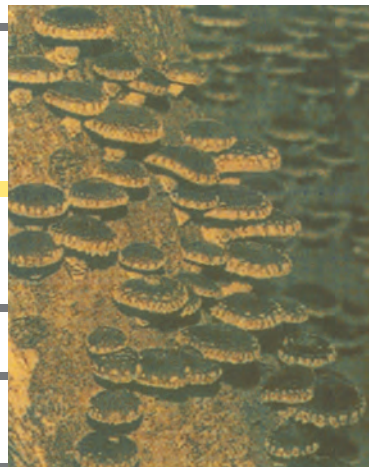


# LA CULTURE DES CHAMPIGNONS

« LE POINT SUR » les techniques



La collection « Le Point sur » est copubliée par le ministère français de la Coopération et le GRET (Groupe de recherche et d'échanges technologiques), association privée à but non lucratif.

Ce livre est une traduction de l'ouvrage *Manual on Mushroom Cultivation* édité par TOOL, avec le soutien du CTA. La traduction-adaptation de ce livre pour un public francophone a été réalisée à l'initiative de TOOL, du CTA et du GRET. Ce livre est diffusé conjointement par le GRET et TOOL.



Titre original : Manual on Mushroom Cultivation. Techniques, species and opportunities for commercial application in developing countries. Edité par TOOL. 1991.  
© 1991 TOOL, Amsterdam.

Titre révisé : La culture des champignons. Techniques, espèces et possibilités d'applications commerciales dans les pays en développement.  
© 1993 GRET, Paris et TOOL, Amsterdam



GRET  
213, rue La Fayette 75010 Paris (France)  
Tél. : 33 (1) 40 05 61 61. Fax : 33 (1) 40 05 61 10

TOOL  
Sarphatistraat 650. 1018 AV Amsterdam  
P.O. BOX 10039, 1001 EJ Amsterdam Pays-Bas  
Tél. : (31) 20 626 44 09. Fax : (31) 20 627 74 89

Peter Oei

# La culture des champignons



**Collection « Le point sur »**  
Guide technique



Traduction : Christine Nédelec  
Révision : Jean Laborde

Ministère français de la Coopération ■ CTA ■ TOOL ■ GRET

## LA COLLECTION « LE POINT SUR »

Les titres publiés dans cette collection sont principalement destinés aux techniciens et décideurs, mais peuvent être utiles aux scientifiques, professeurs et étudiants. Ils sont rédigés et conçus de la façon suivante :

- l'essentiel du contenu est accessible à des personnes n'ayant pas suivi d'études supérieures ou scientifiques ;
- les technologies sont situées dans le contexte économique, social et culturel dans lequel elles peuvent contribuer au développement ;
- le lecteur trouve en annexe d'abondants renseignements pour l'aider dans sa recherche d'informations (bibliographies, adresses de centres de recherche, de spécialistes, de constructeurs...).

Soucieux d'élargir la diffusion et le rayonnement de cette collection, les éditeurs sont ouverts à toutes suggestions et collaborations.

## Préface

Ce livre a été spécialement conçu pour les vulgarisateurs des pays en développement. Il se divise en trois parties :

1 - Généralités biologiques sur les champignons, principes généraux de culture, y compris préparation du blanc ou semence, préparation du substrat et contrôle de l'environnement.

2 - Mise en oeuvre d'une étude de faisabilité : espèces adaptées à des conditions climatiques données, potentiel commercial, relation avec des services d'import-export, modèles de développement à utiliser, évaluation des coûts et systèmes de financement.

3 - Généralités techniques sur la culture de dix champignons différents.

La culture des champignons n'est que l'une des activités d'un système agricole complet. Elle permet une valorisation des déchets agricoles ou industriels en produits à valeur ajoutée plus haute que celle d'autres cultures. Ils peuvent être soit exportés, soit consommés à l'intérieur même de la communauté. Dans la plupart des cas, la vente du produit permet d'amortir rapidement les investissements initiaux.

La culture des champignons n'est pas facile : elle comporte de nombreuses étapes, depuis la sélection de la technique et de la souche les mieux adaptées, la fabrication du blanc, la conduite de la culture jusqu'à la commercialisation du produit récolté. La fabrication du blanc en particulier, constitue un goulet d'étranglement dans de nombreux pays, mais l'appui des services de vulgarisation et un bon suivi technique ont tout autant d'importance.

Il est impossible d'apprendre la culture des champignons uniquement à partir d'un livre, seule la pratique permet de l'appréhender. Ce manuel fournit les connaissances de base, et par de nombreux exemples montre comment les problèmes ont été résolus par d'autres ; il combine une description détaillée des techniques de culture avec des éléments sur la manière de conduire une étude de faisabilité. Il ne s'agit pas d'un ouvrage théorique, seules les techniques qui ont fait leurs preuves ont été prises en compte. Les données expérimentales n'ont été mentionnées que dans le cas où l'on pouvait prévoir leur application prochaine. Une sélection d'ouvrages consultés est présentée en annexe.

## Remerciements

L'auteur et l'éditeur tiennent à remercier les personnes suivantes pour leur contribution à la réalisation de cette publication :

Pr Dr SUTHAPUN TRIRATANA, Université de Chulalongkorn, Thaïlande  
Pr Dr M.S. HO, Association provinciale des agriculteurs de Taïwan  
Dr J.T. PENG, Institut de recherche agricole de Taïwan  
Dr C.F. SONG, Institut de recherche agricole de Taïwan  
Y.M. LIAO, Institut de recherche agricole de Taïwan  
Dr J. STALPERS, CBS Baarn, Pays-Bas  
KUAN KEK HOW, producteur de blanc en Malaisie  
ATO Wageningen, Pays-Bas  
Pr M.Z. SHEN, Université agricole de Beijing, Chine  
Dr H.C. WANG, Institut de recherche de l'industrie légère du Fujian, Chine  
C.K. TSENG, Université des professeurs normaliens de Fujian, Chine  
J.L. WU, Institut mycologique de Sanming, Chine  
Pr MARTINEZ-CARRERA, Instituto de micología neotropical aplicada, Vera Cruz, Mexique  
PRAPHANT OSATHAPHANT, Institut de technologie agricole de Maejo, Chiang Mai, Thaïlande  
P. SEDEYN, Mycoblank, société de production de blanc  
ONNO HARMSSEN, producteur de champignons Euromico, Wolfheze, Pays-Bas  
R. MATAGA, consultant en champignons à la Fondation Ayala, Philippines  
Dr T.H. QUIMIO, Université des Philippines de Los Banos  
Dr OPDENCAMP, Université de Nijmegen, Pays-Bas  
Dr C.J. CHEN, collection de cultures et centre de recherche, Hsin Chu, Taïwan  
Dr H.H. WANG, professeur de microbiologie appliquée, Taipei, Taïwan  
G. COPPENS, Jeco Conserven, Horst, Pays-Bas  
Pr POPPE, University of Gent, Belgium  
Jan KERSTEN, Foundation for Education and Environment, (Stichting Onderwijs en Milieu), Nijmegen, Pays-Bas.

# SOMMAIRE

Introduction	p. 7
<b>CHAPITRE 1 : BIOLOGIE</b>	13
1. Fonctions dans la nature	13
<i>a. Termitomyces</i>	16
<i>b. Pleurotus tuber regium</i>	17
2. Cycle de vie des champignons	17
3. Valeur nutritive et usage médical	
<b>CHAPITRE 2 : SUBSTRAT</b>	25
1. Compacité, teneur absolue en eau et capacité de rétention en eau	25
2. Acidité d'un milieu	27
3. Mélange	28
4. Fermentation	29
5. Traitements à la chaleur	29
<b>CHAPITRE 3 : BLANC, CROISEMENTS ET CONSERVATION DES SOUCHES, GÉNÉRALITÉS</b>	33
1. Blanc	33
2. Génétique et hybridation	35
<i>a. Sélection</i>	38
<i>b. Croisements inter-souches et hybridation</i>	38
<i>c. Conservation des souches</i>	38
<b>CHAPITRE 4 : RAVAGEURS ET MALADIES</b>	41
1. Généralités	41
<i>a. Insectes</i>	41
<i>b. Acariens</i>	42
<i>c. Nématodes</i>	43
<i>d. Champignons parasites</i>	43
<i>e. Champignons antagonistes</i>	43
<i>f. Maladies virales</i>	44
2. Contrôle des ravageurs et des maladies	44
<b>CHAPITRE 5 : PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT : UNE APPROCHE INTÉGRÉE</b>	47
1. Pesticides	48
2. Énergie	49
3. Utilisation des substrats usés	49
<b>CHAPITRE 6 : FAISABILITÉ, MARCHÉ ET ORGANISATION</b>	53
1. Questions auxquelles il faut répondre	53
2. Matières premières du substrat, choix d'un champignon et d'une technique déterminés	54

a. Culture sur rondins de bois	54
b. Culture sur substrat	54
c. Niveaux de température	59
3. Rendements	61

#### **CHAPITRE 7 : COMMERCIALISATION**

1. Aspects de la commercialisation de différents champignons	63
2. Aspects de la commercialisation des pleurotes	66
3. Potentiel d'exportation	68
a. Comment entrer en contact avec un importateur de champignons	68
b. Qualité et emballage	69
c. Prix	70
d. Étude de cas : expédition d' <i>Agaricus</i> du Kenya en Allemagne	70
4. Possibilité de commercialisation sur le marché local	70
a. Situation existante	71
b. Enquête de marché	71
c. Questions auxquelles il faut répondre	71
d. Étude de cas : une enquête de marché en Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest)	72
5. Promotion à l'échelon local	74
a. Étude de cas : l' <i>Arunyik Mushroom Center</i> à Bangkok	74

#### **CHAPITRE 8 : ORGANISATION, MODÈLES DE DÉVELOPPEMENT ET COÛTS**

1. Organisation	77
a. L'exemple de <i>Djieng Djaja</i> , Indonésie	77
b. L'exemple des Philippines	78
c. Production d' <i>Agaricus</i> dans la province de Fujian, Chine	79
d. Organisation hiérarchique	80
e. Producteurs privés	80
2. Évaluation des coûts	80
3. Services de vulgarisation	82
a. Vulgarisation de la culture de <i>shii-take</i> en Thaïlande	83
b. Un projet de vulgarisation aux Philippines	85
c. Généralités concernant l'implantation d'un projet de culture de champignons	89

#### **CHAPITRE 9 : ZONES DE CULTURE DES CHAMPIGNONS**

1. Production de <i>Lentinus</i> sur rondins de bois	92
2. Cultures intercalées avec des légumes	93
3. Abris-serres	93
4. Exemples de maisons de champignons	94
a. Maisons de champignons aux Philippines	94
b. Construction en béton en Malaisie	95
c. Maisons de culture de type Ho à Taïwan	96
d. Culture expérimentale de <i>Volvariella</i> à Porto Rico	99
5. Contrôle des conditions climatiques	100



<b>CHAPITRE 10 : ASPECTS PRATIQUES DE LA PRODUCTION DE BLANC</b>	103
1. Matériel et produits	104
2. Salles blanches	105
<i>a. Armoires d'inoculation</i>	106
<i>b. Systèmes de flux laminaire</i>	107
3. Préparation des milieux	109
4. Cultures de tissus	112
5. Repiquages	114
6. Récipients	115
7. Blanc mère	116
8. Préparation du blanc commercial	117
9. Composition des substrats pour blanc de Volvariella	121
10. Contaminations	122
11. Qualité du blanc	123
<i>a. Contrôle de la qualité du blanc dans la province de Fujian, Chine</i>	124
<i>b. Problèmes de production de blanc en Malaisie</i>	125
12. Aspects financiers de la production de blanc	125
<b>CHAPITRE 11 : CULTURE SUR RONDINS DE BOIS</b>	129
1. Introduction	129
2. Équipements	130
3. Shii-take : <i>Lentinus edodes</i>	132
<i>a. Culture traditionnelle du shii-take au Japon</i>	142
<i>b. Culture de shii-take sur rondins de bois à Taïwan</i>	145
4. Culture d' <i>Auricularia</i> sur rondins	148
5. Culture de <i>Tremella</i> sur rondins	151
<b>CHAPITRE 12 : CULTURE SUR SUBSTRAT FERMENTÉ</b>	157
1. Culture d' <i>Agaricus</i> sur substrat fermenté	157
2. <i>Volvariella volvacea</i>	172
<i>a. Culture en salles</i>	173
<i>b. Méthode traditionnelle</i>	177
<i>c. Ravageurs et maladies</i>	180
<i>d. Culture intercalée de maïs et Volvariella : une étude de cas en Chine continentale</i>	180
<i>e. Évaluation des coûts de la société Cebu farmers Agriventure aux Philippines</i>	181
<b>CHAPITRE 13 : PASTEURISATION ET IMMERSION EN EAU CHAUDE</b>	185
1. Pasteurisation	185
<i>a. Substrat de paille de blé</i>	186
<i>b. Substrat pasteurisé de rafles de maïs</i>	186
2. Immersion en eau chaude	189
<i>a. Étude de cas : culture de pleurotes Phoenix en Chine</i>	189
<i>b. Culture de pleurotes sur pulpe de café au Mexique</i>	190
<i>c. Aspects économiques de la culture de pleurotes sur pulpe de café au Mexique</i>	193

<b>CHAPITRE 14 : CULTURE SUR SUBSTRAT STÉRILISÉ EN SACS PLASTIQUE</b>	197
1. Unités de stérilisation	200
2. Procédure générale	201
<i>a. Détermination des causes de contamination</i>	206
3. <i>Lentinus edodes</i> en sacs plastiques	207
<i>a. Culture en sacs à Gutien, Chine</i>	213
<i>b. Culture de shii-take en Thaïlande</i>	216
<i>c. Culture de shii-take en sacs stérilisés à Taiwan</i>	217
<i>d. Culture de shii-take en Europe</i>	220
4. Pleurotes	222
<i>a. Culture des pleurotes en Thaïlande</i>	229
<i>b. Production à petite échelle aux Philippines</i>	230
5. <i>Ganoderma tsugae</i>	233
<i>a. Culture de Ganoderma lucidum en Malaisie</i>	235
6. <i>Flammulina velutipes</i> (collybia à queue de velours ou champignon à aiguille d'or)	236
7. Culture en sacs de <i>Tremella fuciformis</i> : une technique de culture mixte	242
<i>a. Culture de Tremella sur balles de graines de coton à Gutien, Chine</i>	244
8. <i>Hericium erinaceus</i> : champignon à tête de singe	247
<i>a. Culture de tête de singe près de Beijing</i>	249
9. <i>Auricularia</i> en petits sacs plastiques stérilisés	251
<i>a. Culture d'Auricularia polytricha à Taïwan</i>	251
<i>b. Auricularia auricula sur balles de graines de coton</i>	253
<i>c. Culture intercalée de canne à sucre et Auricularia</i>	255
<i>d. Culture d'Auricularia polytricha aux Philippines</i>	256
<b>CHAPITRE 15 : TRAITEMENTS APRÈS-RÉCOLTE</b>	259
1. Marché de frais	259
<i>a. Transport et emballage pour l'exportation</i>	260
2. Méthodes de conservation	261
<i>a. Conserve en boîtes</i>	262
<i>b. Saumurage</i>	265
<i>c. Séchage</i>	266
<i>d. Congélation</i>	268
<i>e. Lyophilisation</i>	268
<b>ANNEXES</b>	271
Annexe 1 : Ravageurs et maladies	273
Annexe 2 : Collections de cultures	285
Annexe 3 : Conservation des souches	287
Annexe 4 : Allergies aux spores	292
Annexe 5 : Assistance technique (Adresses utiles ; Cours intensifs et démonstrations)	294
Annexe 6 : Bibliographie	297
Annexe 7 : Glossaire	302
Annexe 8 : Index	309

## Introduction

Les champignons sont appréciés pour leur goût et leur valeur nutritive. Sous toutes les latitudes, les habitants ont l'habitude de les ramasser dans la nature. Des essais de culture de champignons ont été réalisés dans les temps anciens, mais ils ont souvent échoué parce que leur nature biologique n'était pas comprise. Les premiers documents sur le sujet mentionnent que le champignon « Oreille de Judée » (*Auricularia*) est cultivé depuis 600 après J.-C.

En France, la culture du champignon de couche (*Agaricus*) a commencé vers 1650. Elle s'est rapidement étendue après la Seconde Guerre mondiale quand du blanc de champignon fiable est devenu facilement disponible dans de nombreux pays.

La culture des champignons de couche est principalement réalisée dans les pays occidentaux, en Orient on cultive surtout le shii-take. Les shii-take séchés et autres champignons chinois sont exportés vers les communautés chinoises du monde entier.

La carte de la page suivante montre que la plupart des champignons sont en général produits dans l'hémisphère occidental (champignon de couche) et le Sud-Est asiatique. Les pays à production limitée ne figurent pas sur la carte.

La culture des champignons présente de nombreux avantages : elle n'exige pas de terre arable, puisqu'on les cultive sur des déchets agricoles transformés en engrais et conditionneurs de sol ; de plus, les champignons constituent un apport supplémentaire de protéines, de vitamines indispensables et de minéraux ; enfin, elle procure des revenus non négligeables.

La Chine continentale et Taïwan ont adopté de nombreuses méthodes de culture de champignons nécessitant peu d'investissements. Certaines de ces méthodes, présentées dans ce livre, sont publiées pour la première fois. Elles pourraient facilement être appliquées dans d'autres pays d'Asie, d'Afrique et d'Amérique latine. Le Malawi en est un exemple ; son gouvernement a envoyé des techniciens à Taïwan pour étudier la production du champignon de couche (*Agaricus*). De même, au Burundi, les Chinois ont récemment mis sur pied une entreprise de fabrication de blanc.



Champignons de couche



Shii-take et autres champignons "chinois"

A l'heure actuelle, en Afrique et en Amérique latine, bien qu'il existe sans nul doute une demande et qu'il y ait surabondance de déchets agricoles pour fabriquer le substrat, on produit peu de champignons.

Il est donc difficile de se procurer des études de cas en provenance de ces pays. Les vulgarisateurs peuvent utiliser les études de cas d'autres pays pour élargir leurs connaissances. Mais il leur faudra toujours adapter les techniques aux conditions locales. Par exemple, une technique de culture de champignon sur pulpe de café, mise au point au Mexique, peut être utilisée en Afrique dans les régions productrices de café, mais l'organisation de l'unité de culture ou le modèle de sacs plastique devront être adaptés aux conditions locales et pourront être différents.

Plusieurs facteurs contribuent au fait que la culture des champignons soit plus ou moins négligée dans les pays en développement :

1 – Les champignons tropicaux ont été assez peu étudiés scientifiquement, contrairement à ceux des latitudes tempérées. Les scientifiques intéressés par les champignons travaillent surtout dans les départements de microbiologie ou de pathologie végétale ; peu d'entre eux sont dans un département spécialisé en mycologie, proche de la production de champignons. Les plus importantes stations expérimentales sur les champignons (I.H.R.-G.B, Penn State-U.S.A, Horst-Hollande, Inra-France) s'intéressent

principalement au champignon de couche. Mais ce dernier ne pousse qu'à 20 °C ou au-dessous, il n'est donc pas intéressant de le faire pousser en climat tropical.

2 – En général, les documents traitant de la culture des champignons sont coûteux et ne sont pas conçus pour les pays en développement, à l'exception de certains pays de l'Asie du Sud-Est où des instructions simples de culture sont couramment disponibles : Chine, Taïwan, Indonésie, Thaïlande et Philippines. Les vulgarisateurs sont invités à se servir des informations de ce livre pour publier un ouvrage en langue locale destiné aux agriculteurs de leur propre pays.

3 – La production de blanc exige des qualifications techniques et des connaissances théoriques. Il est difficile d'obtenir de la documentation sur le sujet, et pas seulement dans les pays en développement. Cette production constitue toujours un obstacle à la culture du champignon en Afrique, en Amérique latine et dans certaines parties de l'Asie. On trouvera donc dans ce livre des conseils précis sur la production de plusieurs types de blanc.

4 – Il est également difficile d'obtenir des souches adaptées, notamment aux climats très chauds. Cependant des souches commerciales d'Extrême-Orient adaptées à la culture extensive des champignons peuvent maintenant être obtenues auprès des centres de collection de souches et des producteurs de blanc.

## **Guide d'utilisation du manuel**

Une description élémentaire de la biologie des champignons est présentée dans la première partie. Même les agronomes qualifiés auront intérêt à la lire, car les champignons sont très différents des plantes. Une compréhension globale du cycle de vie du champignon permettra d'analyser les échecs de culture. Les observations sur le substrat et sur la fructification sont valables pour tous les champignons présentés.

La seconde partie de cet ouvrage étudie des projets de réalisation. Les situations diffèrent selon les pays, et à chaque situation correspond une méthode appropriée. Grâce aux éléments présentés au chapitre 6, les vulgarisateurs devraient être capables de mettre en oeuvre une étude de faisabilité. Quels sont les déchets agricoles disponibles, comment s'approvisionner en blanc, quelles espèces de champignons cultiver, quelle technologie adopter, à quels coûts, quel est le marché potentiel, quel modèle d'organisation appliquer, voilà quelques-unes des questions auxquelles doit répondre l'étude.

Les aspects pratiques de la culture des champignons, y compris la production de blanc, les maisons de culture et les directives pour la culture, forment la troisième partie de ce livre. Les techniques dépendent des ressources locales. Dans cet ouvrage, quatre techniques sont abordées :

- 1 Culture sur rondins de bois ;
- 2 Culture sur couches de substrat fermenté ;
- 3 Culture sur substrat pasteurisé en sacs plastiques de 10 à 25 litres ;
- 4 Culture en petits sacs (semi-) stérilisés.

On verra qu'en pratique on combine les techniques : par exemple, on utilise des substrats pasteurisés - en principe réservés aux sacs - pour la culture sur couches.

Chaque espèce de champignon est d'abord présentée de façon générale. Les études de cas donnent ensuite une information plus précise sur les méthodes de culture. Par exemple, il faut un à quatre mois au mycélium de shii-take pour coloniser un substrat. L'étude de cas montre dans quelles conditions cette durée peut varier.

Les études de cas qui comportent des données économiques indiquent des prix en monnaie locale. De telles données seront vite dépassées, mais elles donnent une indication du coût relatif de plusieurs ressources et produits, ainsi que la façon de préparer un budget.

L'annexe précise comment se procurer des souches valables et fournit les adresses utiles ainsi que des informations pratiques sur les traitements après-récolte du produit et le contrôle phytosanitaire intégré.

### **Dénominations scientifiques et courantes des champignons**

Dans cet ouvrage, nous utilisons les noms scientifiques des champignons, qui prêtent moins à confusion que les noms courants. Le nom de « pleurote en forme d'huître », par exemple, est donné à plus de vingt espèces différentes, chacune avec ses caractéristiques propres. A l'intérieur d'un pays, le nom d'un même champignon peut différer d'une province à l'autre, ou d'une tribu à une autre. Certains considèrent le champignon de couche comme le seul véritable champignon cultivé et estiment que tous les autres sont dangereux. Le recours à la terminologie scientifique et à l'origine de la souche, permettra à chacun de comprendre de quel champignon il s'agit.

Dans le chapitre « Commercialisation », on trouvera une liste indiquant les correspondances entre les noms scientifiques et les noms courants, les caractéristiques commerciales telles que la texture, la saveur ainsi que les marchés auxquels ils peuvent être destinés.

## CHAPITRE 1

# Biologie

Il est nécessaire d'acquérir quelques connaissances biologiques sur le champignon si l'on veut en comprendre la culture, les techniques de production, ainsi que les causes d'échecs.

Tous les champignons appartiennent au groupe des fungi, distinct des plantes, animaux et bactéries. La plupart des fungi sont constitués de cellules semblables à celles des plantes, certes, mais n'en présentent pas le caractère principal : ils n'ont pas de chlorophylle et, de ce fait, ne peuvent utiliser directement l'énergie du soleil. Ils doivent donc se développer sur des substrats contenant des matières organiques (déchets végétaux en décomposition, troncs d'arbres...).

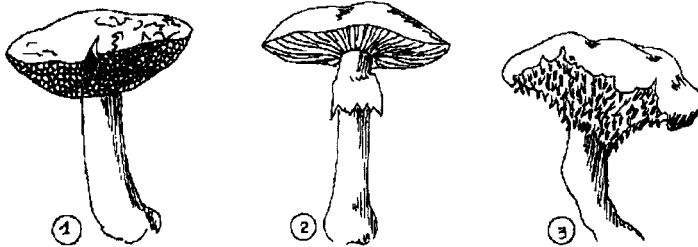
Les fungi, à l'exception des levures, forment des « hyphes », filaments ténus issus des spores. Ces hyphes se ramifient de façon à former le mycélium. Au bout d'un certain temps, elles entrent dans une phase de reproduction et forment des spores. Les structures productrices des spores les plus grandes (supérieures à 1 mm) sont appelées champignons. Dans la nature, elles constituent la partie la plus remarquable et la plus visible de l'organisme, mais il ne s'agit que de l'organe fructifère. La masse principale se trouve sous la terre ou à l'intérieur du bois. De nombreuses formes différentes ont évolué pour constituer des structures capables de produire des millions de spores et donc de multiplier les chances de développement.

La couleur des spores, la forme des lamelles, la présence d'une « volve », d'un anneau, etc., sont des caractères permettant de distinguer les champignons les uns des autres. Le mycélium ne permet pas à lui seul de déterminer à quelle espèce il appartient.

La dénomination scientifique place le nom du genre en premier avec une majuscule, puis le nom de l'espèce qui commence par une minuscule. Ainsi, *Agaricus bisporus* appartient au genre *Agaricus*. Toutes les variétés d'*Agaricus* ont des spores brun chocolat ou pourpre, présentent à l'état jeune un voile, qui forme le plus souvent un anneau sur le stipe (ou pied), et possèdent des lamelles détachées du stipe.

FIGURE N° 2

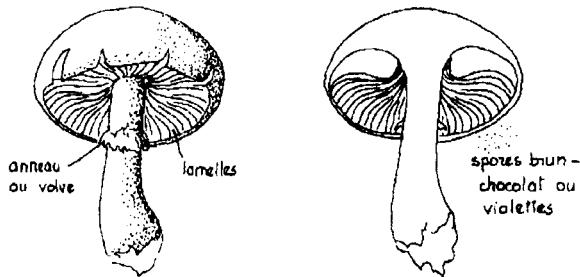
De nombreux moyens sont utilisés pour augmenter la surface et donc la capacité de libération des spores : (1) tube (*Boletus*) ; (2) lamelles (*Agaricus*) ; (3) épines (*Hydnum*).



Les espèces diffèrent à la fois sur les plans physique et chimique. Si les descendances de deux espèces sont fertiles, alors elles appartiennent à la même espèce. Une couleur différente n'indique pas que l'on a affaire à une espèce différente. S'il y a un chevauchement de caractères spécifiques d'espèces différentes, par exemple une couleur variant du blanc au bleuté, alors il s'agit probablement de la même espèce.

FIGURE N° 3

Caractéristiques du genre *Agaricus*



## 1. FONCTIONS DANS LA NATURE

Les champignons dépendent des autres organismes pour leur alimentation. Trois modes de vie peuvent être mis en évidence :

- les *saprophytes* qui dégradent des matériaux déjà morts ;
- les *parasites* qui vivent aux dépens d'organismes vivants ;
- les *symbiotiques* (ou mycorhiziens) qui vivent en association intime avec d'autres organismes.



La plupart des champignons présentés dans ce livre sont des *saprophytes*. Ils ont besoin de matière organique à décomposer. Dans la nature, ils poussent sur des feuilles mortes, des déjections animales et des débris de bois mort. Certains sont spécialisés dans la dégradation de poils de mammifères, d'autres dans celle de plumes d'oiseaux. Tous participent à la décomposition de substances complexes provenant de plantes et d'animaux morts. Ils enrichissent ainsi le substrat en minéraux et autres éléments nutritifs auxquels les plantes et les animaux vivants pourront ultérieurement accéder.

Parmi les espèces présentées dans ce livre, on peut, en gros, distinguer celles qui vivent sur un milieu composté et celles qui vivent sur un substrat de bois. Une fois le substrat spécifique décomposé par les champignons, le compost usagé peut servir d'engrais ou tout au moins améliorer la structure du sol.

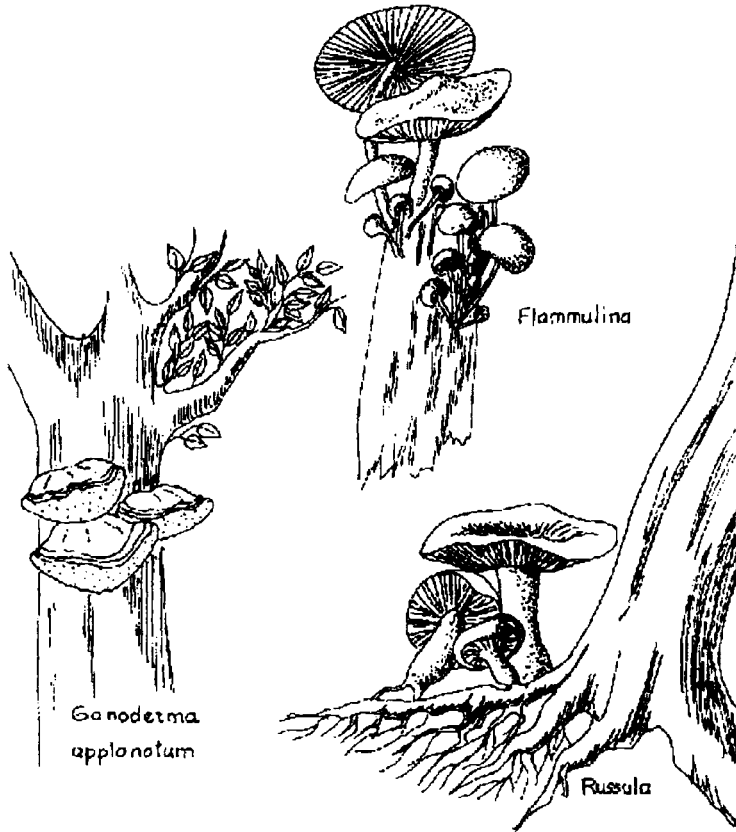
Le groupe des *symbiotiques* est très important en agriculture. Les racines de nombreuses plantes sont enveloppées par le mycélium de certains champignons ; celui-ci fournit à la plante de l'eau et des éléments minéraux, et, en retour, y puise les substances nutritives (sucres) facilement assimilables dont il a besoin. Le mycélium protège également la plante d'une façon particulière en produisant des substances antibiotiques. L'enveloppe mycélienne agit aussi comme un bouclier vis-à-vis des autres champignons (éventuellement nuisibles), et, en réduisant la teneur en sucre des racines, elle rend la plante moins sensible aux pathogènes.

Certaines espèces mycorhiziennes, fort appréciées des gastronomes, se vendent très cher ; mais leur culture s'est révélée très difficile. Leur fructification requiert un équilibre très délicat entre les éléments nutritifs et l'environnement. On ne pratique donc cette culture semi-naturelle que dans le cas des champignons les plus chers. Par exemple, on inocule du mycélium de truffe ou de matsutake à de jeunes arbres plantés dans des sites appropriés. Mais cette méthode déborde le cadre de ce livre.

Les *parasites* vivent aux dépens d'organismes vivants. L'un d'entre eux, l'armillaire couleur de miel, très apprécié, est un parasite très commun à de nombreux arbres. Il est de ce fait impropre à la culture car les arbres voisins seraient atteints.

FIGURE N° 4

Le *Flammulina* (champignon à tige de velours), pousse sur les souches d'arbres morts. Le *Ganoderma applanatum* est un parasite d'arbres. Le genre *Russula* est constitué de mycorhiziens : il vit en symbiose avec les racines d'arbres.



**a. *Termitomyces***

Les *Termitomyces* sont un bon exemple de la complexité de la nature en ce qui concerne les champignons. On les trouve souvent mentionnés dans les enquêtes de marché traitant des champignons sauvages. Il s'agit d'un champignon banal dans les pays tropicaux, souvent rencontré à proximité des termitières. Ces champignons sont généralement blancs et le diamètre de leur chapeau dépasse parfois 40 cm. On les récolte en Thaïlande, à Taïwan, au Kenya et dans de nombreux autres pays. La population locale consomme elle-même ce champignon ou bien le vend à un prix intéressant.

On les trouve plus facilement au début de la saison des pluies, lorsque les termites se déplacent vers une autre partie de la colline. En effet ces derniers rassemblent de la matière végétale, la rapportent jusqu'à leur nid. Ils mangent ainsi le mycélium des *Termitomyces* et par là même empêchent sa croissance. Lorsque les termites se sont déplacés, le mycélium des *Termitomyces* peut alors se développer librement et former des fructifications. Mais les *Termitomyces* ne sont pas les seuls champignons qui poussent dans des conditions aussi particulières. La *Xylaria* (un champignon vert) se développe sur le même substrat. La relation exacte entre les *Termitomyces*, les termites et la *Xylaria* n'est pas totalement éclaircie. Il semble que les substances nutritives soient d'abord décomposées par la *Xylaria*, à moins qu'une relation plus étroite n'existe. La complexité de l'écosystème de ce champignon est telle que personne encore n'a réussi à le cultiver.

#### **b. *Pleurotus tuber regium* (*Lentinus tuber regium*)**

Au Nigéria, la population a développé une méthode unique de culture d'une espèce particulière de pleurote. L'espèce est appelée *Pleurotus tuber regium* parce qu'elle forme des racines tubéreuses quand le mycélium rencontre des conditions défavorables (en réalité, ces tubercules devraient être appelés « sclérotés »). Il y a tant d'énergie stockée dans les tubercules que les Nigériens n'ont qu'à les planter et leur fournir suffisamment d'eau pour que les champignons se développent. Du fait qu'aucun substrat organique supplémentaire n'est nécessaire, aucune connaissance particulière concernant les exigences nutritives n'est requise. Si l'on plante un kilo de sclérotés dans une couche de substrat de 0,6 m<sup>2</sup>, on peut récolter 4 kilos de champignon. Le champignon est considéré comme pleurote, quoiqu'il s'agisse vraisemblablement du genre *Lentinus*.

## **2. CYCLE DE VIE DES CHAMPIGNONS**

Dans la nature, les champignons se multiplient en produisant des millions et des millions de spores. Quand elles atterrissent dans un environnement favorable, elles peuvent germer et se ramifier pour former le mycélium. Au bout d'un certain temps, le mycélium colonise le substrat et utilise les substances nutritives disponibles. Après épuisement d'une partie de ces substances, ou si le temps change, le mycélium entre dans une phase différente : la phase de reproduction sexuelle.

Pratiquement, dans la culture des champignons, on n'utilise pas les spores. Leur petite dimension les rend difficiles à manipuler, leurs caractéristiques génétiques sont légèrement différentes de celles de leurs parents et il leur faut de plus un certain temps pour germer. On procède donc à une culture de mycélium en conditions stériles. Ce matériau est appelé le « blanc ». Le mycélium destiné à la préparation du blanc peut être prélevé sur un champignon ou obtenu auprès de laboratoires spécialisés. Grâce au blanc, la croissance des champignons cultivés est favorisée au détriment des autres. Tout comme dans la nature, le mycélium colonise alors le substrat. C'est ce que l'on appelle couramment le temps d'« incubation » ou d'« envahissement mycélien ». Pour la plupart des espèces, la température optimale d'incubation est de 25 °C. L'environnement joue également un rôle : une forte concentration en CO<sub>2</sub> est favorable à la croissance du mycélium, mais non à sa fructification.

Après avoir colonisé le substrat, le mycélium est capable de produire des fructifications ou « carpophores ». La quantité et la qualité des carpophores dépendent de l'environnement. Les facteurs présidant à l'induction de la fructification sont les suivants :

- changement de température ;
- forte humidité ;
- carence en un élément nutritif ;
- concentration de CO<sub>2</sub> dans l'air ;
- lumière ;
- choc physique.

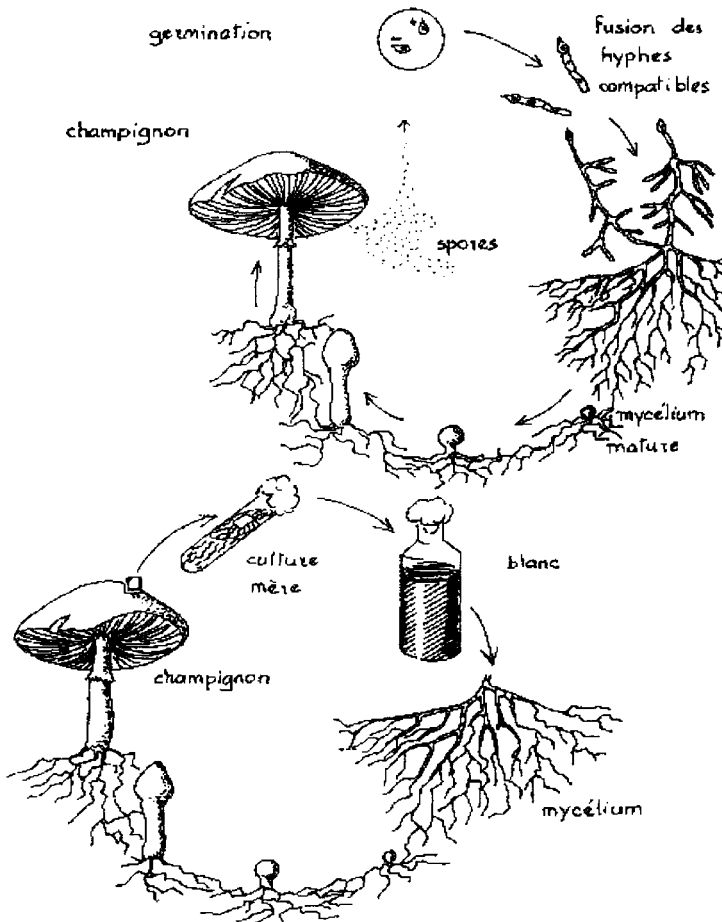
Mais un transfert d'un milieu nutritif riche à un milieu pauvre stimulera aussi la fructification. C'est en réalité la condition la plus défavorable qui va pousser le mycélium à fructifier. Par ailleurs ces facteurs varient d'un champignon à l'autre. La plupart des changements susceptibles de stimuler la fructification ont un effet négatif sur le mycélium lui-même. Il ne faut donc les mettre en oeuvre que lorsque le mycélium a envahi complètement le substrat.

Voici quelques exemples démontrant l'effet de la manipulation de ces facteurs critiques dans le but de provoquer la fructification.

Certains pleurotes (par exemple les souches de *Pleurotus ostreatus*) fructifieront correctement après avoir subi un choc thermique froid (une différence de 5 à 10 °C) à la suite de l'incubation. Il faut également diminuer la concentration en CO<sub>2</sub>. La croissance mycélienne peut se faire dans l'obscurité, tandis que la fructification demande un minimum de lumière.

FIGURE N° 5

Cycle de vie, d'un lardage au lardage suivant. Les cultures de tissu sont isolées à partir d'un champignon et propagées sur un substrat approprié. Lorsque ce substrat est complètement envahi, il est utilisé dans la culture des champignons.



Les champignons de couche ont besoin, pour fructifier, d'une couche de terre de couverture, le « gobetage », pauvre en substances nutritives et placée à la surface d'un compost riche. De plus, il faut diminuer la température et la concentration en  $\text{CO}_2$ , et intensifier l'arrosage.

Les rondins de bois complètement colonisés par le mycélium de shiitake sont immergés dans l'eau pendant un ou deux jours et subissent ainsi un choc physique afin de stimuler leur fructification. Le choc libère le  $\text{CO}_2$  captif.

### 3. VALEUR NUTRITIVE ET USAGE MÉDICAL

#### a. Valeur nutritive

Les champignons ont été depuis toujours considérés comme un aliment à part. Les chroniques chinoises et japonaises indiquent que le shii-take était ramassé dans la nature par les paysans, qui le remettaient aux empereurs sous forme de tribut. Les Romains mangeaient des champignons lors d'occasions particulières et les Indiens du Mexique utilisaient des champignons hallucinogènes pour leurs cérémonies religieuses, de même que les hippies dans les années 60. Dans certaines civilisations par contre, tous les champignons étaient considérés comme dangereux, des cadeaux empoisonnés du Démon. De nos jours, le déplacement régulier de millions de gens, avec leurs habitudes alimentaires particulières, a généralisé la popularité des champignons. La saveur des champignons est abordée plus loin dans le chapitre sur la commercialisation.

La valeur nutritive d'un produit devrait être évaluée en relation avec le menu complet. Rien n'est bon en soi pour la santé, c'est la combinaison des différents aliments qui peut s'avérer équilibrée ou déficiente en micro éléments, vitamines ou protéines.

Les champignons sont considérés comme une nourriture saine en raison de leur faible teneur en matières grasses, leur teneur relativement forte en « bonne protéine » (sur la base du poids sec), leurs vitamines (B1, B2, C) et leurs minéraux. En outre, plusieurs espèces ont une action efficace sur la pression artérielle, les tumeurs et les virus. Il est important de briser les parois cellulaires pendant la préparation de la nourriture et de mâcher consciencieusement afin de faciliter la digestion.

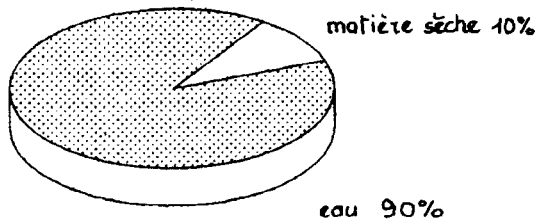
#### ■ *Protéine*

On calcule la teneur en protéine en déterminant le taux d'azote et en multipliant cette valeur par 6,25. Ce faisant, on émet l'hypothèse que l'azote est présent uniquement sous la forme de protéine. Pourtant on trouve un peu d'azote dans les parois cellulaires (chitine). Une approximation de la teneur réelle en protéine est donnée par le facteur :  $70 \% \times 6,25 = 4,38$  plutôt que le facteur habituel de 6,25.

Bien que souvent présentés comme une source intéressante de protéine, les champignons ont en réalité une teneur en protéine plutôt faible, habituellement de 3 à 4 % de leur poids frais, la teneur en eau étant en général de 9 %.

FIGURE N° 6

Diagramme de composition du champignon : matière sèche (10 %) et eau (90 %).



Si l'on considère la teneur en protéine de la matière sèche, on s'aperçoit que les champignons contiennent de 19 à 35 % de protéines ; c'est-à-dire moins que le soja (39 % du poids sec), mais plus que le riz, les oranges et les pommes. La valeur des protéines est déterminée par le type d'acides aminés qui les constituent. Les champignons contiennent tous les acides aminés essentiels, de même que les acides aminés et amides non essentiels les plus courants. Cela est très important en alimentation car lorsqu'un ou plusieurs acides aminés essentiels n'existe pas en quantité suffisante, l'utilisation de tous les autres est diminuée dans la même proportion. Les protéines animales sont généralement mieux équilibrées que les protéines végétales. Par exemple les graines de céréales contiennent peu de lysine, acide aminé essentiel le plus abondant dans les champignons. De ce fait, les champignons constituent un supplément intéressant dans les régimes alimentaires.

#### ■ Corps gras

Le tableau de la page suivante indique que la teneur en corps gras par rapport au poids sec varie dans une fourchette de 1 à 8 %, pour une moyenne de 4 %. Les acides gras non saturés représentent au moins 72 % de la teneur totale en matières grasses, sous forme principalement d'acide linoléique. Les acides saturés qui abondent dans les graisses animales sont jugés dangereux pour la santé. Au contraire, les champignons sont considérés comme un aliment très sain, en raison de cette forte teneur en acides linoléiques.

#### ■ Vitamines et minéraux

Les champignons sont une bonne source de vitamines comme la thiamine (vitamine B1), la riboflavine (vitamine B2), la niacine, la biotine, et l'acide ascorbique (vitamine C). Les champignons en général contiennent en quantité significative du phosphore, du sodium, du potassium et, en proportion moindre, du calcium.

**TENEUR EN VITAMINES DES CHAMPIGNONS (TIRÉ DE ELI V. CRISAN ET ANNE SANDS, DE CHANG ET HAYES, 1978)**

	THIAMINE	NIACINE	RIBOFLAVINE	ACIDE ASCORBIQUE
Agaricus bisporus	1,1	55,7	5,0	81,9
Auricularia polytricha fraîche	0,2	1,6	0,9	aucune donnée
Auricularia polytricha sèche	0,2	4,7	0,6	0
Flammulina velutipes	6,1	106,5	5,2	46,3
Lentinus edodes frais	7,8	54,9	4,9	0
Lentinus edodes séché	0,4	11,9	0,9	0
Espèces Pleurotus	1,16-4,80	108,7	4,7	0
Volvaria volvaca	0,35-1,2	64,88-91,9	1,63-3,30	20,2

■ *Hydrates de carbone et fibres*

Dans un régime équilibré les fibres doivent être présentes dans une proportion importante. Dans notre société moderne, certains aliments très raffinés (par exemple le pain blanc) contiennent peu de fibres. L'apport de champignons frais contenant une proportion relativement importante de fibres et d'hydrates de carbone compense ce déficit.

**COMPOSITION DES CHAMPIGNONS**

LES VALEURS CI-DESSOUS CONCERNENT LE POURCENTAGE DE POIDS SEC, À L'EXCEPTION DE LA TENEUR INITIALE EN EAU (EXPRIMÉE EN TENEUR EN EAU / POIDS TOTAL X 100 %) ET LA VALEUR ÉNERGÉTIQUE EN KCAL. (ADAPTÉ DE ELI V. CRISAN ET ANNE SANDS, DE CHANG ET HAYES, 1978, ET BANO ET AL, MUSHROOM JOURNAL FOR THE TROPICS, 1 (3) 6, 1981).

ESPÈCES	TENEUR EN EAU INITIALE (%)	PROTÉINES BRUTES N x 4,38	CORPS GRAS	HYDRATES DE CARBONE		FIBRES	CENDRES	ÉNERGIE (EN KCAL/100 G. DE MATIÈRE SÈCHE)
				TOTAL	SANS AZOTE			
Agaricus bisporus	88-90	24-34	1.7-3.1	51.3-62.5	44.0-53.5	8.0-10.4	7.7-12	328-368
Auricularia polytricha	89.1	4.2-8.7	0.9 69.7	79.9-93.2	68.0-82.9	2.5-21.6	0.9 66.7	347-391
Flammulina velutipes	89.2	17.6	1.9	73.1	69.4	3.7	7.4	378
Lentinus edodes	90-91.8	13-17	4.9 68.0	67.5-78.0	59.5-70.7	7.3-8.0	3.7 67.0	387-392
<b>Pleurotus</b>								
salminostromaticus (Pleurotus eous)	92.2	25.0	1.1	59.2		12.0	9.1	261
Pleurotus ostreatus (var. florida)	91.5	27.0	1.6	58.0	-	11.5	9.3	265
Pleurotus ostreatus	73.7-90.8	10.5-30.4	1.6-2.2	57.6-81.8	48.9-74.3	7.5-8.7	6.1-9.8	345-367
Pleurotus sajo-caju	90.1	26.6	2.0	50.7	-	13.3	6.5	300
Vovariella volvaca	89.1	25.9	2.4	nd	45.3	9.3	8.8	276



## b. Usage médical

Les champignons inférieurs sont une source de médicaments importants, tels les antibiotiques tirés du *Penicillium* (contaminant courant dans la culture de champignons). Les champignons supérieurs sont beaucoup moins utilisés. Cependant en Asie, on produit des médicaments issus des carpophores de ces champignons. La plupart des extraits médicinaux de champignons sont des polysaccharides. Bien que leur composition soit différente, ils possèdent un dénominateur commun. Tous renforcent le système immunitaire, avec peu ou pas du tout d'effets secondaires. Un polysaccharide tiré du *Lentinus edodes*, la lentionine, est vendu de façon courante au Japon avec beaucoup de succès.

