 145
2 - 4 - 2 - L'élixir Spark.....	p. 145
2 - 4 - 3 - Le pastaba Moneal.....	p. 145
2 - 4 - 4 - La caromithe Lehning.....	p. 145
2 - 4 - 5 - Les tisanes santanes (D5, N9).....	p. 146
V - LES DANGERS DU HOUBLON.....	p. 148
1 - LES DERMATOSES LEGERES.....	p. 150
1 - 1 - Les insecticides et autres produits de traitement.....	p. 150
1 - 2 - Les insectes.....	p. 150
1 - 3 - Les cônes.....	p. 151
2 - LES POLLINOSES.....	p. 151
VI - ASPECT ECONOMIQUE DU HOUBLON.....	p. 152
1 - PRODUCTION MONDIALE DE HOUBLON.....	p. 154
2 - PRODUCTION DE LA BIERE.....	p. 157
2 - 1 - Mondiale.....	p. 157
2 - 2 - Française.....	p. 161

3 - CONSOMMATION DE LA BIÈRE.....	p. 162
3 - 1 - Qualité des produits commercialisés.....	p. 162
3 - 2 - Evolution des moyens de transport.....	p. 164
3 - 3 - Les réseaux de commercialisation de plus en plus variés.....	p. 164
3 - 4 - Les nouveaux produits d'emballage et de présentation.....	p. 165
 CONCLUSION	 p. 166
 BIBLIOGRAPHIE	 p. 169

BON A IMPRIMER N° 11

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE

Vu, le Doyen de la Faculté

VU et PERMIS D'IMPRIMER

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ

CHEREAU (Didier). — Le houblon (cannabinaées) : classification et étude botanique, culture, principes actifs et applications actuelles. — 189 f. ; ill. ; tabl. ; 30 cm (Thèse ; Pharm. ; Limoges ; 1990).

RESUME :

D'origine incertaine, le houblon (*Humulus Lupulus*) gagne ses lettres de noblesse dès 1070 lorsque l'abbesse Sainte Hildegarde mentionne pour la première fois ses propriétés aromatisantes et conservatrices.

A l'état sauvage, il se présente comme une grande liane grimpante, vivace, pouvant atteindre entre cinq et douze mètres de hauteur.

Les fleurs femelles sont disposées en cônes ; elles sécrètent à maturité une poussière jaune, résineuse : le lupulin.

L'analyse chimique des cônes se révèle complexe. Elle fait ressortir deux substances importantes responsables du caractère aromatique de la plante : l'humulone et la lupulone.

Le houblon se cultive dans des houblonnières spécialement aménagées pour recevoir ce type de plante. Les techniques culturales se sont sans cesse améliorées au fil des ans. Les maladies parasitaires pouvant infecter la plante sont maîtrisées avec la mise au point de nouveaux procédés de traitement. Le houblon reste avant tout une plante alimentaire.

Les brasseurs utilisent l'arôme de ces cônes dans la préparation de la bière. Pourtant, les propriétés pharmacologiques de ces mêmes cônes sont connues depuis longtemps et aujourd'hui, à l'heure où l'on reparle des bienfaits de la phytothérapie, le houblon se trouve encore en bonne place sur les étagères de nos pharmacies modernes.

MOTS CLES :

- Houblon.
- *Humulus Lupulus*.
- Lupulin.
- Bière.
- Brasserie.

JURY : Président : Monsieur le Professeur CHULIA.
Juges : Madame ALLAIS, Maître de Conférences.
Monsieur WERNER, Docteur en Médecine.