Une recherche importante dans ce domaine est effectuée en Chine continentale. Parfois c'est le mycélium qui est utilisé, mais les fructifications sont jugées meilleures. Les rapports chinois attribuent les effets suivants à divers champignons :

- *Hericium erinaceus* : il stimule les défenses immunitaires, fortifie les patients après une opération et inhibe les tumeurs de type Ehrlich. Indications : ulcère de l'estomac, ulcères duodénaux, gastrites chroniques. Des pilules sont aujourd'hui disponibles, ainsi que des préparations pour boissons douces.

- *Ganoderma lucidum* : un extrait de mycélium diminue l'excitation du système nerveux. Une expérience a montré aussi que des souris résistent mieux à un manque d'oxygène, etc. Indications : neurasthénie, bronchite chronique et maladie de l'artère coronaire. La plupart des patients dorment mieux, se sentent en meilleure forme et ont meilleur appétit après l'absorption de pilules de *Ganoderma*. La résistance à la fièvre et au rhume commun est meilleure. L'injection de poudre de spore s'avère efficace pour traiter la malnutrition progressive des muscles et l'atrophie musculaire. Les tablettes sont efficaces pour prévenir et guérir le manque d'adaptation à l'altitude.

- *Lentinus edodes* : des expériences montrent que les polysaccharides augmentent l'indice d'élimination du carbone et le taux de cellules T du système immunitaire des souris saines ou porteuses de tumeurs. Ils augmentent la demi-valeur de l'haemolysine, inhibent la croissance des sarcomes chez les souris. Indications : le polysaccharide renforce les défenses immunologiques ; on peut l'utiliser pour guérir l'hépatite virale, et diverses maladies causées par une déficience immunitaire. Par ailleurs, on dit qu'il protège le foie. Il est également associé à la chimiothérapie pour traiter les tumeurs. Effets secondaires : la coagulation du sang peut diminuer, d'où un risque pour les personnes souffrant d'hémorragie.

- *Tremella fuciformis* : augmente le taux de survie de souris irradiées aux rayons gamma ; active le recouvrement du mécanisme de production du sang de la moelle ; augmente l'activité des lysozymes dans la pituite bronchiale de patients atteints de bronchite chronique.

(Tiré de Yang et Jong, Mushroom science 12, 1989)



**CHAPITRE 2**

# Substrat

Le substrat est le matériau sur lequel pousse le mycélium.

Les propriétés du substrat déterminent quels champignons ou quels microbes peuvent s'y développer. L'environnement joue aussi un rôle important ; c'est l'association des conditions internes au substrat et les conditions d'humidité de l'air, de ventilation, d'ombre ou de soleil, de température, qui déterminent la possibilité de croissance du mycélium. Quelques champignons peuvent s'adapter à une large gamme de substrats, tandis que d'autres sont très sélectifs. Certains pleurotes, par exemple, poussent sur le bois de presque tous les feuillus, tandis que le shii-take requiert des arbres plus spécifiques pour se développer. La sélectivité du substrat se définit par l'adéquation du substrat aux besoins du champignon cultivé et son inadéquation aux autres organismes. La sélectivité dépend :

- des substances nutritives présentes ;
- du pH ;
- de l'activité microbienne ;
- de l'aération ;
- de la teneur en eau, ou plus exactement de l'activité en eau disponible.

Plus il y a de substances assimilables disponibles, plus le rendement en champignons est élevé. Mais le risque de contaminations augmente également ; s'il est élevé, il peut être préférable d'ajouter moins de substances nutritives : on obtiendra un rendement plus faible mais moins d'infections.

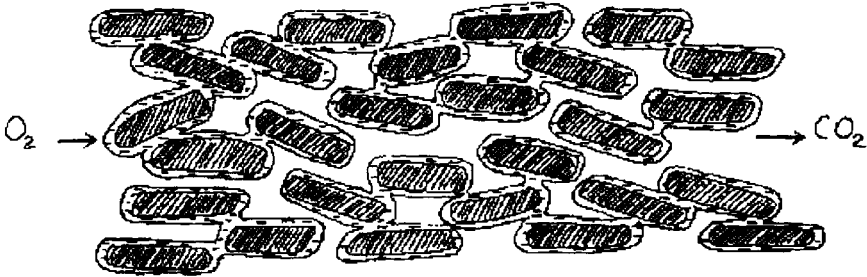
## **1. COMPACTÉ, TENEUR ABSOLUE EN EAU ET CAPACITÉ DE RÉTENTION EN EAU**

Si le substrat est trop dense ou trop aéré, le mycélium le colonisera difficilement. S'il n'est pas assez tassé, il faudra au mycélium plus d'énergie pour atteindre le brin suivant de sciure ou de paille. S'il est trop tassé,

le mycélium ne peut pas respirer : il a besoin d'oxygène et dégagera du gaz carbonique. Une concentration trop faible en  $O_2$  et trop forte en  $CO_2$  ralentira son taux de croissance. Une bonne aération est donc indispensable.

FIGURE N° 7

Chaque particule d'un substrat est entourée d'une pellicule d'eau. Il faut que la structure du substrat permette l'aération.



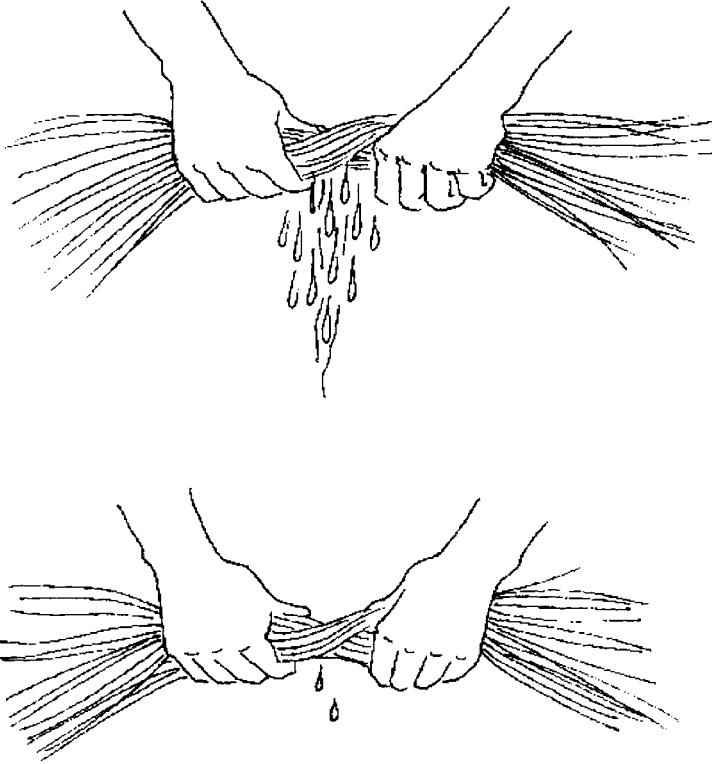
On peut appliquer pratiquement le même raisonnement à la teneur en eau du substrat. Une trop forte teneur en eau bloque la circulation de l'air. Une teneur trop faible arrête la croissance par manque d'eau. En conditions anaérobies, les microbes qui se développent produisent des odeurs nauséabondes. Ils peuvent aussi engendrer des substances toxiques au cours de leur croissance.

Ce n'est pas, en réalité, la teneur en eau qui importe mais son activité. Chaque particule du substrat est enveloppée d'un film d'eau particulièrement important car c'est là que l'activité microbienne est la plus intense. Cette eau est à la disposition des microbes, c'est pourquoi on l'appelle « eau libre ». Mais sa disponibilité est influencée par sa valeur osmotique : si de nombreuses molécules sont dissoutes dans l'eau (par exemple sucre ou sel), il ne reste qu'une faible quantité d'eau disponible. Ce principe est utilisé dans la conservation des aliments en saumure ou en confiture.

La teneur en eau donne la quantité totale d'eau. Mais une fraction seulement de cette eau est utilisable par le mycélium. C'est pourquoi l'activité de l'eau libre est une meilleure mesure. Elle doit être évaluée en rapport avec la capacité de rétention en eau. Une sciure très fine peut contenir plus d'eau qu'une autre plus grossière.

**FIGURE N° 8**

Test d'essorage : si beaucoup d'eau ruisselle de la paille, elle est certainement trop humide. Une légère pression ne devrait libérer que quelques gouttes. Le même test peut aussi être réalisé avec de la sciure : prendre une poignée de sciure et la presser fortement.



En fait, ce simple test d'essorage indique la pression qui est nécessaire pour recueillir quelques gouttes d'eau à partir d'une poignée de substrat. Si la dimension des particules constituant le substrat et leurs caractéristiques sont à peu près constantes, alors une certaine teneur en eau se traduira pratiquement par une activité en eau libre équivalente. L'activité de l'eau sera en équilibre avec l'humidité relative à la surface du substrat.

## **2. ACIDITÉ D'UN MILIEU**

La plupart des champignons cultivés préfèrent se développer dans un milieu légèrement acide. Le pH, qui mesure l'acidité, peut chuter forte-

ment pendant la croissance du mycélium, indiquant une augmentation sensible de l'acidité. Ainsi le mycélium de shii-take sur rondins de bois, provoque une chute du pH de 5 à 3,8. Les substances tampons les plus couramment utilisées pour obtenir un pH correct dans le substrat sont le gypse et la chaux.

La mesure de la valeur du pH du substrat devrait être effectuée très régulièrement. Pour cela, prendre un échantillon représentatif du substrat de 5 à 10 g et le placer dans de l'eau distillée. L'écraser et bien le mélanger à l'eau. Pour déterminer le pH de cette solution on peut utiliser des papiers indicateurs de pH ou un pH-mètre électrique. Le papier indicateur contient un certain nombre de substances qui changent de couleur selon les valeurs du pH. En comparant le papier, mouillé par la solution, à une table de couleurs, on en déduit facilement le pH. Les pH-mètres électriques sont plus chers ; un petit pH-mètre de poche, commode, coûte environ 50 \$ US. Rappelons que les sondes de mesure doivent toujours être calibrées à l'aide d'une solution tampon.

Il ne faut surtout pas considérer le pH comme une mesure en tant que telle. Elle peut être une indication de l'activité microbienne, due à une pasteurisation ou un conditionnement incorrects du substrat. Si tel est le cas, essayer d'augmenter le pH en ajoutant une solution tampon (craie) ne résoudra rien.

### **3. MÉLANGE**

Généralement, le substrat est constitué de plusieurs substances qui doivent être réparties d'une manière très homogène. S'il se produit des agrégats dans lesquels la concentration en éléments nutritifs est très importante, ils deviennent alors bien plus sélectifs pour les contaminants. Il est aussi indispensable que le mycélium soit parfaitement réparti. Le mycélium ne peut utiliser efficacement les suppléments que s'ils sont facilement accessibles. Il en est de même pour l'humidité qui doit être équitablement disponible en tout point du substrat. Dans la culture de shii-take sur substrats pasteurisés, on a remarqué qu'une contamination par des moisissures vertes se produisait aux endroits où l'humidité était excessive. En découpant l'enrobage en plastique, on permettait à l'excès d'eau de s'évaporer et le mycélium de shii-take pouvait alors croître par dessus les zones contaminées.

#### 4. FERMENTATION

Pour certaines espèces (principalement *Agaricus*, mais aussi parfois *Volvariella* et *Pleurotus*), le substrat n'est utilisable que s'il a préalablement fermenté. Si on « larde » (onensemence) le substrat frais non fermenté, la chaleur produite par l'activité microbienne risque de tuer le mycélium. La fermentation engendre une décomposition de la matière organique et renforce la sélectivité du substrat pour le champignon cultivé. Puis on lui fait subir un traitement thermique et il peut seulement alors être ensemencé. Un substrat optimal est sélectif pour le champignon choisi. C'est-à-dire qu'il est le plus adapté à ce type de champignon mais ne convient pas aux autres.

Pour obtenir une bonne fermentation, la dimension des tas de substrat est importante. S'ils sont trop petits, la température n'atteindra pas le niveau requis. De plus, les résidus solides ont une faible conductivité thermique. Cela signifie que, même si la température à l'intérieur atteint 60 à 80 °C, l'extérieur du tas restera relativement tiède. Il faut donc retourner le tas, le coeur devant se retrouver à l'extérieur et réciproquement.

#### 5. TRAITEMENTS À LA CHALEUR

La plupart des substrats sont soumis à un traitement par la chaleur. C'est une mesure indispensable de protection contre les insectes et les maladies. Différents types de traitement thermique peuvent être employés dans la culture des champignons :

- la stérilisation à haute pression ;
- la stérilisation à basse pression ;
- la pasteurisation à la vapeur ou par immersion en eau chaude.

##### ■ *Stérilisation*

Elle élimine du substrat tous les organismes vivants. Elle demande beaucoup d'énergie et nécessite des matériels spécifiques tels que des emballages stériles, un autoclave spécial pour le blanc commercial, une chaudière à vapeur haute pression. Il faut en effet de la pression pour atteindre la température de 121 °C. Certains organismes peuvent survivre à un traitement à 100 °C et se développer très vite sur les milieux utilisés pour la culture, comme la gélose ou le grain. Ils contamineraient alors

les milieux et les rendraient inutilisables. Pour la production du blanc et des cultures pures, il est absolument nécessaire de stériliser. Les sacs en plastique se fendront plus facilement s'ils ont été stérilisés sous pression.

■ *Semi-stérilisation*

Celle-ci nécessite une chaudière à vapeur moins onéreuse car on a besoin de moins de pression. Selon la sélectivité du substrat, la semi-stérilisation peut constituer un contrôle efficace des contaminants. De nombreux champignons qui dégradent le bois peuvent être cultivés à la suite d'une stérilisation complète ou d'une semi-stérilisation des substrats.

Quand les producteurs ont la qualification et les moyens requis (comme à Taïwan), ils stérilisent le substrat s'ils veulent seulement cueillir quelques volées. Une température plus élevée dégrade le substrat, le rendant mieux accessible au mycélium. Quand ils veulent obtenir plus de volées sur un cycle de culture plus long, ils préfèrent adopter la semi-stérilisation.

■ *Pasteurisation*

Elle a pour objectif de supprimer les organismes indésirables mais aussi de garder en vie ceux qui sont utiles. Pour atteindre ce but, il faut maintenir une température de 60 à 70 °C pendant une certaine durée. La plupart des ennemis et des maladies sont éliminés à de telles températures. A la suite d'une pasteurisation à la vapeur, on effectue souvent un conditionnement.

■ *Immersion en eau chaude*

Il s'agit d'une forme de pasteurisation, qui est tout de même différente de la pasteurisation à la vapeur. L'eau chaude entraîne avec elle les sucres assimilables, et en même temps détruit les contaminants. La pulpe de café et la paille de riz peuvent être traitées par cette méthode pour la culture de *Pleurotus*. Cette méthode est, par ailleurs, très simple puisqu'il suffit d'eau chaude, de conteneurs et de systèmes pour maintenir l'eau à la même température.

■ *Conditionnement*

L'objectif est de créer un environnement convenable pour le champignon désiré en favorisant la croissance d'organismes thermophiles (qui aiment les hautes températures), tels que certains champignons inférieurs



du groupe des Actinomycètes. Ceux-ci vont transformer les sucres assimilables et décourager ainsi la croissance de concurrents qui n'auront plus les substances nutritives adéquates. La durée du conditionnement dépend de la concentration et du type de substances nutritives à transformer. La température usuelle est de 48 °C. Cette méthode est utilisée pour la culture de *Pleurotus* sur paille de blé et rafles de maïs, et de *Lentinus* sur rafles de maïs. Le substrat pour *Agaricus* doit d'abord avoir fermenté, puis être pasteurisé et conditionné.



**CHAPITRE 3**

# Blanc, croisement et conservation des souches : généralités

## 1. BLANC

Dans la nature, les champignons se multiplient en libérant des spores. Celles-ci, extrêmement petites, sont difficiles à manipuler ; elles sont, de plus, assez longues à germer, de sorte que des champignons concurrents pourraient se développer plus rapidement. C'est pourquoi, on inocule dans le substrat une culture pure du mycélium désiré, afin de le favoriser par rapport aux autres. Ce procédé est appelé « lardage » et la culture pure porte le nom de « blanc ».

Au début de chaque cycle, il faut démarrer avec du blanc frais. Si l'on utilise du mycélium âgé (qui a déjà produit des champignons), tous les contaminants présents seront inoculés en même temps que le mycélium du champignon à cultiver et compromettront la culture. Par ailleurs, lorsque le mycélium vieillit, une dégénérescence se produit ; en effet, les propriétés génétiques des micro-organismes changent à un rythme rapide. Les souches hybrides *d'Agaricus*, par exemple, sont instables. C'est pourquoi le blanc doit chaque fois être préparé à partir du mycélium de champignons sains, ou d'une culture pure provenant d'une collection de cultures. (Se reporter aussi aux annexes : « Collections de cultures » et « Conservation du blanc »).

La fabrication du blanc exige une technologie délicate. Si l'on utilise un blanc contaminé par des bactéries ou d'autres champignons, on ne produira pas de champignons, même si la préparation du substrat et les conditions de culture sont correctes.

Dans de nombreux pays, la production de blanc est le facteur limitant de la culture des champignons, car elle requiert un laboratoire stérile et

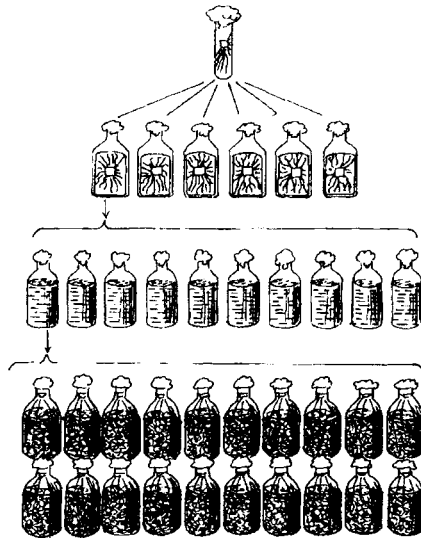
des connaissances bien spécifiques. L'équipement le plus coûteux est généralement l'autoclave (c'est un conteneur en métal dans lequel la pression peut atteindre au moins une atmosphère). Ce type d'équipement est couramment disponible dans les hôpitaux, stations de recherche et universités. Pour des entreprises à très petite échelle, des cocottes-minute à haute pression peuvent être utilisées.

Au début, on pourra se procurer le blanc auprès d'une université. Plus tard, si de plus grandes quantités de blanc sont nécessaires, il faudra prévoir l'installation d'un producteur de blanc.

Certaines entreprises qui produisent de la bactérie *Rhizobium* pourraient être intéressées par la production de blanc. En effet la production de la bactérie *Rhizobium* est très semblable à celle du blanc. Rappelons que cette bactérie colonise les racines de certaines plantes comme le soja ou le maïs, et produit de l'azote. Des programmes de *Rhizobium* sont aujourd'hui mis en place en Bolivie, au Zimbabwe, et ailleurs. Les producteurs de cette bactérie pourraient s'intéresser à la fabrication de blanc pour diversifier leurs activités. Cela impliquerait quelques adaptations techniques, puisque le *Rhizobium* a besoin de moins d'aération que le mycélium de champignons comestibles.

FIGURE N° 9

A partir d'une seule culture on peut inoculer six bouteilles (type bouteille de whisky). Chacune de ces bouteilles permet d'inoculer dix bouteilles de cultures mères de blanc, et chaque bouteille de ces cultures mères sert à son tour à l'inoculation de vingt bouteilles de blanc sur sciure.



La figure précédente présente un exemple, parmi d'autres, des étapes essentielles de la fabrication du blanc. Il est possible d'utiliser une culture mère pour inoculer des bouchons de bois, des bâtonnets, du grain ou de la sciure. Il s'agit d'obtenir un mycélium non contaminé du champignon choisi et ayant une croissance vigoureuse. Il faut préserver la pureté de la culture pendant les transferts, en travaillant sur milieux stérilisés et en conditions aseptiques. La vigueur du mycélium est influencée par l'origine de la souche, les matières constituant le substrat, la durée et la température de stockage.

## 2. GÉNÉTIQUE ET HYBRIDATION

Les souches commerciales sont issues des cultures de tissu de champignons sauvages. Il faut souvent ramasser des souches sauvages nombreuses et variées pour en obtenir une seule destinée à la commercialisation. Le rendement des champignons d'origine sauvage est généralement faible. On effectue donc une sélection afin de trouver des souches donnant des rendements suffisants.

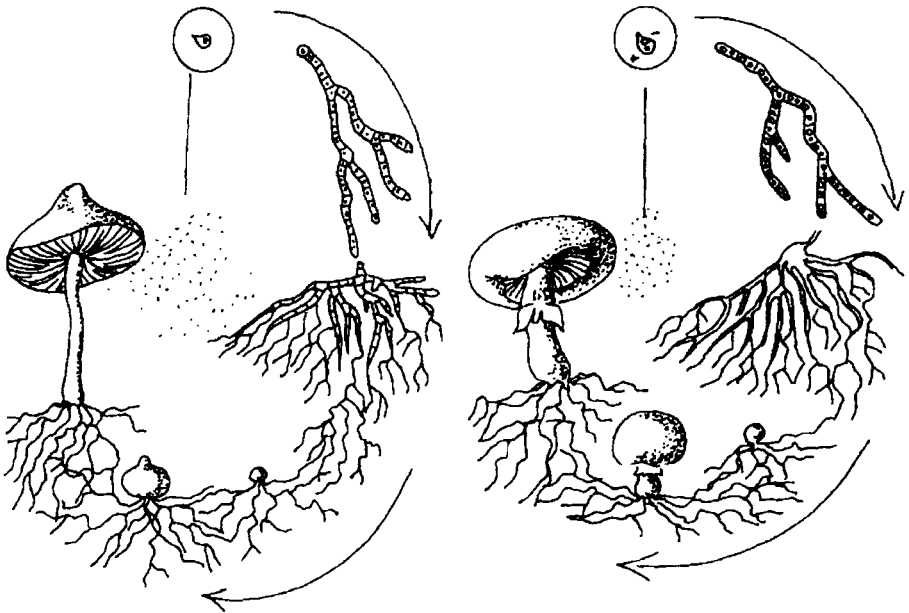
Lorsque les souches sont issues de différents instituts, il est parfois difficile de savoir si elles sont vraiment différentes. Il arrive aussi qu'une souche performante soit distribuée par les producteurs de blanc sous plusieurs noms. Certaines techniques de pointe utilisent l'analyse des isoenzymes ou des fragments d'ADN pour déterminer la variabilité génétique des différentes souches. L'avantage de ces techniques est que des marqueurs génétiques peuvent être associés à des caractères commerciaux. Mais de telles expériences ne peuvent être réalisées que dans des laboratoires équipés.

Un moyen simple de distinguer si deux souches de *Lentinus edodes* n'en forment qu'une seule, est d'inoculer une boîte de Pétri avec les deux souches. Si le mycélium des deux souches pousse entremêlé, il s'agit de la même souche. Si les souches sont différentes, il se formera une zone distincte entre les deux mycéliums. Par cette méthode, on peut identifier 90 % des souches de shii-take mais pas celles de *Pleurotus*.

Par le croisement de plusieurs espèces, on peut associer diverses caractéristiques favorables. Pour l'hybridation, c'est le type sexuel du champignon qui doit être pris en compte. Les champignons étudiés dans ce livre présentent des modes de reproduction sexuelle différents : certains forment des mycéliums fertiles à partir d'une seule spore, tandis que d'autres ont besoin de deux spores compatibles. Les champignons dont le mycélium

est issu d'une seule spore sont dits homothalliques. On en distingue deux sortes : primaire et secondaire. Dans l'homothallisme primaire, une seule spore uninucléée intervient. Dans le type secondaire, les spores possèdent au moins deux noyaux.

**FIGURE N° 10**  
Cycle de vie de *Volvariella* (à gauche)  
comparé à celui d'*Agaricus bisporus* (à droite)

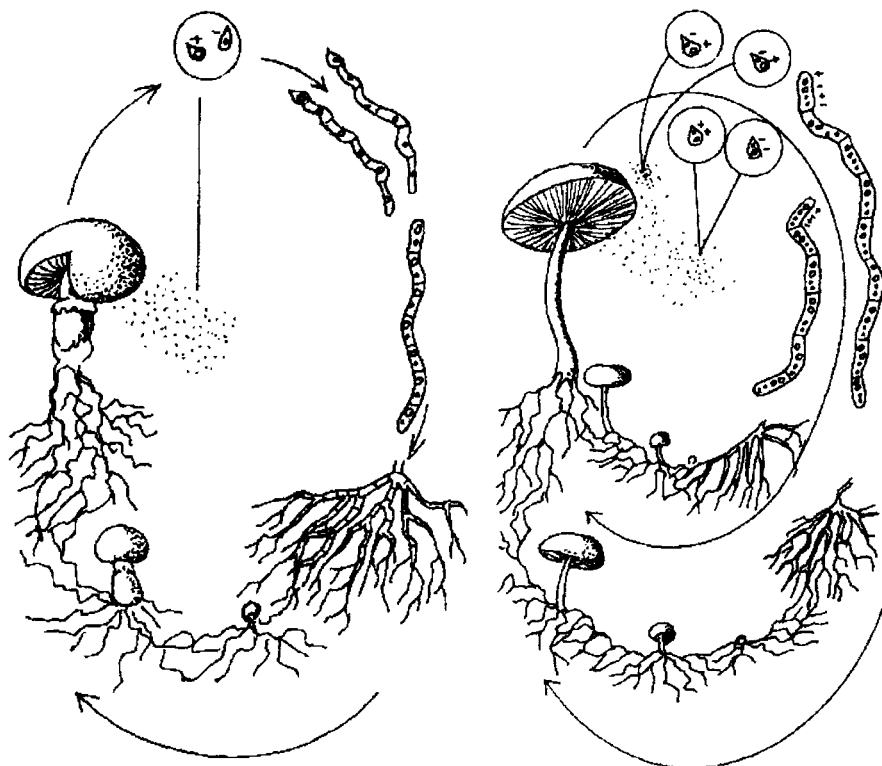


L'hétérothallisme fonctionne différemment. Le mycélium issu d'une seule spore (mycélium monocaryotique) doit fusionner avec le mycélium provenant d'une spore compatible. Le système de fusion peut nécessiter un facteur de compatibilité (unifactoriel) ou deux (bifactoriel).

Les espèces hétérothalliques sont plus faciles à croiser que les espèces homothalliques, car il est relativement facile de séparer des spores provenant de différentes souches et de les laisser fusionner. Des techniques spéciales ont donc été mises au point pour croiser aussi des espèces homothalliques telles qu'*Agaricus bisporus*, étant donné son importance économique.

FIGURE N° 11

Cycle de vie d'*Agaricus bitorquis* et de *Lentinus edodes*



**LISTE DES CHAMPIGNONS ET DE LEURS CARACTÉRISTIQUES SEXUELLES**

<i>Volvariella volvacea</i> :	homothallique primaire
<i>Agaricus bisporus</i> :	homothallique secondaire
<i>Agaricus bitorquis</i> :	hétérothallique unifactoriel
<i>Auricularia auricula</i> :	hétérothallique unifactoriel (probable)
<i>Lentinus edodes</i> :	hétérothallique bifactoriel
<i>Pleurotus sporus</i> :	hétérothallique bifactoriel
<i>Auricularia polytricha</i> :	hétérothallique bifactoriel
<i>Flammulina velutipes</i> :	hétérothallique bifactoriel, bien que présentant parfois des fructifications monocaryotiques
<i>Hericium erinaceus</i> :	aucune donnée disponible
<i>Tremella fuciformis</i> :	hétérothallique bifactoriel, reproduction asexuée, compliquée, impliquant à la fois des monocaryotes et des dicaryotes

**a. Sélection**

Sélectionner signifie simplement cultiver les champignons de diverses souches et les comparer. On ne tente pas de combiner leurs caractéristiques. On peut par exemple comparer les mycéliums issus de spores de parents différents selon des critères tels que taux de croissance, densité, capacité à fructifier, échelle de température de fructification, etc. Ainsi l'apparition d'un mycélium duveteux sur des souches qui sont généralement filamenteuses, avec un taux de croissance lent ou ralenti, produira généralement des souches à faible rendement. Les cultures qui ne présentent pas ces anomalies ou ces problèmes sont alors utilisées pour faire du blanc et produiront effectivement des champignons. On réalise les essais de fructification dans de petits conteneurs d'abord, puis les souches adéquates sont sélectionnées et cultivées plus tard en plus grandes quantités. Les rendements sont, bien entendu, très importants. Les autres critères de sélection sont : taille, couleur, forme, capacité de conservation, sensibilité au CO<sub>2</sub>, production de spores, etc.

**b. Croisement inter-souches et hybridation**

Le but des croisements est de combiner les caractères favorables de plusieurs souches. Une telle combinaison est appelée souvent souche hybride. Les scientifiques utilisent le terme « hybride » dans le cas de croisement de deux espèces différentes ; les fabricants de substrat ensemencé sont moins rigoureux dans leur nomenclature, et le terme est parfois utilisé dans le cas d'un croisement au sein d'une même espèce. Certains hybrides (par exemple chez *Agaricus bisporus*) sont instables et leurs cultures mères doivent être conservées sous azote liquide. Autrement elles pourraient perdre leurs caractéristiques au bout de quelques années. Le croisement peut être réalisé par inoculation d'une boîte de Pétri avec deux souches différentes et isolation du mycélium à partir des lignes de confrontation. Les chances de succès seront faibles de toute façon. Dans le cas des croisements, on utilise un mycélium monocaryotique (cellule à un seul noyau) pour obtenir un mycélium dicaryotique (cellules à 2 noyaux).

Il faut des microbiologistes spécialisés pour réaliser cette reproduction. Mais ce sujet dépasse le propos de ce livre.

**c. Conservation des souches**

Une souche cultivée de façon continue peut perdre certaines des caractéristiques génétiques qui la rendaient intéressante à cultiver. Une culture



de tissu d'une souche dégénérée donnera toujours une culture dégénérée. Il faut donc développer d'autres techniques afin de conserver les caractéristiques génétiques. Une dégénérescence cellulaire des champignons peut apparaître du fait de manque de substances nutritives, ou d'oxygène, d'une infection (par exemple par des virus), d'une modification de pH du substrat et de l'accumulation de métabolites défavorables. Ralentir la vitesse de croissance mais conserver la vigueur et la stabilité génétique du mycélium pur sont les objectifs de la préservation des souches.

Chaque centre de recherche ou fabricant de blanc devrait posséder sa propre collection de cultures. Certains préservent plusieurs milliers de souches tandis que d'autres ne préservent que les cultures qu'ils utilisent régulièrement.

Il est, bien entendu, très important d'étiqueter chaque culture correctement et de façon sûre. Autrement il est impossible de savoir de quelle souche il s'agit. Dans les grandes collections de culture sont étiquetés sur chaque tube le nom scientifique et le numéro de collection. Il leur faut pouvoir retrouver rapidement les cultures et leur rangement est donc aussi fonction du numéro de culture.

La préparation et la maintenance des collections de cultures nécessitent des connaissances spécialisées en différents domaines, tels que taxonomie ou techniques microbiologiques. Les petites entreprises ne peuvent pas conserver les cultures dans de bonnes conditions. Il leur faut obtenir leurs cultures ou leur blanc auprès d'instituts scientifiques ou de producteurs de blanc.

Plusieurs techniques de préservation des cultures ont été mises au point. Une courte description de celles-ci est présentée en annexe. Si l'on met au point un mutant avec des caractéristiques favorables (telles qu'une température de fructification plus élevée que celle de la plupart des autres souches de l'espèce, un meilleur rendement sur certains types de substrats, un temps plus court d'envahissement mycélien, etc.), il faut l'envoyer à l'une des très grandes collections mondiales de cultures. Si l'usage de ces souches est peu répandu, il faut payer un droit pour la maintenance de la culture. Il est aussi possible de stocker les souches pour un usage général. La culture peut alors être commandée par des scientifiques ou producteurs de blanc partout dans le monde. En annexe, on trouvera les adresses ainsi que quelques remarques concernant les collections de cultures.



## CHAPITRE 4

# Ravageurs et maladies

### 1. GÉNÉRALITÉS

Le faible rendement d'une culture de champignons peut provenir de mauvaises souches, de substrats impropres ou d'un environnement inadéquat, mais aussi d'insectes ou animaux ravageurs et de maladies qui peuvent affecter la culture de plusieurs façons :

- en empêchant le blanc de se développer et de coloniser le substrat (ils se nourrissent du blanc sur grain),
- en colonisant le substrat plus vite que le mycélium du champignon attendu (compétition pour les substances nutritives ou production de substances toxiques),
- en endommageant le mycélium (nématodes ou larves d'insectes), ou le champignon lui-même (par exemple en causant des taches brunes sur le chapeau).

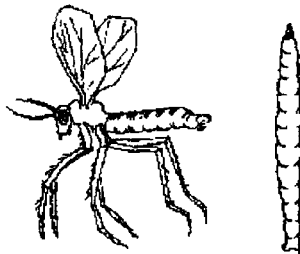
Les plus fréquentes baisses de rendement sont causées par les champignons parasites, les champignons antagonistes, les insectes, les animaux plus gros tels que limaces et rongeurs, les nématodes, les virus pathogènes, les bactéries pathogènes.

Les méthodes de lutte sont indiquées dans les chapitres spécifiques.

#### a. Insectes

**FIGURE N° 12**

Mouche sciaride et sa larve (adapté de Vandermeer, Penn State University)

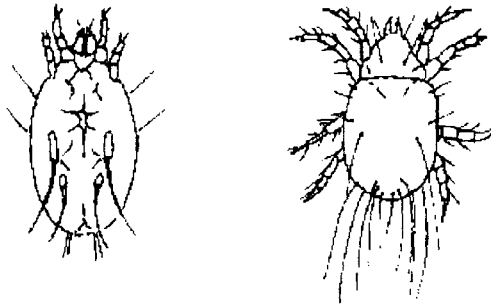


Les mouches et les moucheron sont attirés par l'odeur du substrat, du mycélium ou du champignon lui-même. Une infestation en début de culture (pendant la croissance mycélienne) peut être très dommageable, car les premières larves se nourrissent du mycélium et une seconde, troisième, voire quatrième génération attaqueront le reste de la culture. A un stade plus avancé, elles creusent des galeries à l'intérieur des champignons. Une fois que le tissu est attaqué par les mouches, une contamination par des champignons pathogènes peut facilement se produire. De plus les mouches transportent aussi des acariens et des spores de champignons compétiteurs. Pour contrôler la présence d'insectes, on utilise un morceau de plastique jaune enduit de glu. Il est alors possible de connaître le type de mouches ainsi que leur phase de développement afin de décider de l'utilisation d'un insecticide.

## b. Acariens

**FIGURE N° 13**

Il existe des milliers de types d'acariens : en voici deux espèces  
(adapté de Vandermeer, Penn State University)

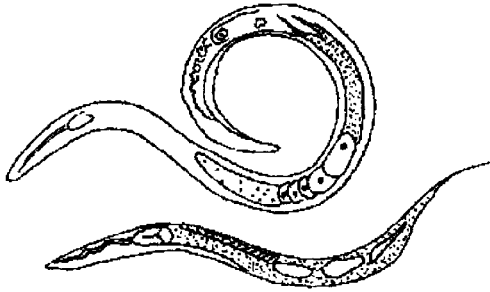


Les acariens sont de petites araignées (huit pattes), qui peuvent se nourrir de mycélium ou des champignons eux-mêmes. Quelquefois ils vivent sur d'autres champignons qui se sont développés au sein du substrat. Cela indique que le compost n'a pas été correctement préparé puisque des champignons compétiteurs ont pu s'y développer. Les acariens sont parfois si nombreux qu'ils sont une gêne pour les cueilleurs. Par ailleurs, les acariens peuvent apporter des spores de champignons non désirés dans le substrat.

### c. Nématodes

FIGURE N° 14

Nématodes (adapté de Vandermeer, Penn State University)



Il existe des millions de ces petits vers dans le sol, où ils peuvent causer la maladie de la pomme de terre. Dans le substrat ils se nourrissent de mycélium de champignon, et peuvent ainsi considérablement affecter le rendement. Certains pleurotes « attrapent et mangent » les nématodes.

### d. Champignons parasites

De nombreux champignons sont des parasites de plusieurs sortes de champignons cultivés. On peut les distinguer par la forme et la couleur de leurs sporophores ou de leur mycélium, ou bien par l'observation des symptômes qu'ils occasionnent. La plupart attaquent les chapeaux et non le mycélium. Une attaque fongique importante aboutit à la perte totale de la récolte.

### e. Champignons antagonistes

Ils concurrencent le mycélium en ce qui concerne les substances nutritives. Certains vont pousser plus vite et donc empêcher le mycélium de coloniser une partie du substrat. Ils sont dus principalement à une préparation incorrecte du substrat ou à une contamination au moment de l'ensemencement. Par exemple, une trop forte teneur en eau des rondins de bois dans la culture du shii-take est plus favorable aux champignons concurrents qu'au *Lentinus*, les premiers vont donc se développer plus rapidement.

## **f. Maladies virales**

Les virus se multiplient en modifiant le système génétique de leur hôte et en ordonnant à celui-ci de produire de nouveaux virus. De nombreux champignons sont sensibles aux infections virales et, autrefois, *Agaricus bisporus* subissait de ce fait de fortes pertes de récolte. *Agaricus bitorquis*, par contre, est résistant à ces maladies. Elles sont difficilement contrôlables, parce qu'elles se répandent en infectant les spores du champignon ; chaque spore peut donc véhiculer la contamination plus loin. Il est donc absolument impératif que le blanc ne soit pas infecté.

## **2. CONTRÔLE DES RAVAGEURS ET DES MALADIES**

Tout n'est pas si compliqué qu'il y paraît à la lecture du texte précédent. En mettant en place un certain nombre de mesures, on peut résoudre la plupart des problèmes. Il faut considérer d'abord que les champignons constituent une monoculture. Dans la nature, ils attireront toujours des consommateurs autres que les consommateurs humains. Pour les éloigner, il faut maintenir des mesures d'hygiène strictes sur les lieux de production de champignons et suivre les instructions pour la préparation du substrat et les traitements thermiques. La lutte contre les ravageurs et les maladies peut se faire à l'aide des éléments suivants :

1. *Hygiène de l'entreprise* : sa conception, le traitement thermique approprié, la filtration de l'air, des conditions hygiéniques durant l'ensemencement, la pasteurisation (seulement dans le cas d'*Agaricus*).
2. *Organisation* : une bonne organisation du travail, des vêtements propres, le nettoyage des salles et de l'équipement, une désinfection (approche intégrée au sein du programme d'hygiène de l'entreprise).
3. *Contrôle chimique* : employer des pesticides dans les conditions de sécurité, et prendre garde aux résistances à ces produits.
4. *Contrôle de l'environnement* : le maintien de conditions climatiques appropriées peut contribuer à prévenir certaines maladies. Les taches bactériennes, par exemple, peuvent être évitées par le contrôle de l'humidité.
5. *Souches résistantes* : par exemple, si, dans une culture d'*Agaricus bisporus*, une maladie virale se déclare, on peut faire pousser quelques cultures d'*Agaricus bitorquis*, résistant aux virus.

Le point le plus important est l'hygiène. Un programme d'hygiène intégré peut diminuer le coût des pesticides. Travailler d'abord sur le substrat frais et non contaminé puis sur le plus ancien, dont la récolte

peut être éventuellement contaminée. Ne ramasser les fructifications des contaminants ou des champignons malades qu'à la fin de la cueille et les saupoudrer aussitôt de sel, ou les essuyer avec un chiffon imprégné de formol. Toujours ramasser les carpophores morts, ne pas laisser les pieds coupés dans la salle de culture, et évacuer le substrat usé à distance de l'exploitation.

Essayer de prévenir plutôt que de lutter contre les ravageurs et les maladies. Placer des écrans grillagés pour arrêter les insectes et des filtres à air dans la zone de lardage.

En annexe, un tableau présente les méthodes de lutte contre un certain nombre de ravageurs et de maladies. Certains ravageurs sont très spécifiques, alors que d'autres concernent toutes sortes de champignons.





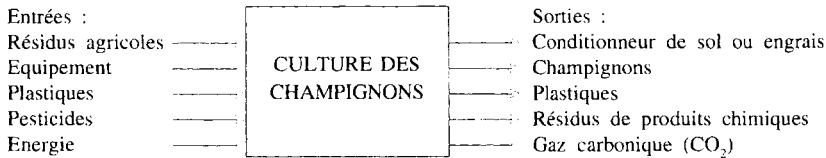
## CHAPITRE 5

# Protection de l'environnement : une approche intégrée

La culture de champignons peut être considérée comme un système d'entrées-sorties.

FIGURE N° 15

Déroulement des procédés de culture des champignons



L'utilisation de déchets agricoles et la production de conditionneurs de sol ajoutent à l'intérêt de la culture des champignons. Le compost utilisé peut être utilisé pour remplacer une partie de l'humus emporté par l'érosion. Il est évident qu'il faut retirer les plastiques avant d'épandre sur le sol le compost utilisé, mais souvent les producteurs ne s'en préoccupent pas ou l'ignorent et les plastiques « étouffent » le sol.

Les déchets plastiques peuvent être réutilisés s'ils sont tous constitués d'un même matériau. Comme il faut une certaine quantité de sacs plastique pour la culture de champignons, il est possible de maintenir une qualité constante de l'approvisionnement en plastique et de le retourner au fournisseur. Dans certains cas, on peut fabriquer de nouveaux sacs à partir des anciens, tout dépend du type de plastique. Mais dans tous les cas, il est possible de les réutiliser. Le fabricant n'aura qu'à les réduire en pièces et les laver minutieusement.

On réduit ainsi le coût de production.

## 1. PESTICIDES

Pour garantir la production, il faut parfois avoir recours à des pesticides, mais ceux-ci contribuent à la pollution, représentent un risque pour la santé et posent des problèmes pour la commercialisation. Une bonne hygiène dans une exploitation suffit à limiter leur utilisation et à éviter un grand nombre de contaminants. Une préparation correcte du substrat, une évacuation des pieds coupés et l'éloignement du compost usé contribuent à la propreté de l'exploitation. Ces pesticides devraient être accompagnés d'explications détaillées sur leur emploi. Malheureusement ce n'est pas souvent le cas car les fabricants de pesticides veulent avant tout vendre, et les indications sur l'emballage sont souvent trompeuses. La réglementation dans les pays en développement est moins restrictive que dans la Communauté européenne, aux Etats-Unis ou au Japon. Les pesticides peuvent laisser des résidus sur les récoltes quand ils sont pulvérisés à une mauvaise période. Manger de tels champignons peut être dangereux pour la santé. L'opinion publique est de plus en plus sensible aux problèmes d'environnement liés aux pesticides ; si le moindre résidu était découvert sur un champignon, les ventes s'en ressentiraient immédiatement.

La santé des producteurs est également concernée. En effet, ils ne possèdent pas toujours l'équipement de protection adéquat pour pulvériser, ce qui entraîne de sérieux cas d'empoisonnement chaque année.

Il arrive aussi que des fermiers utilisent les pesticides exactement selon les règles mais qu'ensuite ils lavent les bidons et jettent l'eau (fortement concentrée en pesticide) dans une rigole qui longe l'exploitation.

Enfin, il faut savoir les utiliser au moment opportun, sinon leur efficacité sera faible. Certains contrôles peuvent aider à déterminer s'il faut procéder ou non à un traitement. Par exemple un papier collant jaune pendu dans la champignonnière attirera les insectes et indiquera les mouches ou moucherons présents et leur stade de développement. S'ils sont en trop grand nombre, il est nécessaire d'effectuer un traitement. Il est préférable de changer de pesticide car si on emploie toujours le même produit chimique, les insectes peuvent devenir résistants.

La biodégradabilité des pesticides est très variable. Certains ne sont plus du tout admis en Europe, mais encore disponibles dans le tiers-monde. Certains sont très virulents pendant une courte période mais se dégradent rapidement. Une liste des pesticides d'usage courant est présentée en annexe.

## 2. ÉNERGIE

L'énergie nécessaire aux traitements thermiques ou au contrôle climatique provient le plus souvent de ressources conventionnelles comme le bois, le charbon, le gaz ou l'essence. La température de chauffe doit être adaptée au type d'énergie utilisée, de façon à réaliser une combustion complète. Une combustion partielle produit plus de fumée et de monoxyde de carbone, est plus polluante tout en étant moins efficace.

Les conséquences de l'utilisation de sources conventionnelles sont bien connues : le charbon produit du  $\text{SO}_2$ , les besoins en bois de chauffe réduisent rapidement les forêts et contribuent à l'augmentation globale de la concentration en  $\text{CO}_2$ . Si l'on envisage un projet à grande échelle, il faudrait considérer des sources d'énergie alternatives (renouvelables).

En particulier dans les pays tropicaux, il devrait être possible d'utiliser l'énergie solaire pour chauffer l'eau. Ceci ne produirait aucune pollution et le coût de maintenance serait réduit. L'investissement initial et le manque d'expérience n'ont pas permis jusqu'alors l'utilisation effective de l'énergie solaire à grande échelle.

De même, l'énergie géothermique est rarement utilisée. Il existe une exploitation de *Pleurotus* qui emploie ce type d'énergie en Utah (Etats-Unis), et une autre en Islande. L'eau chaude est pompée à travers de larges radiateurs équipés de ventilateurs pour chauffer les chambres, ou bien, on utilise la vapeur pour la stérilisation ou la pasteurisation du substrat. Un grand nombre de pays en développement possèdent des sources d'eau chaude ou des geysers de vapeur. L'utilisation de cette énergie serait bénéfique car elle réduit les coûts de fonctionnement et est beaucoup moins polluante que les sources d'énergie conventionnelles.

Un autre exemple d'énergie alternative est donné par le D<sup>r</sup> Martinez-Carrera, au Mexique, qui a établi un projet d'entreprise utilisant du biogaz.

## 3. UTILISATION DES SUBSTRATS USÉS

Les substrats usés peuvent être utilisés de plusieurs manières :

- comme engrais ou conditionneurs de sol (pour toutes les espèces de champignons) ;
- comme source d'énergie : soit brûlés pour chauffer (par exemple le four de séchage), soit partiellement brûlés pour donner du charbon de bois ;
- pour plusieurs cultures successives de champignons ;
- comme fourrage pour les animaux.

### ■ *Conditionneurs de sol ou engrais*

Tous les substrats peuvent servir de conditionneurs de sol ou d'engrais. Le compost usé de *Volvariella* n'est pas très actif et sert principalement de conditionneur, car il améliore la structure du sol. Tous les autres substrats enrichissent considérablement le sol. Le mycélium de champignon a réduit le rapport élevé de carbone sur azote (C/N) dans la matière première du substrat initial. Des expériences ont démontré que le compost d'*Agaricus* donne de meilleurs résultats que le fumier de poulets pour la culture du chou, du chou-fleur, des haricots et du céleri. Cependant il faut veiller à ce qu'aucun élément toxique ne soit présent dans le compost. Par exemple, les copeaux de bois peuvent contenir une proportion importante de cuivre, d'arsenic ou de chrome.

L'utilisation de compost de champignon comme engrais est une pratique courante. Il est facile de trouver des agriculteurs prêts à nettoyer une maison de culture de champignons s'ils peuvent en récupérer le compost. Habituellement, les petits producteurs de champignons répandent le compost sur leur propres champs. Mais le risque est que des contaminants de l'ancienne culture infectent le substrat neuf. Il faut donc brûler les substrats fortement infectés ou les épandre très loin du site de culture. Une pratique largement répandue est de brûler le substrat usé et de l'utiliser ensuite comme engrais.

A Porto-Rico des pépinières recueillent le compost usé de bagasse de canne à sucre pour la production de *Pleurotus*. Le substrat usé est composté encore pendant quatre à huit semaines sous plastique. Puis il est séché, ensaché et expédié aux propriétaires de pépinières.

Le compost usé contenu dans des sacs plastique devrait être répandu sur le sol sans le plastique. Cela paraît évident mais l'absence de sensibilisation à l'environnement associée à l'introduction de matériaux non biodégradables conduit fréquemment à de sérieux problèmes de déchets. Les services de vulgarisation ou l'assistance technique d'une entreprise devraient donc s'efforcer de l'expliquer aux utilisateurs de compost usé. Il serait parfaitement possible de ramasser les plastiques usagés et de les retourner aux fabricants de sacs.

### ■ *Energie*

Elle peut être obtenue à partir du substrat usé des champignons qui dégradent le bois. On peut utiliser aussi bien les troncs que les sacs de sciure pour le chauffage (simple) des chaudières à vapeur et des fours de séchage. Au préalable, sécher le substrat pour une plus grande efficacité. Les substrats séchés peuvent aussi être utilisés pour la cuisson. On peut limiter les émissions de fumée (résultat d'une combustion incomplète) en

maintenant une température élevée. Les vieux rondins peuvent être réutilisés pour produire du charbon. Au Japon, des fours spéciaux ont été mis au point, dans lesquels l'apport en oxygène est limité de façon à obtenir un charbon de bonne qualité.

#### ■ *Cultures successives de champignons*

Il existe peu de publications qui présentent des applications commerciales réelles. A Taïwan, il est de pratique courante de faire pousser de l'*Agaricus* en hiver et d'utiliser le compost usé pour la production de *Volvariella*. La maison de champignons est vidée et le compost usé est mélangé à des déchets de coton. On le laisse fermenter de 2 à 4 jours, puis on remplit de nouveau les étagères. Le substrat est pasteurisé dans les étagères et la culture est semblable à celle décrite pour l'utilisation de déchets de coton et de paille de riz. Avec cette méthode, on obtient des rendements élevés.

Le professeur Quimio a étudié l'utilisation de compost de *Volvariella*. Aussitôt après la première volée (la seconde représentant seulement 20 à 40 % du rendement total), les bottes de paille de riz sont coupées en morceaux de 3 à 6 cm. Ceux-ci sont mélangés à 20 % de son de riz ; ils subissent un traitement thermique et sont inoculés avec du *Pleurotus*. Une efficacité biologique de 60 à 100 % a été ainsi obtenue, que l'on peut comparer à celle de la paille de riz fraîche. Quand on utilise du compost usé pour des cultures successives, il est important de soumettre le nouveau mélange au traitement thermique adéquat. Sinon les contaminants présents se répandront facilement dans le nouveau substrat au moment de la croissance du blanc.

#### ■ *Fourrage pour animaux*

Bien que quelques chercheurs aient mené des travaux sur l'alimentation des ruminants, des porcs ou de la volaille à partir de substrat usé, il n'existe pas d'études disponibles sur l'application commerciale de cette possibilité. Le principe est que les champignons poussent bien sur les déchets de lignine et de cellulose, les rendent plus digestes pour les animaux, et enrichissent le substrat en protéine. Mais s'il y a contamination par d'autres champignons pathogènes, le substrat ne peut pas être utilisé. Il faudra donc, si on emploie du compost usé, s'assurer de retirer tous les sacs présentant le moindre signe de contamination. Le transport de la culture de champignons à la ferme d'élevage doit être effectué de façon que le substrat ne perde pas ses qualités en chemin. La technique de préparation du fourrage animal pourra inclure un séchage de façon à empêcher la croissance de microbes.

Aux Pays-Bas, les pieds coupés sont quelquefois utilisés dans la préparation de fourrage pour bétail. Mais on ne peut pas comparer cela au substrat usé. Il s'agit néanmoins de déchets issus de la culture des champignons. On peut de cette façon nourrir les animaux, mais il faudra s'assurer que les pieds soient encore suffisamment frais. Car du fait de leur forte teneur en eau, les pieds (comme les champignons) se détériorent facilement.

# Faisabilité, commercialisation et organisation

La viabilité économique d'une entreprise de culture de champignons dépend de nombreux paramètres variables d'un endroit à l'autre. Un tableau général récapitulant la conduite d'une étude de faisabilité est présenté dans ce chapitre.

## 1. QUESTIONS AUXQUELLES IL FAUT RÉPONDRE

Quelles sont les matières premières disponibles ?

Quelles sont les conditions climatiques ?

Quelles sont les possibilités du marché (local ou exportation) ?

Quels sont le coût de la main-d'oeuvre et la disponibilité de matériel et de blanc ?

Quels sont les moyens de contrôle du climat ?

Comment obtenir ou produire du blanc ?

Existe-t-il des structures de soutien des projets ?

Comment financer et établir un projet ?

*Les réponses à ces questions déterminent :*

- le type de champignon à cultiver ;
- la décision de produire ou d'acheter du blanc ;
- la technologie à adopter ;
- le choix d'une culture sur une base annuelle ou saisonnière ;
- l'organisation nécessaire au projet de culture de champignons.

Chaque situation est différente ; et les techniques existantes doivent être adaptées aux conditions locales. La mise en oeuvre d'une technique est pratiquement aussi importante que le choix de la bonne technologie. Il faut accorder une attention spéciale à la fabrication et au transport du blanc, aux services de vulgarisation, au tri et à la vente du produit, etc. Se reporter au chapitre 3 et 10 pour les aspects pratiques concernant le blanc.

## **2. MATIÈRES PREMIÈRES DU SUBSTRAT, CHOIX D'UN CHAMPIGNON ET D'UNE TECHNIQUE DÉTERMINÉS**

Les tableaux suivants aident à déterminer quelle espèce de champignon cultiver, sur quelle sorte de déchets et à l'aide de quelle technologie, puis à vérifier le niveau de températures favorables (dans le paragraphe suivant). Il est également possible de choisir d'abord les niveaux de températures, puis l'espèce à cultiver, enfin de sélectionner les matières premières (déchets) et la technologie (les matières des substrats qui ont produit un bon rendement sont présentées en premier). Pour de nombreux types de déchets, la technique idéale n'existe pas encore. On peut aussi utiliser d'autres déchets agricoles. La composition du substrat peut être adaptée selon la disponibilité des déchets locaux, en tenant compte des principes généraux de la préparation du substrat (porosité, capacité de rétention en eau, acidité, substances nutritives appropriées).

### **a. Culture sur rondins de bois**

Cette technique utilise des rondins d'un diamètre variant de 8 à 20 cm pour une longueur de 80 à 120 cm. Le choix de l'arbre est important. Le chapitre 11 présente la culture de trois espèces de champignons ainsi que les essences d'arbres qui conviennent.

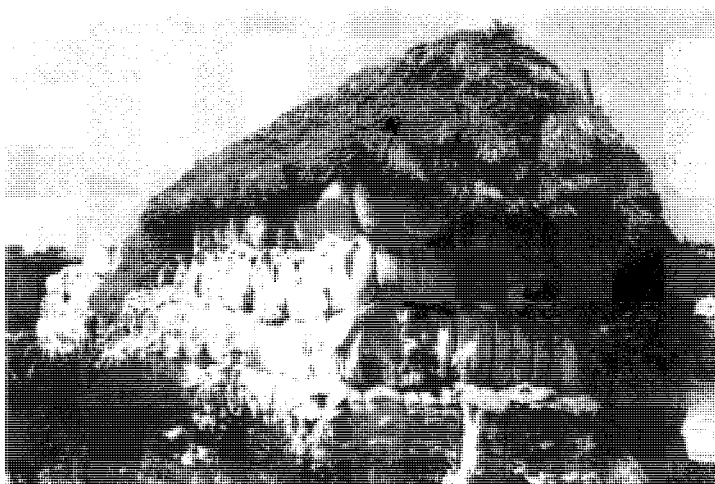
### **b. Culture sur substrat**

Il faut faire une distinction entre les matières premières et les suppléments. Il faut aussi garder à l'esprit que les matériaux organiques ont une composition qui varie d'un lieu à un autre. Ainsi, il est connu que la paille de blé d'Europe du Sud est assez différente de celle d'Europe du Nord. De même, pendant la croissance de la culture, le climat affecte la composition des déchets agricoles.



**PHOTO N° 1**

La plupart des matières premières des substrats doivent être stockées au sec : déchets de coton à Taiwan (avec l'aimable autorisation de Tari).



■ *Suppléments*

Les rendements peuvent être considérablement augmentés par l'emploi de suppléments. Vérifier quels suppléments sont adaptés au champignon à l'aide des instructions spécifiques de culture et des études de cas. Les suppléments peuvent fournir de l'azote ou des hydrates de carbone. On utilise couramment comme mesure, le rapport carbone/azote (C/N). Cela donne une idée de la proportion d'azote disponible par rapport aux hydrates de carbone. (Voir tableau pages suivantes)

**RELATIONS ENTRE L'ESPÈCE CULTIVÉE, LA NATURE DU SUBSTRAT, LA TECHNIQUE EMPLOYÉE ET LE STOCKAGE DES MATIÈRES PREMIÈRES**

2 : culture sur couches de substrats plus ou moins fermentés

3 : pasteurisés

4 : stérilisés dans de petits sacs en plastique

\* : rapport d'expériences, pas de cultures à grande échelle (pour le moment)

DÉCHETS AGRICOLES	ESPÈCES DE CHAMPIGNONS		TECHNIQUE ET STOCKAGE DES MATIÈRES PREMIÈRES
<b>Paille de riz :</b>	Volvariella	2	Sec, sans moisissure.
	Pleurotus	3	
	Agaricus	2	
<b>Paille de blé :</b>	Pleurotus	3	Sec, sans moisissure.
	Agaricus	2	
<b>Pulpe de café :</b>	Pleurotus	3,4	Sec, sans moisissure.
	Lentinus	4*	
<b>Sciure de bois :</b> (taille et espèces d'arbres étudiées aux chapitres concernés)	Lentinus	4	Sec, sans moisissure.
	Pleurotus		
	Hericium	4	
	Auricularia	4	
	Ganoderma Flammulina	4	
<b>Déchets de coton de l'industrie textile :</b> fibre courte, déchets de peigne, goutte de carde, goutte de carde 2, cheminée, déchets lourds de test, déchets lourds de bobinage, bobinage, déchets lourds d'essence de tissage numéro 4. (Les déchets de tissage sont impropres.)	Pleurotus	4	Sec, sans moisissure.
	Volvariella	2	
<b>Balles de graine de coton :</b>	Pleurotus, même sans traitement thermique.	3,4	
	Lentinus	4	
<b>Rafles de maïs :</b>	Pleurotus	3,4	
	Hericium	4	
	Lentinus	3	
<b>Déchets de distillation de grain :</b>	Hericium	4	sec

<b>Bananiers :</b>	Volvariella	2	Utiliser des feuilles mortes encore accrochées aux arbres.
<b>Fumier de cheval :</b>	Agaricus	2	Ne peut être stocké longtemps, à utiliser uniquement frais.
<b>Déchets de bagasse broyée et mélasses</b> (suppléments) de l'industrie du sucre	Pleurotus	4	
<b>Jacinthes d'eau / nénuphars</b> ( <i>Eichornia crassipes</i> ) : la jacinthe d'eau est la principale mauvaise herbe de nombreux lacs et rivières aux Philippines et au Bangladesh)	Volvariella	2	Sécher les jacinthes d'eau fraîches, garder les plantes suspendues une semaine, puis entreposer au sec.
<b>Déchets de fruits de palmier à huile :</b>	Volvariella	2	
<b>Paille de haricot :</b>	Pleurotus	3	
<b>Paille de coton :</b>	Pleurotus	3	Techniques de conservation spéciales : en silos sous conditions anaérobies.
<b>Sol de noix de coco :</b> (le sol de noix de coco est constitué par la fibre de quelques cm d'épaisseur qui recouvre la noix. Pendant la culture, la poussière se dépose entre ces couches).	Pleurotus	3*,4*	
<b>Déchets de coque de cacao :</b>	Pleurotus	4*	

Lorsque la teneur de la matière première en azote est élevée, l'addition de suppléments est faible. La teneur en azote des protéines est de 16 %. Si la teneur en protéine est connue, la teneur en azote peut être calculée (en admettant l'hypothèse que l'azote n'est présent que dans les protéines).

Mais en réalité, plutôt que la teneur totale en azote, il faudrait calculer sa disponibilité. Elle dépend de la composition et de la possibilité de son utilisation directe par le mycélium, à moins qu'elle ne doive être transformée par d'autres micro-organismes d'abord, ou qu'elle ne puisse pas être utilisée du tout. Il n'y a pas de méthode simple pour déterminer la disponibilité en azote.

La pratique a montré que les substances qui composent les déchets employés dans les diverses formules de substrat sont utilisables par le mycélium ou par des micro-organismes pendant la fermentation.

*Suppléments azotés :*

- engrais minéraux
- sulfate d'ammoniaque 21 % N
- nitrate d'ammoniaque 26 % N
- urée 46 % N

Les suppléments minéraux sont surtout utilisés dans le cas de culture sur substrat fermenté. Le sulfate d'ammoniaque diminue la valeur du pH, il faut donc ajouter de la craie ( $\text{CaCO}_3$ ) pour ramener le pH à la valeur désirée. Ces produits sont tous utilisés dans la production d'*Agaricus*, mais il n'est pas certain que le mycélium d'autres champignons puisse utiliser ces engrais non organiques. Pour la culture de *Pleurotus*, on utilise l'urée dans le procédé de fermentation de la sciure de bois. Pour ce qui est de la technique des petits sacs en plastique stérilisés, on utilise généralement des suppléments organiques.

*Sources organiques d'azote :*

- poudre de sang 13,5 % N (coûts élevés)
- farine de poisson 10,5 % N (coûts élevés)
- farine de plumes pas de données
- germes de malt 4 % N
- drêches de brasserie 3 à 5 % N
- tourteaux de graines de coton 6,5 % N
- tourteaux d'arachides 6,5 % N
- fumier de volaille 3 à 6 % N
- son de riz 2 % N
- son de blé 2,5 % N

Les autres suppléments sont constitués de : farine de soja, déchets de l'industrie du sucre (mélasses), feuilles de thé usagées. Certains de ces matériaux contiennent aussi un fort pourcentage d'hydrates de carbone. Il faut garder en tête que la composition des matériaux diffère selon les régions. On utilise les suppléments organiques pour des substrats pasteurisés et fermentés, des substrats uniquement pasteurisés et des substrats stérilisés.

■ *Tampons*

Pour empêcher la diminution des valeurs de pH, on utilise généralement les tampons suivants :

- craie  $\text{CaCO}_3$  ou marne
- sol calcaire
- grès calcaire
- coquille d'huîtres (ces deux derniers ont des pouvoirs tampons plus faibles, mais peuvent être utilisés pour améliorer la structure du substrat.)
- gypse,  $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$  (différentes sortes de plâtre ont été utilisées avec succès).

Pour la culture d'*Agaricus*, il faut une couche de terre de couverture ou « gobetage ». On peut utiliser les produits qui suivent comme gobetage du substrat mais la tourbe est préférable. Le compost usé peut aussi servir à cet usage, mais on n'obtient pas un rendement supérieur à celui d'un mélange de terre limoneuse et de fumier de ferme.

- Tourbe blonde de sphaigne ou tourbe irlandaise
- Marne
- Ecorce d'arbre
- Compost usé
- Tourbe
- Sol limoneux

### c. Niveaux de température

Le tableau de la page suivante, montre qu'il existe en fait peu d'espèces réellement adaptées aux conditions tropicales (extérieures). Seuls la *Volvariella*, le *Pleurotus sajor-caju* et le *Pleurotus cystidiosus* se cultivent couramment à des températures voisines de 30 °C ou tout juste inférieures. Deux souches d'*Agaricus bitorquis* productives à 28 °C ont été récemment mises sur le marché ; leur blanc peut être commandé chez Somycel, France.

Cependant il existe bien plus d'espèces comestibles dans les forêts tropicales qu'il n'en a été répertorié pour la culture. Il faudrait que les scientifiques de ces pays portent leurs efforts sur la collecte des espèces locales. Celles-ci seront naturellement plus adaptées que les souches importées du Japon ou d'Europe, régions à climat tempéré. Les cultures de ces souches devraient pouvoir être accessibles, de la même façon, aux champignonnistes des autres pays, et donc conservées dans des collections de cultures types.

(Voir tableau page suivante)

**TABLEAU PRÉSENTANT LES ESPÈCES DE CHAMPIGNONS, LES NIVEAUX DE TEMPÉRATURE DE CROISSANCE DU MYCÉLIUM (TMG), LES TEMPÉRATURES OPTIMALES DE CROISSANCE DU MYCÉLIUM (TMG-O), ET LES NIVEAUX DE TEMPÉRATURE DE FRUCTIFICATION (Tf).**

ESPÈCES DE CHAMPIGNONS	TMG °C	TMG-O °C	Tf °C
<i>Volvariella volvacea</i>	20-40	34-35 mieux 30-35	30-32
<i>Lentinus edodes</i> à très basses températures, croissance plus rapide que ses concurrents, les températures de fructification dépendent des souches	5-35	20-30	8-24
<i>Agaricus bisporus</i>	1-32	20-28	10-20
<i>Agaricus bitorquis</i>	25-31	30	20-25
<i>Agaricus blazei</i>	–	30	20-25
<i>Hericium erinaceu</i>	stoppe à 35	25	–
Fructification dépendant de la souche :			e.g. 15-25 ou 20-28
<i>Tremella fuciformis</i>	5-38	20-25	20-27
<i>Flammulina velutipes</i>	3-33	22-26	3-15
<i>Ganoderma tsugae</i>			
<i>Auricularia polytricha</i>	20-33	25-28	23-28
<i>Auricularia auricula</i> estimé à	20-25		15-23
Les plages de température optimum de la plupart des <i>Pleurotus</i> sont :		22-27	
<i>Pleurotus sajor-caju</i>			18-30
<i>Pleurotus cystidiosus</i>			25-28
<i>Pleurotus ostreatus</i> selon les souches			5-25
<i>Pleurotus flabellatus</i>			20-28
<i>PLeurotus eryngii</i>			18-22
<i>Pleurotus pulmonarius</i>			13-20
<i>Pleurotus cornucopiae</i>			15-25
<i>Pleurotus eous</i> ( <i>Pleurotus salmoneos-tramineus</i> , <i>Pleurotus incarnatus</i> )			–
<i>Pleurotus ostreatus</i> var. « <i>colombinus</i> »			12-20
<i>Pleurotus ostreatus</i> var. « <i>florida</i> »			16-27

Le risque de contamination pendant la production de *Pleurotus* est plus élevé si la température de colonisation n'est pas optimale.

### 3. RENDEMENTS

Le calcul des revenus issus de la culture de champignons est fonction de la quantité de champignons produite au cours d'une certaine période à partir d'une certaine quantité de substrat. La durée de la culture avant récolte dépend du champignon particulier, de la méthode de culture et de la température. On trouvera tout cela dans les instructions de culture spécifiques à chacun des champignons.

Il existe plusieurs méthodes de mesure du rendement. La plus appropriée (au sens scientifique) est la mesure du poids sec des champignons rapporté au poids sec du substrat. Ceci requiert cependant que substrat et champignons soient d'abord séchés (on sèche un échantillon représentatif de substrat frais dans un four à relativement basse température, on procède de même pour les champignons frais).

Une manière plus pratique pour les champignonnistes est celle dite de l'« efficacité biologique » : c'est le rapport poids humide des champignons sur poids sec des matériaux du substrat (séchés à l'air). Elle est certes moins fiable parce que la teneur en eau des champignons varie et que les substrats usés ne sont pas complètement secs. Mais elle a l'avantage d'être facilement utilisable par un champignonniste pour déterminer le rendement escompté à partir d'une quantité donnée de sous-produits.

Enfin, une autre mesure couramment utilisée est la mesure du poids humide des champignons rapporté au poids humide du substrat. Cette méthode est plus simple pour ceux qui achètent du substrat tout préparé.

Exemple : 100 kg de sciure de bois sèche donneront 225 kg de substrat humide.

Supposons que 50 kg de champignons frais puissent être récoltés avec une teneur en humidité de 90 %. Le rendement sera calculé comme suit :

La sciure de bois devra être séchée en four et avec 100 kg par exemple, on obtiendra 90 kg.

Le rendement (poids sec de champignons/poids sec de substrat) =

$$5 \text{ kg} / 90 \text{ kg} \times 100 \% = 5,55 \%$$

L'efficacité biologique :

$$50 \text{ kg} / 100 \text{ kg} \times 100 \% = 50,0 \%$$

Le rendement (poids humide de

$$\text{champignons/poids humide de substrat}) = 50 \text{ kg} / 225 \text{ kg} \times 100 \% = 22,2 \%$$

Les cultivateurs d'*Agaricus* et de *Volvariella* expriment quelquefois leur rendement en kg / m<sup>2</sup>. Ce qui dépend beaucoup, évidemment, de la quantité de substrat utilisée au m<sup>2</sup>. Pour la production d'*Agaricus* aux Pays-Bas, on utilise 100 à 120 kg au m<sup>2</sup>, pour un compost moins bien préparé, on met seulement 50 à 60 kg.

Un rendement élevé ne signifie pas nécessairement qu'une culture soit plus rentable. Cela dépend beaucoup de la qualité des champignons. Le prix de l'*Agaricus* premier choix peut être le double de celui de l'*Agaricus* de classe 3. Donc récolter 20 kg de premier choix devrait rapporter plus de bénéfices que 30 kg de classe 3 (à coût de production identique). La qualité est déterminée par les grossistes et, en fin de circuit, par les consommateurs. Ils vérifient que le produit satisfait à leur demande en saveur, taille, couleur, fraîcheur et état sanitaire, etc. Si ce n'est pas le cas, ils cesseront de l'acheter. Pour de nombreuses espèces, on peut récolter les fructifications avant leur maturité biologique, ce qui augmentera leur durée de vie après récolte. Le rendement est alors un peu moindre mais pour un produit qui dure plus longtemps, on peut obtenir un prix plus élevé. On trouvera plus d'éléments sur les méthodes de conservation et la durée de vie après récolte au chapitre « Traitements après récolte ».



# Commercialisation

L'un des champignons les plus connus est le champignon de couche, mais il faut savoir qu'il existe beaucoup d'autres champignons plus faciles à cultiver dans les pays en développement ou les régions tropicales.

Une bonne étude de faisabilité devrait fournir des données sur les différentes sortes de champignons : les données spécifiques d'importation, les types de champignons importés, leurs modes de conservation, etc. Il peut être plus intéressant de faire pousser de petites quantités d'une catégorie de champignon très consommé, plutôt que de plus grandes quantités d'un autre. Le choix est fonction de la demande.

## **1. ASPECTS DE LA COMMERCIALISATION DE DIFFÉRENTS CHAMPIGNONS**

La commercialisation du champignon frais diffère beaucoup de celle du champignon séché, car les produits doivent être consommés quelques jours après récolte. Le tableau suivant donne des informations générales concernant les champignons présentés dans ce livre. Les champignons renommés comme les truffes, chanterelles et cèpes (bolets) ne peuvent être cultivés dans les régions tropicales et ne figurent donc pas dans ce tableau :

**DESCRIPTION DES ESPÈCES, NOMS COMMUNS, SAVEUR, TEXTURE, ASPECT, PRODUIT, POSSIBILITÉ DE VENTE**

AGARICUS BISPORUS ET AGARICUS BITORQUIS

Champignon de couche	Saveur faible.	Texture agréable.	Catégories : boutons, chapeaux et formes en T. Produit : frais, en saumure et en consève.
Champignon à bouton		Couleur : blanche à crème et marron.	
Champignon blanc Champignon de Paris			

Relativement facile à vendre, c'est le plus demandé des champignons. Mais dans la plupart des pays, on le préfère d'un aspect blanc. Les espèces de couleur crème sont commercialisées sur de plus petits marchés. La compétition internationale est très dure. Culture relativement compliquée.

LENTINUS EDODES

Shii-take (Japon), xiang-gu (Chine)	Goût spécifique qui augmente au séchage.	Plus charnu que l'Agaricus. La chair dépend de la souche et de la température : plus la température est basse, plus la chair du chapeau est épaisse. Couleur : chapeau rouge à marron rouge, virant au brun noir après déshydratation. Lamelles blanches dans le cas de champignons frais, jaunes après séchage.	Généralement vendu séché en différentes catégories.
--	--	---	--

Marché existant pour les champignons séchés. Une bonne qualité permet des prix élevés. La concurrence chinoise, à prix plus bas pour une moindre qualité, est très forte. Les prix de la qualité japonaise, supérieure, sont quatre fois plus élevés que ceux pratiqués en Chine.

VOLVARIELLA VOLVACAEA

Champignon de paille de riz	Acidité spécifique	Texture aqueuse. Couleur : variant du blanc au brun foncé.	Produit : frais, en conserves, et séché. Essentiellement destiné aux marchés chinois d'outre-mer.
--------------------------------	-----------------------	---	---

Facile à cultiver à température élevée. Consommation encore limitée sur les marchés orientaux, pas vraiment adapté au marché occidental. Vie après récolte très courte.

## TREMELLA FUCIFORMIS

Champignon à gelée blanche, oreille d'argent, oreille d'arbre blanche (Chine)	Goût très peu prononcé.	Texture caoutchouteuse, aspect agréable.	Produit : habituellement séché.
---	-------------------------	--	---------------------------------

Les prix sont relativement faibles à cause de la production massive du continent chinois, après l'introduction des cultures mixtes. Moins adapté au marché européen du fait de sa texture caoutchouteuse.

## AURICULARIA

Oreille de souris, oreille laineuse	Goût peu prononcé.	Texture caoutchouteuse, en forme d'oreille de deux tailles : l'Auricularia auricula (oreille de souris) plutôt petite (1 à 4 cm) L'Auricularia polytricha (oreille laineuse) jusqu'à 20 cm.	Produit : séché.
-------------------------------------	--------------------	---	------------------

Commercialisation essentiellement limitée aux communautés asiatiques. Les espèces les plus grandes poussent plus vite et à des températures supérieures, mais les cuisiniers locaux, par exemple aux Philippines, préfèrent souvent les espèces les plus petites et les plus chères.

## FLAMMULINA VELUTIPES

Champignon à aiguille d'or (Chine), collybia à pieds de velours	Goût agréable.	Structure très ferme, plus caoutchouteuse que l'Auricularia. Aspect agréable. Couleur : longues tiges blanches ou jaunes avec de petits chapeaux.	Produit : frais ou en conserve.
---	----------------	---	---------------------------------

Très utilisé dans la cuisine japonaise. Frais, convient au marché occidental de luxe ou pour les communautés asiatiques.

## HERICIUM ERINACEUS

Crinière de lion (Etats-Unis), truffe de corail (Pays-Bas), pompon blanc (France), champignon à tête de singe (Chine)	Goût légèrement amer.	Texture et aspect agréables. Couleur : bouquet de cheveux blancs.	Produit : frais, séché ou en saumure.
---	-----------------------	---	---------------------------------------

En dépit de sa légère acidité, il est apprécié par ceux qui l'ont essayé. Sa culture se développe rapidement en Chine. On sait peu de choses sur ses possibilités de vente ailleurs.

## 2. ASPECTS DE LA COMMERCIALISATION DES PLEUROTÉS

Les nombreuses espèces de *Pleurotus* (pleurote en forme d'huître) demandent une étude particulière. Elles se développent à des températures très différentes. Même au sein d'une même espèce, on trouvera des différences considérables de besoins en température, lumière, de sensibilité au CO<sub>2</sub>, de rendement et de goût.

Il existe pour chaque climat une espèce et des souches appropriées. Les pleurotes diffèrent aussi beaucoup selon la saveur et l'aspect. La plupart des espèces très colorées se brisent facilement et nécessitent des précautions de manipulation et d'emballage. Les capacités de commercialisation des pleurotes séchés sont encore limitées, bien que la saveur se renforce avec le séchage. Seul le *Pleurotus cystidiosus* (identique au *Pleurotus abalonus*) convient à la conserve. Les autres espèces perdent leur texture et leur saveur au séchage.

### PLEUROTUS SAJOR-CAJU

Saveur plus prononcée que celle du <i>Pleurotus cystidiosus</i> .	Chair relativement fine. Couleur : gris-pâle à maturité.	Produit frais.
---	---	----------------

Un potentiel de commercialisation prometteur : facile à cultiver, certaines souches supportent de hautes températures. Quelques souches de *Pleurotus sajor-caju* commercialisées sont en fait des *Pleurotus ostreatus*.

### PLEUROTUS CYSTIDIOSUS

### PLEUROTUS ABALONUS

Espèces très similaires : forment du <i>coremia</i> (noeuds asexués noirs de mycélium, si cultivé sur agar).	Saveur plus douce que le <i>Pleurotus sajor-caju</i> , goût agréable.	Couleur : claire pour le <i>Pleurotus cystidiosus</i> , blanche pour le <i>Pleurotus abalonus</i> .	Produit frais ou en conserve.
--	---	---	-------------------------------

Potentiel de commercialisation prometteur : facile à cultiver à haute température.

### PLEUROTUS OSTREATUS

Goût similaire au <i>sajor-caju</i>	Texture agréable. Couleur : très variable, du bleu métallique au gris souris et presque blanc.	Produit frais
-------------------------------------	--	---------------

Les souches basses températures sont longues à fructifier. La période entre les récoltes est relativement longue.

---

**PLEUROTUS FLABELLATUS**

Fins chapeaux.                      Couleur : un bel aspect rose.                      Produit : frais.  
 On peut l'utiliser comme décoration comestible. Couramment rencontré sur les marchés de Bangkok.

---

**PLEUROTUS ERYNGII**

Très bon goût.                      Texture agréable. Stipe typique,                      Produit : frais.  
    solide et en forme d'entonnoir.  
    Couleur : gris sépia à chamois.

Potentiel de marché prometteur. Facile à contaminer en culture sur substrats pasteurisés. Des cultures en sacs plastique ou en bouteilles stériles résolvent la question.

---

**PLEUROTUS PULMONARIUS**

Saveur                                      Stipe relativement rugueux.                      Produit : frais.  
 similaire au sajour-caju.                      Couleur : crème à marron léger.

Potentiel de marché prometteur. Le développement de ces champignons est typique : ils émergent un par un du substrat.

---

**PLEUROTUS CORNUCOPIAE**

Pleurotus                                      Goût à mi-                      En forme d'entonnoir.                      Produit : frais.  
 citrinopileatus                                      chemin entre                      Structure relativement  
    le concombre                      fragile. Couleur : joli  
    et le melon                      jaune ou blanc brillant.  
    d'eau.

Doit être emballé en boîte solide, et peut être utilisé comme décoration comestible. Culture commerciale à petite échelle seulement. Les couleurs s'estompent à la cuisson.

---

**PLEUROTUS EOSMUS**

Pleurotus                                      Goût plaisant.                      Aspect agréable.                      Texture de type  
 salmoneostramineus                                      Couleur : rose.                      cuir, à chair fine.  
 Pleurotus incarnatus

Production commerciale très limitée jusqu'à présent. Probablement utilisé en décoration comestible, mais on ne dispose pas de données plus approfondies.

### 3. POTENTIEL D'EXPORTATION

Le Fonds monétaire international (FMI) souligne l'importance de l'exportation pour les pays en développement à cause des problèmes de devises étrangères. Comme la plupart des pays suivent les recommandations du FMI, les exportations de denrées comme le café, le sucre, etc., ont augmenté. Les prix, par contre, ont diminué, faisant des acheteurs les seuls bénéficiaires. Si la culture des champignons dépend seulement des exportations, des facteurs extérieurs peuvent facilement dérégler le marché. Les cotations, les changements de réglementation, les modifications des habitudes d'achat peuvent avoir une influence primordiale sur les possibilités d'exportation. Il est préférable d'essayer d'écouler une partie de la récolte sur le marché local. Un autre aspect négatif de l'exportation des produits est que dans les pays en voie de développement, les multinationales produisent souvent des aliments de base au prix le plus faible pour le marché mondial. Par exemple, deux entreprises se partagent le marché mondial des ananas. La mise en conserve n'est pourtant pas une opération très difficile, mais Dole et Del Monte ont réussi à développer un label commercial. Ils ne vendent pas des ananas mais le label Dole et Del Monte. Chaque société a fortement investi dans la qualité, le respect des délais, et la communication commerciale. Il n'est pas facile de développer un label commercial. Cela demande patience et savoir-faire.

En ce qui concerne les champignons, la domination d'un petit nombre de grandes sociétés est moins ressentie que dans le cas des ananas, mais ceci pourrait changer à terme. Les grosses entreprises commerciales ont beaucoup d'expériences à proposer, mais elles s'adressent ailleurs dès qu'elles peuvent se procurer le produit moins cher. Si l'on veut exporter, il est important d'établir des contacts directs entre producteurs et acheteurs. Les intermédiaires augmentent le prix pour les acheteurs sans que le producteur en bénéficie. Il faut que les producteurs soient en contact direct avec les conserveries ou les importateurs pour ce qui concerne la qualité, les types d'emballage et toute autre spécification. L'un des avantages des champignons est leur forte valeur ajoutée. Leur exportation pourrait fournir un apport en devises étrangères sans pour autant exiger de terre arable.

#### **a. Comment entrer en contact avec un importateur de champignons**

1) Consulter ambassades et consulats de différents pays pour obtenir une liste d'importateurs de conserves.

2) Participer à des foires et à des expositions agricoles internationales, par exemple à Paris ou à Cologne. Envoyer des produits et une documentation

de base au ministère de l'Agriculture de votre propre pays, s'il organise des stands dans les foires. Le moyen le plus efficace, mais le plus cher, est de se rendre à ces expositions. Une sélection des importateurs éventuels peut avoir été préparée à l'avance ainsi que des rendez-vous pour les rencontrer.

Les voies administratives sont lentes ; la voie directe est chère. Une stratégie habituelle d'exportation vers la Communauté européenne consiste à cibler d'abord un pays. Le produit pourra être réemballé dans ce pays-cible avant d'être réexpédié vers d'autres pays de la Communauté.

### **b. Qualité et emballage**

Une qualité élevée et constante du produit est primordiale. Les exportateurs doivent en être fortement conscients. Le marché occidental requiert différentes sortes d'emballages. En Allemagne, par exemple, il faut actuellement utiliser des emballages qui respectent l'environnement. Le changement d'emballage devrait pouvoir se faire sans trop de déchets. Les mesures de protection de l'environnement se développent relativement vite : toutes les denrées empaquetées en Allemagne doivent se conformer aux réglementations concernant leur élimination.

Les consommateurs des pays de la CE achètent de plus en plus des produits à l'aspect attirant à un prix supérieur. Les champignons en bocaux de verre sont plus attractifs que ceux qui sont en boîtes de conserve. Quoiqu'il en soit, la forme du verre est importante. Par exemple, les bouteilles utilisées en Chine ne correspondent plus aux standards européens et sont donc inadaptées à ce marché. Le verre est plus cher que les boîtes de conserve et, étant plus lourd, plus coûteux à transporter. Il deviendra impossible d'exporter des denrées qui ne répondent pas aux exigences des pays importateurs. Demandez au Conseil de l'agriculture de la CE à Bruxelles ou à la Food and Drug Administration aux Etats-Unis et au Canada d'envoyer leurs spécifications pour les denrées importées. Ces spécifications donnent les différentes normes de qualité, le poids égoutté, le type d'emballage et l'étiquetage des boîtes.

Les grandes entreprises de commerce ont leurs propres équipes de surveillance de la qualité. Ainsi, Iska (Schroeder KG GmbH) à Hambourg (Allemagne) est un gros importateur de légumes provenant du monde entier. Il garantit la qualité en maintenant des inspecteurs dans les pays producteurs.

Une autre façon de contrôler la qualité est de sous-traiter les services d'ISR, une entreprise spécialisée dans les contrôles de qualité dans le monde entier. Mais la sous-traitance de ce savoir-faire est relativement coûteuse.

### **c. Prix**

Les prix fluctuent selon l'offre et la demande. Quelques revues sur les champignons mentionnent les cours dans leurs propre pays, mais uniquement pour différentes catégories de champignons de couche. Les prix des pleurotes et ceux du shii-take séché sont plus difficiles à obtenir. On pourra trouver une étude générale sur l'évolution du marché alimentaire dans une revue telle que *Food News*.

### **d. Etude de cas : expédition d'*Agaricus* du Kenya en Allemagne**

Le groupe Wünsche est l'un des plus gros importateurs de toutes sortes de produits en Allemagne. Il y a quelques années, il a commandé du champignon de couche en boîte à une entreprise au Kenya en lui fournissant des spécifications et en lui envoyant comme modèle une boîte de conserve de champignons. Les champignons devaient être emballés dans des boîtes standard de 850 ml, mais il semblait que celles-ci n'étaient pas disponibles au Kenya. L'entreprise a donc expédié les champignons dans des boîtes de taille différente, ce qui a rendu plus difficile leur vente en Allemagne.

On a alors demandé à une entreprise de conserves hollandaise de coopérer avec l'importateur allemand. L'entreprise de conserves a donné des spécifications pour le saumurage des champignons et s'est chargée elle-même de les laver et les emballer en bocaux de verre. Il était bien plus facile aux kenyans d'effectuer la mise en saumure des champignons, plutôt que la mise en boîte. Les champignons en saumure sont généralement expédiés en tonneaux. Le producteur kenyan, en fait, utilisa des jerricans. Le commerce se fit par l'intermédiaire du groupe Wünsche pendant plusieurs années, puis l'entreprise hollandaise fut avertie par les Allemands que l'accord avait pris fin et que dorénavant aucun champignon ne pouvait plus être expédié. En réalité, l'usine à champignons est toujours en opération et a trouvé un autre débouché.

## **4. POSSIBILITÉS DE COMMERCIALISATION SUR LE MARCHÉ LOCAL**

On ne peut traiter ce problème d'une manière générale car il existe de trop grandes différences entre les situations locales. Ce paragraphe expose donc quelques remarques ainsi qu'une étude de cas de la côte Ouest de l'Afrique.



**a. Situation existante**

Les champignons sont généralement plus chers que les autres légumes. Dans de nombreux pays, la consommation des champignons est limitée à la classe aisée et aux résidents étrangers. Ils contiennent des protéines précieuses ainsi que des vitamines, et ceci devrait être utilisé pour leur promotion. La population locale ne consomme généralement que les champignons récoltés dans la nature. La distribution est aussi de ce fait très limitée. Pour que le produit devienne plus populaire, il doit être accessible à un prix raisonnable. Il faut aussi que les gens connaissent la manière correcte de les préparer, à condition que leur usage comme aliment soit bien admis.

**b. Enquête de marché**

L'enquête de marché révélera l'acceptabilité des champignons. Si le produit est inconnu, on peut en importer une petite quantité pour vérifier son intérêt. S'assurer de comparer des chiffres comparables. Le marché du pleurote diffère énormément de celui du shii-take ou de l'*Agaricus*. Même à l'intérieur du groupe des pleurotes, il y a de grandes différences d'aspect, de texture et de saveur.

La consommation de champignons sauvages dénote une certaine acceptation du produit, mais de nombreux champignons sauvages ne sont pas cultivables. Leurs textures et leurs saveurs sont différentes, mais parfois un nom provenant d'un champignon sauvage consommé localement peut être utilisé pour dénommer le produit.

**c. Questions auxquelles il faut répondre**

- Existe-t-il déjà des importations de champignons ?
- Quels sont les prix et quantités de champignons importés et quelle technique de conservation est employée ?
- Où les champignons sont-ils couramment disponibles ?
- Quels sont les endroits où, bien que la demande existe, on ne trouve pas de champignons (supermarchés, restaurants, grossistes et marchés de légumes) ?
- Quelles sortes de champignons les gens mangent-ils habituellement ?
- Les gens ramassent-ils des champignons dans la nature? Quelles espèces et quelles quantités ?
- Quelles couleurs, formes et tailles de champignons sont les plus appréciées ?
- Est-il possible de mettre en évidence des groupes cibles spécifiques qui

consommeraient de plus larges quantités de champignons, par exemple des Chinois émigrés ou des tribus particulières ?

Les réponses à ces questions permettront de définir le marché potentiel des champignons.

**d. Etude de cas : une enquête de marché en Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest)**

En 1986, un volontaire étranger se rendit en Guinée-Bissau pour mener une enquête de marché et effectuer des essais avec la *Volvariella*.

▪ *Situation*

La ville de Canchungo et cinq petits villages furent visités. D'autres projets concernaient ces villages qui étaient donc plus accessibles (les moyens de transport sont très limités en Guinée-Bissau).

▪ *Méthode*

On a établi un questionnaire pour interroger plus particulièrement les femmes. Ce sont elles qui sont responsables de la production d'aliments ou de leur achat et de leur préparation. Quelques hommes ont été aussi interrogés : les propriétaires d'un restaurant et d'un jardin potager, un employé d'un hôpital et un agent d'information sur la santé. La plupart des interviews ont porté sur des groupes plus importants, par exemple un ensemble de personnes rassemblées pour un cours d'alphabétisation, ou bien un groupe de mères venues pour un bilan de santé de leurs enfants. Il s'est avéré difficile de ne parler qu'aux femmes. Habituellement, un homme venait et se mêlait à la conversation. Tout le monde s'amusait beaucoup quand les raisons de l'interview étaient dévoilées. Ceci a conditionné l'attitude des enquêteurs : ils riaient eux-mêmes en posant les questions.

▪ *Résultats*

Tout le monde avait l'habitude de consommer des champignons sauvages (à quelques rares exceptions près). Les gens savaient que des champignons poussaient près des termitières, sur du bois humide, sur de la bouse de vache et sur des balles de riz. Mais environ les deux tiers du groupe ne mangeaient pas de champignons sauvages pour diverses raisons. Ils n'y étaient pas habitués, n'avaient aucune idée de la façon de les préparer ou les jugeaient trop dangereux à cause des espèces vénéneuses qu'ils ne savaient pas bien reconnaître. L'un d'eux a affirmé qu'il n'en mangerait pas, même en conserve. Les champignons sauvages sont principalement consommés par une tribu

locale, les Balantas. D'après eux, ce sont surtout les enfants qui en mangent. Ils disent que les gros champignons blancs, près des termitières, sont comestibles. Les autres tribus mangent rarement des champignons, excepté les Bijagos ; malheureusement aucun de ses membres n'a été interrogé au cours de cette enquête.

#### ■ *Préparation*

Les enfants mangent souvent les champignons crus, ou bien ils font griller le chapeau au-dessus d'un feu. Les femmes les font cuire dans de l'eau salée, revenir dans le beurre ou les préparent en sauce avec une pâte de cacahuète, des noix de coco, des tomates, du poivre, des agrumes, et quelquefois du poisson.

Les gens qui avaient voyagé dans d'autres pays avaient déjà mangé des champignons préparés avec de la viande et du poisson. Le propriétaire du restaurant en avait utilisé une certaine quantité du temps des colonies où l'on pouvait s'en procurer. Il les préparait avec de la viande et des pommes de terre.

#### ■ *Avenir*

Environ les trois quarts des gens ont dit qu'ils mangeraient volontiers des champignons s'ils avaient bon goût et étaient d'un prix abordable. Il serait important de montrer comment préparer les champignons et expliquer leur valeur alimentaire. La plupart des gens qui étaient déjà engagés dans la culture de légumes, semblaient intéressés par la culture des champignons.

#### ■ *Suivi*

La volontaire menant cette enquête de marché a alors tenté de réaliser une expérience à petite échelle ; mais il lui fut difficile de rassembler tous les matériaux nécessaires : de la paille de riz et des cendres de balle de riz. Les fermiers avaient l'habitude de brûler la paille après la récolte du riz. Finalement elle réussit à rassembler les produits pour le substrat, mais le blanc avait probablement gelé pendant le transport et n'a pu produire de mycélium. Une seconde expédition de blanc fut conservée à une température trop élevée et arriva elle aussi en piteux état. Son expérience échoua aussi par manque de connaissances de la culture des champignons. D'autres produits en effet auraient pu remplacer la paille de riz.

Par ailleurs, il est important de noter que la tentative n'avait pas été initiée ni soutenue par l'Etat, mais était une (bonne) idée des volontaires de développement étrangers. L'absence de production locale de blanc rend difficile l'organisation d'expériences de culture des champignons dans cette région.

## 5. PROMOTION À L'ÉCHELON LOCAL

Il est possible de cultiver de nombreux champignons, mais la production doit répondre à la demande sinon leur prix de vente sera insuffisant. La production de champignons est plus coûteuse que celle de légumes. Si le revenu moyen de la population est assez bas, alors l'essentiel des champignons sera consommé par les touristes et la classe aisée. Néanmoins cela pourrait contribuer à accroître le revenu d'au moins quelques fermiers.

On considère habituellement en commercialisation les paramètres suivants : prix, produit, distribution physique (disponibilité), promotion.

Une bonne campagne de publicité doit d'abord déterminer sa cible. A-t-on intérêt à vendre à des restaurants, à des grossistes et supermarchés ou à des particuliers sur un marché ? Qu'attendent-ils du produit ? Les demandes ont été déterminées à partir de l'étude de marché. Le problème est de savoir comment emballer le produit et quel prix en demander. Il est important de valoriser le produit en donnant de plus amples informations sur ses qualités alimentaires et ses effets médicaux.

Dans le cas où les champignons sont vendus à des grossistes, essayer de leur en laisser la promotion. Une façon courante de procéder est de noter des recettes au dos de l'emballage. Une autre méthode efficace peut être une démonstration de préparation culinaire dans un restaurant ou sur un marché. En particulier dans les régions rurales, les démonstrations de cuisine marchent bien. S'attacher au contexte social : qui s'occupe généralement de la cuisine, qui achète la nourriture tous les jours ? Distinguer les rôles selon les sexes et agir en conséquence.

La publicité dans les journaux ou à la télévision est trop chère pour un cultivateur seul (à moins qu'il ne contrôle le marché tout entier). Mais des associations de cultivateurs pourraient établir une taxation au m<sup>2</sup> de surface cultivée et ainsi calculer le prix à payer par chacun. La publicité serait payée avec cette taxe ou bien en collectant une partie du prix du blanc. Les associations de producteurs pourraient imprimer des tracts, des panneaux..., et les remettre aux cultivateurs qui à leur tour les distribueraient à leurs clients.

### a. Etude de cas : l'Arunyik Mushroom Center à Bangkok

Dans le centre de Bangkok, une entreprise de culture de champignons a mis en place un projet remarquable : l'Arunyik Mushroom Center. Celui-ci propose à la vente tout ce dont les champignonnistes peuvent avoir besoin : cultures sur agar, blanc, substrats, produits chimiques de désinfection, équipements tels que chaudières à vapeur et stérilisateur. En outre, le centre vend aussi des livres, des produits à base de champignons tels que des

denrées alimentaires, sauces, thés, médicaments et bien entendu différentes espèces de champignons frais. Non loin du magasin, se trouvent une exposition et un restaurant. Les visiteurs peuvent y observer les méthodes de culture et la préparation de repas à base de champignon.

La société a commencé avec des moyens très limités. Elle pourrait servir d'exemple à des entreprises d'autres pays. Les visiteurs, nationaux ou étrangers, y apprendraient comment transformer des déchets pour produire de la nourriture. De nombreux touristes trouvent fascinant d'en savoir plus sur le sujet. Cependant, un tel projet implique un flux constant de touristes.



**CHAPITRE 8**

# Organisation, modèles de développement et coûts

## 1. ORGANISATION

Le type d'organisation des producteurs des divers produits demandés diffère d'un pays à l'autre. Un certain nombre de modèles ont été sélectionnés et plusieurs aspects en seront brièvement présentés : contrôle de la qualité du blanc et du produit récolté, formation et services de vulgarisation, aspects sociaux, efficacité de la commercialisation, programmes de financement et de crédit, recherche et développement.

### a. L'exemple de Dieng Djaja, Indonésie

L'un des plus gros producteurs de champignons du Sud-Est asiatique est installé sur le plateau de Dieng au centre de Java, en Indonésie. Il produit et met en conserve 20 tonnes de champignons de paille de riz et 45 tonnes de champignons de couche par jour. Ce producteur a mis au point ses propres méthodes de préparation du compost. Le substratensemencé est vendu à des cultivateurs sous contrat qui font pousser les champignons et les récoltent assez petits. Ils les revendent à la compagnie à un prix défini à l'avance ; celle-ci les met en conserve puis se charge de la commercialisation. Elle apprend aux producteurs comment mener leurs propres cultures. Elle a également mis en place, pour les producteurs qui s'engagent dans le projet, un plan de financement qui leur permet de construire des installations de culture et une maison.

#### ■ *Aspect social*

Nombreux sont ceux qui, dans la région, aspirent à devenir cultivateur contractant parce que cela garantit un revenu et une jolie maison. Les

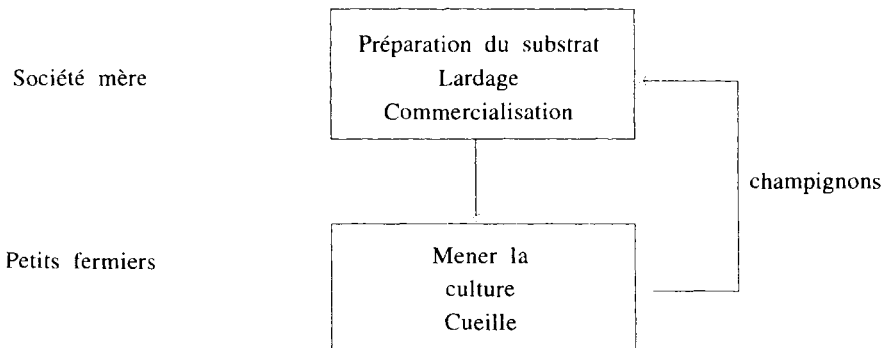
candidats sont minutieusement sélectionnés. Ils doivent être adaptés à ce type de travail et n'avoir pas plus de deux enfants. Leurs salaires augmenteront considérablement, passant d'environ 1 000 roupies (0,60 \$ US) par jour à 2 000 roupies (1,20 \$ US) par jour. Les occasions de dépenser son argent sont assez rares dans cette région isolée, et certains contractants ont désiré avoir une deuxième épouse. La compagnie y met la condition qu'ils aient d'abord remboursé leur prêt.

### b. L'exemple des Philippines

On retrouve la même démarche dans le cadre d'un projet de culture de pleurotes aux Philippines. La fondation Ayala a mis sur pied deux projets avec des cultivateurs contractants dont l'un (la ferme Saint-Vincent) se déroule assez bien. Les cultivateurs sont principalement des femmes au foyer installées à 500-700 mètres du producteur de substrat. Dans les autres projets, les distances sont plus grandes et il est plus difficile aux cultivateurs de livrer la récolte du jour au centre de collecte. Les contractants sont libres de commercialiser leurs produits eux-mêmes, s'ils peuvent en obtenir un prix supérieur à celui que paye le centre. La fondation Ayala, qui a fourni les crédits aux cultivateurs contractants, vend aussi du substrat ensemencé à des producteurs de champignons qui commercialisent leurs produits eux-mêmes.

**FIGURE N° 16**

Le substrat ensemencé est fourni par la compagnie. Les petits fermiers contractants poursuivent la culture puis récoltent. Le produit est revendu à la compagnie qui commercialise les champignons.

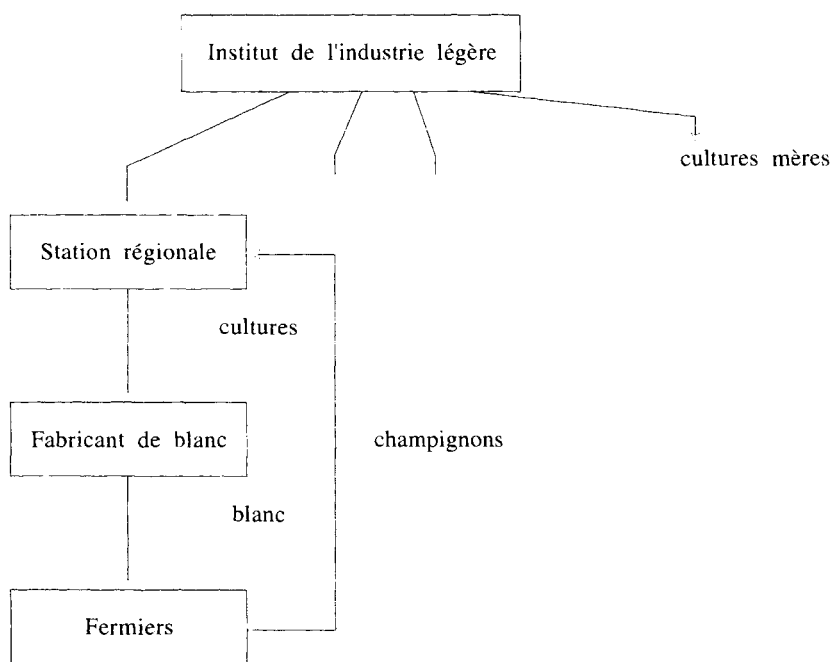




### c. Production d'*Agaricus* dans la province de Fujian, Chine

L'un des plus importants producteurs d'*Agaricus* dans le monde est la province de Fujian en Chine. C'est une région intéressante à étudier, parce que la production est assurée par des dizaines de milliers de petits fermiers qui préparent et lardent le substrat eux-mêmes. Le produit est vendu à des centres de ramassage pour la mise en conserve. Mais la vente de productions ou de blanc autres que ceux fournis par l'Institut de la province est illégale.

**FIGURE N° 17**  
Organisation dans la province de Fujian

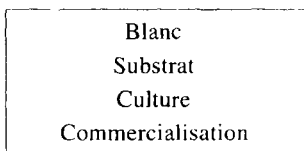


Les connaissances sont transmises également selon l'organisation présentée sur le schéma. La production au m<sup>2</sup> est encore assez faible, mais un important transfert de technologie et l'emploi de souches plus adaptées devraient la faire augmenter rapidement. Si, par ailleurs, tous les fermiers faisaient subir un traitement thermique à leur substrat, la production totale pourrait au moins doubler.

#### d. Organisation hiérarchique

Un autre différent consiste à concentrer l'ensemble de la production entre les mains d'une seule personne. Cette structure hiérarchique est efficace à l'échelle de la commercialisation et de la production, mais il y a habituellement un écart sensible de revenu entre le directeur et les ouvriers.

**FIGURE N° 18**  
Structure hiérarchique



#### e. Producteurs privés

Une démarche plus individualiste est fréquente dans de nombreux pays où les cultivateurs peuvent facilement acheter le blanc et préparer le substrat eux-mêmes. Ils commercialisent également eux-mêmes leur production. Dans ce cas, un soutien extérieur est nécessaire ; par exemple, une formation et une vulgarisation prises en charge par des organisations gouvernementales, ou non gouvernementales. Mais la commercialisation est difficile, et la mauvaise qualité du blanc pose parfois des problèmes.

## 2. ÉVALUATION DES COÛTS

La culture des champignons passe par les étapes suivantes :

- production du blanc,
- préparation du substrat,
- soin du substrat et des champignons.

En fonction du coût et de la disponibilité, un producteur de champignons pourra ou non, acheter du blanc, du substrat (parfois déjà envahi), ou fera tout lui-même. C'est pourquoi l'évaluation des coûts se divise en trois catégories :

- 1) coût de la fabrication du blanc,
- 2) coût de la préparation du substrat,
- 3) coût de la culture.

Les coûts se répartissent entre les charges fixes (amortissement de l'investissement), les charges variables et la main-d'oeuvre. Les investissements pour l'établissement de l'entreprise sont inclus dans les investissements totaux. Comme la quantité de main-d'oeuvre dépend en grande partie de l'équipement disponible, nous ne mentionnerons que certaines techniques ainsi que le temps nécessaire à leur réalisation dans une situation donnée. Pour chaque situation, la solution la moins chère sera recherchée. Les réglementations gouvernementales peuvent quelquefois contrarier le projet d'importation de machines. Par exemple, en Inde, un important producteur d'*Agaricus* a dû d'abord exporter ses produits ; ayant alors rapporté suffisamment de devises étrangères, il a pu obtenir le droit d'importer ses machines.

**COÛTS DE LA PRODUCTION DE BLANC (DÉPENDANT DES PRIX LOCAUX)**

	INVESTISSEMENT	DURÉE DE VIE	AMORTISSEMENT	AMORTISSEMENT ANNUEL
Bâtiments	10000	10 - 20 ans	5 % 10 %	1000
Autoclave	1000	10-15 ans	6 % 10 %	100
Chaudière à vapeur	500	10 ans	10 %	50
Flux laminaire	500	10 ans	10 %	50
Armoire d'inoculation				
Flux laminaire				
ou				
Simple chambre				
« stérile » en bois	100	5 ans	20 %	20

*Autres coûts*

Filtres, brûleurs, éprouvettes, gélose, produits du substrat (grain ou sciure, bouchons de bois, etc.), tampons de coton, énergie pour stérilisation et lavage.

*Coûts optionnels*

Mélange mécanique du substrat.

*Main-d'oeuvre*

Dépend de la technique. Des assistants de laboratoire expérimentés sont indispensables afin de maintenir une qualité constante du blanc.

### COÛTS DE LA PRÉPARATION DE SUBSTRAT

---

Les coûts dépendent beaucoup de la technique employée. Dans les chapitres 11 à 13, qui présentent la culture d'un champignon particulier, une liste des produits nécessaires est fournie.

Autres coûts

- substrats : en général les matières premières sont bon marché mais les additifs sont plus chers
  - énergie pour les traitements thermiques
  - blanc
  - sacs en plastique, bouchons de coton
- 

### COÛTS DE LA CULTURE

---

Les coûts varient en fonction de la technique. Pour chaque champignon étudié dans les chapitres 11 à 13, une liste de l'équipement nécessaire est fournie.

- installations d'eau
- amortissement de la champignonnière et de son équipement
- pesticides
- substrat, y compris le blanc
- électricité

*Travail*

Soin, récolte, emballage, remplissage et vidage de la maison.

Un certain nombre d'études de cas suivent les spécifications techniques pour la culture de chaque champignon (chapitres 11 à 13).

---

## 3. SERVICES DE VULGARISATION

Dans des circonstances idéales, les services de vulgarisation peuvent soutenir ou initier des activités de culture de champignons :

- en faisant de la recherche pour adapter la technique aux conditions locales,
- en fournissant les informations importantes au groupe ciblé,
- en organisant une production fiable de blanc,

- en résolvant les problèmes de culture des producteurs quand ils prennent part au programme,
- en organisant les bases de la commercialisation du produit, tels que le calibrage, le contrôle de la qualité, les contrats avec les conserveries, la promotion,
- en organisant des moyens financiers comme le crédit,
- en prenant en compte les aspects sociaux de la mise en oeuvre : par exemple, qui est concerné par le service ? qui fait le travail ? l'amplitude du projet est-elle compatible avec les traditions locales ? les fermiers sont-ils vraiment intéressés par le projet ou bien leur est-il imposé de plus haut ?

Une telle situation idéale existe rarement dans les pays en développement. Il arrive parfois que les agents de vulgarisation soient mal payés et tentent de percevoir une commission de la part d'une société de pesticides. Ils conseilleront donc aux fermiers de traiter « lourdement ». Souvent ils ne cherchent qu'à améliorer leur propre situation, et non à aider les fermiers. Leurs publications sont alors bien plus abondantes que le travail qu'ils effectuent auprès des producteurs. Cela dépend beaucoup de la personnalité des responsables du service de vulgarisation. Par ailleurs, même s'ils souhaitent le succès des producteurs, il leur faut tenir compte des moyens limités dont ceux-ci disposent.

### **a. Vulgarisation de la culture du shii-take en Thaïlande**

De 1981 à 1984, un projet Royal a décidé de développer la culture sur rondins de bois chez les tribus montagnardes de la Thaïlande du Nord. Les premières études de l'Institut thaïlandais des sciences et de la recherche technologique ont montré qu'il devait être possible de produire de façon simple le shii-take dans cette région. Cette région avait été choisie pour empêcher le développement de la culture sur brûlis, qui procure des revenus aux fermiers cultivant du pavot pour la fabrication d'opium. Mais la raison essentielle est qu'il existait un marché intéressant de shii-take en Thaïlande (une forte proportion d'immigrants chinois se sont mélangés aux Thaïs).

#### ■ *Technique de vulgarisation*

Une équipe de vulgarisation a mené une enquête dans la région désignée et vérifié qu'elle était adaptée à la culture sur rondins de bois. Elle a étudié les espèces d'arbres et les quantités disponibles, l'état de la forêt,

les sources d'eau, les températures moyennes et l'humidité. Quand ces facteurs ont été réunis, la deuxième phase fut amorcée. Des rencontres avec les fermiers furent organisées pour évaluer :

- l'objectif du projet (production de matières premières et protection de l'environnement),
- la culture des champignons,
- le traitement des rondins de bois et la manière de couper les rondins.

Pour les rondins, on se mit d'accord sur une longueur de un mètre et un diamètre de 10 à 20 cm. On évalua également les dangers du déboisement et la manière de reboiser correctement.

Des groupes de 8 à 12 familles ont été organisés, qui ont dû travailler ensemble pour la coupe et le perçage du bois, la fabrication des bouchons, l'inoculation, etc. Chaque groupe avait un chef responsable de l'efficacité et chargé du rapport des activités du groupe. L'équipe de vulgarisation était chargée de contrôler la démonstration du perçage, de l'inoculation et du couchage des rondins, ainsi que de fournir des produits comme le blanc de champignon, une perceuse à main, un générateur électrique portable, un emporte-pièce pour faire des trous, etc. Plus tard, l'équipe de vulgarisation visita les sites tous les un à deux mois pour conseiller les fermiers sur la conduite des soins à donner aux rondins de bois. Cela garantissait aux fermiers l'assurance d'une bonne récolte et les a donc encouragés à poursuivre leur entreprise. Des données ont été rassemblées pour analyser la faisabilité de la culture du shii-take sur rondins de bois dans cette région.

Ce type de projet a été poursuivi dans deux villages, à 50 km de Chiang Mai. Deux cent vingt trois familles y ont participé. Le nombre de volées a été de six pendant les trois ans du projet, la période entre chaque volée étant de trois à quatre mois.

#### ■ *Gestion et commercialisation*

Au début, les champignons étaient commercialisés par les fermiers eux-mêmes. Les prix, cependant, étaient bien plus bas qu'ils n'auraient dû l'être. L'équipe de vulgarisation suggéra une rotation technique qui permit aux cultivateurs de mieux répartir leur production tout au long de l'année. Une production constante a conduit à un prix plus stable. L'équipe de vulgarisation agit en outre comme un agent intermédiaire en centralisant, triant et emballant tous les champignons. Ce qui a diminué les problèmes de qualité (tri), manipulation et emballage.

Voici les résultats de ce site sur trois ans (prix en bath-Thaï : 100 bT valent 4 \$ US environ) :

Valeurs des champignons frais (divisés en trois classes de qualité) :

- Classe A60      bT
- Classe B40      bT
- Classe C30      bT

Valeurs des champignons à sécher (divisés en trois classes de qualité) :

- Classe A40      bT
- Classe B30      bT
- Classe C20      bT

Huit à dix kg de shii-take frais donnent 1 kg de shii-take séché.

Nombre de rondins de bois inoculés :	22 396	
Revenu total :	600 808	bT
Production de champignons frais :	11 605	kg
Production moyenne par rondin :	26,8	kg
Rendement moyen par rondin (10 % de contaminés)	0,49	
Revenu maximum avec 429 rondins (village 1)	22 888	bT
Revenu maximum avec 161 rondins (village 2)	6 992	bT
Pourcentage de fermiers possédant plus de 100 rondins	47,1	%
Pourcentage de fermiers possédant moins de 100 rondins	52,9	%
Pourcentage de fermiers gagnant moins de 2000 bT	41,7	%
Pourcentage de fermiers gagnant plus de 2000bT	58,3	%
Rendement par rondin de moins de 400 g	38,1	%
(sur le nombre total de fermiers)		
Rendement par rondin de plus de 400 g	61,9	%
Pourcentage de fermiers gagnant moins de 20 bT	29,6	%
Pourcentage de fermiers gagnant plus de 20 bT	70,4	%

Aujourd'hui, la culture de shii-take sur rondins est limitée, car les rondins se font de plus en plus rares.

(Sources : Mushroom Newsletter for the tropics, vol.6, n°3, Nutalaya et al.)

## **b. Un projet de vulgarisation aux Philippines**

Chaque année, les Philippines importent des quantités considérables de champignons. Il y a pourtant abondance de matières premières pour leur

culture, mais la production locale ne peut pas approvisionner le marché. L'étude de cas qui suit est l'illustration parfaite des problèmes que l'on rencontre couramment dans les services de vulgarisation.

■ *Promotion de la technologie*

La promotion de la culture des champignons est faite par l'Université de Los Banos (qui possède une ferme de démonstration) et par l'intermédiaire de vidéo (NRLC). De plus, la fondation Ayala soutient quelques entreprises commerciales. Des instructions de culture simples sont à la disposition des cultivateurs, ainsi que des subventions pour la production de blanc ou la transformation des champignons.

■ *Etudes des moyens*

Quand une communauté désire utiliser une technologie, une enquête est effectuée pour définir les moyens disponibles, la main-d'oeuvre, les infrastructures, la proximité du marché, le temps disponible et les moyens financiers.

■ *Consultation à la base*

Si l'enquête estime que la production de la communauté peut atteindre 100 kg par jour, des réunions sont organisées avec les représentants des villageois pour expliquer la conception du projet. Environ un quart des villages n'a pu réunir suffisamment de matières premières pour produire 100 kg par jour. Cela tient à diverses raisons : le manque d'eau, un terrain escarpé, un village trop éloigné des routes d'approvisionnement, ou bien la réticence de la population à modifier son agriculture traditionnelle. Dans ces cas-là, aucune culture de champignons n'a été entreprise.

■ *Enseignement et démonstration*

La première activité d'une équipe de vulgarisation est de donner une série de cours informels, assortis d'une démonstration. Les fermiers reçoivent des instructions quand ils commencent à préparer leurs propres couches de substrat. Les prospectus illustrés sont les plus appréciés. Cependant on a constaté qu'un fort pourcentage des personnes qui avaient reçu ces prospectus n'avaient pas appliqué les instructions. Probablement par manque de temps, parce que cela exigeait un travail intensif et de grosses quantités de produits et surtout, parce que l'argent manquait pour réaliser le premier essai.



Organiser des rencontres n'était pas toujours facile. Quand la date de la réunion était fixée par les vulgarisateurs, l'assistance était peu nombreuse. Quand elle était fixée par les villageois eux-mêmes, il y avait plus de monde. Au début, les villageois étaient surtout curieux, mais pas réellement intéressés. Mais les démonstrations stimulèrent leur intérêt. Quelques-uns même préparèrent leurs propres couches avant que les champignons ne poussent sur les couches de démonstration.

Un résultat important de ce type de réunions a été de déterminer si la communauté elle-même était décidée à participer au projet ou si elle y était amenée sous la pression extérieure. Pourtant dans la plupart des projets la culture des champignons a cessé au bout d'un an. La raison en est sociale, économique ou politique. La plupart des fermiers ont tenté leurs propres expériences et malgré une culture réussie grâce à la technique présentée, celles-ci n'ont pas eu le succès escompté.

#### ■ *Réunions mensuelles et régulières*

La coopération (à cause de l'intérêt commun) entre cultivateurs de champignons a été encouragée par des réunions mensuelles. L'extension du projet fut évaluée, avec ses problèmes associés et ses avantages. Les problèmes pouvaient aussi être détectés grâce à des visites régulières qui permettaient de se familiariser avec la communauté. Malheureusement, pour beaucoup de villageois, celui qui parle le plus fort est le chef. Alors que très souvent, ceux qui parlent beaucoup ont peu de talents de direction et font simplement de l'effet.

#### ■ *Organisation des fermiers*

En matière de commercialisation, le regroupement facilite l'échange d'informations et le recours à une aide extérieure. Après une longue et fastidieuse mise en route, la plupart des projets ont échoué : le manque de confiance envers les vulgarisateurs, les intérêts personnels et les luttes de pouvoir ont affecté négativement la mise en route.

#### ■ *Les problèmes de culture*

Retards de récoltes, ravageurs et maladies, marché, qualité du blanc, méritent une attention immédiate faute de quoi l'intérêt des cultivateurs décline, et ceux-ci finissent par abandonner le projet. On s'est rendu compte qu'il était préférable de créer l'organisation des fermiers quelques mois après le démarrage du projet plutôt qu'au tout début.

### ■ *Cours de formation*

Il a été demandé aux membres du groupe de suivre une formation sur la fabrication du blanc, les bonnes méthodes de culture des champignons, la transformation et le transport ainsi que la commercialisation du produit. Les cours avaient lieu un jour sur deux pendant un mois et demi. Mais comme les participants sont venus aux cours sous la pression de leur organisation, le résultat a été minime. Les stagiaires ayant réussi ont reçu un certificat.

### ■ *Suivi*

Des questionnaires ont été régulièrement envoyés de façon à noter les progrès, les problèmes et l'aide complémentaire nécessaire à la communauté. Bien qu'il était facile de répondre à ces questionnaires (il suffisait de cocher la bonne case), peu de réponses ont été retournées.

### ■ *Résumé et conclusions*

Ceux qui développent les programmes de champignons doivent prendre conscience de l'environnement des villageois. Il faut qu'ils appréhendent les relations qui existent entre facteurs sociaux, économiques, politiques et agricoles, et qui peuvent affecter la mise en place d'un projet. Les villageois ont eu fréquemment une mauvaise expérience à la suite de projets mal organisés. Ils hésitent alors à coopérer et n'ont pas confiance en ce que peuvent dire les gens extérieurs à leur communauté. Leur résistance au changement est assez forte. Mais ils savent reconnaître les agents honnêtes. Une fois ceux-ci reconnus, les villageois quittent leur rôle d'assistés et sont capables de prendre des décisions, de rejeter, modifier ou accepter entièrement le projet envisagé.

Bien qu'il y ait de nombreux problèmes, il existe des possibilités de développement. Les expériences aux Philippines ont montré que la gestion et la planification devaient être décentralisées et dépendre de la participation des usagers. La technologie doit intéresser la hiérarchie locale. La participation locale est impérative pour qu'un programme réussisse. Les cultivateurs locaux connaissent mieux que quiconque leur propre situation, et les vulgarisateurs étrangers imaginent difficilement le faible niveau des moyens matériels des fermiers.

Enfin, dans certaines cultures, la responsabilité individuelle n'existe pas ; c'est le fait du groupe. De sorte qu'en cas de problème, personne n'agit à temps.

### **c. Généralités concernant l'implantation d'un projet de culture de champignons**

En général, il est très important de se mettre à la place des fermiers et de les faire participer à égalité au projet.

#### ■ *Définition du projet*

En premier lieu, il faut identifier les objectifs et les besoins de la communauté, puis rechercher les technologies appropriées. Une petite entreprise pilote peut être mise en place au sein de la communauté à titre de démonstration, ce qui peut inciter davantage de fermiers à se joindre au projet.

On peut observer la démarche suivante pour établir des projets autonomes. D'abord approvisionner en blanc, puis enseigner aux fermiers la façon de fabriquer eux-mêmes le substrat. Si le projet se poursuit sans encombre, apporter les connaissances et les matières premières pour fabriquer le blanc. Cette dernière étape n'est pas obligatoire : une usine de blanc peut desservir tout le pays. Ainsi, si les conditions de transport et de mise à disposition sont bonnes, il ne sera pas utile de fabriquer du blanc partout où les champignons sont cultivés. Si le blanc n'est pas facilement disponible, les universités ou les instituts agricoles pourraient le fournir puisque en général ils possèdent les équipements nécessaires à sa fabrication.

La fabrication du blanc est le noeud de tous les problèmes, bien qu'elle ne soit pas si difficile. Il faut toutefois un personnel entraîné, pour maintenir continuellement une qualité élevée.

#### ■ *Organisation de contrôle ou de soutien*

L'organisation qui est chargée du soutien du projet est très importante. De façon générale, les organisations non gouvernementales (ONG) réussissent mieux que les organisations gouvernementales. Les grands projets sont habituellement très coûteux, et ne profitent généralement pas à ceux qui en ont le plus besoin. Les organisations locales devraient vérifier si un projet est réellement adapté à la région et si les groupes ciblés en bénéficient. Qui a proposé de réaliser ce projet ? Les structures locales peuvent-elles être utilisées ? S'appuyer sur des structures locales est autrement efficace que créer un réseau complètement nouveau.



## CHAPITRE 9

# Zones de culture des champignons

Les critères qui suivent devraient être pris en compte lors de la sélection d'un site pour la production de champignons :

- distance du marché,
- disponibilité des produits du substrat,
- transport de la récolte et des produits du substrat,
- dispositions pour empêcher la contamination de l'entreprise,
- conditions climatiques convenant aux champignons cultivés,
- disponibilité en eau.

Les effets du climat peuvent être minimisés en protégeant le substrat. La zone de culture doit répondre à certaines conditions environnementales concernant :

- la température,
- l'humidité,
- la ventilation,
- la lumière.

En outre, elle devrait permettre le contrôle des ravageurs et des maladies, une utilisation efficace de l'espace.

On distingue généralement la culture en salle et la culture en extérieur, mais il ne s'agit en fait que d'une nuance.

Le choix sera fonction des ressources du fermier, de la technologie disponible, du prix du produit et du prix de revient. La culture en extérieur demande un faible investissement mais ne permet que peu de contrôles des paramètres environnementaux et est donc très dépendante des conditions naturelles. Par contre, en maison de culture, plus ces

paramètres sont régulés, plus les investissements sont lourds. Ainsi, la stabilité du rendement et l'étalement de la production sont possibles si la maison est équipée d'air conditionné, mais cela revient très cher.

De nombreuses publications traitent des maisons de culture entièrement conditionnées, mais très peu décrivent de simples constructions peu onéreuses. Dans le cas d'un projet prévu pour une zone plus importante, il peut être intéressant de standardiser les maisons de champignons. Il est alors aisé de comparer les résultats et de prendre en compte des aménagements comme la ventilation.

Les sujets suivants seront présentés :

- lieux de culture de shii-take sur rondins de bois ;
- cultures intercalées avec d'autres légumes ;
- abris-serres ;
- culture de divers champignons dans une maison de culture de champignons fermée et recouverte de film plastique à l'intérieur (Taïwan) ;
- maisons de culture simples (Philippines) ;
- étable en béton (Malaisie) et ses avantages sur les étables en attap ;
- une conception pour la production de *Volvariella* (Porto-Rico).

## **1. PRODUCTION DE *LENTINUS* SUR RONDINS DE BOIS**

Cette méthode est très semblable à celle de la culture du shii-take dans la nature, de ce fait les coûts sont faibles. Le temps d'envahissement du blanc est divisé en deux périodes qui demandent des conditions quelque peu différentes. Les critères de sélection de ces sites sont fournis dans ce chapitre.

Pendant le stockage, on utilise soit un film de plastique, soit des nattes de bambou ou de matière similaire pour maintenir l'humidité à la valeur voulue.

Pendant la fructification, les troncs sont disposés dans une forêt offrant un ombrage suffisant, sinon on peut installer un ombrage artificiel. On le réalise à l'aide d'un filet en plastique noir qui permet à l'air et à la pluie de passer. En Chine continentale, on couvre une simple cabane de bois avec des feuilles.

Arrivés à maturité, les champignons doivent être protégés de la pluie, sinon leur qualité diminue et ils deviennent plus difficiles à sécher. On recouvre alors les rangées de rondins avec un film plastique simplement posé sur les supports d'une installation d'ombrage artificiel, ou bien on utilise une construction auto-porteuse de type hangar. Le cultivateur ne peut

que faiblement contrôler l'environnement, mais cela n'est pas essentiel : seules des protections contre la pluie et le soleil sont réellement nécessaires. Lorsque la température est adéquate, mais l'humidité faible, il peut être intéressant de disposer les rondins dans une construction de type tente, et de les arroser fréquemment. Pour éviter que les aires de culture ne se détrempent trop, la plupart des cultivateurs creusent des rigoles de drainage.

L'eau doit être disponible toute l'année. Si l'on utilise la technique de trempage des rondins avant la fructification, il faudra posséder de grands conteneurs remplis d'eau. Des bassins en béton, placés à proximité des rangées, facilitent les manipulations.

## **2. CULTURES INTERCALÉES AVEC DES LÉGUMES**

On peut trouver des conditions appropriées à la fructification de certains champignons à l'ombre d'autres cultures. Ainsi, en Chine, on a mis au point une méthode de culture de l'*Auricularia* entre des rangées de canne à sucre qui fournissent l'humidité et l'ombre nécessaires à sa fructification. Certes, le contrôle des ravageurs et des maladies est plus difficile ; mais les champignons *Auricularia* étant moins fragiles que d'autres (ils sont peu charnus et leur structure est caoutchouteuse), des résultats acceptables ont été obtenus en suspendant les sacs au-dessus du sol à l'aide de cordes attachées à des bambous. Pour le schéma de cette disposition et le mode de préparation des sacs on se reportera au paragraphe 9 du chapitre 14.

La *Volvariella* peut aussi pousser sur des bandes de terre au milieu de maïs. Consultez le paragraphe concerné : « Cultures intercalées maïs et *Volvariella* ».

## **3. ABRIS-SERRES**

Une serre toute simple peut être fabriquée à partir de tubes de métal courbés en arc de cercle, ou bien de matériaux de construction flexibles couverts de plastique. L'abaissement de la température est obtenu en ouvrant le plastique ou en le recouvrant de nattes de bambous. Il est bien sûr possible de l'augmenter en laissant le plastique fermé exposé au soleil. En outre, le plastique maintient une forte humidité. Ces installations de culture ont l'avantage d'être bon marché, mais elles protègent peu des conditions climatiques, des ravageurs et des maladies.

FIGURE N° 19  
Serre

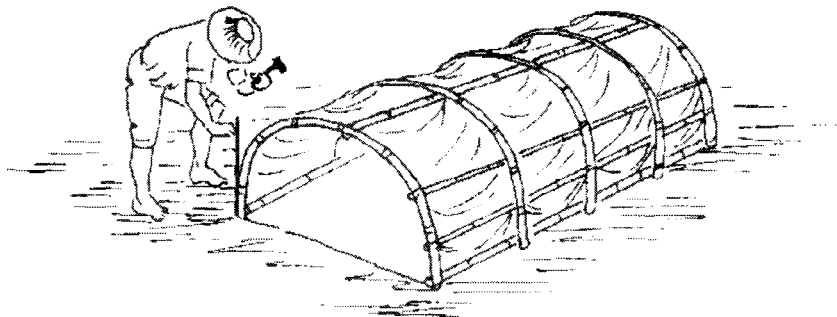


PHOTO N° 2  
Serres sous toit de matériaux végétaux  
au Centre de Recherche de Sanming, Chine.



#### 4. EXEMPLES DE MAISONS DE CHAMPIGNON

##### a. Maisons de champignon aux Philippines

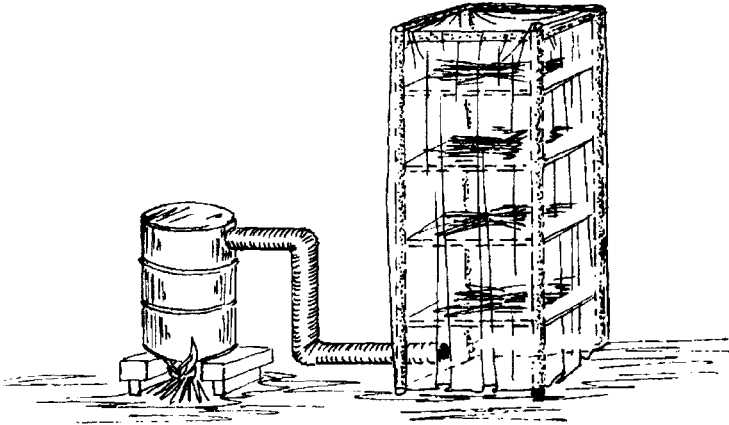
La construction d'une maison de culture peut être réalisée avec du béton ou à partir d'une structure métallique couverte de plastique, mais une simple structure en matériaux locaux fera aussi bien l'affaire : les coûts de maintenance sont légèrement plus élevés mais les coûts d'investisse-



ment sont réduits. Aux Philippines, les matériaux d'une maison de champignons pour 2 000 sacs (1,2 kg chacun) faite de nattes de pailles, de céréales de nipa ou de cogon coûtent la modique somme de 7 000 P (environ 225 \$ US, 1991). Une faible surface suffit car les champignons peuvent pousser sur des étagères, le plus souvent en bambou (mais on peut utiliser d'autres bois). Pour la culture d'*Agaricus* et de *Volvariella*, il est nécessaire de pasteuriser le substrat dans les maisons de champignons dont la taille devra alors être adaptée à la puissance de la chaudière. Pour une culture de *Volvariella* aux Philippines, 4 m de large sur 6 m de long et 2,5 m de haut sont de bonnes dimensions. En conditions idéales, le sol sera cimenté afin de faciliter le nettoyage. Portes et fenêtres doivent être parfaitement étanches pour la pasteurisation. Celle-ci peut se faire à l'aide de deux tonneaux de pétrole reliés par un tuyau.

**FIGURE N° 20**

Si la puissance de la chaudière à vapeur improvisée n'est pas suffisante, il est possible de ne pasteuriser qu'une seule partie de la maison. Il faut alors adapter les étagères pour pouvoir couvrir l'ensemble avec un film plastique.



### **b. Construction en béton en Malaisie**

En Malaisie, les installations traditionnelles de culture de champignons sont construites en attap, mais les structures en béton possèdent les avantages suivants :

- 1) elles constituent une bonne protection contre les ravageurs, tels que les insectes et les rongeurs ;
- 2) elles exigent très peu d'entretien ;
- 3) elles sont durables.

Le défaut est leur coût. En Malaisie, on peut construire une maison en béton pour 2 600 \$ US, alors qu'une grange en attap ne coûte que 2 110 \$ US. Les maisons de ferme ordinaires transformées en maisons de champignons en les couvrant d'une bâche en plastique, ne permettent pas une aération suffisante et les ravageurs y pénètrent facilement.

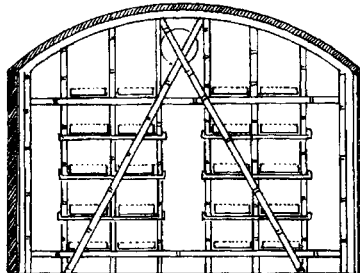
La maison de champignons de Malaisie est constituée d'un toit en traverses de bois monté sur des poteaux en béton armé. La structure a 17 m de long sur 7 m de large et 4,5 m de haut. Les murs sont construits en parpaings de béton sur un sol sableux. Ce sont des blocs creux qui procurent une importante isolation pendant les journées chaudes et ensoleillées. On se sert de mousse de polystyrène pour isoler le toit de fibrociment (l'amiante est dangereux pour la santé et devrait être évité). Des fenêtres percées dans les murs permettent l'aération nécessaire, par exemple après une fumigation chimique. Une ouverture de 0,60 m de large tout le long du faîte de la toiture augmente encore la ventilation. Cette ouverture est abritée par un toit en fibrociment surélevé de 30 cm. Toutes les fentes et fissures sont colmatées pendant la construction de la maison. Les portes et fenêtres sont toutes pourvues de moustiquaires. L'entrée est constituée d'une double-porte, la porte intérieure est dotée d'une moustiquaire. Une maison comme celle-ci peut être construite sur des terres agricoles, mais de préférence sous des arbres pour bénéficier d'un ombrage supplémentaire. Les étagères sont faites de bois tendre traité. Entre les étagères, une installation d'arrosage supporte des pulvérisateurs à intervalle d'un mètre.

(Tiré de C.C Tong et Z.C. Chen. Mushroom Journal for the Tropics, 1990, vol.10)

### c. Maisons de culture de type Ho à Taïwan

FIGURE N° 21

Construction de la maison de champignons de type Ho pour une culture sur étagères.



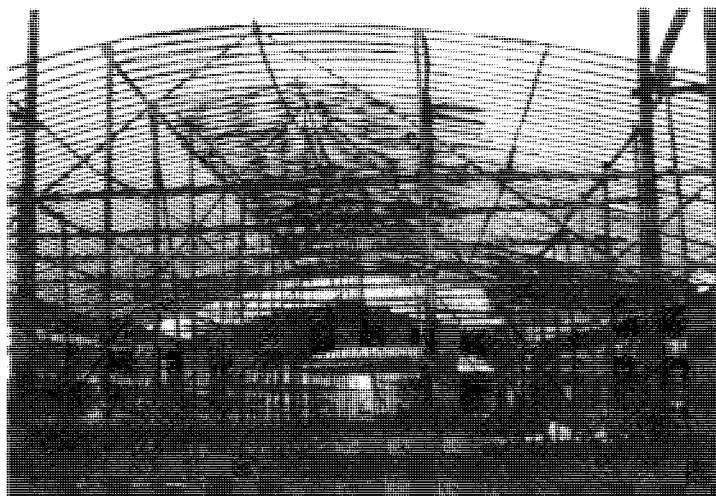
La maison de champignons de type Ho a été initialement conçue pour la production d'*Agaricus* par le professeur M.S. Ho de l'Organisation provinciale des fermiers de Taïwan. Cette maison peut être utilisée pour différents supports de culture : couches épaisses de substrats, rondins de bois (*Tremella*) et petits sacs stérilisés. La durée de vie des maisons dépend du nombre de traitements thermiques, qui usent rapidement le plastique. A Taïwan cette durée est généralement de 3 à 5 ans, mais certaines maisons durent 10 ans, ce qui réduit les coûts de culture. Certaines de ces maisons sont couvertes d'une couche de paille de riz de 7 cm qui protège du soleil et de la chaleur.

#### ■ Cultures sur étagères

Des essais ont démontré l'efficacité d'un plastique de protection pour maintenir la température pendant le traitement thermique. Deux rangées d'étagères en bambou courent le long de la maison. L'aire totale de production est de 150 m<sup>2</sup>. Chaque rangée comprend 5 étagères de 15 m chacune, espacées de 55 cm, l'étagère inférieure se trouvant à 13 cm du sol. Des allées de 0,60 m sont ménagées entre les rangées d'une part et, d'autre part, entre les murs et les côtés des étagères (qui supportent les lits de culture).

#### PHOTO N° 3

Construction d'une maison de champignons  
(avec l'aimable autorisation de Tari)



Le bambou doit être stérilisé avant usage dans une solution diluée de pentachlorophénate de soude pendant 45 mn. Il faut perforer chaque noeud du bambou avant le traitement. La ventilation est réalisée par un ventilateur centrifuge de 0.5 ou 0.25 CV. L'air frais est distribué dans la champignonnière par une gaine en polyéthylène perforé. L'admission d'air, les portes, et les fenêtres sont protégées par un grillage en plastique à mailles serrées (mailles de 100) qui empêche les insectes de rentrer.

La maison de champignons de type Ho est couramment utilisée pour la production d'*Agaricus* et de *Volvariella* à Taïwan. Le compost et la préparation du substrat se font à l'extérieur, le traitement thermique, l'ensemencement, la colonisation et la fructification, à l'intérieur.

**PHOTO N° 4**

Disposition des petits sacs plastique sur étagères dans une maison de champignons de type Ho.



■ *Culture en petits sacs*

Généralement les étagères sont construites en matériaux locaux. Parfois on utilise seulement le sol de la maison de culture car la température y est plus basse. Cela dépend de la souche sélectionnée et des températures extérieures locales.

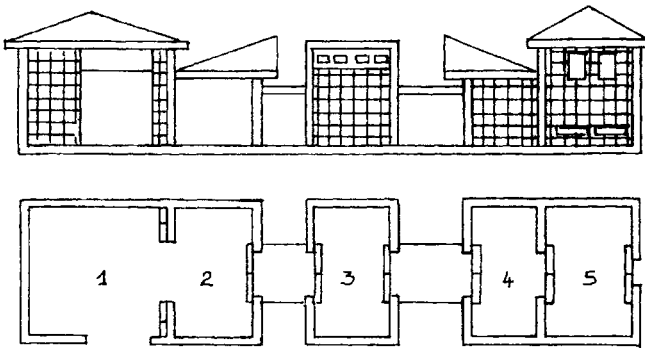
#### d. Culture expérimentale de *Volvariella* à Porto-Rico

A Porto-Rico, un concept différent a été développé pour une unité de culture de *Volvariella* par Mignucci et ses collaborateurs : chaque phase de la culture est réalisée dans une chambre particulière. L'exploitation est divisée en 5 parties :

- 1) stockage ;
- 2) fermentation ;
- 3) pasteurisation et ensemencement ;
- 4) croissance végétative ;
- 5) fructification.

FIGURE N° 22

Exploitation de culture de *Volvariella* à Porto-Rico (adapté de Mignucci)



La chambre de stockage (1) est haute de 5,9 m. Elle possède une grande porte coulissante d'une largeur et d'une hauteur de 3,05 m. Cela facilite l'accès aux camions qui apportent les matières du substrat. La zone de compostage (2) mesure 6,10 m sur 3,7 m. Elle a un sol de ciment et est protégée par un toit. La chambre de pasteurisation (3) a la taille standard de 6,10 m sur 3,70 m. La vapeur est fournie par une chaudière à vapeur. Entre les chambre 3 et 4 se trouve une autre partie, au sol cimenté et couverte d'un toit qui abrite la chaudière à vapeur. Ses dimensions sont aussi de 6,10 x 3,70 m. La chaudière à vapeur, d'une capacité de 250 kg vapeur / heure, fonctionne au gaz liquide. Des tuyaux amènent la vapeur aux chambres 3, 4 et 5. Des vannes régulent l'admission de vapeur. La chambre d'incubation (4) est surbaissée parce qu'à cette phase, les paniers de culture peuvent être empilés. La température du substrat peut facile-

ment être maintenue à 35 °C sans dépenser beaucoup d'énergie. Des filtres à air sont installés sur le mur opposé aux événements (39 x 49,4 cm). La salle de fructification (5) est équipée de ventilateurs à ailettes à 2,10 m du sol et d'un panneau translucide pour permettre à la lumière de stimuler la fructification. Les fenêtres des côtés satisfont également aux exigences en lumière des champignons de paille de riz.

Les toits des chambres 1, 2, 3 et 4 sont tous opacifiés par des tôles en fer blanc, inclinées de façon à assurer un drainage correct de l'eau pendant les fortes pluies. Les portes des chambres 3, 4 et 5 sont composées d'une porte coulissante en métal, et d'un grillage intérieur pour empêcher les insectes d'entrer. On utilise des paniers de plastique mesurant 55,6 x 46,3 x 32,5 cm. Ils peuvent être empilés sur une structure à roulettes qu'on déplace alors facilement de chambre en chambre.

Les avantages d'une telle conception sont les suivants :

- une production continue de champignons : toutes les étapes peuvent être réalisées simultanément ;
- la division en compartiments permet de maintenir un bon niveau d'hygiène ;
- la structure est conçue pour une dépense réduite en énergie et machines.

Son défaut est qu'elle demande des investissements élevés et ne convient donc pas à de petits fermiers. On ne peut pas encore dire si cette expérience a un avenir.

## **5. CONTRÔLE DES CONDITIONS CLIMATIQUES**

Les techniques de culture indiquent les températures les plus appropriées à la croissance du mycélium et, plus tard, des champignons. Il faut, bien sûr, choisir des souches adaptées aux températures locales, puis exercer un contrôle relatif. Par exemple, la nuit, on ouvrira portes et fenêtres pour faire baisser la température, ou bien, on utilisera un ventilateur qui soufflera de l'air plus frais. Dans les serres translucides, on masque le soleil si la température doit rester basse, par contre, au début du printemps et en hiver, on laisse le soleil chauffer l'air intérieur. Si la température de l'air extérieur est en permanence trop élevée, le fait d'arroser le sol et d'augmenter la ventilation peut abaisser légèrement la température. Le potentiel de rafraîchissement par arrosage dépend de l'humidité de l'air et de la température initiale de l'eau. Si l'air est presque saturé d'eau alors l'effet rafraîchissant de l'eau sera faible.

Pour leur croissance mycélienne, la plupart des champignons préfèrent des températures constantes mais certains ont besoin d'un choc thermique

froid pour fructifier. Or, refroidir coûte généralement très cher ; il faut donc planifier les récoltes en fonction des saisons ou utiliser une souche adaptée. Quelquefois le substrat est laissé à l'intérieur pour l'incubation et placé à l'extérieur pour la fructification.

#### ■ *Ventilation*

De nombreuses espèces de champignons ne supportent pas de fortes concentrations en  $\text{CO}_2$  et un peu d'air frais leur est nécessaire pendant la culture. Deux systèmes sont alors utilisés : ventilation en surpression ou en dépression. Les systèmes en dépression aspirent l'air frais de l'extérieur. Il est moins facile, dès lors, de contrôler les contaminations. Les systèmes en surpression semblent plus appropriés puisqu'il est facile de filtrer l'air à son admission. En général, c'est par une gaine en polyéthylène percée de trous à intervalles réguliers que la distribution de l'air se fait dans la maison de champignons. La surface totale des trous ne doit pas être supérieure à la surface de la section transversale du tuyau. Les trous pratiqués à proximité du ventilateur laissent passer moins d'air. Il suffit de réduire légèrement le diamètre de la gaine en l'enserrant d'une corde placée au milieu de la longueur de la maison. On crée ainsi une pression supérieure en amont. La gaine est suspendue au milieu de la chambre, mais on peut également accrocher deux gaines le long des murs. Les deux systèmes produisent un courant d'air vers le bas. Ces conduits peuvent aussi brasser l'air. Dans ce cas, il faut un volet à l'entrée pour mélanger l'air frais et l'air recyclé. Pendant la pasteurisation, par exemple, on fait entrer un peu d'air frais, mais l'air recyclé est important pour une répartition régulière de la chaleur. Les paramètres sont liés entre eux. Par exemple, si on arrose pour réduire la température, on modifie bien entendu l'humidité ; de même, souffler de l'air frais pour refroidir diminue la concentration en  $\text{CO}_2$  et le recyclage provoque la formation d'écailles sur les chapeaux d'*Agaricus*. Dans les maisons de culture équipées d'un contrôle total du climat il est possible de modifier un paramètre sans affecter les autres, mais cet équipement est très coûteux.





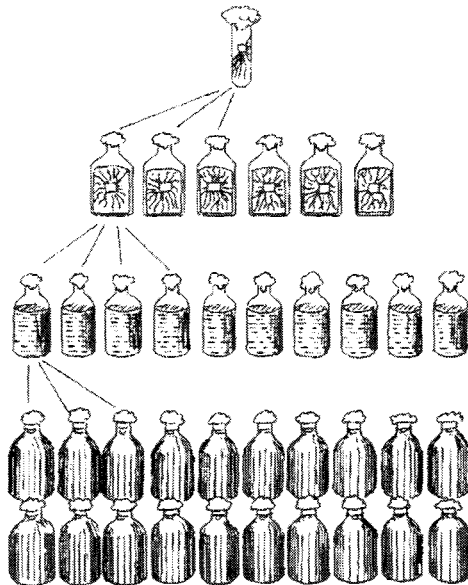
## CHAPITRE 10

# Aspects pratiques de la production de blanc

La culture de départ peut être réalisée à partir d'un carpophore frais et sain, ou d'une culture de collection. A partir de cette première culture on prépare de nombreuses cultures sur gélose. Elles servent à inoculer des bouteilles avec du blanc, et ces dernières permettent d'inoculer le substrat final du blanc.

FIGURE N° 23

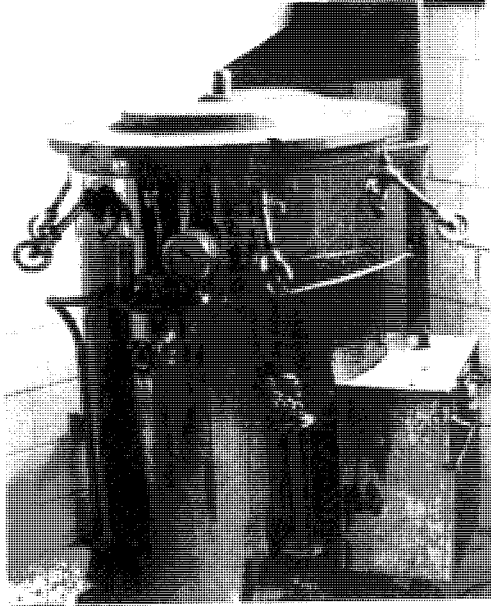
Exemple de plusieurs produits employés dans la fabrication du blanc : une culture mère sur gélose, des cultures de départ sur gélose, une culture mère sur grain, le blanc final sur baguettes de bois pointues.



## 1. MATÉRIEL ET PRODUITS

**PHOTO N° 5**

Un petit autoclave pour utilisation en laboratoire  
ou pour une petite fabrication de blanc  
(avec l'aimable autorisation de Tari)



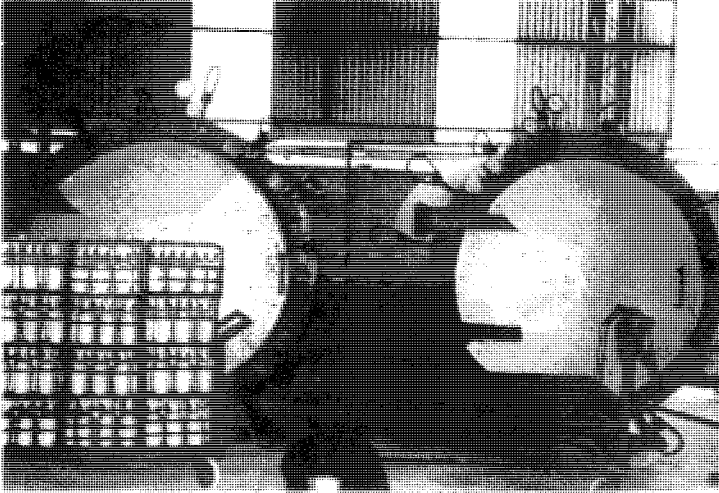
Les éléments nécessaires à la production de blanc sont les suivants :

- des cultures pures,
- un autoclave ou des cocottes minute,
- un équipement de laboratoire : tampons de coton, brûleurs, alcool pur, scalpels, bouteilles de verre,
- deux réfrigérateurs,
- une salle stérile,
- des étagères pour les réfrigérateurs,
- des étagères pour la chambre d'incubation,
- en option dans les régions chaudes : un système de refroidissement pour la chambre d'incubation,
- des milieux de culture (cf. plus loin la « Préparation des milieux »),
- des produits pour le substrat des cultures mères : grain (blé, seigle, millet) ou bâtonnets de bois,

- des produits pour le blanc final, par exemple : sciure de bois, copeaux de bois, grain.

**PHOTO N° 6**

En premier plan, des autoclaves avec du blanc sur grain.



## **2. SALLES BLANCHES = SALLES STÉRILES**

Un environnement stérile est indispensable à la production de blanc. En particulier, les opérations au cours desquelles les récipients stérilisés sont ouverts, doivent se dérouler dans des conditions aseptiques. L'air contient en effet une infinité de particules : par exemple, l'air du désert contient 3 800 000 particules par mètre cube ; dans les régions industrielles ce nombre est multiplié par 10. Un fumeur multiplie par cent le nombre de particules contenues dans une salle. Certes, toutes ces particules ne sont pas dangereuses pour les cultures de champignons : certaines sont constituées d'argile, de silice et de produits de la décomposition biologique. Mais l'air contient aussi un grand nombre de germes qui infectent même les milieux stérilisés. Les spores de divers micro-organismes en sont un exemple. La plupart d'entre elles mesurent entre 0,4 à 20 microns. Seuls les virus sont beaucoup plus petits, mais généralement ils s'accrochent à des particules plus grosses.

Il n'est pas possible de stériliser complètement un environnement, mais le degré de contamination doit être maintenu en deçà d'un certain seuil.

Les producteurs de blanc dans les pays industrialisés ne tolèrent que de très faibles taux de contamination ; un taux de 5 % est raisonnable pour les pays tropicaux (compte tenu de l'environnement très infectieux, et de l'insuffisance des moyens).

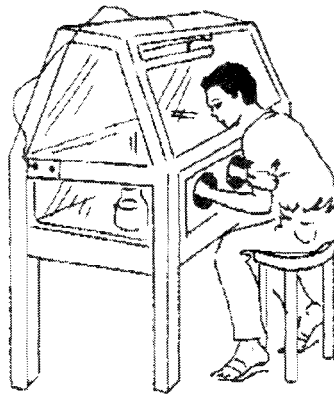
Pour aménager une zone d'inoculation « propre », il existe deux dispositifs : de simples armoires d'inoculation pour une petite production et, si l'on dispose d'un plus gros budget, des armoires à flux laminaire pour une production importante.

Celles-ci filtrent efficacement l'air et fournissent un flux non turbulent d'air propre. Les armoires sont désinfectées chimiquement. Il faut utiliser les produits de désinfection avec précaution.

### a. Armoires d'inoculation

FIGURE N° 24

Une armoire d'inoculation



Les armoires d'inoculation simples sont largement utilisées en Chine. On peut les construire à peu de frais avec des matériaux locaux. La vitre avant, articulée, permet l'ouverture de l'armoire pour la remplir. L'intérieur est totalement désinfecté, soit par une vaporisation de 70 % d'alcool éthylique et 10 % de solution d'oxyde de chlore, soit avec du permanganate de potassium dans une solution de formol. Cependant, se méfier du formol qui est dangereux et peut induire des cancers ; 12 heures à une température supérieure à 10 °C environ et sous une aération suffisante sont nécessaires pour qu'il se dégrade.

On peut, en plus des produits chimiques, utiliser des rayons ultra violets qui, à forte puissance, tuent la plupart des spores. Mais il est difficile de

les utiliser sans projeter d'ombre dans la pièce. Les éteindre dès que l'on pénètre dans la pièce, car ils peuvent provoquer, à long terme, des cancers de la peau.

Il ne suffit pas de stériliser l'intérieur de l'armoire. Il faut absolument maintenir la propreté de l'environnement immédiat. Cela sera plus facile si le sol et les murs sont en ciment.

## **b. Systèmes de flux laminaire**

Un système de flux laminaire est constitué d'un ventilateur, d'une gaine, de filtres et d'une « hotte » à flux laminaire. L'écoulement laminaire fait que les contaminants ne se répandent que dans une seule direction, alors que dans un flux d'air turbulent, les spores se déplacent dans toutes les directions, provoquant une plus grande contamination. Différents systèmes peuvent être utilisés :

- armoires à flux laminaire,
- systèmes à plenum ouvert,
- système de conception particulière avec conduits.

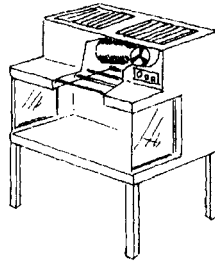
Une armoire à flux laminaire suffira dans la plupart des cas. La dimension du filtre doit s'accorder au ventilateur haute pression. Les ventilateurs sont dimensionnés par les fabricants selon le volume d'air qu'ils peuvent souffler à travers des matériaux d'une résistance spécifique. Pour un écoulement laminaire correct, on considère que la vitesse optimale de l'air est d'environ 0,45 m/s. Par exemple, pour un ventilateur soufflant 30 m<sup>3</sup> / minute à travers un filtre d'une pression statique donnée (2,5 cm), la surface du filtre sera de 0,54 m<sup>2</sup>. La puissance du ventilateur devrait être légèrement supérieure à la puissance préconisée pour compenser les pertes de charge ainsi que l'augmentation de la pression statique du filtre lorsqu'il s'est encrassé. Un filtre HEPA (haute efficacité pour les particules de l'air) doit être changé lorsque sa résistance double. Quand on installe un préfiltre, la durée de vie du filtre HEPA est généralement celle de la salle blanche entière. Essayer d'obtenir des filtres de fours comme préfiltres : ils sont généralement bon marché et faciles à trouver dans les pays occidentaux. Un simple tissu peut faire l'affaire.

La résistance initiale des filtres HEPA est élevée, la pression augmente donc de façon significative devant le filtre qui doit être parfaitement adapté à l'encadrement sur lequel il est placé pour éviter que l'air contaminé ne soit aspiré.

L'efficacité d'un filtre se mesure à son aptitude à retenir les particules d'une taille donnée. Si un filtre a un taux de 99,99 % pour des particules de 0,3 microns, cela signifie qu'une seule particule de cette taille sur 10 000 traversera le filtre. C'est une valeur habituelle pour les filtres HEPA. Il existe des filtres beaucoup plus efficaces comme les ULPA (à ultra basse pénétration d'air) : 99,999 %, VHSI : 99,9995 % et MEGA : 99,99995 %. L'HEPA est généralement suffisant, mais certaines armoires à flux laminaire sont munies de filtres ULPA. Les filtres sont le coeur de tout système d'écoulement laminaire, mais d'autres facteurs entrent en compte : les gens, leur hygiène, la construction des gaines et des filtres de telle façon qu'aucun air impropre ne soit aspiré, etc.

**FIGURE N° 25**

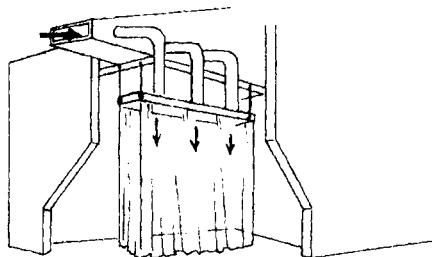
Une armoire à flux laminaire tout équipée.



Les armoires à flux laminaire peuvent s'acheter tout équipées. Elles ont l'avantage d'avoir été testées pour détecter les fuites, elles fourniront donc de l'air propre de façon certaine. Mais elles sont bien plus coûteuses que les armoires à flux laminaire que l'on construit soi-même.

**FIGURE N° 26**

Conception d'une salle « blanche » : salle stérile totalement désinfectée où le flux d'air passant à travers des filtres absolus est guidé par des lames de plastique.



Dans le cas où il faut inoculer d'importantes quantités de blanc ou de substrat, on pourra décider de construire une salle blanche complète, soit avec plenum ouvert, soit avec un système particulier de conduits.

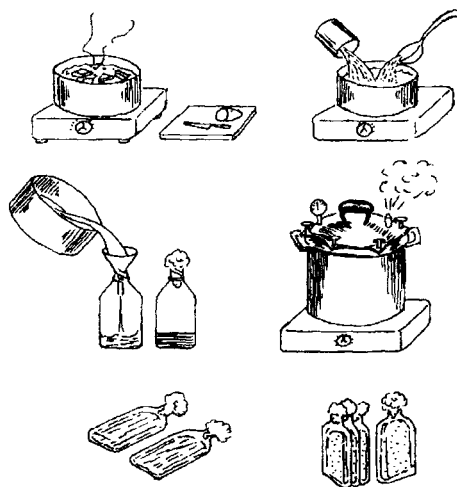
Un plafond d'écoulement laminaire garantit un bas niveau de contamination : les spores des chaussures des ouvriers restent près du sol et sont rejetées au dehors sans entrer en contact avec les milieux stérilisés. L'atmosphère de ce genre de salle est généralement renouvelée de 10 à 20 fois par heure. La surpression maintient les contaminants à l'extérieur, en particulier si un sas a été prévu. On consultera le fournisseur de filtres pour des conceptions spécifiques. Il est toutefois plus difficile de réaliser un écoulement laminaire correct dans une salle que dans une armoire. Aussi pourra-t-on s'accommoder de salles propres sans écoulement laminaire, si l'air le plus propre est guidé le long de la station de travail. Les vitesses de l'air dans les salles propres à écoulement non laminaire devraient être comprises entre 0,15 et 0,45 m/s. Si la vitesse est inférieure, les contaminants se répandent ; si elle est supérieure, ils s'accumulent.

### 3. PRÉPARATION DES MILIEUX

On appelle « slant » les tubes à essai ou les bouteilles contenant des milieux favorables à la croissance mycélienne. La technique comprend la préparation des milieux, le remplissage des tubes, et leur stérilisation.

FIGURE N° 27

Préparation d'un milieu gélosé de dextrose et d'extrait de pomme de terre (PDA).



Pour que les champignons se développent, il faut que les milieux contiennent suffisamment de substances nutritives (par exemple des saccharides), et un agent solidifiant (agar ou gélatine). Dans un milieu acide l'agar solidifie mal s'il a été stérilisé, aussi il convient de stériliser les extraits et l'eau avant d'ajouter l'agar.

La plupart des espèces poussent sur les milieux suivants :

1 - *PDA : milieu gélosé de dextrose et d'extrait de pomme de terre*

Ingrédients : 200 g de pomme de terre en morceaux, 20 g de poudre d'agar, 20 g de dextrose ou de sucre de canne blanc ordinaire, 1 litre d'eau distillé.

Laver, peser et couper les pommes de terre en petits morceaux. Les faire bouillir pendant environ 15 à 20 minutes jusqu'à ce qu'elles ramollissent. Retirer les pommes de terre et ajouter de l'eau au bouillon pour obtenir exactement 1 litre. Ajouter la dextrose et l'agar en veillant à l'exactitude des quantités, faute de quoi le mélange deviendrait trop mou ou trop dur. Mélanger de temps en temps et chauffer doucement jusqu'à ce que l'agar ait fondu. L'agar ne doit pas être chaud quand on le verse dans les tubes ou les bouteilles, sinon il forme des grumeaux. Remplir les tubes avec 10 ml de liquide, puis fermer à l'aide d'un bouchon de coton.

2 - *Milieu de décoction de son de riz*

Pour la conservation des cultures, la recette précédente de PDA est couramment utilisée mais pour multiplier des cultures, la recette suivante est moins chère et plus facile à réaliser. On l'utilise pour la *Volvariella*, le *Pleurotus* et l'*Auricularia* aux Philippines.

Ingrédients : 200 g de son de riz, 1 litre d'eau, 20 g de gélatine. Faire bouillir le son de riz environ 10 minutes dans l'eau. Filtrer, recueillir le bouillon, y faire fondre la gélatine et verser dans les bouteilles.

3 - *Agar + blé*

Ingrédients : 32 g de blé, eau déminéralisée, 2 % d'agar. Faire bouillir les grains de blé dans 1 litre d'eau déminéralisée pendant 2 heures. Filtrer le bouillon au bout de 24 heures et ajouter de l'eau déminéralisée jusqu'à l'obtention d'un litre. Utiliser 2 % d'agar pour solidifier le bouillon. Remplir les éprouvettes et stériliser 30 min.

4 - *Malt + agar à 2 %*

Ce milieu est couramment utilisé dans les collections de cultures, pour l'obtenir on dilue du malt de brasserie avec de l'eau, dans une solution de sucre à 10 % (mesurée à l'aide d'un étalonneur Brix à saccharose, valeur 10). Stériliser pendant 20 minutes à 121 °C. Utiliser une solution de 0,40 litre d'extrait de malt, 0,80 litre d'eau et 15 g d'agar. Ajuster la valeur du pH à 7 en ajoutant de l'hydroxyde de potassium (KOH). Remplir les tubes et stériliser 30 min. Ce milieu contient un complexe de vitamine B et divers saccharides.



### 5 - Farine d'avoine + agar

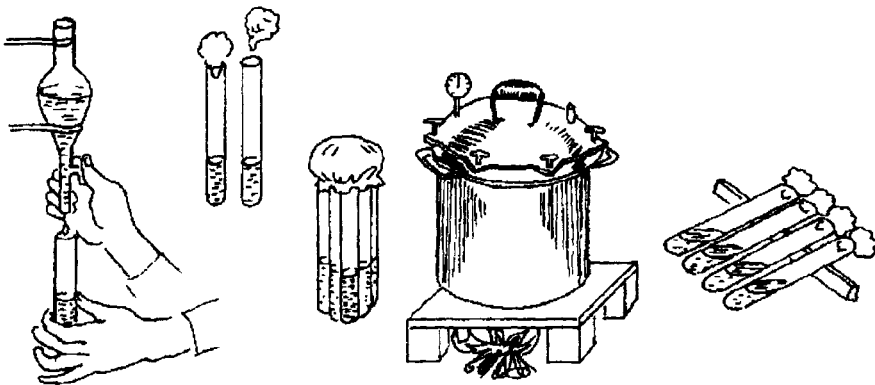
On peut préparer un milieu pauvre en substances nutritives en enveloppant des flocons d'avoine (30 g / l d'eau) dans un linge ; on met à mijoter 2 heures dans une casserole. Presser et filtrer à travers un linge. Ajouter 15 g d'agar pour solidifier le bouillon. Ne pas stériliser à haute pression sinon l'agar ne se solidifiera pas. Conserver les éprouvettes à 102 °C et 1 atmosphère.

Il est également possible d'acheter un PDA tout préparé ou de l'extrait de malt agar. Le mode de préparation doit être écrit sur le paquet. Ces produits sont plus chers, mais représentent un gain de travail. L'autre avantage de la poudre est sa qualité constante, alors que votre propre produit varie selon les ingrédients. Certains milieux commercialisés contiennent des antibiotiques (tétracycline) pour empêcher la croissance de bactéries.

Pour obtenir le mycélium pur de tout contaminant il faut absolument, au départ, une culture pure et des milieux complètement stériles. Or, certaines bactéries produisent des spores qui survivent à 100 °C. Par ailleurs, un comptage effectué dans un seul gramme de seigle donne plus de 50 000 bactéries, 200 000 ascomycètes, 12 000 autres champignons et de nombreuses levures. Quelques organismes survivant au traitement thermique suffisent à gâter le blanc. La stérilisation des milieux sera donc réalisée en maintenant la température à 121 °C pendant 15 à 30 minutes. Pendant ce laps de temps, la chaleur doit atteindre le coeur du substrat dans les tubes, les bouteilles ou les sacs. En fonction de la taille des conteneurs à stériliser, il faudra de 20 minutes à 4 heures pour une stérilisation complète.

FIGURE N° 28

Préparation de « slants ».



Un autre mode de stérilisation consiste à traiter à la vapeur, de façon intermittente, une heure par jour pendant trois jours. La pression n'est pas nécessaire. Si le premier traitement ne suffit pas à détruire toutes les spores des microbes, celles-ci vont germer à la température appropriée pendant le refroidissement, et pourront être détruites lors du deuxième passage à la vapeur. Pour plus de garantie, un troisième traitement thermique est effectué le troisième jour.

Les cocottes minute « All American » en aluminium martelé sont les plus utilisées. L'eau doit être versée dans la cocotte jusqu'au niveau du grillage. Les bouteilles ou les tubes sont placées sur des étagères et recouvertes de plastique pour empêcher l'eau de mouiller les bouchons de coton. Puis le couvercle est solidement refermé. La soupape pourra être ouverte au début pour laisser échapper l'air. Cela prend 5 à 10 minutes à partir du moment où l'eau bout et que la vapeur s'échappe. La soupape est alors fermée et la jauge de pression indique la montée en pression. Stériliser sous pression pendant 20 minutes.

On augmente la surface de la gélose en inclinant les tubes ou les bouteilles dès que la température atteint 45 °C ; il faut que l'agar soit encore fluide. Veiller à ce que l'agar ne touche pas les bouchons de coton, il risquerait d'être contaminé. Ne pas retourner les tubes de haut en bas avant que l'agar ne se soit solidifié, sinon une petite partie pourrait se solidifier de l'autre côté du tube ou trop près des bouchons.

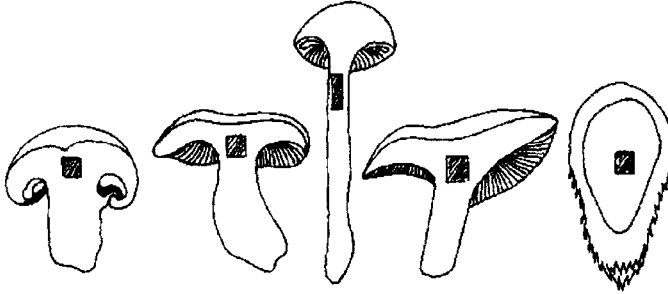
#### **4. CULTURES DE TISSU**

Il n'est pas possible de transférer éternellement des cultures sur agar, car le mycélium dégénère. Il vaut mieux ne pas transférer plus de huit fois (T8). On peut obtenir un mycélium jeune et vigoureux à partir de fructifications en utilisant :

- de jeunes champignons (âgés d'un à trois jours) de préférence à l'état de bouton ;
- scalpel ;
- alcool ;
- tubes ou bouteilles d'agar stérilisé ;
- bec Bunzen (non fumant) ;
- une table de travail propre, ou plutôt une armoire à flux laminaire ou une boîte à inoculation.

FIGURE N° 29

Parties à utiliser pour l'*Agaricus*, le shii-take, la *Flammulina*, le pleurote et le champignon à tête de singe (de gauche à droite).



Laver minutieusement les champignons. Tremper le scalpel dans l'alcool, puis le porter au rouge sous la flamme. Le laisser refroidir 10 secondes. Fendre le champignon dans sa longueur. Ne pas toucher la surface intérieure. Utiliser le scalpel chauffé pour détacher un petit morceau de tissu (il suffit de 2 x 2 cm). Ouvrir le tube et en chauffer l'orifice. Puis piquer le scalpel avec le tissu au milieu de l'agar. Remettre immédiatement le bouchon. Inoculer au moins trois cultures, plus si possible.

(Remarque à propos de l'*Auricularia* : couper l'« oreille » le long du bord avec des ciseaux chauffés, détacher un peu de tissu à l'aide d'un scalpel chauffé puis refroidi, et transférer sur la surface de l'agar comme indiqué ci-dessus.)

En trois ou quatre jours, le mycélium va couvrir le tissu et se ramifier sur l'agar. Si aucune pousse n'apparaît sur l'agar, vérifier :

- la compatibilité de ce type de milieu avec le champignon choisi ;
- la préparation du milieu (le pH est peut-être inadapté) ;
- la viabilité du champignon ;
- la possibilité que le mycélium ait été détruit par la chaleur du scalpel, insuffisamment refroidi avant le prélèvement.

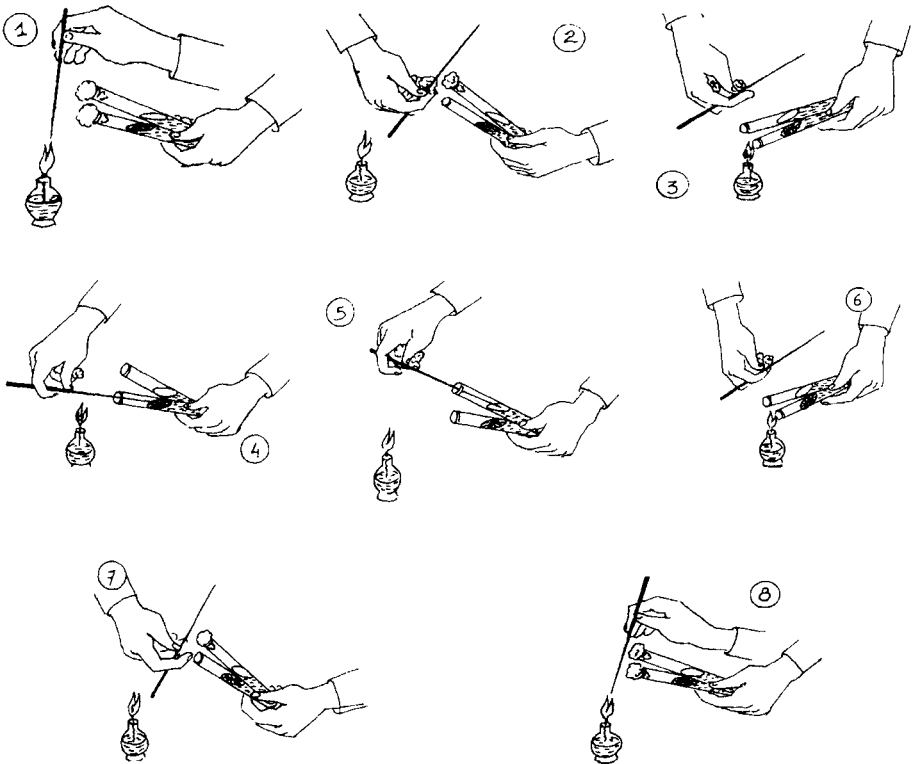
Le mycélium doit être blanc et pousser à partir du tissu prélevé. Si des mycéliums bleus, verts ou gris se forment ailleurs sur la surface, ils proviennent de champignons contaminants. Une pousse crémeuse, brillante, indique souvent une contamination bactérienne. La culture pourra être sauvée, si les filaments mycéliens ne sont pas mêlés aux filaments des contaminants, en le coupant et le transférant dans un nouveau tube de culture. Prendre garde de ne pas toucher la surface contaminée avec le scalpel.

Dans certains laboratoires, on utilise des boîtes de Pétri à la place de tubes, mais elles sont plus facilement contaminées parce que la surface entière est exposée à l'air pendant l'inoculation. Par contre, ces boîtes sont bien adaptées aux expériences sur les vitesses de croissance du mycélium. Un environnement propre est alors beaucoup plus important que dans le cas de transfert de tube à tube.

### 5. SOUS-CULTURES : CULTURES REPIQUÉES

Une fois que l'on a obtenu la culture pure du champignon désiré, il faut la multiplier. Inoculer davantage de tubes selon les techniques décrites. Noter le nombre de transferts : étiqueter les cultures d'origine isolées T1, les tubes suivants T2 (isolées à partir de T1), T3 (isolées de T2), etc. Ne pas aller au-delà de T7 pour l'inoculation finale du blanc.

FIGURE N° 30



- 1 - Stériliser le scalpel à blanc sur la flamme,
- 2 - Retirer les bouchons des tubes (pendant ce temps le scalpel refroidit),
- 3 - Maintenir l'ouverture des tubes au dessus de la flamme,
- 4 - Tailler un cube de 5 x 5 mm du tube-mère,
- 5 - Placer le cube au milieu de l'agar du nouveau tube,
- 6 - Maintenir l'ouverture des tubes sur la flamme pendant 3 secondes,
- 7 - Refermer les tubes avec les bouchons de coton,
- 8 - Stériliser le scalpel une fois de plus sur la flamme pour le transfert suivant.

Mettre les tubes nouvellement inoculés à incuber à 25 °C pendant 10 jours. Les cultures de *Volvariella* seront maintenues à 35 °C.

## 6. RÉCIPIENTS

Le choix des récipients pour le blanc mère ou le blanc commercialisé dépend des disponibilités locales. On utilise habituellement pour le blanc mère des bouteilles de verre ou de plastique résistant à la chaleur. On peut aussi utiliser des pots à large orifice, des bouteilles de lait, des bouteilles de dextrose. Les bouteilles de dextrose sont parfaites car on peut les récupérer gratuitement auprès des hôpitaux. D'autre part, elles sont munies de trous d'aération qui peuvent être facilement bouchés avec du coton, et leur ouverture étroite facilite un transfert aseptique du blanc mère au blanc final. On peut également les utiliser pour le blanc final que l'on extrait avec des baguettes si le blanc est encore assez jeune ; mais s'il s'est développé en formant un gros bloc, il faudra casser la bouteille.

Les sacs en polypropylène, avec filtres ou bouchons de coton pour l'aération, sont beaucoup plus utilisés pour le blanc final sur sciure ou sur grain. En Europe, leurs dimensions varient de 2,5 à 5 litres pour le blanc sur grain. Pour la sciure de bois, on utilise habituellement à Taïwan des sacs de 1,2 kg. Certains types de sacs libèrent, quand ils sont chauffés, des substances qui font échouer la croissance mycélienne. Cela expliquerait pourquoi la croissance mycélienne est beaucoup plus rapide en bouteille qu'en sac.

Se rappeler qu'il faut un temps de stérilisation plus long pour de gros récipients. La conductivité thermique du blanc est généralement faible.

## 7. BLANC MÈRE

Le blanc mère est utilisé pour inoculer soit du blanc sur grain soit une deuxième génération de blanc mère ; on se sert par exemple de bâtonnets de bois qui, à leur tour, peuvent inoculer le blanc final. Certains fabricants de blanc les plongent dans une solution riche en substances nutritives avant stérilisation. Ces bâtonnets peuvent être conservés 6 mois au réfrigérateur sans perdre de leur vigueur.

On peut aussi utiliser ces baguettes congelées comme blanc final. Si leurs extrémités sont pointues, elles peuvent servir à perforer les sacs plastique ce qui simplifie le travail d'ensemencement (voir aussi « Préparation de blanc sur bâtonnets de bois » dans la section suivante).

On ne devrait pas utiliser de blanc mère sur grain pour inoculer une autre génération de blanc mère sur grain, à cause du risque de contamination et de dégénérescence.

### ■ Préparation du substrat

On peut utiliser différentes sortes de grains comme le blé, le seigle, le millet, le riz ou le sorgho. La qualité est très importante. Le grain doit avoir été fraîchement récolté et ne contenir que très peu d'amandes cassées, peu d'endospores bactériennes ou de débris étrangers. Faire tremper le grain dans l'eau pendant 2 heures, le faire égoutter et le cuire dans l'eau pendant 10 à 15 minutes. Egoutter de nouveau, puis mélanger minutieusement à de la vermiculite, à de la craie ou pierre à chaux ( $\text{CaCO}_3$ ), et à du gypse ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

La vermiculite empêche le grain de coller et a, comme le gypse, un effet positif sur la structure du substrat.

Exemple de quantités : 4,5 kg de blé, 100 g de gypse et 25 g de craie.

Remplir les bouteilles et nettoyer soigneusement l'intérieur du goulot pour empêcher les spores de germer à cet endroit.

Stériliser les bouteilles dans un autoclave. La durée de stérilisation dépend de l'autoclave et de la taille des conteneurs : de 2 heures environ pour des conteneurs de 500 g, à 4 heures pour des sacs de 3 kg. Secouer les bouteilles en les sortant de l'autoclave, pour mêler les grains les plus humides et les plus secs et empêcher ceux du fond de se coller les uns aux autres.

On peut pour faciliter le secouage utiliser un pneu d'auto usé ou une chaise rembourrée, en veillant à leur parfaite propreté.

Dès que la température au centre des récipients est descendue en dessous de la température maximum de croissance mycélienne, les récipients

peuvent être inoculés. Utiliser des carrés d'agar de la culture mère, arrivés à maturité, de 5 x 5 mm (un carré pour des bouteilles de 250 ml, deux pour de plus grosses). Le grain peut être très facilement contaminé, c'est pourquoi il faut travailler dans une salle blanche, stériliser tout l'équipement avant utilisation, placer les bouteilles horizontalement.

Faire incuber les bouteilles jusqu'à ce que le mycélium ait envahi tout le substrat. Remuer une ou deux fois pendant la période d'incubation (à partir du 8<sup>e</sup> jour) ou bien tous les 3 ou 4 jours, pour répartir le mycélium régulièrement et pour empêcher les grains de s'agglutiner. Pour la plupart des espèces, la colonisation du substrat se fait en deux semaines environ.

Conserver le blanc au réfrigérateur (sauf le blanc de *Volvariella*) et ne le sortir que si nécessaire. Le blanc de grain peut se gâter en une nuit à une température supérieure à 25 °C.

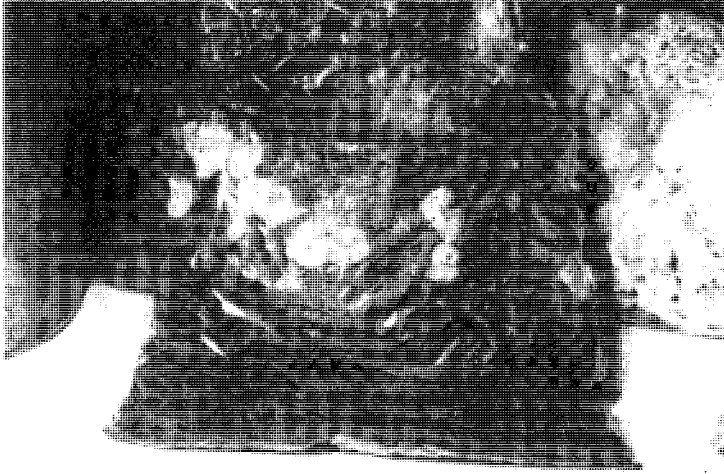
## 8. PRÉPARATION DU BLANC COMMERCIAL

### SUBSTRATS USUELS POUR LE BLANC DÉFINITIF (COMMERCIAL) DE DIVERSES ESPÈCES

ESPÈCE	MÉTHODE DE CULTURE	BLANC FINAL
Lentinus edodes	troncs de bois	sciure ou copeaux de bois
Lentinus edodes	culture en sacs plastique	sciure, bâtonnets de bois ou grain
espèces de Pleurotus	toutes	sciure ou grain
Volvariella	extérieures et intérieures	feuilles de thé usagées, feuilles de pil-pil, paille
déchets de coton		
Agaricus	culture en sacs plastique	grain
Hericiium erinaceus	culture en sacs plastique fermentés et pasteurisés	grain ou sciure
Auricularia	troncs de bois	sciure
	culture en sacs plastique	
		sciure ou grain
Flammulina	culture en sacs plastique/ bouteilles	sciure
Ganoderma	culture en sacs plastique	grain

**PHOTO N° 7**

Bouchons de bois fraîchement inoculés pour culture de shii-take.



Il faut se souvenir que le substrat du blanc n'est que le support du mycélium et que c'est la souche qui importe. Chaque support présente des avantages et des inconvénients.

Le blanc sur grain est vigoureux, mais il se gâte rapidement et, étant très riche en substances nutritives, il est plus susceptible de contamination. Le blanc sur sciure peut être conservé à une température plus élevée plus longtemps. Les matières premières de ce substrat sont aussi moins chères que le grain.

Les bouchons de bois et bâtonnets demandent moins de travail pour l'ensemencement, mais sont généralement plus chers.

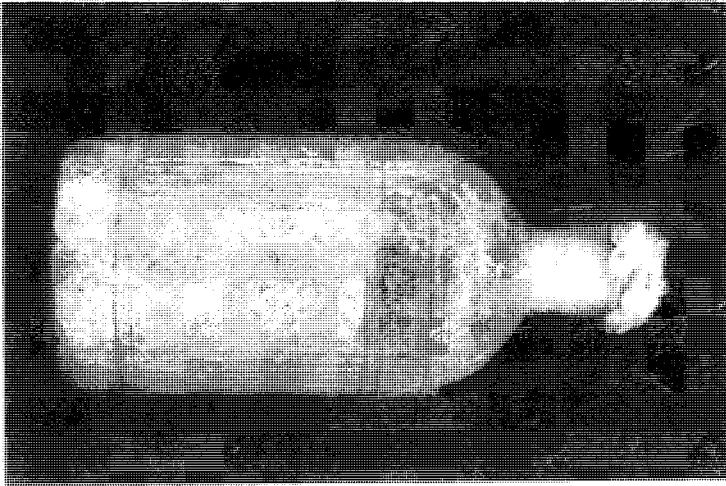
Le substrat pour blanc de *Volvariella* est principalement déterminé par les matériaux disponibles. Il lui faut plus d'aération que les autres substrats.

Le grain est traité de la même manière que celle décrite plus haut pour le blanc mère. On peut l'inoculer avec du blanc sur grain ou des bâtonnets.



**PHOTO N° 8**

Une bouteille de blanc sur grain  
(avec l'aimable autorisation de Tari)



*Inoculation de blanc sur grain avec du blanc sur grain :*

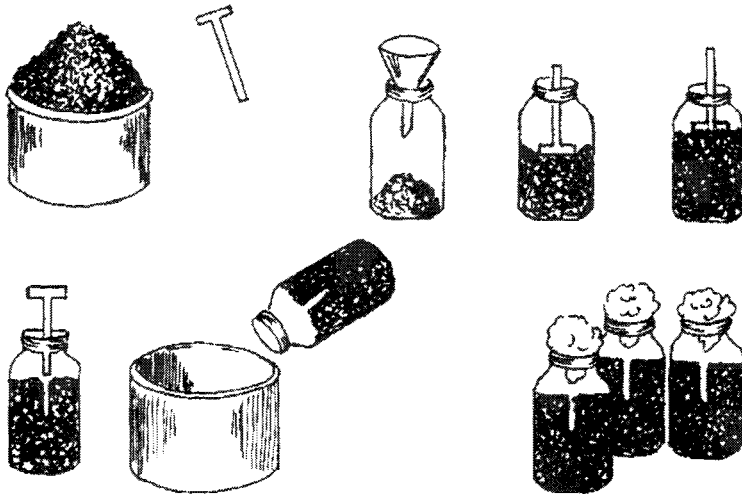
- 1 - Vérifier une fois encore la contamination éventuelle de la culture mère de blanc. Les signes peuvent en être : une croissance duveteuse, des bouteilles partiellement envahies, des grains d'aspect gras. Les bactéries ont souvent une odeur spécifique, légèrement acide. La présence de levure se traduit aussi par une odeur caractéristique. Ne pas utiliser de bouteille douteuse. Il vaut mieux jeter une bouteille à cette étape que vingt plus tard.
- 2 - Casser le blanc sur grain dans les bocaux en l'écrasant avec la paume de la main ou en secouant les bocaux contre un pneu usé. (Certains fabricants de blanc laissent les bouteilles secouées reposer pendant une nuit pour vérifier si le mycélium reprend. S'il ne reprend pas en une journée, cela signifie que la bouteille est probablement infectée par une bactérie.)
- 3 - Quand les conteneurs ont refroidi, l'inoculation peut être pratiquée par une personne portant des vêtements propres et de préférence dans une chambre propre. Oter le couvercle ou le bouchon de la bouteille contenant le blanc mère et de l'autre main enlever le bouchon ou le couvercle du conteneur récepteur. Verser de un cinquième à un dixième du contenu dans le conteneur récepteur (s'ils ont la même taille). Une autre méthode consiste à disposer le blanc mère et les conteneurs récepteurs en position horizontale : on se sert d'une cuillère pour inoculer.

■ *Préparation de blanc sur bâtonnets de bois*

On peut utiliser des baguettes servant à faire des brochettes de viande. On en prépare autant que peut en admettre l'ouverture de la bouteille (une bouteille à lait d'un litre en contient environ 100). On les immerge dans l'eau chaude pendant plusieurs heures et on les place ensuite dans la bouteille, la pointe en bas. Verser 40 ml d'eau au fond de la bouteille. Fermer la bouteille avec le bouchon de coton ; stériliser la bouteille, 45 minutes à 121 °C sous pression. Inoculer sous conditions aseptiques avec du blanc sur grain. Incliner les bouteilles sinon le blanc va stagner au fond. Le blanc devra être également réparti tout le long des baguettes. Redresser verticalement les bouteilles dès que le mycélium a poussé à travers le bouquet de baguettes. Si le mycélium est mal réparti, secouer les bouteilles et les incliner une fois encore. Le mycélium de pleurote colonisera les baguettes en seulement 10 jours, tandis que le shii-take, un peu plus lent, mettra 14 jours environ.

Secouer les bouteilles avant utilisation. Pour les manipuler facilement pendant l'ensemencement, les baguettes doivent dépasser d'un cm environ le goulot de la bouteille.

FIGURE N° 31  
Préparation de blanc sur sciure



### ■ *Sciure de bois*

Il faut un substrat exempt d'éclats de bois ou de gros morceaux. Ceux-ci risqueraient, en effet, d'endommager les sacs, de telle sorte que des contaminants pourraient facilement pénétrer après le traitement thermique du substrat. Il faut mettre la sciure en tas et la mouiller. En maintenant le tas humide, la sciure se ramollit. Cela facilite l'absorption d'eau. La teneur optimale en eau est de 60 %. Effectuer le test d'essorage pour déterminer si le substrat est suffisamment humide. Puis ajouter les additifs (par exemple 20 % de son de riz pour 80 % de sciure sèche) et bien mélanger. Si l'un des produits doit être ajouté en petite quantité, il vaut mieux, pour éviter une répartition irrégulière, le mélanger d'abord à un certain volume de substrat et ensuite seulement incorporer le mélange au tas entier. Remplir sacs ou bouteilles avec le substrat. Au Japon et à Taïwan, des machines spéciales ont été conçues, semblables à celles que l'on utilise dans la culture commerciale sur sciure en sac plastique.

Faire un tunnel dans le substrat à l'aide d'une baguette. Le mycélium poussera plus rapidement grâce à ce tunnel d'aération. Mettre un bouchon sur l'ouverture des bouteilles ou des sacs.

Stériliser les sacs pendant deux heures s'ils sont petits (500 g) ou plus longtemps s'ils sont gros. Les laisser refroidir, puis inoculer avec du blanc mère (habituellement du grain).

## 9. COMPOSITION DES SUBSTRATS POUR BLANC DE *VOLVARIELLA*

La *Volvariella* a besoin de plus d'aération pendant sa croissance végétative ; les substrats doivent donc avoir une texture différente :

### 1 - *Feuilles de thé usées*

Les restaurants chinois rejettent tous les jours des quantités considérables de feuilles de thé. Laver les feuilles à l'eau, les sécher au soleil et les entreposer pour un usage ultérieur. Pour les utiliser, les feuilles doivent être plongées dans l'eau pendant au moins deux heures, égouttées et mélangées à un tampon tel que du CaCO<sub>3</sub> pour obtenir un pH convenable. Remplir les bouteilles de feuilles sans les tasser, puis stériliser 30 minutes à 115 °C sous pression. Inoculer avec du blanc sur grain.

### 2 - *Sciure avec feuilles de ipil-ipil*

La sciure seule est trop dense pour la *Volvariella* ; on la mélange donc avec des feuilles de ipil-ipil. Il faut trois quarts de sciure pour un quart de feuilles de ipil-ipil (à poids égal). Mélanger les deux ingrédients, les placer dans un conteneur et mettre un poids sur le couvercle. Ajouter de l'eau et

laisser fermenter pendant 4 jours. Tous les produits doivent être immergés sous l'eau. Laver ensuite trois fois de suite le produit égoutté. Le laisser encore s'égoutter et ajouter 5 % de son de riz. Effectuer le test d'essorage pour vérifier que le mélange est suffisamment humide. Remplir les bouteilles et les stériliser pendant une heure. Laisser refroidir et inoculer avec du blanc mère.

### 3 - Déchets de coton ou kapok

Les déchets de coton de l'industrie textile peuvent être utilisés à la fois pour la production de blanc et comme substrat pour couches. Ils donnent de très hauts rendements parce qu'ils contiennent beaucoup d'azote. Utiliser les sous-produits de cardage pour la préparation du blanc ; ils contiennent des débris tels que des graines, qui permettent une meilleure aération. Plonger le coton dans l'eau pendant quelques heures, ajouter 2 % de  $\text{CaCO}_3$  et remplir les bouteilles. Si le mélange est trop dense, utiliser de la paille de riz, des feuilles de thé ou tout autre produit qui améliore l'aération.

### 4 - Paille de riz

Couper la paille de riz en morceaux de 2 à 3 cm et les faire tremper dans l'eau pendant une journée. Egoutter et remplir les bouteilles de paille. Il faut ajouter à chaque bouteille de 500 ml, 5 cc de solution de 2 % de sucrose et 2 % de peptone.

Inoculer le substrat final de blanc avec, soit du blanc mère sur grain, soit du blanc mère sur baguette de bois.

## 10. CONTAMINATIONS

Le mycélium doit être blanc et filamenteux, sauf celui de *Lepista nuda* et de *Morchella*. Il faut retirer de la salle d'incubation tout récipient présentant des secteurs cotonneux. On reconnaît généralement la contamination par des champignons à la couleur caractéristique de leur mycélium. Quelquefois, on peut mettre en évidence une zone distincte entre le mycélium inoculé et la contamination. Le *Penicillium* et l'*Aspergillus* sont très courants. Si on les laisse se développer, le taux d'infection dans le laboratoire deviendra très important. Il est recommandé de stériliser les conteneurs contaminés et de ne les ouvrir et les nettoyer qu'après. Plusieurs contaminants peuvent causer des maladies de la peau ou des alvéolites allergiques (allergie du poumon).

Mais les bactéries se développent facilement dans le blanc sur grain et sont plus difficiles à détecter. Certaines donnent au blanc un aspect

grassex et une odeur aigre. Si elles ne sont pas détectées avant l'inoculation du blanc commercial, tout le blanc provenant de la bouteille contaminée sera inutilisable.

## 11. QUALITÉ DU BLANC

Le contrôle de la qualité dans la fabrication du blanc consiste en une inspection permanente des récipients inoculés et le maintien de mesures d'hygiène strictes. Les récipients infectés doivent être immédiatement retirés de la chambre d'incubation. Il est difficile de détecter une infection virale. Si la vitesse de croissance mycélienne diminue ou si des secteurs cotonneux apparaissent dans un mycélium normalement filamenteux, il peut s'agir d'une contamination virale ou d'une dégénérescence. On peut détecter les virus par balayage électromicrographique ou par électrophorèse. Ces deux techniques ne peuvent être réalisées que dans un laboratoire de microbiologie. Les balayages électro-micrographiques nécessitent un équipement très onéreux.

Un bon blanc a une croissance mycélienne vigoureuse et est dépourvu d'autres micro-organismes. S'il a été trop longtemps stocké, sa vigueur diminue. Ainsi, le blanc de pleurote devient très dense après un stockage prolongé et très difficile à répartir convenablement au moment du lardage.

Cependant il ne faut pas effectuer de démultiplications trop rapprochées, et il est recommandé de laisser le mycélium se reposer entre les transferts en le conservant quelques mois au réfrigérateur. La meilleure méthode consiste à repartir d'une culture mère fraîche tous les trois mois. On peut obtenir une culture mère fraîche à partir d'une culture de tissu ou auprès d'une collection de cultures ou d'un centre de recherche.

Le blanc de la plupart des champignons cultivés peut être conservé pendant six mois après la colonisation complète du substrat par le mycélium. Il faut le conserver au frais en permanence (4 à 6 °C) exception faite de *Volvariella* dont le mycélium serait détruit. Pour ce champignon de paille de riz, on conseille une température de conservation de 15 °C. La *Volvariella* devrait être utilisée en quatre semaines après colonisation du substrat. Les fabricants ne devraient vendre que du blanc de haute qualité et informer les cultivateurs de la date limite de conservation.

Il faut toujours utiliser la totalité d'une bouteille de blanc, car le reste serait détérioré par les contaminants.

### **a. Contrôle de la qualité du blanc dans la province de Fujian, Chine**

La province de Fujian est le plus gros producteur d'*Agaricus* en Chine. La majeure partie de la récolte est mise en conserve et exportée. Ce commerce est soutenu par le gouvernement, car il rapporte beaucoup de devises étrangères. La conserve est rattachée à l'industrie, c'est pourquoi l'Institut de recherche pour l'industrie légère de Fujian a mis en place une branche complètement dévolue à la culture des champignons. Elle a pour objectif de :

- sélectionner et développer de bonnes souches ;
- organiser un réseau d'approvisionnement de blanc ;
- rechercher de nouvelles techniques de culture ;
- proposer des cours de formation ;
- fournir des consultations.

Ce paragraphe est centré sur l'organisation du réseau d'approvisionnement en blanc.

#### ■ *Souches*

L'Institut développe des souches adaptées aux conditions locales. Trois types de souches sont évaluées pour les facteurs suivants :

- H : haut rendement mais faible qualité
- G : bonne qualité
- HG : souches intermédiaires

Les champignonnistes, bien entendu, préfèrent les souches H, mais les conserveries demandent de la qualité. Il faut tester les nouvelles souches sur au moins 1 000 m<sup>2</sup> avant qu'on ne puisse les livrer à la culture commerciale. Des réunions annuelles ont lieu dans divers endroits de la province. Les résultats des souches de la saison précédente y sont comparés. Des boîtes sont ouvertes et minutieusement vérifiées. Cette vérification de la qualité est particulièrement importante car le consommateur, lui, ne peut la faire au moment de l'achat.

On teste les maladies virales des cultures par électrophorèse. Si les souches sont conformes aux normes définies, leurs cultures seront multipliées et distribuées aux neuf sous-centres, rattachés aux conserveries, et qui couvrent toute la province. Ils multiplient de nouveau les cultures et celles-ci sont vendues aux nombreux fabricants de blanc. Des méthodes

simples et efficaces ont été développées pour maintenir des conditions d'hygiène au niveau des producteurs de blanc. Ceux-ci, à leur tour, produiront du blanc pour des dizaines de milliers de petits agriculteurs. Pour la plupart, ces agriculteurs ne cultivent que 200 à 500 m<sup>2</sup>. La saison de culture va de septembre à avril. Pendant l'été, les maisons rudimentaires seront retirées, pour faire place à d'autres cultures. Il faut remarquer que la campagne chinoise est immense et qu'il est difficile d'atteindre tous les agriculteurs. Beaucoup de livres peu coûteux sur la culture des champignons sont disponibles pour les petits producteurs.

### **b. Problèmes de production de blanc en Malaisie**

Le marché des pleurotes se développe lentement à cause du coût élevé de la production. Ces champignons sont relativement chers en raison d'une importante proportion d'échecs. En Malaisie, on rencontre couramment les problèmes suivants :

- 1 - Il est difficile d'obtenir des souches adaptées : les rendements sont de 20 % seulement contre 40 % dans d'autres pays (l'efficacité biologique est faible).
- 2 - Il n'existe pas d'installations de conservation des souches disponibles : celles-ci sont multipliées par culture de tissus, ce qui conduit à la dégénérescence et à la perte des souches.
- 3 - Il y a un manque de savoir-faire technique dans la maintenance et la préservation des cultures pures.
- 4 - Le taux de contamination dans la production du blanc est de 5 % (le transfert se fait en chambre d'inoculation pulvérisée à l'alcool éthylique à 70 % et à l'oxyde de chlore à 10 %). Le taux de contamination du substrat final est beaucoup trop élevé : 10 à 20 %.

Des souches plus adaptées sont aujourd'hui envoyées en Malaisie par les personnes dont les adresses figurent en annexe, et grâce aux renseignements fournis par ce livre sur la préservation des cultures, on peut dans une certaine mesure éviter la dégénérescence. Quant au taux de contamination, il peut être réduit en suivant les instructions de la section précédente « Salles blanches = salles stériles ».

## **12. ASPECTS FINANCIERS DE LA PRODUCTION DE BLANC**

Le but de cette présentation est de minimiser le travail et l'investissement. En utilisant le schéma suivant, on peut produire 9 kg de blanc

sur grain en trois heures et demie. Le travail effectif durant cette période est de 45 minutes seulement. Si l'on dispose de plus de cocottes-minute, l'utilisation du temps peut être plus efficace. Les produits nécessaires sont les suivants :

- 4,5 kg de blé ;
- 6 litres d'eau ;
- 100 g de gypse ;
- 25 g de craie.

**TEMPS REQUIS POUR LA PRODUCTION DU BLANC**

ACTIVITÉ	TEMPS (HEURES, MINUTES) ÉCOULÉ DEPUIS LE DÉMARRAGE
pesée des composants	0.10
mettre le blé dans de l'eau chaude et le porter à ébullition	0.25
éteindre le gaz	1.15
égoutter	1.35
mélanger, ajouter craie, gypse	
mettre en sacs	2.05
<i>Stérilisation :</i>	
chauffer la cocotte-minute	2.15
pression dans la cocotte	2.25
stérilisation	3.25
éteindre le gaz, refroidir pour relâcher la pression	3.50
Inoculer le lendemain, quand les sacs ont refroidi.	



**INVESTISSEMENT POUR UNE PRODUCTION DE BLANC**

ÉQUIPEMENT	INVESTISSEMENT (\$ US)
cocottes haute pression	550
bols à mélange et égouttoirs	75
grande casserole	125
brûleurs à gaz	200
conteneurs à grain	25
investissement complémentaire	250
Total	1225

Option : chambre stérile, système d'écoulement laminaire

**COÛTS DE PHASES DE PRODUCTION PERFORMANTES (\$ US)**

amortissement	10
intérêts	5
grain, gypse, craie	57,5
énergie	5
matériaux d'inoculation (baguettes de bois)	2,50
sacs plastique, bouchons, PVC	5
autres	10
Total	95

Le blanc est généralement fourni en litres plutôt qu'en kilogrammes. Un litre de blanc équivaut à 0,68 kg - 0,75 kg. Aux Pays-Bas, 100 litres de blanc valent 165 \$ US (1,65 \$ US par litre).

Le temps de production total pour 400 litres de blanc est de 25 heures, non compris le temps nécessaire au secouage des sacs pour obtenir une colonisation régulière. Il est possible d'exploiter une ferme et en même temps de produire du blanc.

(Information généreusement fournie par Onno Harmsen, Hollande.)



**CHAPITRE 11**

# Culture sur rondins de bois

## 1. INTRODUCTION

Ce chapitre présente la culture sur rondins de bois de *Lentinus edodes* ou shii-take, de *Tremella fuciformis* et de différentes espèces d'*Auricularia*. Certains de ces champignons sont cultivés sur rondins de bois depuis des centaines d'années.

Autrefois, les gens installaient un champignon fraîchement coupé sur les rondins. Les spores germaient et le mycélium colonisait le substrat. Cette méthode de culture était très proche des conditions naturelles, mais les rendements étaient très irréguliers. La technique a été améliorée et depuis 70 ans, on inocule une culture pure de mycélium dans le rondin lui-même. Cette méthode est encore assez répandue au Japon mais, dans la plupart des autres pays, on préfère la culture en sac plastique sur sciure, à cause du manque de rondins appropriés. L'investissement reste faible, parce que la méthode est proche des conditions naturelles. Elle peut être intéressante si les conditions suivantes sont remplies :

- une bonne qualité de blanc sur sciure ou sur bouchons de bois,
- des rondins appropriés en quantité suffisante,
- une main-d'oeuvre suffisante,
- des conditions climatiques appropriées.

Ces techniques consomment du bois. Par ailleurs, les rondins sont parfois détournés de leur usage et utilisés pour la cuisine ou le chauffage. C'est pourquoi, lorsqu'on implante ces techniques, il faut prévoir en même temps une stratégie de reboisement de la région.

## 2. ÉQUIPEMENTS

Pour chacun des trois champignons, nous indiquerons les essences appropriées. Il existe probablement (notamment ailleurs qu'en Extrême-Orient) d'autres arbres que ceux mentionnés ici, qui conviennent à la culture de ces champignons. Mais, jusqu'à présent, ils n'ont pas été répertoriés.

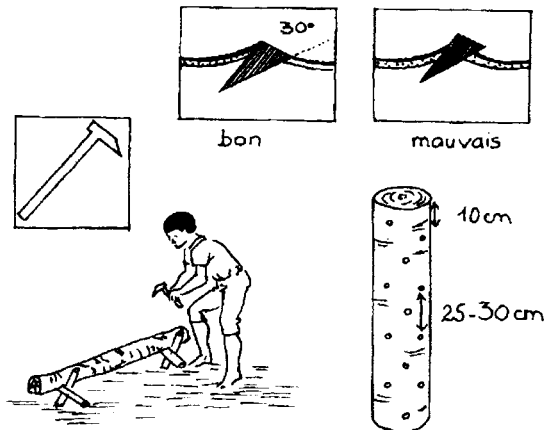
Sous les climats subtropicaux et modérés, tous les arbres sont inoculés en hiver car le travail est facile à cette époque. En outre, les rondins contiennent plus de sucres quand les feuilles sont tombées, et ceci assure une croissance mycélienne plus rapide. Si l'arbre est abattu en été, l'écorce se détache facilement. Or, celle-ci empêche l'évaporation et constitue une protection naturelle contre les ravageurs. Il importe donc, quel que soit le champignon, de ne pas endommager l'écorce ; cela est particulièrement vrai pour le shii-take qui en a besoin pour fructifier. L'équipement nécessaire varie selon la technique d'ensemencement adoptée :

- des scies pour abattre les arbres et scier les rondins,
- une fourniture d'eau continue, éventuellement, des réservoirs pour immerger les rondins après la croissance mycélienne ou un système d'arrosage,
- des moyens de transport pour les rondins,
- des sites appropriés (pour *Tremella*, une bâche en plastique que l'on peut soulever).

FIGURE N° 32

Blanc et instruments appropriés pour inoculation par coins de bois.

Si l'on utilise des coins de bois, il existe un marteau spécial, pratique pour faire les trous et insérer les coins. Il faut que les trous soient suffisamment profonds pour contenir tout le coin.

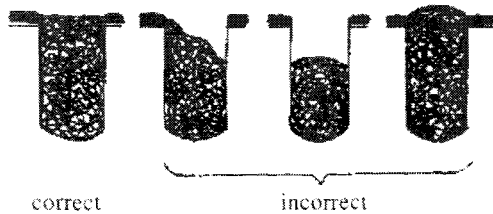


Comparaison des avantages et des inconvénients de trois techniques d'ensemencement :

- 1) Bouchons de bois : l'inoculation est rapide et efficace, l'électricité ou un équipement spécial sont nécessaires pour percer les trous ; requiert une fabrication spéciale de blanc, le blanc est relativement cher.
- 2) Coins de bois : l'électricité n'est pas nécessaire, l'investissement est plus faible car l'ensemencement ne nécessite pas d'équipement, le blanc est cependant un peu plus cher à la production que le blanc sur sciure ; la production de ce type de blanc exige un équipement spécial.
- 3) Sciure : l'inoculation est un peu plus difficile, le blanc est plus facile à préparer dans les régions qui produisent aussi des champignons en sacs de sciure, on peut utiliser des sous produits bon marché pour la production du blanc.

**FIGURE N° 33**

La surface du trou ensemencé doit être plane. Le blanc ne doit ni dépasser ni manquer. Le dessin de gauche présente la manière correcte d'inoculer à l'aide de blanc sur sciure, les trois autres dessins illustrent des démarches incorrectes.



**PHOTO N° 9**

Inoculation avec du blanc sur sciure  
(avec l'aimable autorisation de Tari)



### 3. SHII-TAKE : *LENTINUS EDODES*

Le shii-take (ou champignon parfumé du Japon) est le deuxième champignon cultivé au monde. On le produit essentiellement en Extrême-Orient ; le Japon et la Chine en sont les plus gros exportateurs. Les communautés chinoises du monde entier importent du shii-take séché. La culture sur rondins est adaptée, dans diverses régions, aux essences de bois disponibles et à leurs conditions climatiques.

Les souches diffèrent quant aux exigences thermiques de fructification. Certaines fructifient à 10 °C, d'autres entre 10 et 18 °C, et les souches « chaudes », à 20 °C ou plus. Au Japon, il est nécessaire de combiner différentes souches pour maintenir une production régulière de *Lentinus*. En effet, quand la température est toujours haute, il est difficile d'obtenir des fructifications de bonne qualité. Une même souche peut produire à basse température du shii-take de haute qualité du type « donko » et, à plus hautes températures, des champignons de moindre qualité, à chapeaux fins (donc vendus moins cher).

Deux études de cas sont présentées ici : la méthode traditionnelle de culture sur bois dur au Japon, et son adaptation à des climats plus doux sur différentes espèces d'arbres de Taïwan. La comparaison de ces études permet de clarifier de nombreux aspects de la culture sur rondins.

#### » *Substrat*

Un test exhaustif des arbres convenant au shii-take a été effectué, principalement au Japon, en Chine, aux Etats-Unis et à Taïwan. Les arbres de la liste suivante ont été sélectionnés pour la culture du shii-take.

#### ARBRES ADAPTÉS À LA CULTURE DU SHII-TAKE SUR RONDINS

LA CLASSIFICATION SIGNIFIE : SUBSTRAT DE RONDINS TRÈS PEU ADAPTÉ (0), PEU ADAPTÉ (1), CORRECT (2), BON (3), ET EXCELLENT (4). LES ARBRES CLASSÉS PEU ET TRÈS PEU ADAPTÉS PEUVENT ÊTRE UTILISÉS POUR LA CULTURE SUR SCIURE (FAO MANUEL 106) :

<i>Acer nigrum</i>	érable noir	2
<i>Acer pensylvanicum</i>	érable dénudé, bois à élan	2
<i>Acer pictum</i>	érable japonais	2
<i>Acer platanoides</i>	érable norvégien	2
<i>Acer rubrum</i>	érable rouge	2
<i>Acer saccharinum</i>	érable argenté, érable de rivière	2
<i>Acer saccharum</i>	érable à sucre	2
<i>Alnus firma</i>	aulne	2

<i>Alnus japonica</i>	aulne japonais	2
<i>Alnus tinctoria</i>	aulne	2
<i>Alnus rubra</i>	aulne de l'Orégon ou aulne rouge	2
<i>Alnus serrulata</i>	aulne coudrier	3
<i>Betula lutea</i>	bouleau doux/noir/cerise	3
	bouleau jaune/argent/ des marais	3
<i>Betula nigra</i>	bouleau rouge/des rivières/d'eau	3
<i>Betula papyrifera</i>	bouleau à papier/canoe/blanc	1
<i>Betula populifolia</i>	bouleau gris/blanc/fil de fer	2
<i>Carpinus caroliniana</i>	charme américain	2
	hêtre bleu, bois de fer, hêtre d'eau	
<i>Carpinus laxiflora</i>	hêtre	4
<i>Carpinus tschonoskii</i>	hêtre	4
<i>Carya cordiformis</i>	hickory amande amère, hickory des marais	3
<i>Carya glabra</i>	hickory noix de cochon, noix de cochon ovale hickory doux, hickory rouge	1
<i>Carya illinoensis</i>	pécan	2
<i>Carya ovata</i>	hickory à l'écorce tremblante	1
<i>Carya tomentosa</i>	caryer tomenteux, hickory noix moqueuse	2
<i>Castanea crenata</i>	châtaignier japonais	4
<i>Castanea dentata</i>	châtaignier américain	3
<i>Castanopsis cuspidata</i>	arbre shii	4
<i>Castanopsis sieboldii</i>	shii	4
<i>Cornus florida</i>	cornouiller à fleur	1
<i>Cyclobalanopsis ocata</i>		4
<i>Cyclobalanopsis glauca</i>		4
<i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i>		4
<i>Diospyros virginia</i>	plaqueminier commun	2
<i>Fagus grandifolia</i>	hêtre américain, hêtre	3
<i>Liquidambar styraciflua</i>	arbre à gomme	2
<i>Liriodendron tulipifera</i>	peuplier jaune	1
<i>Lithocarpus densiflorus</i>	chêne tanné	3
<i>Malus sylvestris</i>	pommier	0
<i>Ostrya virginiana</i>	charme à houblon oriental arbre de fer	4

<i>Pinus virginiana</i>	pin de Virginie, pin de nettoyage	0
<i>Platanus occidentalis</i>	sycomore américain	0
<i>Platycarya strobilacea</i>	noyer	3-4
<i>Populus balsamifera</i>	peuplier baumier	2
<i>Populus grandidentata</i>	tremble à grande dent	1
<i>Populus tremoloïdes</i>	tremble frissonnant	1
<i>Populus trichocarpa</i>	peuplier baumier, arbre à coton noir	1
<i>Quercus alba</i>	chêne blanc	4
<i>Quercus acutissima</i>	chêne (à feuilles de châtaignier)	4
<i>Quercus bicolor</i>	chêne blanc des marais	4
<i>Quercus borealis</i>	chêne rouge d'Amérique	4
<i>Quercus chrysolepis</i>	chêne vivace des canyons, chêne à meurtrissure	4
<i>Quercus coccinea</i>	chêne écarlate	4
<i>Quercus crispula</i>	chêne	4
<i>Quercus dentata</i>	chêne dentelé	4
<i>Quercus fulcata</i>	chêne rouge d'Espagne, chêne rouge du Sud	3
<i>Quercus fulcata</i> var. <i>pagodaefolia</i>	chêne des marais d'Espagne chêne rouge des marais	4
<i>Quercus garryana</i>	chêne Garry, chêne de l'Orégon chêne blanc d'Orégon	4
<i>Quercus imbricaria</i>	chêne cinglant	4
<i>Quercus kelloggii</i>	chêne noir, chêne noir de Californie	4
<i>Quercus laurifolia</i>	chêne laurier (des marais)	4
<i>Quercus lobata</i>	chêne blanc de Californie chêne des vallées	4
<i>Quercus lyrata</i>	chêne, chêne pilier des marais	4
<i>Quercus macrocarpa</i>	chêne à cupule épineuse, chêne bleu	4
<i>Quercus marilandica</i>	chêne assommoir	4
<i>Quercus michauxii</i>	chêne châtaignier des marais	4
<i>Quercus muhlenbergii</i>	chêne chinkapin des marais	2
<i>Quercus nigra</i>	chêne d'eau	4
<i>Quercus palustris</i>	chêne à épingle des marais	4



---

<i>Quercus phellos</i>	chêne à feuille de saule	4
<i>Quercus prinus</i>	chêne châtaignier	4
<i>Quercus rubra</i>	chêne rouge d'Amérique	4
<i>Quercus serrata</i>	chêne	4
<i>Quercus shumardii</i>	chêne shumard	4
<i>Quercus stellata</i>	chêne pilier	4
<i>Quercus variabilis</i>	chêne	4
<i>Quercus velutina</i>	chêne noir	4
<i>Quercus virginiana</i>	chêne lierre	4
<i>Salix nigra</i>	saule noir	4
<i>Ulmus americana</i>	orme américain	3
<i>Ulmus rubra</i>	orme rouge, glissant	3
<i>Ulmus thomasi</i>	orme des rochers	2

---

A TAIWAN, LE LIQUIDAMBAR FORMOSANA ÉTAIT LE PLUS UTILISÉ. CEPENDANT, L'INSTITUT DE RECHERCHE AGRICOLE DE TAIWAN A ÉTABLI UNE LISTE D'ARBRES DONNANT DES RENDEMENTS SIMILAIRES OU SUPÉRIEURS :

---

<i>Acacia magium</i>	
<i>Aleuritis montana</i>	
<i>Alnus formosana</i>	aulne de Formose
<i>Bridelia balansae</i>	
<i>Carpinus minutiserrata/sekii</i>	charme de Taïwan
<i>Castanea crenata</i>	châtaignier japonais
<i>Castanopsis kawakamii</i>	chinkapin vert de Bornéo
<i>Castanopsis hystrix</i>	chinkapin rouge
<i>Castanopsis carlesii</i>	chinkapin vert à longues feuilles
<i>Castanopsis indica</i>	
<i>Castanopsis stipitata</i>	chinkapin vert à aiguilles fines
<i>Cunninghamia lanceolata*</i>	
<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	chêne japonais bleu
<i>Cyclobalanopsis gilva</i>	chêne à écorce rouge
<i>Elaeocarpus decipiens</i>	elaeocarpus commun
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	elaeocarpus japonais
<i>Elaeocarpus sylvestris</i>	
<i>Engelhardtia roxburghiana</i>	saule à panier jaune
<i>Lagerstroemia subcostata</i>	subcostata à myrte de crêpe noir
<i>Liquidambar formosana</i>	arbre à gomme de Formose

Lithocarpus amygdalifolius	chêne tanné à feuille en amande
Mallotus paniculatus	
Magifera indica	manguier commun
Pasania konishii	chêne tanné konishii
Pasania brevicaudata	chêne tanné à feuilles à queues courtes
Prunus phaeosticta	
Quercus acutissima	chêne de basse qualité
Quercus variabilis	chêne liège chinois
Sapium discolor	

\* convient mais donne un faible rendement

---

Les arbres fraîchement coupés manifestent généralement une certaine résistance au mycélium, si bien qu'on essaie d'inoculer les rondins un à deux mois après l'abattage. Si l'arbre est très humide, il ne faut enlever ni les branches ni les feuilles. Ainsi, l'eau va continuer à s'évaporer. On peut laisser les troncs dans la forêt et les scier en rondins de 1 m à 1,20 m de long juste avant l'inoculation. Les rondins de même diamètre, qui seront aussi prêts à fructifier au même moment, doivent être regroupés pour faciliter la manutention. La teneur optimale en eau est de 40 à 45 %. Si elle est plus basse, la croissance mycélienne est plus lente, et en dessous de 20 %, il n'y a plus de croissance mycélienne. Dans le cas d'une teneur en eau de 60 % et d'un pH supérieur à 5,5, les rondins ne sont pas utilisables. Les cultivateurs arrivent à « sentir » s'ils sont suffisamment humides. Si les rondins fraîchement coupés paraissent froids, leur taux d'humidité doit être élevé ; s'ils paraissent chauds, le bois doit être sec.

#### ■ *Blanc*

Le blanc est constitué de sciure ou de coins de bois. On ne peut utiliser le blanc sur grain parce qu'il serait mangé par les rongeurs ou infecté par les mouches.

Les techniques d'ensemencement dépendent du type de blanc disponible et du climat. Sous un climat très chaud, le taux d'infection est élevé, de ce fait, il faut plus de trous pour coloniser rapidement les rondins de bois.

Le nombre de trous par rondin varie selon la longueur du rondin, son diamètre et la région de culture. Les valeurs suivantes pour les bouchons et les coins de bois proviennent du Japon ; à Taïwan, malgré un climat plus chaud, cette quantité de trous est adoptée.

■ *Inoculation par des tuteurs de bois*

Percer des trous de même diamètre que les tuteurs (généralement 10 à 15 mm). Utiliser le tableau pour déterminer le nombre de trous et de rangées à percer.

**NOMBRE DE RANGÉES ET DE TROUS PAR MÈTRE DE RONDINS DE BOIS**

Diamètre des rondins :	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm	15 cm	18 cm	21 cm
Nombre des trous :	3	4	5	6	7	9	11
Nombre de trous/rondins :	12	16	20	24	28	36	44

**PHOTO N° 10**

Perçage de trous dans les rondins de bois  
(avec l'aimable autorisation de Tari)



■ *Inoculation par coins de bois*

Pratiquer autant de points d'inoculation que de trous. Ceux-ci doivent être suffisamment profonds pour que le blanc puisse pénétrer dans le bois.

■ *Ensemencement avec de la sciure*

Tasser la sciure dans les trous à l'aide d'un bâtonnet de bois ou de métal. Puis couvrir de cire.

■ *Couchage*

Entasser les rondins de même taille ensemble. Ils seront prêts à fruc-

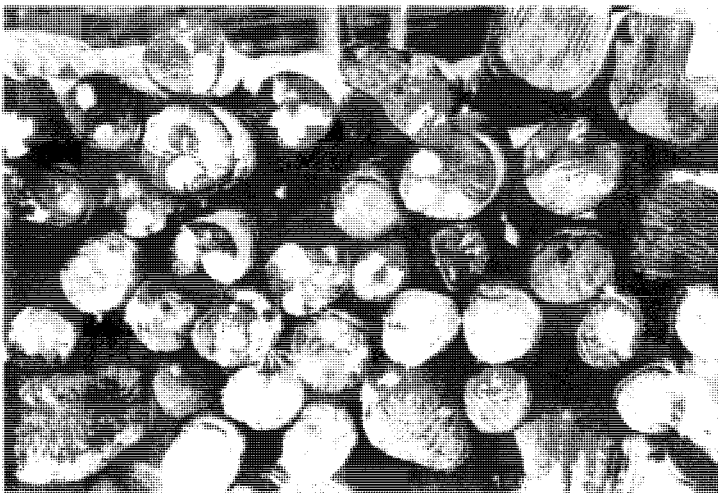
tifier au même moment et seront plus faciles à empiler. Il faut couper les très gros rondins à moins d'un mètre, sinon ils seraient trop lourds à manipuler. La colonisation des gros rondins demande plus de temps, mais ils produisent des champignons de haute qualité. Il faut six à huit mois de colonisation pour des rondins ensemencés à la sciure et maintenus à une température élevée, tandis que des rondins inoculés avec des bouchons de bois dans une région froide mettent un an au moins. Une humidité correcte permet un certain contrôle des champignons compétiteurs. Il faut, par contre, éviter une humidité excessive ou des conditions sèches.

■ *Temps de colonisation*

Il est divisé en deux périodes, le couchage temporaire et le couchage permanent. Les rondins sont entassés en tas serrés d'un mètre de haut en stockage horizontal. Ils reposent sur deux rondins non inoculés, placés sur le sol perpendiculairement aux rondins ensemencés. En stockage vertical, 50 à 80 rondins sont rassemblés, les uns contre les autres, à l'ombre d'un auvent. Ils reposent sur une feuille de plastique qui empêche les moisissures de s'attaquer au bois par en dessous. Les conditions de stockage temporaire favorisent aussi la croissance de champignons compétiteurs, c'est pourquoi les rondins sont déplacés vers un emplacement définitif au bout de un à deux mois.

**PHOTO N° 11**

Couchage temporaire. Remarquer le mycélium blanc sur les extrémités coupées des rondins  
(avec l'aimable autorisation de Tari)

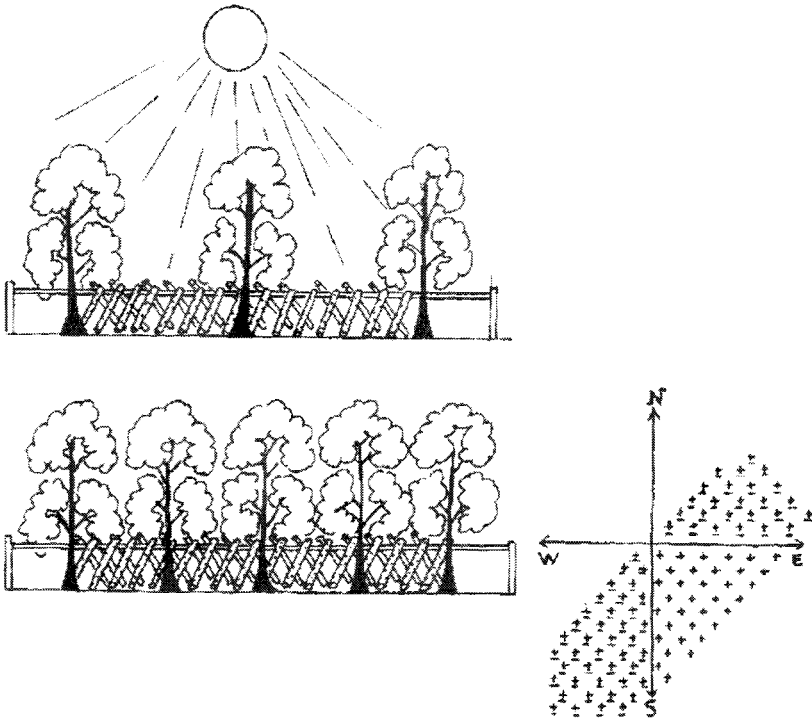


## CONDITIONS D'UN DÉPÔT PERMANENT

- Température	entre 18 et 27 °C
- Humidité	50 à 70 %
- Circulation de l'air	modérée
- Ombre	si les rondins sont placés dans la forêt. il faudra étudier attentivement l'ombre naturelle
- Plein champ	un ombrage artificiel est nécessaire

FIGURE N° 34

Les arbres des schémas du haut sont trop espacés les uns des autres : il faut éviter l'arrivée directe du soleil sur les rondins. Un ombrage partiel est préférable. Dans les régions à grande humidité, on préfère les forêts de pins ou de feuillus. Dans les régions plus sèches, choisir des forêts de séquoias ou de sapins.



Un terrain en pente douce, orientée sud-est dans l'hémisphère Nord ou nord-est dans l'hémisphère Sud est préférable, parce que la température et les fluctuations d'humidité y sont moindres.

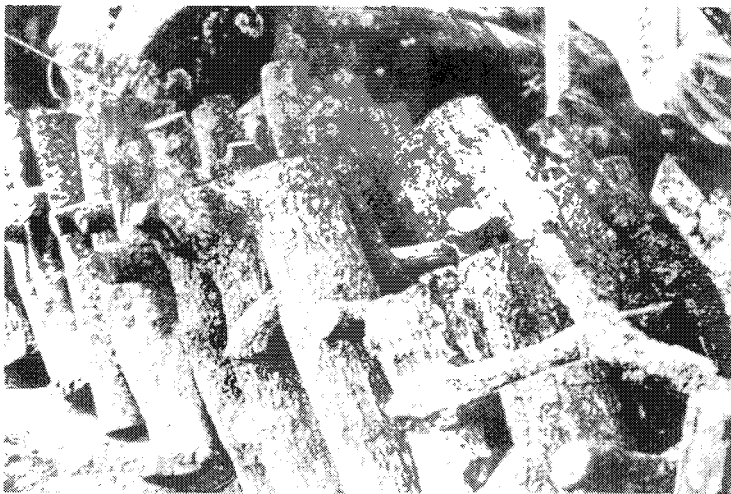
Le bois ne doit pas être déposé dans une zone sujette à la brume, ni sur un terrain humide. Un sol sableux, de préférence drainé par de petits fossés, est le meilleur terrain.

**TECHNIQUES D'EMPLAGE (FAO, MANUEL 106)**

TECHNIQUE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
En croix	Simple.	Les rondins du dessus sont plus secs que ceux du dessous, une rotation des rondins est nécessaire.
Structure en X		Permet une bonne circulation de l'air sur terrain plat, ou sur pentes de collines où l'aération est faible.
Appuyé	Permet un ajustement dans le cas de terrains et de conditions climatiques variables.	Veiller à éviter un séchage excessif des rondins.

**PHOTO N° 12**

Méthode en appentis (avec l'aimable autorisation de Tari)



Il est possible à des cultivateurs expérimentés de « sentir » si les rondins sont prêts à fructifier. Il existe toutefois des méthodes plus objectives de vérification de la croissance mycélienne :

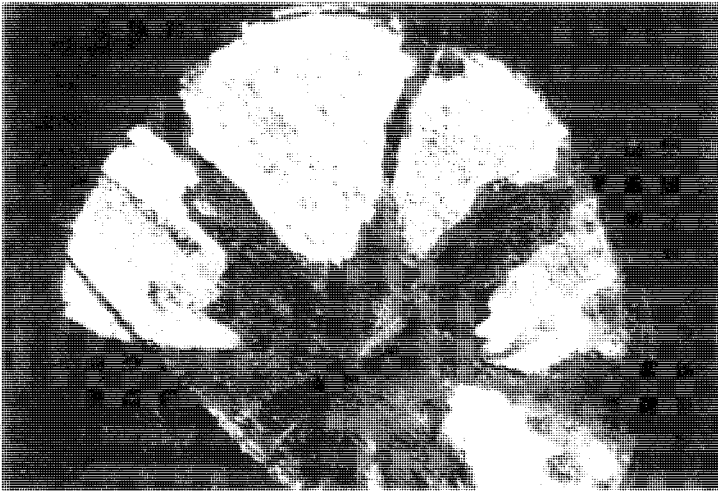
1) *Mesure de la valeur du pH* : s'il est tombé de 5,5-6 à 3,8-4, les rondins sont prêts à recevoir un traitement de choc pour fructifier. (Pour la quantité, introduire 5 à 10 g de bois sec dans 100 cm<sup>3</sup> d'eau distillée et mesurer le pH.)

2) *Teinture d'une section transversale avec du chlorure de fer, FeCl<sub>3</sub>* : la surface mycélienne se décolore en blanc parce que le shii-take absorbe le tanin disponible, le reste vire au brun.

3) *Coupe d'une section de bois* : la placer dans un sac plastique. Ajouter un peu d'eau distillée. Au bout d'une semaine, le mycélium aura décoloré le bois colonisé en blanc.

#### PHOTO N° 13

Section transversale montrant les parties colonisées et non-colonisées, après une semaine en sac plastique avec un peu d'eau distillée (avec l'aimable autorisation de Tari)



#### ■ *Fructification*

Elle est stimulée par plusieurs éléments : une température adaptée à la souche, une différence thermique de 8 à 10 °C entre le jour et la nuit, un choc physique, une haute teneur en humidité dans les rondins.

Au Japon, on immerge les rondins dans un bain d'eau. L'eau remplace rapidement le CO<sub>2</sub> dans les rondins et fournit une humidité suffisante pour une ou deux volées de champignons. Puis on retourne les rondins de manière à ce que le dessous soit dessus.

#### ■ Ravageurs et maladies

De nombreuses moisissures apparaissent pendant le temps de colonisation, quand les conditions d'humidité favorisent d'autres champignons comme les espèces de *Trichoderma* et le *Stemonitis splendens* sur saule, le *Stemonitis fusca* sur érable. Le *Trichoderma* peut être contrôlé en pulvérisant du benlate sur les rondins. Les autres champignons indésirables sont le *Poria versipora*, l'*Hypoxyton truncatum*, l'*Hypoxyton coccineum*, le *Merullius tremellosus*, le *Cryptoderma citrinum*, le *Lenzites butulina*, le *Stereum rameale*, le *Schizophyllum commune*, le *Trametes sanguinea*, le *Poria vaporaria*, le *Porodiscultus pendulus*, le *Panellus stypticus*, le *Bulgaria polymorpha*. Le *Stemonitis* se développe de façon caractéristique à un stade tardif de la croissance, quand les rondins ont déjà produit quelques volées. Des bactéries peuvent se développer si l'humidité est trop importante. Par exemple, *Pseudomonas fluorescens* peut provoquer des taches bactériennes sur les chapeaux des champignons qui se développent, si les chapeaux sont en contact avec le bois ou se touchent les uns les autres. Cueillir les champignons avant qu'ils ne se touchent.

### a. Culture traditionnelle du shii-take au Japon

#### COMPARAISON GÉNÉRALE

	BOIS DUR DU JAPON	BOIS TENDRE DE TAIWAN
vie des rondins	4-6 ans	2 ans
colonisation	1-1,5 ans	6 mois
rendements	semblables	

La qualité japonaise est supérieure du fait d'un meilleur climat et de meilleurs substrats. Les Japonais peuvent donc sélectionner des souches différentes de celles des Taïwanais.

La culture en sacs plastique n'est pas très répandue au Japon. La méthode traditionnelle est plus utilisée, quoique quelque peu modernisée.



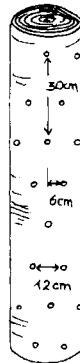
Les arbres, comme les conditions climatiques, sont favorables à la culture du shii-take (température, humidité au printemps et en automne). On a conservé le nom de « shii-take » qui vient de celui de l'arbre « shii », bien qu'on utilise plus couramment aujourd'hui différentes sortes de chênes (*Quercus*). Le *Quercus acutissima* est abattu quand ses feuilles commencent à rougir.

#### ■ *Ensemencement*

L'ensemencement des rondins est meilleur quand la température est à peine supérieure à 10 °C. En réalité, une température de 20 °C est plus favorable à la croissance mycélienne du shii-take, mais elle convient encore mieux aux micro-organismes concurrents. Une température légèrement supérieure à 10 °C permet donc une croissance vigoureuse du mycélium choisi, tout en inhibant celle des antagonistes.

**FIGURE N° 35**

Ecarts entre trous dans la culture traditionnelle du shii-take



Les bouchons de bois et les coins de bois sont les plus utilisés. Le nombre de trous a été indiqué dans un tableau précédent.

#### ■ *Colonisation*

Douze à dix-huit mois sont généralement nécessaires, selon la souche, le bois et le nombre de trous par rondin. Le stockage temporaire est de un à deux mois. Les rondins sont stockés comme indiqué précédemment. Les moisissures préfèrent aussi des conditions humides, c'est pourquoi dès que le mycélium s'est établi (au moins un à deux mois), les piles sont

défaites et les rondins déplacés vers un lieu de stockage permanent. Choisir la disposition la plus adaptée à l'environnement particulier. Utiliser l'une des techniques mentionnées pour déterminer si le mycélium a complètement colonisé les rondins et s'ils peuvent alors être déplacés.

#### ■ *Relevage et induction de fructifications*

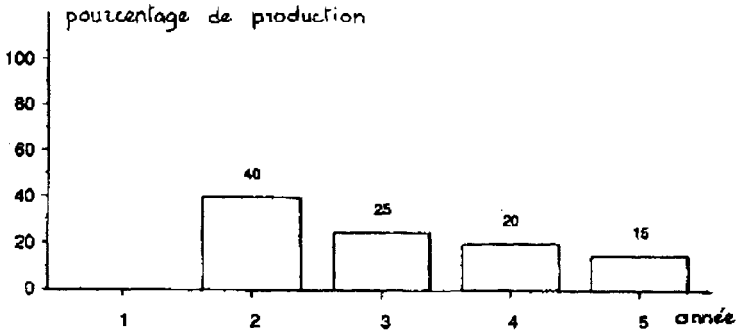
Si les conditions climatiques conviennent à la souche qui s'est développée dans le bois, on déplace les rondins vers leur lieu de stockage permanent où ils reçoivent un bain. La température de l'eau doit être de 13 à 18 °C. En hiver, il faut immerger les rondins de 16 à 48 heures, en été, de 6 à 18 heures. Des casiers spéciaux de trempage peuvent accepter des palettes de rondins. Un tube d'acier au-dessus de la palette empêche les rondins de flotter dans le bassin de trempage. Pendant ou peu après le trempage, on soumet les rondins à des vibrations afin de libérer le CO<sub>2</sub> captif. On peut plus simplement taper les rondins sur le sol. Puis on les couvre de plastique pendant 4 à 6 jours pour maintenir une très haute humidité. On les laisse dans un bassin de trempage vide, ou on les transporte sur le lieu d'installation et on les recouvre. Les *primordia* vont alors se développer sur les rondins dans la semaine qui suit le trempage. Généralement, on dispose les rondins en X. Le placement horizontal est moins fréquent car il demande des étagères coûteuses ; de plus, les champignons qui se développent en dessous sont déformés, et plus difficiles à récolter.

#### ■ *Récolte*

Le nombre de volées et la durée de vie des rondins dépendent beaucoup du type de souche, du diamètre des rondins, et de la température moyenne. De gros rondins nécessitent une plus longue période de colonisation, mais produisent en général du shii-take de haute qualité. Ils peuvent durer jusqu'à six ans. On récolte une à quatre volées sous le climat japonais. De nombreux agriculteurs, aujourd'hui, cultivent des champignons en salle, hiver comme été, parce que le prix des produits frais est bien plus élevé. Les champignons doivent être ramassés dans des conditions relativement sèches. Ne pas toucher les lamelles en les récoltant. Les shii-take japonais sont classés en de nombreuses catégories, l'ouverture et l'épaisseur du chapeau étant les critères déterminants. Cueillir les champignons à 60 à 70 % d'ouverture pour la qualité « donko », à 80 % pour le « koko » et 80 à 90 % pour le « koshin ». On peut récolter environ 25 kg de champignons séchés par m<sup>3</sup> de rondins.

FIGURE N° 36

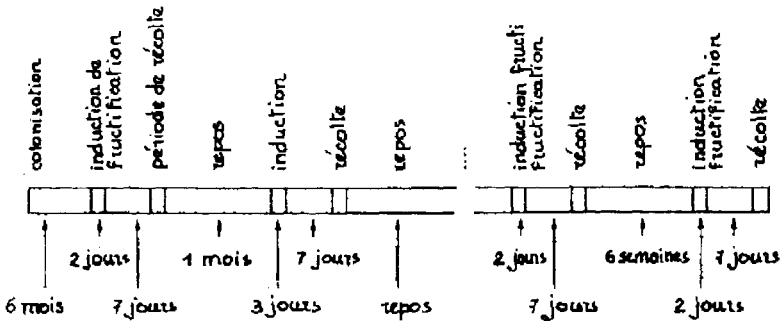
Pourcentage de production annuelle pour souche.



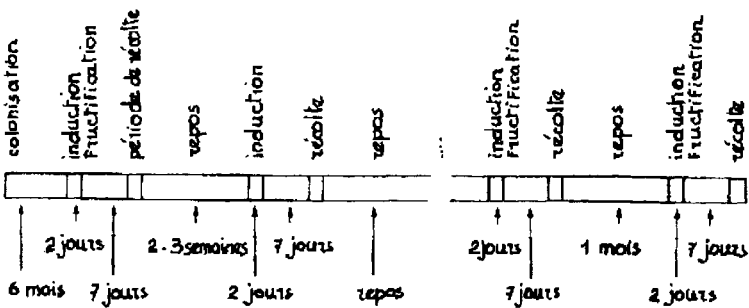
b. Culture du shii-take sur rondins de bois à Taiwan

FIGURE N° 37

Bois dur



Bois tendre



Comparaison des durées des différentes phases sur bois dur et sur bois tendre, en rapport avec la période de fructification.

Il n'existe que peu d'espèces d'arbres durs à Taïwan. C'est pourquoi de nombreuses autres espèces (bois tendres) ont été testées et certaines se sont révélées propres à la culture du shii-take. La réponse des bois durs et des bois tendres diffère légèrement pendant la période de fructification.

■ *Inoculation avec du blanc sur sciure*

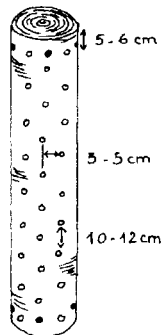
A Taïwan, il n'existe aucune production de blanc sur bouchons de bois ou sur baguettes. La zone extérieure du pain de blanc est éliminée. Cette partie n'a pas le même âge que le reste du pain et est impropre à l'ensemencement (quand elle est âgée, sa couleur tire sur le marron). Il faut percer beaucoup plus de trous que pour une inoculation avec des bouchons de bois. On fore des trous d'un diamètre de 15 à 18 mm écartés de 10 cm et profonds de 3 à 4 cm pour des rondins de 12 cm de diamètre, et de 5 à 6 cm pour ceux de 20 cm. On les remplit de blanc en s'aidant d'une tige de métal pour le tasser. Puis on couvre les trous avec de la cire chaude pour empêcher l'évaporation.

A Taïwan, la température est plus élevée qu'au Japon et favorise ravageurs et maladies. C'est pourquoi il faut percer davantage de trous afin que l'envahissement mycélien soit rapide, environ 6 à 8 mois. Toujours inoculer près des ramifications, établir une croissance mycélienne rapide près des endroits où la contamination a le plus de chances de se produire.

A Taïwan, les aires de couchage et de levage sont les mêmes. Les rondins sont disposés selon le modèle en X. Les cultivateurs expérimentés « sentent » quand les rondins sont prêts à fructifier.

**FIGURE N° 38**

Remarquer les points forts, les trous supplémentaires en noir à l'extrémité du rondin. Ceux-ci vont assurer un rapide envahissement du mycélium.



### ■ *Levage*

Les rondins sont déplacés vers leur lieu de levage au bout d'un mois de croissance mycélienne (le mycélium frais est visible sur les sections de coupe), mais il lui faut encore se développer cinq mois avant d'être prêt à donner des carpophores. En pratique, c'est l'expérience du fermier qui lui indique quand provoquer la fructification. Si le mycélium s'est bien développé et que la surface du rondin est douce, si son poids a un peu diminué et que lorsque l'on frappe dessus, il sonne correctement, on commencera à effectuer le traitement à l'eau.

On retire la bâche en polyéthylène du toit afin que la pluie puisse pénétrer. Un arrosage abondant pendant deux jours et une différence de température entre le jour et la nuit, stimulent la formation des carpophores. Le fait de retourner les rondins la tête en bas favorise l'apparition de *primordia*. En fait, il y a deux façons de provoquer la fructification. L'une consiste à retourner les rondins la tête en bas et à les arroser abondamment pendant deux jours, l'autre à les projeter sur le sol, à les mouiller et à les redresser. Quand les petits *primordia* apparaissent, il faut réinstaller la bâche en polyéthylène pour empêcher la pluie de détériorer les champignons en train de se développer. Ils seront prêts à être récoltés en cinq à sept jours. Leurs chapeaux doivent être fortement convexes et des traces de voile doivent encore être visibles.

On laisse reposer les rondins trois à quatre semaines après la cueille, puis on les projette de nouveau à terre et on les arrose abondamment, ou bien on les retourne à l'envers et on les arrose. Ces méthodes demandent moins de travail qu'un trempage. Une semaine avant ce traitement, on avait effectué un léger arrosage.

### ■ *Rendement*

On peut obtenir de cette façon 13 à 16 % du poids initial du tronc en champignons frais. Il faut un certain temps pour sélectionner les rondins appropriés à la culture du shii-take à Taiwan. La main-d'oeuvre devient de plus en plus chère. Les fermiers entrent chaque jour davantage en concurrence avec ceux de la Chine continentale. Enfin, plus de la moitié de la production est couramment produite selon une autre méthode, la culture en sacs plastique.

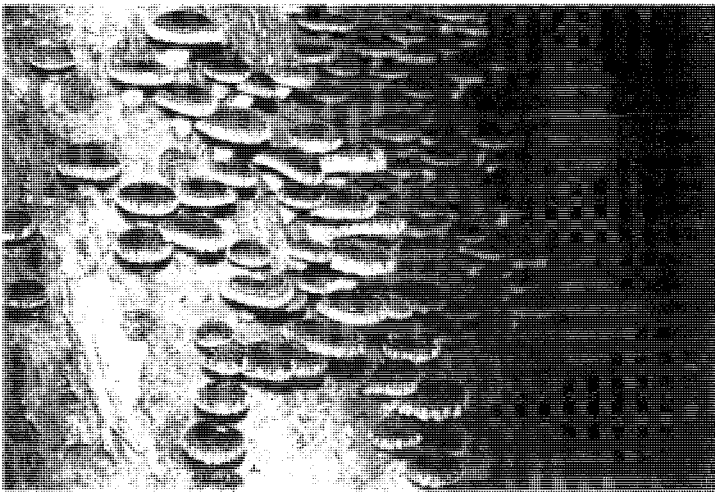
## COÛTS RESPECTIFS DE LA CULTURE À TAIWAN ET AU JAPON

	BOIS	BLANC	TRAVAIL	REPOS
Japon	52	23	18	7
Taiwan	57	21	17	5

Le blanc sur bouchons de bois est plus cher mais plus commode.

## PHOTO N° 14

Une volée de shii-take (avec l'aimable autorisation de Tari)

4. CULTURE D'*AURICULARIA* SUR RONDINS

Différentes espèces d'*Auricularia* peuvent aussi bien être cultivées sur rondins de bois qu'en sacs plastique. Deux espèces sont présentées dans ce paragraphe. L'une, *Auricularia auricula*, la petite oreille de Judas (ou oreille de bois noire en Chine), donne des carpophores à une température plus basse que la seconde, *Auricularia polytricha* (oreille de bois duveteuse en Chine). Vérifier les marges de températures optimales des souches en commandant ou en fabriquant du blanc. A l'intérieur de chaque espèce, différentes souches présentent des variations dans leurs températures de fructification. Elles varient, pour l'espèce d'*Auricularia polytricha*, habi-

tuellement de 15 à 25 °C pour l'espèce « petite oreille », et de 23 à 28 °C pour l'espèce « grosse oreille ».

Les rondins appropriés ont généralement un diamètre de 3 à 6 cm et sont âgés de 6 à 10 ans. De nombreuses sortes d'arbres peuvent être utilisées, car l'*Auricularia* n'est pas aussi exigeante que le shii-take. La famille des chênes (fagaceae) a la préférence, mais le tronc et les branches de l'arbre à pil-pil (arbre à merveille, *Leucaena glauca*) sont également utilisables, de même que la plupart des autres essences, à bois tendre ou dur.

#### ARBRES POUR LA CULTURE D'AURICULARIA, RAPPORT DE TAIWAN

<i>Acacia confusa</i>	acacia de Taïwan
<i>Morus australis</i>	mûrier à petites feuilles
<i>Ficus retusa</i>	banian à petites feuilles
<i>Aleurites fordii</i>	arbre à huile
<i>Pongamia pinnata</i> poongoail	poongamia
<i>Gardenia jasminodes</i>	jasmin à cape
<i>Ficus stipulosa</i>	figuier à grandes feuilles
<i>Broussonetia papyrifera</i>	mûrier à papier commun
<i>Macaranga tenarius</i>	macaranga
<i>Laportea prerostigma</i>	micocoulier à bois empoisonné
<i>Bombax ceiba</i>	cotonnier soie
<i>Sapium sebiferum</i>	arbre à suif chinois
<i>Alnus japonica</i>	aulne
<i>Betula japonica</i>	bouleau
<i>Fagus crenata</i>	hêtre
<i>Cetis sinensis</i>	
<i>Eleagnus pungens</i>	eleagnus
<i>Rhus verniciflua</i>	arbre à vernis
<i>Magnolia obovata</i>	
<i>Acer palmatum</i>	érable

Comme pour le shii-take, la période d'abattage a lieu quand les feuilles sont tombées et que la teneur en sucre dans le bois est la plus forte. Toujours couper les rondins à la même longueur, par exemple un mètre, pour en faciliter la manipulation. De même que dans la culture du shii-take, ne jamais abîmer l'écorce. Elle se détacherait et les contaminants pénétreraient facilement. Laisser les rondins dans l'eau pendant 24 heures

et rincer. Les rondins fraîchement coupés ne nécessitent pas de trempage. La teneur en eau doit être élevée, 50 à 80 %. Si des craquelures apparaissent aux sections de coupe, le bois est trop sec. Pour vérifier la teneur en eau, scier un morceau et le couper en petits éléments de 5 à 10 g. Peser les morceaux, les sécher dans un four et les peser encore.

#### ■ *Ensemencement*

Généralement, on trouve du blanc de sciure ; se reporter à l'inoculation à la sciure, dans l'étude de cas sur le shii-take à Taïwan.

#### ■ *Envahissement mycélien*

La chose la plus importante à surveiller est l'humidité du bois. Envelopper les rondins dans du plastique et veiller à ce qu'ils restent humides tout le temps. Le mycélium met un mois ou deux à se développer complètement à l'intérieur des rondins. Il faut les retourner plusieurs fois afin de répartir régulièrement la croissance du mycélium. Vérifier que la croissance est correcte à l'aide d'une des méthodes décrites au paragraphe « Envahissement mycélien du shii-take ».

#### ■ *Fructification*

Incliner les rondins contre des barres de bois et arroser abondamment. Ceci stimule la formation de fructifications. Les premiers *primordia* se formeront en une semaine. Au début, ils se localiseront près des trous ensemencés, plus tard, ils couvriront tout le tronc. Une deuxième façon de stimuler la fructification est de donner aux rondins une période de repos au sec de deux à trois semaines. Puis les faire tremper pendant 12 à 20 heures et les placer contre les barres.

#### ■ *Récolte*

Il faut trois à quatre semaines après la formation de petits *primordia* avant de pouvoir récolter les « oreilles de bois ». Puis nettoyer les rondins et enlever toutes les petites fructifications qui peuvent encore rester. Arrêter l'arrosage et donner aux rondins un repos de deux à trois semaines. Recommencer l'opération d'arrosage ou de trempage dans l'eau. Les rondins durent en moyenne un à deux ans et produisent un rendement d'1 kg de champignons frais par rondin d'1 m de longueur et de 6 à 15 cm de diamètre, soit 10 à 15 % du poids des rondins fraîchement coupés.



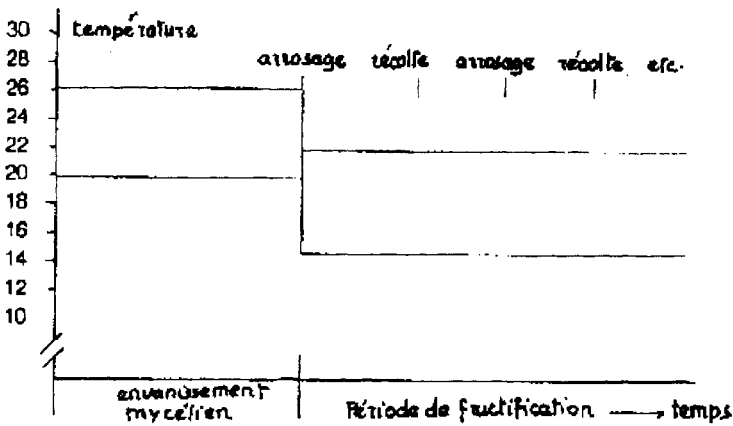
Sous les conditions relativement constantes des tropiques, on peut poursuivre la récolte pendant quelques mois avant de laisser en repos. Dans les zones tempérées ou subtropicales, il n'y aura pas de fructifications en hiver lorsque la température descend en dessous des marges de températures de fructification, qui dépendent, elles, de la souche utilisée.

#### ■ *Post-récolte*

Laver les champignons minutieusement et les sécher au soleil avant emballage. Pour le marché frais, ils peuvent être conservés une semaine au moins dans de l'eau.

FIGURE N° 39

Température d'une souche d'*Auricularia* pendant la croissance mycélienne et la fructification.



#### ■ *Ravageurs et maladies*

Certains champignons de bois, comme le *Schizophyllum commune* (comestible), de nombreux polypores ainsi que certains myxomycètes peuvent concurrencer l'*Auricularia*. Mais si les conditions requises sont réunies pendant l'envahissement mycélien, moins de 10 % des rondins seront contaminés.

## 5. CULTURE DE *TREMELLA* SUR RONDINS

Ce champignon à gelée blanche est consommé surtout par les Chinois. Le *Tremella* vit en association étroite (probablement parasite) avec d'autres

champignons appelés « mycélium à plumage » en raison de leur aspect. En Chine, on inocule un mélange de culture de *Tremella* et de mycélium à plumage. A Taïwan, on ensemece seulement du *Tremella*. Se référer au paragraphe sur la culture du *Tremella* en sacs plastique, pour les techniques de préparation d'un blanc de cultures mélangées. Le mycélium à plumage germe spontanément dans les vergers de Taïwan.

**ARBRES ADAPTÉS À LA CULTURE DE TREMELLA SUR RONDINS**  
(TIRÉ DE CHEN ET HOU, 1978)

FAMILLE	ESPÈCE	NOM COMMUN	REMARQUES
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	manguier	a
	<i>Rhus semialata</i>		
	<i>Rhus succedanea</i>	arbre à cire	
	<i>Rhus sylvestris</i>	sumac empoisonné d'Orient	
	<i>Rhus verniciflua</i>	arbre à vernis	
Betulaceae	<i>Alnus formosana</i>	aulne de Formose	a
Elaeocarpaceae	<i>Elaeocarpus decipiens</i>	elaeocarpus commun	a, b
Euphorbiaceae	<i>Aleurites cordata</i>	arbre à huile du Japon	
	<i>Macaranga tanarius</i>	macaranga	
	<i>Mallotus paniculatus</i>	turn in the winds	a, b
	<i>Sapium discolor</i>	sapium de Taïwan	a
	<i>Sapium sebiferum</i>	arbre à suif chinois	
	Fagaceae	<i>Castanea crenata</i>	châtaignier japonais
<i>Castanea mollissima</i>		châtaignier de Taïwan	a, b
<i>Castanea carlesii</i>		chinkapin vert à longues feuilles	b
<i>Castanopsis formosana</i>		chinkapin de Taïwan	
<i>Castanopsis hystrix</i>		chinkapin rouge	b
<i>Cyclobalanopsis gilva</i>		chêne à écorce rouge	
<i>Cyclobalanopsis glauca</i>		chêne glauque	b
<i>Cyclobalanopsis longinux</i>		chêne à feuilles étroites	
<i>Fagus hayatae</i>		hêtre de Taïwan	
<i>Limlia uriana</i>		chêne tanné d'Urai	a, b
<i>Pasania brevicaudata</i>		chêne tanné à feuille à queue courte	a
<i>Pasania formosana</i>		chêne tanné de Formose	
<i>Quercus variabilis</i>	chêne liège chinois		

Hamamelidaceae	Liquidambar formosana	chêne tanné de Formose	a
Juglandaceae	Engelhardtia roxburghia	saule à panier jaune	a, b
Lauraceae	Actinodaphne pedicellata	actinodaphné de Taïwan	
	Beilschmiedia erytrophloia	arbre à limace à écorce rouge	a
	Cryptocarya konishii	cryptocarya de Taïwan	
	Machilus kusanoi	machilus à grandes feuilles	a, b
	Machilus thunbergii	machilus rouge	a, b
	Machilus zuihoensis	machilus à encens	a
Leguminosae	Phoebe formosana	phoebé de Taïwan	
	Acacia confusa	acacia de Taïwan	a
Moraceae	Brussonetia papyrifera	mûrier à papier commun	
	Morus alba	mûrier	a
	Morus australis	mûrier à petites feuilles	a
Myracaceae	Myrica rubra	fraisier	b
Myrsinaceae	Ardisia cornudentata	ardisia à corne dentée	a
	Ardisia seboldii	ardesia siebold	
	Maesa tenera	maesa de Taïwan	
Myrtaceae	Eugenia cumini	prunier de Java	a, b
	Eugenia javanica	jambos à cire	
Rosaceae	Prunus campanulata	cerisier de Taïwan	a, b
	Prunus persica	pêcher	b
	Prunus taiwaniana	cerisier wusheh	a, b
Rutaceae	Citrus maxima	shaddock	a
	Citrus specimen	orangers, etc.	
	Evodia confusa	melicope de Taïwan	a, b
	Evodia leptota	melicope Awadan	a, b
	Evodia meliaefolia	evodia japonais	a
Sterculiaceae	Firmiana simplex	parasol chinois	
	Pterospermum acerofolium	pterospermum à feuilles d'érable	
Styracaceae	Alniphyllum fortunei	cloches de fortune chinoises	a
Ulmaceae	Celtis formosana	baie de cheval de Formose	a
	Celtis sinensis	baie de cheval chinoise	
	Zelkova serrata	zelkova	

a : excellent pour rondins

b : hôte de Tremella fuciformis dans la nature (Chen et Hou, 1977).

On peut remarquer d'après cette liste que de nombreuses espèces d'arbres peuvent convenir. Le choix est d'abord déterminé par le bois disponible. A Taïwan, on utilise communément le manguier. De même que dans la culture du shii-take, l'époque d'abattage est très importante. La teneur en sucre doit être élevée et l'écorce encore solidaire du tronc. Les considérations concernant la teneur en eau des rondins pour le shii-take s'appliquent aussi au *Tremella*.

■ *Ensemencement*

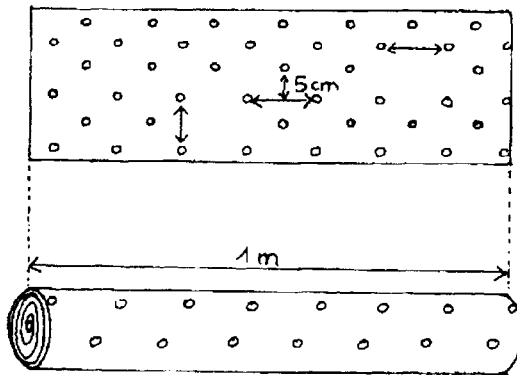
On applique usuellement du blanc sur sciure, mais d'autres types de blancs peuvent être utilisés.

NOMBRE DE TROUS

Diamètre (cm) :	6	8	10	12	15	20
Longueur 1 m	21	28	35	42	56	70
Longueur 1,20 m	27	36	45	54	72	90

FIGURE N° 40

Distances entre les trous (adapté de Chen et Hou, 1978)



Les rondins d'un diamètre supérieur à 25 cm seront mieux ensemencés s'ils sont coupés en morceaux d'une longueur de 15 cm et si l'on met le blanc en sandwich entre les rondins. On peut combiner jusqu'à 10 rondins de cette façon. Le renforcement par des bandes de bambous peut être quelquefois nécessaire.

### ■ *Couchage*

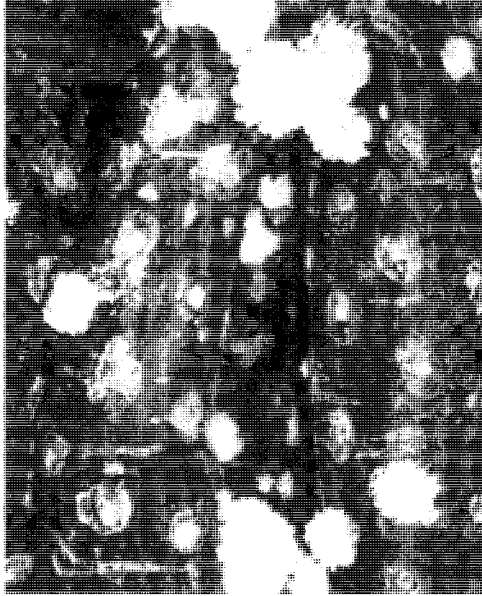
Le choix d'une bonne aire de couchage est aussi important que la qualité du blanc ou du bois. L'endroit ne doit pas être excessivement humide, parce qu'alors les rondins seraient contaminés par des champignons compétiteurs. La température optimale de croissance mycélienne est de 20 à 25 °C. La température de 22 °C est optimale et des températures supérieures à 28 °C sont à éviter. Il ne faut pas arroser les rondins pendant l'envahissement mycélien, sauf si le temps est extrêmement sec. Le couchage est réalisé soit par disposition en X, soit à la façon d'une boîte avec deux rondins non inoculés au sol et les rondins ensemencés placés transversalement au-dessus de ceux-ci. Le couchage dure généralement 35 à 45 jours.

### ■ *Levage*

Les conditions climatiques doivent être modifiées pour provoquer la fructification. Il faut élever l'humidité à 85-95 %, et la température de fructification devra être de 20-27 °C, soit légèrement supérieure à celle de l'envahissement mycélien. A Taïwan on utilise couramment une serre de plastique similaire à la maison de champignons de type HO. On peut contrôler partiellement la température en relevant le plastique. Les premiers champignons apparaissent autour des trous d'inoculation, mais des volées apparaîtront plus tard partout sur le bois. Les champignons des trous d'inoculation sont généralement gros, les volées ultérieures donnant souvent des champignons plus petits.

**PHOTO N° 15**

*Tremella* sur rondins  
(avec l'aimable autorisation de Tari)



Les champignons apparaissent deux mois après une période d'envahissement mycélien de sept mois. Il faut maintenir les rondins très humides en les arrosant fréquemment, au moins deux fois par jour. Les champignons doivent être récoltés quand leur couleur vire du translucide au blanc, que leurs extrémités commencent à se ramollir et que leurs « oreilles » sont complètement ouvertes. La cueille à la main est préférable à celle au couteau. Les hyphes dégénérées noircissent et doivent être enlevées tous les quinze jours. Ce traitement stimule l'émergence de nouvelles fructifications et contrôle la contamination. Les champignons continueront à apparaître à partir des trous d'inoculation.

## CHAPITRE 12

# Culture sur substrat fermenté

## 1. CULTURE D'*AGARICUS* SUR SUBSTRAT FERMENTÉ

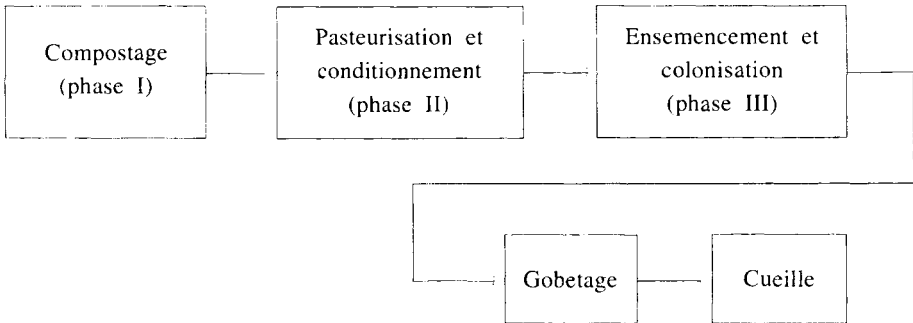
Ce champignon, dénommé « champignon de couche » ou « de Paris », le plus cultivé au monde, pousse assez difficilement dans les pays tropicaux. En effet, la préparation du compost pose souvent des problèmes, la température de fructification est plutôt basse et les matériaux de la terre de gobetage sont, dans certaines régions, difficiles à trouver. En fait, il existe deux espèces, aux exigences thermiques différentes. Il s'agit d'*Agaricus bisporus* et d'*Agaricus bisporus*. Ce dernier peut être cultivé à température plus élevée, mais la période de fructification et celle qui sépare deux volées sont plus longues.

La préparation du substrat est la même.

Il existe une documentation importante sur le champignon de couche, tout au moins pour sa culture dans les pays industrialisés (Europe, États-Unis et Australie). Sa culture industrielle demande d'énormes investissements et n'est pas adaptée au tiers-monde.

A Taïwan et en Chine continentale, des techniques à petite échelle, mieux adaptées, ont été développées. A cause de salaires élevés, Taïwan n'est plus compétitive sur le marché mondial ; c'est pourtant là qu'ont été mises au point des techniques faciles à transférer ailleurs. Les techniques taïwanaises sont aujourd'hui employées en Arabie saoudite, au Paraguay, au Malawi et en Indonésie, pour ne citer que ces pays. En Chine, de nombreuses recherches sont poursuivies pour développer cette culture et l'adapter aux petits producteurs. Les systèmes suivants combinent les expériences de la Chine, de Taïwan et de l'Inde.

**FIGURE N° 41**  
 Etapes de la culture d'*Agaricus*



Les étapes de la culture d'*Agaricus* peuvent se dérouler au sein de la même exploitation ou être réparties entre différents producteurs. L'entreprise de compostage peut effectuer le traitement thermique, se charger de l'ensemencement et quelquefois faire incuber le substrat. Le substrat, lardé ou complètement envahi, est alors distribué aux petits fermiers.

Pour la phase I, l'équipement nécessaire au compostage et les produits du substrat sont :

- un sol, de préférence bétonné ;
- des gabarits de pile : planches de bois, une pour chaque côté du tas, de 1,20 à 1,50 m de haut et 2,50 m de long. Des bacs à trois ou quatre côtés conviennent aussi ;
- une fourche à long manche pour retourner le tas de compost ;
- une pelle plate ;
- un arroseur automatique ou un tuyau avec un bec d'arrosage ;
- des thermomètres à tige longue ;
- des produits pour le compost (voir formules).

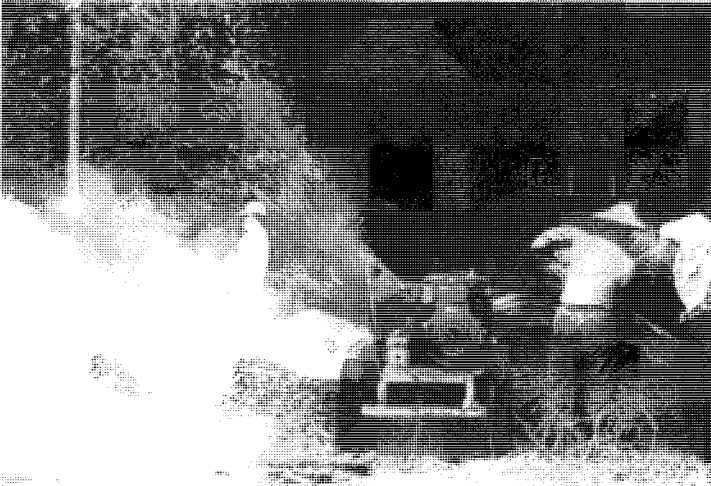
Equipements et produits nécessaires à la phase 2 et plus tard :

- une chaudière à vapeur ;
- des produits de gobetage (voir formules) ;
- une maison de culture en plastique équipée d'étagères (se reporter à la maison de culture de type Ho) ;
- un ventilateur électrique ;
- des thermomètres ;
- une petite fourche pour faciliter le lardage ;
- en option : des caisses ou des sacs en plastique, si le compost est mis dans des conteneurs séparés.



## PHOTO N° 16

Hachage de la paille de riz (avec l'aimable autorisation de Tari).



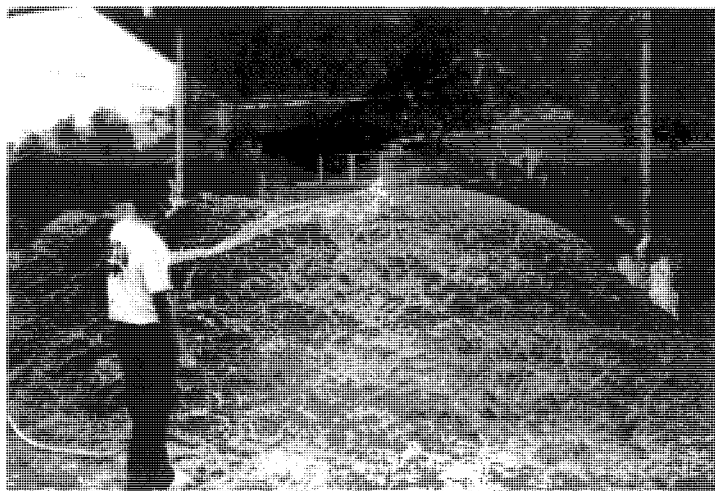
■ *Substrat*

Un substrat pour *Agaricus* ne peut se définir seulement par ses composants chimiques. La nature biologique des produits du substrat détermine sa capacité ultérieure de sélectivité. Mais une répartition homogène des ingrédients, la teneur en eau (plus exactement, l'activité de l'eau libre) et le rapport C/N sont aussi importants.

Un grand nombre d'ingrédients sont difficiles à répartir régulièrement dans le substrat. Le rapport C/N du compost pour *Agaricus* est très important : il doit être de 30:1 au moment du mélange du substrat, de 20:1 au remplissage de la maison de culture ou du tunnel avant le traitement thermique, et de 17:1 au lardage. Un supplément riche en azote prolongera la période de libération de l'ammoniaque. La fermentation devra alors durer plus longtemps, ce qui aura un effet sur la qualité du compost. Sa structure et sa valeur nutritionnelle seront toutes deux moins favorables à *Agaricus*. Par ailleurs, si le rapport C/N est trop élevé, il subsistera, après le processus de fermentation, des composants carbonés très assimilables qui pourraient favoriser le développement de compétiteurs. Ceux-ci à leur tour peuvent attirer des acariens.

## PHOTO N° 17

Mouillage de la paille de riz hachée  
(avec l'aimable autorisation de Tari)



## INGRÉDIENTS POUR LE COMPOST D'AGARICUS (EN KILOGRAMMES)

INGRÉDIENTS	POIDS HUMIDE	POIDS SEC	N %	N TOTAL
<b>■ Compost de paille synthétique Taïwan N°1</b>				
paille de paddy	1000	850	0,62	5,3
urée	10	10	46	4,6
sulfate d'ammoniaque	20	20	21	4,2
superphosphate d'ammoniaque	30	30		
sulfate de potassium	8	8		
carbonate de calcium	25	25		
Total		943	1,41	14,1
<b>■ Compost de paille synthétique Taïwan N°2</b>				
paille de paddy	1000	850	0,62	5,3
sulfate d'ammoniaque	20	20	21	4,2
urée	0,5	0,5	46	2,3
superphosphate de calcium	2	2		
carbonate de calcium	3	3		
Total		925	1,28	11,8

INGRÉDIENTS	POIDS HUMIDE	POIDS SEC	N %	N TOTAL
<b>■ Compost de paille synthétique de Corée du Sud</b>				
paille de paddy	1000	850	0,62	5,3
fumier de poulets	100	63	4	2,52
urée	12 à 15	12 à 15	46	6,6
gypse	10 à 20	10 à 20		
Total		948	1,54	
<b>■ Compost synthétique de l'Institut de l'Industrie Légère de Fujian</b>				
paille de paddy	2495	2122	0,62	13,2
fumier de bovins sec	4160	3535	1,3	46
paille d'orge	1664	1414	0,64	9
tourteaux d'arachides	333	333	5	16,60
ammoniaque liquide	33	6	2	
cendre de bois	70	70		
superphosphate de calcium	83	83		
urée	42	42	46	19,3
cyanamide de calcium	83	83	21	17,4
gypse	125	125		
chaux	83	83		
Total		7891	1,56	123,5
<b>■ Compost synthétique du district de Lung Xi, Fujian</b>				
paille de paddy	3333	2833	0,62	17,56
fumier sec de bovins	5555	4721	1,3	61,38
urée	22,2	22,2	46	10,21
superphosphate de calcium	55,5	55,5		
gypse	111	111		
chaux	22,2	22,2		
Total		7764,9	1,15	89,15
<b>■ Compost synthétique du district de Pu Tian, Fujian</b>				
paille de paddy	3500	2975	0,62	18,45
fumier sec de bovins	3500	2975	1,3	38,68
superphosphate de calcium	70	70		
urée	30	30	46	13,8
gypse	100	100		
chaux	50	50		
Total		6200	1,11	76,93

INGRÉDIENTS	POIDS HUMIDE	POIDS SEC	N %	N TOTAL
<b>■ Compost synthétique du district de Yi Wu, Zhejiang</b>				
paille de paddy	1000	850	0,62	5,27
paille d'orge	2000	1700	0,64	10,88
fumier de bovins humide	20000	4400	1,3	57,20
tourteaux de graines de moutarde	300	300	4,6	13,8
fumier de porcs	10000	2000	2,5	50
ammoniaque liquide	100	6		6
cyanamide de chaux	50	50	21	10,5
superphosphate de calcium	80	80		
chaux	180	180		
Total		9560	1,61	153,65
<b>■ Compost synthétique du district de Shao Xing, Zhejiang</b>				
paille de paddy	1155	981	0,62	6,09
paille d'orge	2345	1993	0,64	12,75
fumier de porcs	4200	11050	2,6	27,3
fumier de bovins sec	3150	2677	1,3	34,80
tourteaux de graines de moutarde	630	630	4,6	29
urée	28	28	46	12,88
cyanamide de calcium	24,5	24,5	21	5,2
gypse	203	203		
chaux	70	70		
superphosphate de calcium	70	70		
Total		7727,3	1,65	128,02
Alternative				
<b>■ Compost synthétique</b>				
paille de blé	1000	900	0,5	4,5
fumier de poulets	1000	800	3	24
gypse	75	75		
Total		1775	1,61	28,5

Les chiffres ont été pour la plupart arrondis à la décimale, d'où parfois, un décalage entre les valeurs et le total inscrit.

### ■ Fermentation

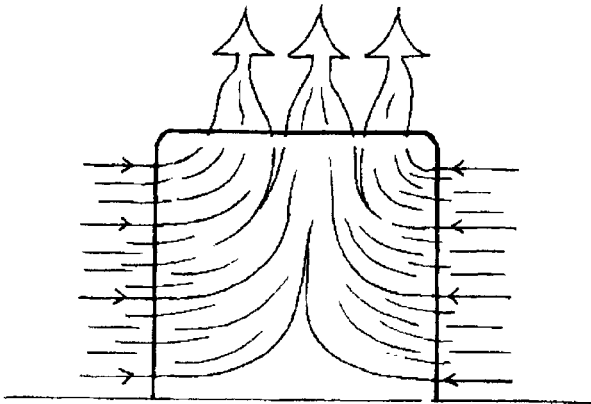
L'objectif du processus de fermentation est de diminuer l'activité naturelle du substrat. Sans la fermentation préalable, le fumier frais et la paille humide, une fois mis en tas, deviendraient trop chauds pour permettre la croissance de l'*Agaricus*. Quand le substrat est encore très actif, il est très difficile de contrôler la température à l'intérieur du substrat. C'est pourquoi les éléments nutritifs assimilables sont dégradés d'abord par des micro-organismes autres que l'*Agaricus* ; ils feront monter la température à 80 °C. Un deuxième objectif est d'obtenir un substrat qui soit sélectif pour *Agaricus*, mais pas pour des champignons compétiteurs.

### ■ Activité du compost

Elle est déterminée par les micro-organismes. Si un taux élevé d'éléments nutritifs est disponible, l'activité microbienne sera également forte. Il sera alors plus difficile de contrôler la température à l'intérieur du compost. D'où la nécessité d'une phase de conditionnement qui permettra d'obtenir un compost sans ammoniac et avec les éléments nutritifs requis.

FIGURE N° 42

Circulation de l'air dans les piles (adapté de Stamets)



Quand on constitue les piles de compost, il est important d'atteindre une température élevée tout en maintenant une bonne oxygénation pour soutenir la croissance microbienne. La structure du tas doit permettre une aération adéquate, mais si celle-ci est trop forte, il se produira une importante déperdition de chaleur. La teneur en eau affecte l'aération. Si

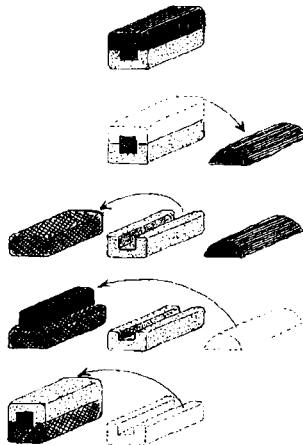
elle est insuffisante, elle provoque une chute rapide de la température. Si elle trop élevée, elle freine le passage de l'air et crée des conditions anaérobies.

Si les tas sont trop petits, la température restera trop basse, et le compostage sera seulement partiel. A un stade ultérieur du cycle de culture, la température montera alors trop haut pour *Agaricus*.

De même, il est très important de bien mélanger les ingrédients du substrat pour éviter une décomposition irrégulière. C'est pourquoi on retourne les tas. Cela permet également d'aérer le coeur de la pile qui, sinon, devient de plus en plus compacte sous l'effet de la décomposition. De plus, les microbes produisent de l'eau ce qui, ajouté à la compacité, risque d'entraver le passage de l'air. Quand la température des tas commence à chuter, il est temps de les retourner.

Retourner les tas à la main étant un travail pénible, des machines spéciales nommées « composteurs » ont été conçues pour aider les producteurs. Dans le cas de composteurs importés, vérifier qu'ils sont adaptés aux structures des matières premières du substrat à traiter.

**FIGURE N° 43**  
Retournement des tas



Les « retournes » doivent être faites de telle sorte que le coeur de l'ancienne pile se retrouve à l'extérieur et inversement.

Elles sont effectuées tous les deux à trois jours. Au moment de la retourne, on peut réajuster la teneur en eau, incorporer des additifs, et obtenir ainsi une décomposition plus homogène. Deux techniques de compostage, long et court, ont été développées.

### ■ *Compostage long*

Il peut être effectué entièrement à l'extérieur. Il demande plus de temps et n'est pratiqué que dans le cas où l'équipement spécialisé pour le compostage court n'est pas disponible. Quelquefois, on ne soumet même pas le substrat à un traitement thermique, mais il y aura dans ce cas beaucoup de ravageurs et de maladies. Si on ne réalise aucun traitement thermique sur le substrat, il ne faut pas utiliser la partie extérieure des piles.

### ■ *Compostage court*

C'est la méthode utilisée par la plupart des cultivateurs industriels. Elle est courte et représente un modèle pour obtenir des conditions optimales pendant le compostage.

#### CALENDRIER DU COMPOSTAGE LONG

JOUR	OPÉRATIONS
J-10	Ingrédients du compost synthétique : arroser la paille en vrac, mélanger les additifs riches en hydrates de carbone et pauvres en azote. Incorporer les fumiers d'animaux.
J-5	Retourner les tas et ajouter de l'eau. Briser les masses agglutinées de suppléments.
J-2	Mouiller et mélanger minutieusement tous les ingrédients, excepté le gypse.
J-0	Faire une pile (ou une chaîne) de 1,80 m de large et 1,20 m de haut. Le coeur doit être peu dense, mais les côtés fortement compressés. Utiliser des gabarits de pile.
J+6	Première retourne. Retourner l'intérieur à l'extérieur et inversement. La décomposition va réduire le volume des tas. Reformuler les piles en conservant la même longueur et la même hauteur mais en réduisant la largeur.
J+10-J+12	Seconde retourne. Contrôler la teneur en eau et en ajouter si nécessaire. Des taches gris blanchâtre d'actinomycètes apparaissent. Les répartir régulièrement dans le compost.
J+13-J+15	Troisième retourne. Les actinomycètes doivent être apparents partout dans le compost. Leur croissance exige de l'eau, il faut donc en rajouter. Il reste encore une légère odeur d'ammoniaque. Faire une pile d'1 m de haut et de 1,20 à 1,50 m de large.
J+15-J+17	Quatrième retourne. Le compost doit être de couleur brun foncé et présenter partout des taches d'actinomycètes. La teneur en eau doit être de 67 à 70 % et le pH de 7 à 7,5. Si ce n'était pas le cas, faire une cinquième retourne au bout de deux jours.

■ *Calendrier du compostage court*

Les réactions biochimiques au milieu de la pile sont rapides si la température est élevée. En compostage court, les piles ou chaînes étant plus hautes, la zone à température élevée est plus étendue. Démarrer au jour J-3, dans le cas d'utilisation de paille coupée.

JOUR	OPÉRATIONS
J-10	Étaler la paille en pile basse de 60 à 80 cm de hauteur et mouiller abondamment.
J-7	Mélanger les fumiers d'animaux avec la paille, mouiller fortement l'ensemble. Réutiliser les effluents liquides.
J-3	Mélanger encore et ajouter de l'eau si nécessaire. Si l'on utilise de la paille coupée, bien mélanger aux fumiers et mouiller.
J0	Faire des piles de 1,50 m de haut et 1,80 de large. Ajouter autant d'eau que la pile peut en absorber. Utiliser des planches en bois pour former des côtés verticaux. Tasser le dessus de la pile. Le tas doit être assez compact.
J+4	Première retourne. Ajouter du gypse et retourner comme l'indique le dessin. Maintenir la hauteur de la pile mais réduire sa largeur.
J+7	Seconde retourne.
J+10	Troisième retourne. Bien mélanger, ajouter de l'eau et réduire la largeur à 1,50 m. Procéder au remplissage si le compost est prêt, sinon continuer à faire des retournes tous les deux jours.

Le compost ainsi préparé est prêt pour le remplissage lorsque :

- 1) La paille est encore ferme, mais peut se briser.
- 2) La couleur est devenue un marron profond uniforme.
- 3) Le test d'essorage ne donne que quelques gouttes de liquide.
- 4) Le pH est à 8,0-8,5.
- 5) Il est uniformément moucheté d'actinomycètes blancs.
- 6) Le rapport C/N a été réduit à 2,0.
- 7) Il subsiste encore une forte odeur d'ammoniaque.

■ *Remplissage de la maison de culture*

Après le compostage extérieur, le compost doit être placé sur des étagères. Certains cultivateurs utilisent un wagonnet sur rails pour le transporter de l'aire de compostage jusqu'à la maison de culture. Une longue fourche est nécessaire pour vider le wagonnet et déposer le compost sur les étagères. La quantité de compost au m<sup>2</sup> varie. Si le compostage



et le traitement thermique peuvent être réalisés dans des conditions bien contrôlées, la couche peut être de 140 kg/m<sup>2</sup>. Mais en Chine continentale, dans des conditions de contrôle difficiles, un taux de remplissage de 100, ou même de 50 à 60 kg/m<sup>2</sup> est normal. La disposition en couches épaisses, si le compostage a été mal fait, risque de faire trop monter la température.

#### ■ *Traitement thermique*

Dans certains pays en développement, on cultive l'*Agaricus* sans traitement thermique, mais les rendements sont faibles, imprévisibles et de nombreux ravageurs et maladies empêchent la croissance de l'*Agaricus*. Les fonctions du traitement thermique (pasteurisation et conditionnement) sont les suivantes :

- Rendre le substrat plus sélectif pour *Agaricus* : disparition de l'ammoniaque (NH<sub>3</sub>), établissement d'une biomasse microbienne favorable.
- Désinfecter le compost : en tuant les oeufs et les larves des insectes ravageurs, en éliminant les nématodes.

Pour atteindre la température désirée de 60 °C, on injecte de la vapeur dans la maison de culture. De nombreux fermiers ajoutent au compost du riz humide, du son de blé ou des tourteaux de soja, un jour avant, ou même pendant le remplissage. Les micro-organismes utilisent très rapidement ces substances, et augmentent donc la température du compost. Cela va déclencher plus vite le processus de « pasteurisation » et le rallonger, d'où une économie d'énergie pendant la phase de désinfection à haute température.

Plus la différence est grande entre la température à l'intérieur du compost et celle de l'air, meilleure est l'aération dans le compost. Celle-ci est importante pour maintenir l'activité du compost et faciliter son conditionnement. Ainsi, il faut un apport d'air suffisant pour favoriser le développement d'actinomycètes et d'*Humicola* (*Scytalidium*). Ce sont des marqueurs biologiques pour la sélectivité de l'*Agaricus*. L'*Agaricus* peut, en fait, se nourrir à partir de la biomasse du *Scytalidium thermophilum*. Un manque d'oxygène conduira au développement de *Chaetomium*, une moisissure vert-olive. Cela dénote un compost moins favorable. Le manque d'oxygène peut être facilement détecté en allumant une allumette. Si la flamme se maintient, le taux d'oxygène est suffisant. Une introduction d'air frais trop importante ne sera néfaste que si cela provoque le refroidissement du compost au-dessous de la température souhaitée ; on introduit donc de l'air frais quand la température s'élève trop.

FIGURE N° 44

Zones de températures en compostage long (à gauche) et court (à droite)

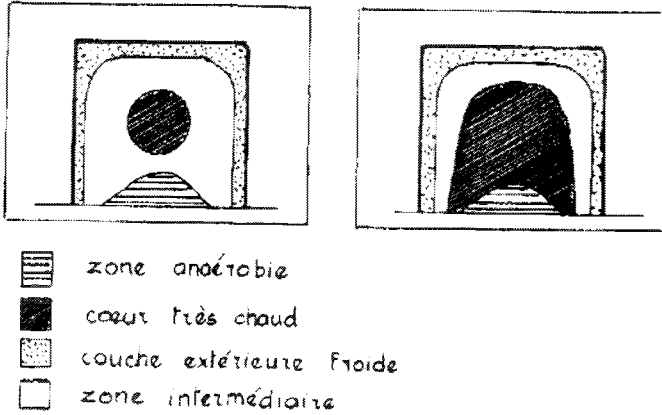
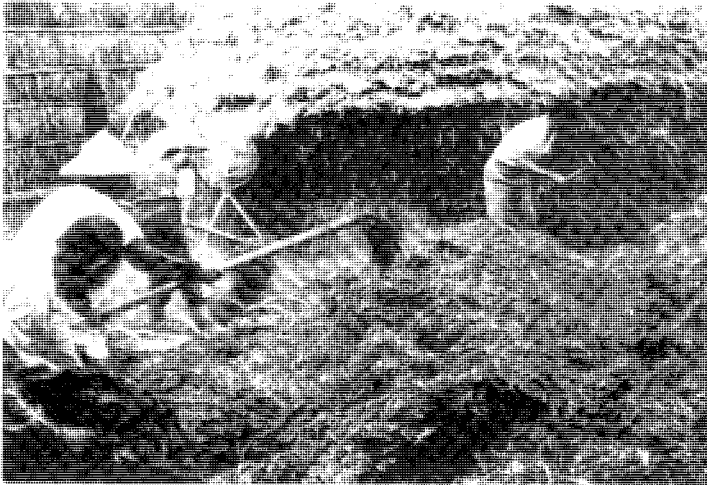


PHOTO N° 18

Retournement des tas (avec l'aimable autorisation de Tari).



■ *Lardage et envahissement mycélien*

On utilise couramment du blanc sur grains dans la culture d'*Agaricus*. On le mélange au compost à l'aide d'une petite fourche. On emploie ap-

proximativement 1,2 à 2 litres de blanc pour un remplissage de 100 à 140 kg/m<sup>2</sup> de compost. En couches minces, on utilise moins de blanc.

Puis on maintient la maison de culture fermée pour encourager la croissance mycélienne. Mais si la température s'élève au dessus de 27 °C, on refroidit l'ambiance en introduisant de l'air dans la maison. Une fois que le mycélium s'est développé dans le compost, il faut appliquer un gobetage. Sans cette couche de terre, *Agaricus* ne fructifie pas.

#### ■ Gobetage

Il fournit l'eau nécessaire à la croissance du mycélium et des carpophores ; permet une évaporation telle que le minimum d'humidité indispensable dans la chambre de culture soit atteint ; protège la couche de compost du dessèchement ; fournit un environnement où le mycélium et les bactéries favorables à la croissance des carpophores puissent se développer.

La capacité de rétention en eau est tout spécialement importante. La tourbe est la matière première naturelle la plus utilisée comme gobetage, en raison de sa forte capacité de rétention en eau. Mais de nombreuses régions du monde n'en disposent pas. Pour ces endroits, d'autres formules ont été testées :

#### FORMULES DE GOBETAGE

---

- fumier de ferme	1 mesure
- sol limoneux	1 mesure
ou :	
- fumier de ferme	1 mesure
- écorce fermentée	1 mesure
ou :	
- tourbe grossière	4 mesures
- poudre de pierre calcaire	1 mesure
- gravier de pierre calcaire	1/2 mesure
- eau	2 mesures (environ)

---

La valeur du pH de la terre de gobetage est importante, car le *Trichoderma* (un contaminant courant) ne peut pas pousser si le pH est supérieur à 7. La terre de gobetage est souvent stérilisée au formol ou

à la chloropicrine. Attention : utiliser ces produits avec précaution. Le formol est dangereux mais se décompose rapidement en substances moins nocives.

On étend la terre de gobetage au-dessus du compost complètement envahi. L'épaisseur de la couche à appliquer dépend de la compacité, de la capacité de rétention en eau et de la température de la chambre de culture. A Taïwan par exemple, à cause des températures élevées, une couche épaisse induirait une activité plus importante au sein du compost et donc un retard de la fructification. Aussi, et puisqu'il n'y a pas de tourbe, la couche est relativement compacte et épaisse de 2,5 à 3 cm. Dans des pays où les températures extérieures sont plus favorables et où la terre de gobetage est de porosité plus forte, on étale des couches de 5 à 6 cm. Deux à six jours après le gobetage, on applique souvent des fongicides, par exemple du Benlate ou du TBZ. On referme la maison de culture pour permettre une croissance mycélienne plus importante (avec un fort taux de CO<sub>2</sub>).

**CONDITIONS OPTIMALES DE FRUCTIFICATION POUR L'AGARICUS BISPORUS ET L'AGARICUS BITORQUIS**

	AGARICUS BITORQUIS	AGARICUS BISPORUS
Température de fructification	20-25 °C	10-20 °C
CO <sub>2</sub>	inférieur à 2000 ppm	à 1000 ppm
humidité relative pour formation de primordia	95-100 %	95-100 %
humidité relative de récolte	85-92 %	85-92 %

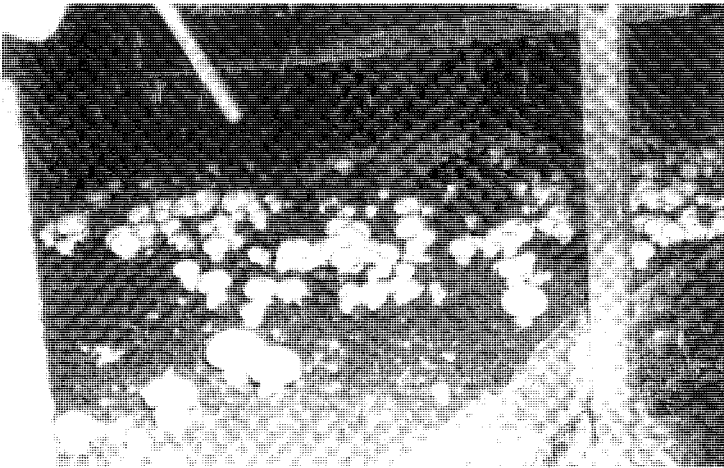
*v. Récolte et cueille*

Quand le mycélium s'est développé sur la moitié de la surface de la terre de gobetage, il faut injecter de l'air frais pour stopper la croissance mycélienne et encourager la formation de *primordia* (initiations fructifères ou têtes d'épingles). Certains cultivateurs attendent que le mycélium se soit développé sur 90 % de la surface pour appliquer de nouveau une fine couche de gobetage. Si cela est possible, la température doit encore être diminuée. On peut dans une certaine mesure contrôler les températures de l'air et du compost, en introduisant de l'air extérieur, la nuit, quand la température est basse. On contrôle l'humidité de l'air en arrosant d'eau les murs et le sol et en ouvrant ou en fermant les portes de la maison

de culture. Celles-ci doivent être munies de moustiquaires pour empêcher les insectes de pénétrer. La terre de gobetage doit rester humide tout le temps. Se souvenir que pour 1 kg de champignons récoltés, 3 l d'eau ont été nécessaires. Cueillir les champignons en les faisant pivoter doucement hors de la terre de gobetage. Il ne doit rester que peu de terre accrochée aux pieds, sinon c'est que le sol est trop sec ou la technique trop rudimentaire.

**PHOTO N° 19**

Champignons à bouton blanc prêts à être récoltés  
(avec l'aimable autorisation de Tari)



■ *Ravageurs et maladies*

Une affection courante est causée par une bactérie du nom de *Pseudomonas tolaasi*. Des températures supérieures à 20 °C et une humidité de l'air dépassant 85 % lui permettent de se développer très rapidement, formant des taches brunes sur les champignons. Le remède consiste à conserver les champignons au sec et en particulier à éviter qu'ils soient encore humides deux à trois heures après l'arrosage. Si cela se produit, il faut introduire davantage d'air extérieur et augmenter la vitesse de brassage dans la salle. Pour contrôler les taches bactériennes, certains cultivateurs pulvérisent de l'eau de Javel à la concentration de 125 ml d'eau chlorée à 10 % pour 100 litres d'eau pour 100 m<sup>2</sup> et ce, dès la

première volée. Si une infection apparaît, la concentration sera de 1000 ml (un litre) d'eau chlorée pour 100 litres d'eau pour 100 m<sup>2</sup>. Si on utilise plus d'eau, il faut ajouter l'eau de Javel aux cent derniers litres.

Une liste des maladies et des ravageurs les plus fréquents ainsi que des méthodes de lutte est fournie en annexe.

## 2. *VOLVARIELLA VOLVACAEA*

Deux méthodes de culture de *Volvariella* sont employées. L'une est semblable à celle d'*Agaricus*, présentée précédemment, et se pratique en salle. L'autre méthode, plus simple, se résume à installer des couches dans les champs.

### COMPARAISON DES MÉTHODES DE CULTURE DE *VOLVARIELLA*

MAISON DE CULTURE	COUCHES A L'EXTÉRIEUR
contrôle relatif du climat	conditions naturelles
rendement élevé et stable	faibles rendements déterminés par le temps
investissement élevé	investissement très faible
contrôle modéré des ravageurs	ravageurs difficiles à contrôler
compostage initial du substrat puis lardage	lardage et compostage simultanés

La première méthode demande un investissement assez important ; de ce fait elle est moins adaptée à des petits producteurs, sauf si une société commerciale accorde des prêts pour l'équipement indispensable et organise le ramassage et la vente des champignons. La seconde méthode, cependant, donne des rendements faibles à cause des ravageurs. La commercialisation est beaucoup plus difficile à cause de l'irrégularité de l'approvisionnement. En conséquence, les fermiers s'en désintéressent.

**RENDEMENTS COMPARÉS SUR PLUSIEURS TYPES DE SUBSTRATS DANS LA CULTURE DE VOLVARIELLA À L'EXTÉRIEUR ET EN SALLE (ADAPTÉ DE CHANG, 1978)**

SUBSTRAT	ÉFFICACITÉ BIOLOGIQUE
A l'extérieur	
paille de paddy	4 à 12 %
feuilles de bananier	10 %
huile de palme, déchets de péricarpe	1,5 à 2,6 %
déchets de péricarpe, fragments de papier	7 à 10 %
En salle	
paille de paddy	14,5 à 28,3 %
déchets de coton	25 à 45 %
déchets de canne à sucre	12,4 %
déchets de coton, paille de riz	22 %

Plusieurs études révèlent que la *Volvariella* utilise principalement la cellulose. La lignine est beaucoup moins dégradée ou pas du tout. Le rapport C/N est déterminé autant par les autres substances du substrat que par les sources principales de carbone et d'azote. Il semble que la présence de la source convenable de carbone (cellulose) soit très importante. Les exigences de la culture à l'extérieur sont indiquées au début du paragraphe traitant des méthodes traditionnelles (voir paragraphe b).

**a. Culture en salles**

*Matériel nécessaire :*

- une maison de culture standard de type Ho avec étagères ou un bâtiment industriel (avec des murs résistant à l'eau et capables de supporter la chaleur) ;
- matières premières pour le compost (voir les formules) ;
- un générateur de vapeur ;
- un ventilateur électrique ;
- des thermomètres ;
- une longue fourche pour retourner le tas de compost ;
- une fourche courte pour faciliter le lardage ;

---

**FORMULES DE SUBSTRAT**


---

Déchets de coton secs de première qualité (fibres courtes, quelquefois mélangées à de la cardé, mouche de gouttière ou absorbants pour huile)

Son de riz	4 %
Carbonate de chaux (régulateur de pH)	4 à 6 %

ou

Déchets de coton

Paille de riz dans une proportion de	2:2 ou 3:1
Carbonate de chaux	3 à 4 %

ou

Nénuphars hachés (ne nécessitent pas de fermentation initiale, peuvent être placés au-dessus de la paille de riz dans les couches)

Paille de riz en proportion égale

---

Saturer complètement les produits dans l'eau. Puis former des piles d'au moins 1,5 m<sup>3</sup> et les laisser fermenter de deux à quatre jours, selon les produits utilisés. Les tas seront retournés une ou deux fois pour éviter que s'installent des conditions anaérobies. Ajouter du son de riz au moment de la dernière retourne. Couvrir les tas d'un plastique pour éviter les pertes d'eau et d'énergie. Vérifier la teneur en eau en effectuant le test d'essorage et ajouter de l'eau si nécessaire. Former des couches de 10 à 20 cm (approximativement 80 kg de substrat humide par m<sup>2</sup>, soit environ 22 kg de matière sèche de substrat par m<sup>2</sup>), puis effectuer le traitement thermique. Larder quand la température est descendue à 35 °C. Les taux de lardage varient de 0,5 à 5 % (poids humide du substrat) selon la vigueur des souches utilisées. La *Volvariella* poussant très vite, 1 % est habituellement plus que suffisant. Les techniques de lardage diffèrent. Certains cultivateurs se servent d'une courte fourche pour mélanger le blanc de façon régulière dans le substrat, tandis que d'autres introduisent des morceaux de blanc de la taille d'une cacahuète à une profondeur de 2 à 2,5 cm à 12 ou 15 cm d'intervalle.



FIGURE N° 45

Graphique température/temps présentant les courbes de pasteurisation, l'humidité de l'air et les différences de température entre l'air et le compost à l'arrosage et à la récolte (adapté de Chang, 1978)

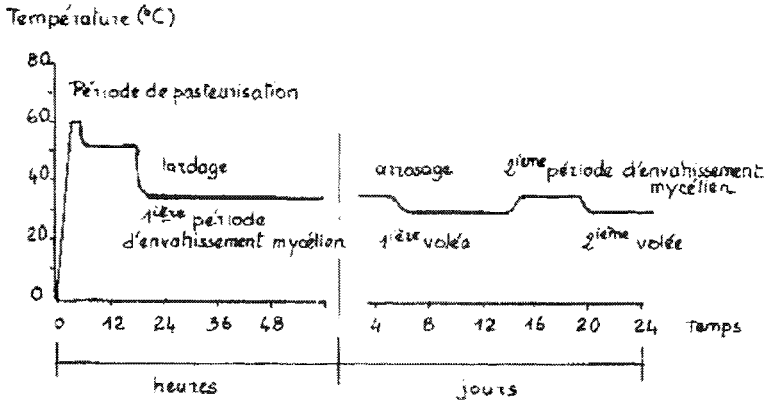


PHOTO N° 20

#### Utilisation du compost usé à Taïwan

A Taïwan, une méthode différente utilise du compost usé, provenant d'une culture d'hiver d'*Agaricus*, pour obtenir une production additionnelle de *Volvariella*. La maison de culture est vidée des couches de compost usé et nettoyée. On mélange des déchets de coton au compost et on laisse fermenter pendant quelques jours. Puis on effectue un traitement thermique. Sept à neuf jours après le lardage, les premiers *primordia* apparaissent. On ne récolte habituellement que deux volées.

(avec l'aimable autorisation de Tari).

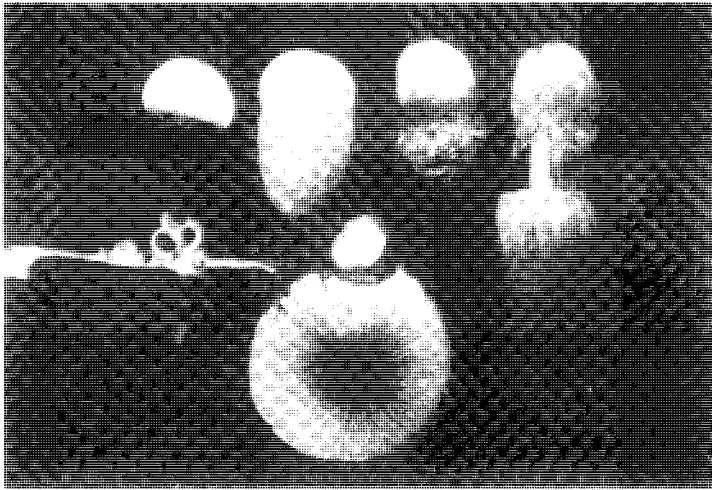


■ *Envahissement mycélien*

Couvrir le substrat d'un plastique pour maintenir une température élevée (35 °C) mais qui ne dépasse pas 40 °C. La *Volvariella* va coloniser le substrat en quelques jours.

**PHOTO N° 21**

Différents stades de croissance de *Volvariella* : depuis le petit bouton jusqu'au champignon. Le développement complet du champignon ne demande que trois à quatre jours.



En même temps vont se développer certains actinomycètes et *Humicola*. Leur croissance n'inhibe pas celle de la *Volvariella*. Retirer le plastique au bout de trois jours et ventiler un peu plus au bout de six jours. Il faut de la lumière pour la fructification. Utiliser de la lumière blanche ou s'assurer qu'un peu de lumière du jour peut atteindre le substrat, trois jours après le lardage. Selon les rapports 15 mn de lumière du jour ou un cycle jour/nuit de 500 lux suffisent. Brumiser pour maintenir une humidité optimale et veiller à ne pas abîmer le délicat mycélium.

Cueillir les champignons très jeunes, quand ils sont encore fermés, même si cela exige deux ou trois cueilles par jour. Des carpophores ouverts ne peuvent être stockés et sont difficiles à vendre parce qu'ils doivent être consommés le jour même.

L'efficacité biologique d'une culture à l'intérieur peut, selon les rapports, atteindre 50 % (poids frais des champignons rapporté au poids de

matière sèche du substrat). Toutefois, une valeur de 25 % est acceptable. Comme les volvaires (ou champignons de paille) poussent très vite, on peut en tirer un revenu relativement élevé par cycle de culture, bien que le rendement soit nettement plus faible que celui d'autres champignons. La méthode de contrôle des ravageurs et des maladies est présentée en annexe.

## **b. Méthodes traditionnelles**

### *Équipement requis :*

- fondations de lits ou boîtes de 60 cm de long sur 45 cm de large et 20 cm de profondeur,
- produits de substrat : paille de riz, ou feuilles de bananier ou jacinthes d'eau, blanc,
- gobetage : plastique sur supports de bambous.

La fondation des lits peut être en terre, bambou ou bois. On délimite une surface de 50 à 60 cm de large et de 2 à 3 m de long. Puis on la surélève en prenant la terre environnante de façon à créer une rigole de 15 cm de profondeur et 30 cm de large. Par la suite, la rigole sera remplie d'eau ce qui facilitera l'arrosage, tout en empêchant certains animaux rampants de s'approcher. Une fondation en bois ou bambou aura les mêmes dimensions mais sera un peu plus haute, à savoir 30 cm au dessus du sol. Les boîtes permettent un meilleur contrôle des ravageurs, mais représentent un coût initial élevé.

### Plusieurs substrats peuvent être utilisés :

- 1) Paille de riz : on ne peut utiliser que de la paille de riz fraîchement récoltée et entreposée au sec. Il faut une paille de riz longue, au moins 50 cm mais de préférence 60 cm (largeur du lit). Lier la paille en bottes de 10 cm de diamètre et les couper à une longueur identique.
- 2) Feuilles de bananier (mortes) : utiliser celles qui demeurent suspendues aux arbres, parce qu'elles ne sont pas encore décomposées. Les couper à la même longueur et les lier en bottes de 10 cm de diamètre.
- 3) Nénuphars (jacinthes d'eau) : arracher les plantes des lacs ou des rivières (qui abîment les fonds à poisson, leur faisant trop d'ombre et les privant d'oxygène). Laver la terre des racines. La plante entière peut être utilisée. La laisser sécher, de préférence sur un sol cimenté, ou suspendue à un arbre. Puis couper à une même longueur (égale à la largeur des lits) et faire des bottes de 10 cm de diamètre.
- 4) Déchets de coton mélangés à de la paille de riz en proportion de 1:1 à 1:2.

## PHOTO N° 22

Préparation de lits de culture en Thaïlande

■ *Mouillage et construction des piles*

Plonger les bottes dans l'eau pendant quatre heures. Les laisser égoutter et recouvrir les fondations d'une couche. Les feuilles de bananier doivent être plus translucides après trempage, la paille de riz plus foncée. Mouiller aussi la surface du sol, sinon il absorberait trop d'eau de la paille.

Il faut que tous les bouts larges des bottes d'une même couche se trouvent du même côté. Répartir régulièrement le blanc sur la surface. Utiliser des éléments de la taille du pouce, distribués tous les 10 cm et commencer à 5 cm du bord. Puis disposer la seconde couche, mais orienter les bases de l'autre côté. Larder encore et recommencer la procédure jusqu'à ce que quatre à six couches de substrat soient empilées. A la saison chaude, ne pas superposer plus de quatre couches (moins de 50 cm de hauteur), sinon la température monterait trop. A la saison froide, il faut jusqu'à six couches pour atteindre la température correcte de 35 °C minimum. Compacter les lits en tassant les bottes. Régulariser la bordure du lit, sinon les premiers champignons se développeront en profondeur et risquent d'y pourrir avant même d'être vus. Cela attire en outre des champignons contaminants et des insectes. Il est donc nécessaire d'arranger les brins libres après lardage.

### ■ *Blanc*

Le blanc ne doit être ni trop jeune ni vieux de plus de deux mois. S'il est encore trop jeune, on peut voir apparaître des spores roses. Sélectionner une bonne souche, qui ne doit présenter aucune moisissure bleue ou verte.

### ■ *Envahissement mycélien*

Un plastique ou une construction en forme de tente empêchent les lits de se dessécher et la pluie d'endommager le mycélium.

- 1) Une bâche en plastique posée sur la pile aide à atteindre la température de 35 à 38 °C et garde aussi l'humidité à l'intérieur ; ainsi il est inutile d'arroser pendant les dix premiers jours. S'il fait plutôt chaud, les lits seront seulement couverts de façon lâche (circulation d'air), ou bien on pratiquera des ouvertures dans la partie supérieure du plastique.
- 2) Le film plastique est posé sur une structure de bambou au-dessus des piles. Le plastique ne doit pas toucher les lits. La construction en forme de tente peut rester en place jusqu'à la récolte.

Remplir d'eau la rigole tout autour des lits pour maintenir une forte humidité et empêcher les insectes d'infester les lits. Plonger chaque jour les doigts dans le compost pour vérifier que la température n'est pas trop élevée. Une température de 40 °C paraît agréable. Au-delà, il faut relâcher le plastique pour laisser échapper plus de chaleur.

### ■ *Fructification*

Huit à dix jours après lardage, de petites fructifications apparaissent. Arrêter l'arrosage, car elles sont fragiles et risquent de s'abîmer. Il faut attendre deux ou trois jours après leur apparition pour les récolter. Seuls les champignons de paille à l'état de boutons se conservent quelques temps. Récolter deux à trois fois par jour pendant les trois jours suivants. Prendre garde de ne pas abîmer les petits *primordia* qui ne sont pas encore prêts à être récoltés. La volée suivante survient après une période de repos de 5 à 6 jours. La période totale de récolte ne s'étend que sur un à deux mois. Soulever le plastique au moins une fois par jour, pour permettre à l'air d'entrer.

Il faut, pour des lits de 3 m de long et de 50 cm de large, 150 à 200 bottes de paille de riz (25 kg sec) et 6 bouteilles de 500 ml de blanc. La production est de 6 kg au moins.

### **c. Ravageurs et maladies**

Le *Coprinus* est un champignon contaminant courant. Il préfère les températures élevées et pousse plus vite que la *Volvariella*. Les spores de *Coprinus* (chapeaux roses) sont abondantes dans les airs. Si la paille n'a pas été proprement stockée, ou si la température des lits monte au-delà de 38 °C, le *Coprinus* peut gâter la récolte. Il risque également de se développer si le substrat a reçu des compléments en urée, ou d'autres produits riches en azote.

Les insectes peuvent se nourrir sur le substrat, en particulier à la fin de la récolte. Il n'est pas recommandé de vaporiser de l'insecticide au moment du couchage. Cela augmente les coûts sans être indispensable. On peut contrôler les fourmis et acariens en pulvérisant du malathion ou de l'azodrine, mais attention de ne pas toucher les fructifications en train de se développer.

Les termites sont une véritable nuisance des cultures en extérieur, car ils apparaissent souvent quand les *primordia* viennent de se former, interdisant alors l'emploi des insecticides. Certains cultivateurs pulvérisent le tour des lits, mais il faut chercher des méthodes plus efficaces.

On peut, par exemple, protéger les pieds des lits surélevés en plaçant sous chacun d'eux, un bol d'eau savonneuse. Une enquête concernant la présence de termites doit être menée avant de commencer la culture en extérieur. En culture intérieure, les ravageurs sont les mêmes que pour l'*Agaricus*, et les mesures de contrôle sont similaires. Se reporter au tableau en annexe pour le contrôle des ravageurs.

### **d. Récoltes mixtes (inter-récolte) de maïs et *Volvariella* : une étude de cas du continent chinois**

On peut utiliser de nombreux champignons en culture associée. Ils ne concurrencent pas les substances des plantes nutritives. Ainsi, on cultive la *Volvariella* en plein champ, en même temps que le maïs d'été. Le maïs fournit de l'ombre et une humidité relative élevée du sol. Le terrain est divisé en parcelles de 1,50 x 1,50 m. On plante le maïs et les champignons sur des espaces adjacents, comme sur un échiquier (cultures alternées en bandes). Les rangées de maïs sont espacées de 50 cm, on peut donc en planter quatre. A l'intérieur d'une rangée les pieds de maïs sont espacés de 25 cm. Dès que le maïs commence à donner de l'ombre sur le lopin adjacent, la *Volvariella* peut être plantée. Il faut, pour la parcelle à champignons, des murets de terre de 25 cm de haut, légèrement

compactés. On peut arroser de chaux pour désinfecter la terre. Arroser d'eau modérément, le sol ne doit pas devenir boueux.

Préparer le substrat de la façon suivante : plonger les déchets de maïs ou la paille de riz dans de l'eau bouillie. Egoutter et effectuer le test d'essorage pour déterminer la teneur en eau. Quelques gouttes seulement doivent s'échapper du substrat. Ajouter 3 % d'eau de chaux ( $\text{CaCO}_3$ ). Répandre le substrat sur le champ et le tasser légèrement. Le blanc doit être appliqué à des couches de 20 à 25 cm. Il faut environ 2,5 kg de blanc pour 50 kg de substrat. Disposer un peu de blanc sur la couche, tous les 7 à 10 cm. Ajouter un peu de compost et tasser de nouveau légèrement. Couvrir d'une feuille de plastique. Enlever la feuille au bout de deux jours et arroser. Une natte de paille peut aussi bien remplacer la feuille de plastique. Elle laisse passer l'air, apporte une protection contre la pluie et module l'humidité et la température. Le mycélium décompose rapidement les déchets agricoles et, en 7 à 9 jours, les premiers *primordia* apparaîtront. Au bout de 12 jours, les champignons sont prêts à être cueillis. Deux ou trois volées peuvent être récoltées. On peut recueillir 4,5 à 6 kg de champignons frais par  $\text{m}^2$ . Les rapports affirment que le rendement du maïs est augmenté de 2 à 5 % grâce aux vitamines et minéraux contenus dans le mycélium et parce qu'il ne pousse aucune mauvaise herbe sur les lits de champignons. Le substrat dans les lits est peu dense, nutritif et assez humide, constituant un bon conditionneur de sol.

#### **e. Evaluation des coûts de la société Cebu Farmers Agriventure, aux Philippines**

A Cebu, la fondation Ayala a soutenu un programme pour lequel on a établi les calculs suivants :

##### 1) *Capacité de production*

##### *Hypothèses :*

- Taille des lits : 1,50 x 0,45 m à quatre couches de produits de litière
- Il faut 2 bouteilles de blanc par lit ;
- Les produits nécessaires à la constitution des lits sont de la paille de riz ou de feuilles de bananiers séchées et liées en bottes, chaque botte fait 45 cm de long et 1 cm de diamètre ;
- Il faut compter 60 bottes par lit ;
- Un lit standard produit 2,5 kg de champignons de paille de riz par cycle de culture de 23 jours ;

- 5 % de pertes ;
- Une entreprise fournit le blanc à 5,5 pesos la bouteille de 500 ml ;
- 20 familles deviendront cultivateurs sous contrat dans les six premiers mois ;
- Chaque famille peut produire 20 à 40 lits par mois ;
- L'entreprise rachète les champignons à la ferme au prix de 30 P/kg ;
- La première volée donne 2 kg, la seconde seulement 0,5 kg, avec une période de repos de 7 à 10 jours entre les deux.

2) *Capacité de production* : 40 lits par mois x 2,5 kg par lit x 95 % = 95 kg par mois pour chaque cultivateur sous contrat.

3) *Capital de travail* (en pesos philippins)

blanc	440 P
feuille de plastique	400 P
pulvérisateur	600 P
barrique d'eau	360 P
pesticides	200 P
Total	2000 P
Totalité du prêt	2000 P

taux d'intérêt	12 % par an, 2 % par mois
durée	1 an
versements mensuels	186,67 P

■ Paiements	intérêts	versements	reste
mai	réception du prêt		2000
juin	20	166,67	1833,33
juillet	20	166,67	1666,66
août	20	166,67	1499,99
septembre	20	166,67	1333,32
octobre	20	166,67	1166,65
novembre	20	166,67	999,98
décembre	20	166,67	833,31
janvier	20	166,67	666,67
février	20	166,67	499,97
mars	20	166,67	333,30
avril	20	166,67	166,63
mai	20	166,63	0



■ Calcul de l'amortissement

investissements :

barriques d'eau	360 P		
pulvérisateur	600 P		
feuilles de plastique	400 P		
Investissement total	1630 P		
durée de vie espérée	3 ans		
dépréciation annuelle	1630/3	=	543,33 P
dépréciation mensuelle	543,33/12	=	37,77 P

4) *Situation financière mensuelle* (en pesos philippins)

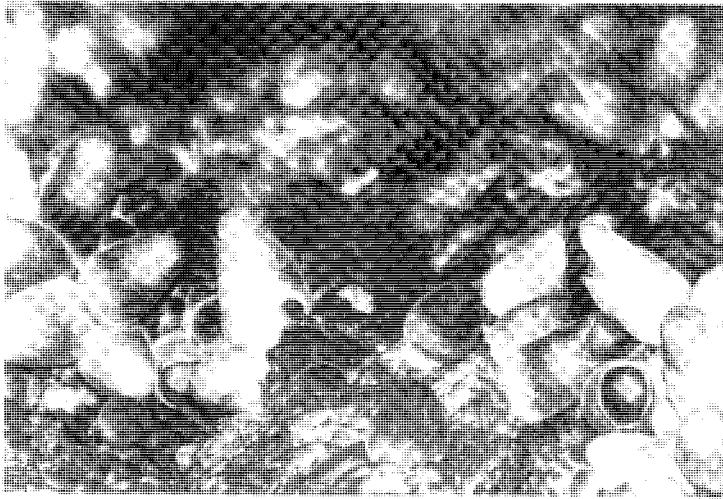
récolte de champignons frais	95	kg
revenu global	2850	
coûts		
blanc	440	
frais généraux / pesticides	200	
dépréciation de l'investissement	37,77	
remboursement mensuel des charges et de l'intérêt	18,66	
Dépenses totales mensuelles	846,44	
Revenu net mensuel	1986	

(Le revenu moyen dans la région de Cebu est de 1500 P)

(Chiffres gracieusement fournis par Ronny Mataga, assistant de projet à la Fondation Ayala, Inc.)

**PHOTO N° 23**

Champignons de paille de riz prêts à être cueillis



**CHAPITRE 13**

# Pasteurisation et immersion en eau chaude

Les pleurotes poussent aussi bien sur substrat frais que sur substrat fermenté. Aux premiers temps de la culture de *Pleurotus*, on stérilisait le substrat. Plus tard, on s'est aperçu qu'un traitement thermique à plus basse température suffisait. On pratique donc la pasteurisation à la vapeur ou l'immersion en eau chaude. La vapeur ou l'eau sont utilisées pour maintenir le substrat à la température adéquate (généralement 60 °C) pendant un certain temps. A cette température, la plupart des concurrents du *Pleurotus* sont détruits, tandis que les micro-organismes favorables survivent.

Ces deux traitements présentent quelques différences. Contrairement à la vapeur, l'eau chaude entraîne avec elle les composants facilement solubles du substrat. Ceux-ci étant aussi les premiers attaqués par les contaminants, leur disparition rend donc le substrat plus sélectif. La pasteurisation à la vapeur requiert l'utilisation d'une sorte de tunnel. Pour une immersion en eau chaude, seuls des conteneurs et un dispositif pour maintenir l'eau chaude sont nécessaires.

## **1. PASTEURISATION**

Deux formules de substrat seront étudiées : l'une à base de paille de blé, l'autre à base d'épi de maïs. Equipement nécessaire à la pasteurisation :

- tunnel et chaudière à vapeur,
- paille de blé,
- sacs de plastique en polyéthylène,
- chambre de culture.

## **a. Substrat de paille de blé**

### ■ *Formules de substrat*

Paille de blé et eau (et quelquefois un complément de 5 à 10 % de luzerne et de farine de foin de luzerne).

### ■ *Préparation du substrat*

La paille de blé est coupée en morceaux de 3 à 6 cm. On peut aussi utiliser de la paille d'orge, mais il faut prendre des précautions parce qu'elle a tendance à absorber trop d'eau. Il faut l'humidifier jusqu'à atteindre un taux d'humidité de 75 %. Cela peut prendre un à deux jours, parce que la paille est recouverte d'une couche de cire et l'eau ruisselle dessus. Remplir le tunnel de substrat et pasteuriser pendant 6 à 10 heures à 60 °C. Certains cultivateurs ajoutent une période dite de conditionnement de un ou deux jours à 48 °C. Les champignons favorables au *Pleurotus* poussent mieux à cette température et rendront le substrat plus adapté à la pleurote à huitre. Pendant la pasteurisation et le conditionnement un peu d'aération est nécessaire.

### ■ *Lardage*

Laisser le substrat refroidir à la température ambiante, puis le retirer du tunnel. Larder avec 30 à 35 litres de blanc par tonne de substrat humide. Veiller à répartir le blanc de façon régulière. Remplir les sacs plastique de 10 à 25 kg de substrat. De nombreux types de sacs peuvent être utilisés.

### ■ *Envahissement mycélien*

Le mycélium colonise le substrat de paille en 2 à 3 semaines à une température de 23 à 28 °C. Noter qu'il s'agit de la température à l'intérieur des sacs, la température de l'air pouvant être considérablement plus basse. La température au centre de grands sacs peut varier de 10 °C par rapport à celle de l'air extérieur. Cela signifie que le substrat commence à fermenter s'il y a plus de 25 kg par sac. De même si des compléments ont été ajoutés, l'activité du substrat peut rester élevée.

■ *Formation de fructifications*

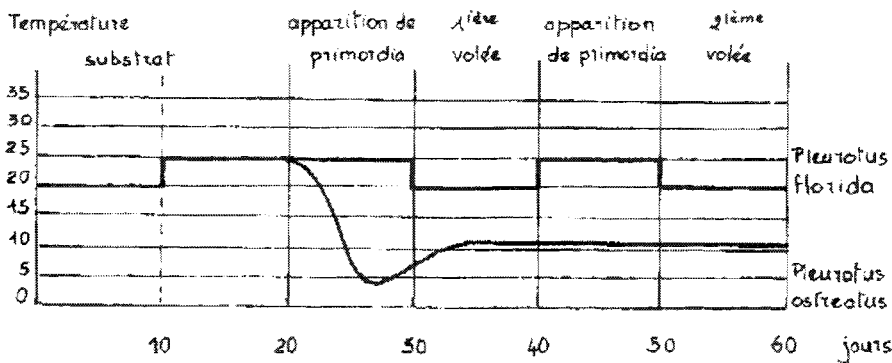
Dès que le mycélium s'est développé sur toute la surface du substrat, on peut enlever le plastique. Depuis peu, pourtant, un certain nombre de cultivateurs conservent le plastique autour du substrat pour l'empêcher de trop se dessécher. Ils y pratiquent des trous à travers lesquels les fructifications des champignons peuvent se développer. D'autres utilisent un plastique perforé de trous d'1 cm de diamètre. La surface totale de ces trous représente 4 % de la surface du plastique. Tous les pleurotes ont besoin de lumière pour un développement correct de leur chapeau. Il existe quelques différences selon la couleur et la quantité de lumière, mais l'aspect même des champignons montre s'ils reçoivent assez d'air frais et de lumière. Par exemple, quand les chapeaux sont très petits par rapport aux pieds, cela est dû à un manque de lumière ou à une trop forte concentration en CO<sub>2</sub>. On considère que la lumière est suffisante s'il est possible de lire un journal dans la chambre de culture. La sensibilité au CO<sub>2</sub> diffère selon les souches et espèces : le *Pleurotus ostreatus* est plus sensible que le *Pleurotus pulmonarius* et le *Pleurotus sajor-caju*.

L'humidité est très importante pour la formation de fructifications. Au début, elle doit être de 95 %. Plus tard, quand les champignons atteignent 1 cm de long, elle doit être ramenée à 85 %. Les substances nutritives sont apportées au champignon par un flux de liquide dont le déplacement est fortement influencé par l'évaporation. S'il ne peut s'évaporer, aucune substance nutritive ne peut parvenir aux champignons.

Quand les chapeaux commencent à devenir presque plats, les champignons doivent être ramassés, généralement 5 à 7 jours après la formation des *primordia*.

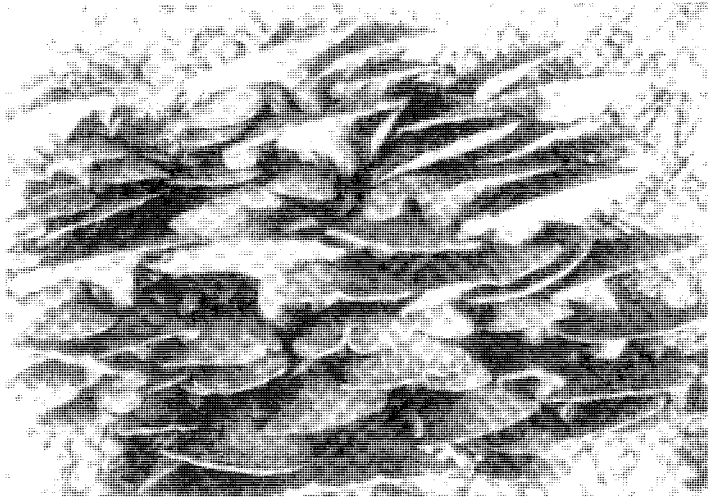
FIGURE N° 46

Graphé mettant en évidence le cycle de croissance caractéristique de deux sortes de pleurotes cultivées pour la vente



**PHOTO N° 24**

Pleurote sur substrat pasteurisé de paille de blé



**b. Substrat pasteurisé de rafles de maïs**

Une méthode élaborée en Hongrie donne de hauts rendements sur rafles de maïs. De nombreuses souches hybrides de *Pleurotus* sont très performantes sur ce substrat.

Produits de substrat :

- Rafles de maïs réduites en morceaux de 1 à 2 cm
- 0,5 % de poudre de plume
- 1 % de  $\text{CaCO}_3$  pour stabiliser le pH du substrat

Humidifier le tas de rafles de maïs pendant un à deux jours puis ajouter les autres ingrédients en mélangeant bien, le taux d'humidité doit être de 70 %. Puis remplir le tunnel de substrat. Pasteuriser le substrat pendant 6 à 8 heures à 60 °C, puis diminuer l'admission de vapeur jusqu'à ce que la température du substrat soit de 48 °C. Conditionner le substrat pendant 36 heures supplémentaires. Une fois refroidi, le substrat peut être ensemencé avec 3 % de blanc. Le substrat est mis dans des sacs plastique bruns, généralement à raison de 12 kg par sac. Le plastique est perforé de trous tous les 10 cm. Les champignons se développeront plus tard à travers ces perforations, mais sous le plastique peu de *primordia*

se formeront puisque la lumière ne peut le traverser. Pendant l'envahissement mycélien, les trous assurent l'aération nécessaire. La première récolte de *Pleurotus pulmonaris* est possible au bout de 17 jours. On peut obtenir des rendements allant jusqu'à 30 % en trois mois après préparation du substrat.

## 2. IMMERSION EN EAU CHAUDE

Cette méthode est plus facile à réaliser, car elle ne nécessite pas de tunnel. Le but du traitement thermique est de détruire les micro-organismes concurrents et d'éliminer les substances nutritives facilement solubles. Seront présentées des études de cas en Chine et au Mexique (développées par le docteur Martinez-Carrera).

### *Produits et équipement requis :*

- produits de substrat (voir formules),
- maison de culture,
- conteneurs d'eau chaude et dispositifs pour la conserver chaude (fuel, énergie solaire, vapeur, etc.),
- treillage métallique pour égoutter le substrat.

### a. Etude de cas : culture de champignon Phoenix, en Chine

On cultive en Chine, sous le nom de champignon Phoenix, une variété de *Pleurotus sajor-caju* blanc. Sa culture est possible quelle que soit la région car il a un mycélium à croissance rapide, une période de récolte courte et une saveur plus appréciée que celle des pleurotes.

Formules de substrat :

- 1) cosses de graines de coton, 1 % de  $\text{CaCO}_3$ ,
- 2) paille de riz, 2 % de  $\text{CaCO}_3$ ,
- 3) 74 % de cosses de graines de coton, 24 % de paille de riz, 2 % de  $\text{CaCO}_3$ ,
- 4) 74 % de cosses de graines de coton, 24 % de feuilles de thé usagées, 2 % de  $\text{CaCO}_3$ ,
- 5) 78 % de sciure de bois, 20 % de son de riz, 1 % de gypse, 1 % de  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ .

La cinquième formule implique la stérilisation. Les autres ne demandent qu'une simple immersion en eau chaude. Maintenir la masse des ingrédients du substrat dans une eau à plus de 75 °C pendant au moins une heure. Retirer les substrats de l'eau et égoutter minutieusement. Ajouter les petites quantités de solution tampon après l'immersion dans l'eau, sinon elles se dissoudront et se perdront dans l'eau.

Il faut larder le substrat dès que sa température est descendue en dessous de 30 °C. Utiliser de relativement grandes quantités de blanc : 7 à 10 % du poids du substrat.

Différents types de sacs peuvent être utilisés pour contenir le substrat. Ne jamais dépasser 20 kg par sac car une fermentation spontanée se déclencherait et ferait monter la température à plus de 30 °C, limite supérieure de la croissance mycélienne de la plupart des espèces de *Pleurotus*.

L'un des types de sacs est constitué d'un plastique cylindrique de 20 cm de diamètre, rempli sur 50 cm de hauteur. Au milieu est placé un tuyau perforé auquel sont reliées les extrémités du sac, et par où l'aération est possible.

#### ■ *Colonisation*

Elle se fait en 20 jours à 25 °C. Le plastique et le canal d'aération peuvent être entièrement retirés si l'on réalise un environnement très humide, par exemple dans une serre. Ou bien, le plastique reste sur le substrat, et l'on y pratique des fentes pour que les champignons puissent pousser.

#### ■ *Fructification*

Maintenir une forte humidité (80-90 %) en vaporisant de l'eau plusieurs fois par jour. Quand les petits champignons émergent, leur forme révèle s'ils reçoivent de l'air et de la lumière en quantité suffisante. Si les tiges sont longues et les chapeaux petits, les besoins en air et lumière ne sont pas satisfaits. Au bout de cinq à sept jours, les champignons peuvent être ramassés. Il faut encore cinq à neuf jours, pour la seconde volée. Au total, trois ou quatre volées pourront être récoltées.

### **b. Culture de pleurotes sur pulpe de café au Mexique**

On peut utiliser la pulpe de café aussi bien fraîche que séchée. Le rendement sur pulpe séchée est simplement un tout petit peu plus faible.



La pulpe de café fraîche doit s'égoutter pendant quatre à huit heures puis fermenter. La disposer en tas pyramidaux de 1 à 1,20 m de hauteur. Couvrir les tas de plastique pour empêcher les pertes d'eau et d'énergie. La teneur en eau des tas doit être de 60 à 80 %. En deux jours, la température à l'intérieur des sacs doit atteindre 50-60 °C. Certains composants facilement accessibles de la pulpe de café se décomposent alors. Au bout du deuxième ou troisième jour, retourner le tas pour éviter que des micro-organismes anaérobies ne s'installent et produisent des substances nocives pendant leur croissance. De plus, au bout de dix jours de fermentation, le substrat est moins adapté à la culture de *Pleurotus* ; il vire au noir et a tendance à se compacter facilement.

Le compost est prêt pour le traitement thermique, lorsque :

- le pH se situe entre 6,5 et 7,
- la couleur du compost a viré au brun et que la structure et la consistance sont bonnes (la pulpe de café est rouge cerise).

La pulpe fraîche n'est disponible que pendant la saison de récolte. On peut la stocker pour usage ultérieur après l'avoir fait sécher au soleil. On procède de la façon suivante : sécher minutieusement la pulpe pendant quatre à six jours à l'air et au soleil. Aucune moisissure ne doit apparaître. Puis la mettre en sacs pour un usage ultérieur. Comme la composition de la pulpe après séchage a légèrement changé, d'une façon semblable à ce qui se produit au cours de la fermentation, le substrat peut être utilisé directement. Seule une réhydratation de deux à trois heures est nécessaire.

Les substrats séchés ou fermentés doivent recevoir le même traitement :

#### ■ *Immersion en eau chaude*

Le substrat placé dans des cylindres de treillis métalliques est immergé dans de l'eau chaude maintenue à 70 °C pendant au moins 15 minutes (une durée de 30 minutes est plus sûre). De légères variations en temps et températures n'affectent pas beaucoup le développement de *Pleurotus*. Mais des valeurs nettement inférieures de ces deux paramètres ne suffiront pas à détruire tous les contaminants, et des valeurs très supérieures induisent une plus forte consommation d'énergie.

**PHOTO N° 25**

Lardage de substrat de pulpe de café à Coatepec, Vera Cruz, Mexique (avec l'aimable autorisation du D<sup>r</sup> Martinez-Carrera)



■ *Lardage*

Egoutter le substrat traité thermiquement, et le laisser refroidir sur une table à l'intérieur de la ferme. Quand sa température est tombée à 29 °C environ, on utilise 250 g de blanc pour 10 kg de substrat humide, approximativement 25 kg/tonne. Les souches de *Pleurotus ostreatus* et *P. sajor-caju* ont été utilisées avec succès. Mettre alors le substrat dans des sacs plastique perforés qui permettent au mycélium de respirer. La dimension usuelle de ces sacs de polyéthylène est de 50 x 70 cm, et l'on peut mettre 9 à 11 kg de substrat par sac.

■ *Envahissement mycélien*

Le mycélium colonise le substrat en deux à trois semaines, selon la souche et la température. On recommande une température de 25 à 30 °C à l'intérieur du sac. Le mycélium commence à former de petites fructifications deux à trois semaines après lardage. On retire alors le plastique et l'on maintient l'humidité très élevée : 90 à 95 %. Dans le cas seulement où l'humidité est relativement basse, on laisse un peu de

plastique sur les sacs de façon à limiter le dessèchement du substrat. Quand les petites fructifications en forme de fines têtes d'épingles atteignent la taille d'un cm, l'humidité est ramenée à 85 %.

Le rendement en production commerciale est de presque 20 % de champignons frais par rapport au poids humide du substrat.

### c. Aspects économiques de la culture de *Pleurotus* sur pulpe de café au Mexique

La ferme à champignons doit être située à proximité d'un « beneficio », lieu de traitement de la pulpe de café humide. Pour une production quotidienne de 50 kg de champignons frais, la surface de la construction doit être de 95 m<sup>2</sup>, divisés en trois sections. Il faut un simple laboratoire de multiplication du blanc à proximité de la ferme. Il faut aussi une aire de compostage extérieure de 120 m<sup>2</sup> à sol de béton. Elle peut aussi être utilisée pour sécher la pulpe de café fraîche.

#### PHOTO N° 26

Le maintien d'une humidité élevée pendant la récolte est importante pour tous les types de champignons. Coatepec, Vera Cruz, Mexico (avec l'aimable autorisation du D<sup>r</sup> Martinez-Carrera)



**DONNÉES ÉCONOMIQUES D'UNE FERME À CHAMPIGNONS SUR PULPE DE CAFÉ AU MEXIQUE (1991, SOMMES EN \$ US)**

INVESTISSEMENT

Investissement total 7000

(Pour l'acquisition de la ferme (0,5 ha), la construction d'un hangar, le laboratoire à blanc, l'équipement du laboratoire, le camion pick-up pour transporter la pulpe de café et les produits jusqu'au marché.)

DÉPENSES D'OPÉRATION	JOUR	MOIS	ANNÉE
4 ouvriers	24	720	8640

(Le salaire normal au Mexique est de 6 \$ US par jour)

Energie (électricité et gaz)	10	300	3600
Divers (commercialisation)	25	750	9000
Total	59	1770	21240

Revenu

Production de 50 kg de champignons	175	5250	63000
------------------------------------	-----	------	-------

Valeur marchande par kilogrammes autour de 3,50

Environ 135 kg de compost usé sont produits quotidiennement, utilisables comme engrais organique.

Le potentiel de marché de cette technologie est significatif :

- la technologie est simple et a été testée sur diverses fermes commerciales ;
- la pulpe de café est disponible gratuitement et en grande quantité dans les zones de production de café ;
- les conditions climatiques dans les zones de production de café sont adaptées à la culture de *Pleurotus* ;
- il existe un marché à l'échelon national pour ce produit ;
- il y a toujours une main-d'oeuvre bon marché disponible dans les régions productrices de café ;

- au Mexique, un soutien financier est possible auprès des banques et du gouvernement, parce que les fermes à champignons participent à l'enrayement des graves problèmes écologiques causés par la pulpe de café.

Cette technologie peut être appliquée dans n'importe quelle région du monde productrice de café où il existe une demande en pleurotes.

(Information généreusement fournie par le D<sup>r</sup> Martinez-Carrera, Mexique)



# Culture sur substrat stérilisé en sacs plastique

De nombreux champignons qui dégradent le bois peuvent être cultivés sur substrat stérilisé en sacs plastique. Parmi eux, les pleurotes et le shii-take sont les plus cultivés, mais on peut cultiver de la même manière plusieurs sortes d'*Auricularia*, *Tremella fuciformis*, *Hericium erinaceus*, *Ganoderma* et *Collybia* ou *Flammulina velutipes*. Les conditions de fructification et les formules de substrat diffèrent légèrement, mais la technique est fondamentalement la même. La méthode du sac plastique possède plusieurs avantages par rapport à la méthode traditionnelle de culture sur rondins de bois :

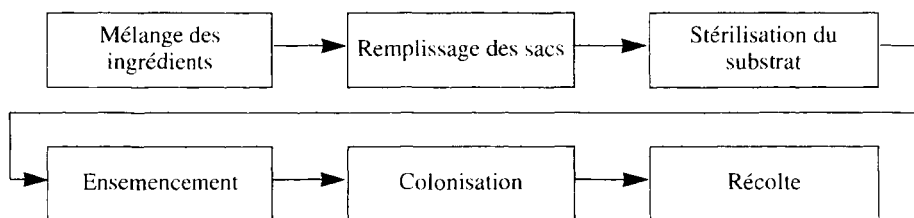
- les rondins (bûches), utilisés pour la cuisine, se font de plus en plus rares ;
- de nombreux arbres fournissent une sciure acceptable (bien que cela puisse exiger un traitement supplémentaire). Les produits de déchets tels que résidus de distillation, épis de maïs, etc., peuvent s'utiliser également ;
- la manipulation de sacs de taille identique est beaucoup plus facile que celle de rondins et peut être mécanisée ;
- il est possible d'enrichir le substrat en substances nutritives adaptées ;
- la croissance mycélienne apparaît beaucoup plus tôt, permettant de récupérer rapidement les investissements initiaux.

Les inconvénients de la méthode sont les suivants :

- les sacs en polypropylène ne sont pas disponibles partout et sont parfois assez onéreux ;
- il faut construire une unité de stérilisation ;
- le remplissage manuel des sacs est laborieux ;
- le remplissage mécanisé oblige à un investissement coûteux.

Cette méthode est intéressante pour les pays en développement, car elle peut être utilisée pour de nombreux champignons. On doit choisir les espèces et les souches de champignons adaptés aux températures désirées. De nombreuses sortes de déchets agricoles peuvent être utilisées. Cette méthode a prouvé son efficacité puisqu'elle est répandue à travers toute l'Asie du Sud-Est. La technologie est relativement facile à comprendre. Les modèles de substrats sont très variés. Des formules sont indiquées pour chaque espèce. Le procédé de culture est le même pour toutes les espèces.

FIGURE N° 47  
Procédé de culture en sac plastique



Les traitements thermiques diffèrent selon les espèces et les traditions locales. On estime que les sacs stérilisés (sous pression et à une température de 121 °C) ont une période de production plus courte, parce que les substances organiques se dégradent davantage à hautes températures. C'est pourquoi on ne stérilise que lorsque l'on souhaite n'obtenir que quelques volées. C'est le cas avec le shii-take en Thaïlande (où l'on ne produit en général qu'une seule volée, car la menace de contamination est très forte et le climat adéquat que pendant une courte période), le *Ganoderma tsugae* (seulement deux volées) et le *Flammulina velutipes* au Japon et à Taïwan (seule la première volée donne des fructifications de bonne qualité). Pour obtenir un plus grand nombre de volées, les fermiers effectuent une semi-stérilisation : ainsi, par exemple, pour la culture du shii-take à Taïwan, de *Pleurotus cystidiosus*, et d'*Auricularia* aux Philippines et à Taïwan. La semi-stérilisation a l'avantage supplémentaire de conserver au plastique sa solidité. Les sacs complètement stérilisés sont plus vulnérables à la contamination pour deux raisons :

- le plastique perd en solidité (la chaleur le rend cassant), il craquera plus tôt, induisant une contamination ;
- un substrat stérilisé contient plus de substances nutritives faciles d'accès, et aucun contrôle biologique ne subsiste (« vide biologique »).



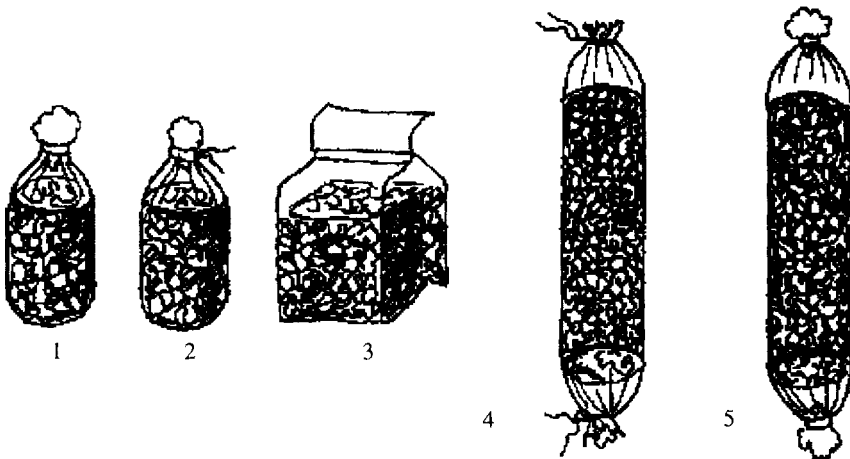
Le matériel aussi varie selon les ressources disponibles. Dans les grosses entreprises on n'utilise pas de cocottes-minute mais de grosses chaudières ou des autoclaves. Les petits producteurs, par contre, pourront utiliser des bidons en métal pour réaliser le traitement thermique de leur substrat.

**MATÉRIEL NÉCESSAIRE :**

- *Matériaux de substrat* : se reporter aux formules de substrat pour chaque espèce (en général, de la sciure complétée de son de riz et d'un peu de chaux pour réguler la valeur du pH).
- *Équipement* :
  - . sacs en plastique thermo-résistant (polypropylène),
  - . matériaux de calfeutrement : laine de coton, ou feuilles d'aluminium doublées de papier journal ou de mousse,
  - . un tuyau de PVC (de 5 cm de diamètre) coupé en morceaux de 2,5 cm,
  - . constructions pour le traitement thermique : autoclave ou construction en forme de four ; tente pour le traitement à la vapeur, chambre de stérilisation où l'on puisse entrer,
  - . casserole, bidon ou chaudière à vapeur industrielle avec chambre de stérilisation (autoclave),
  - . en option : une simple maison de champignons pour contrôler l'humidité, l'ombre et, dans une certaine mesure, la température ; un équipement de remplissage.

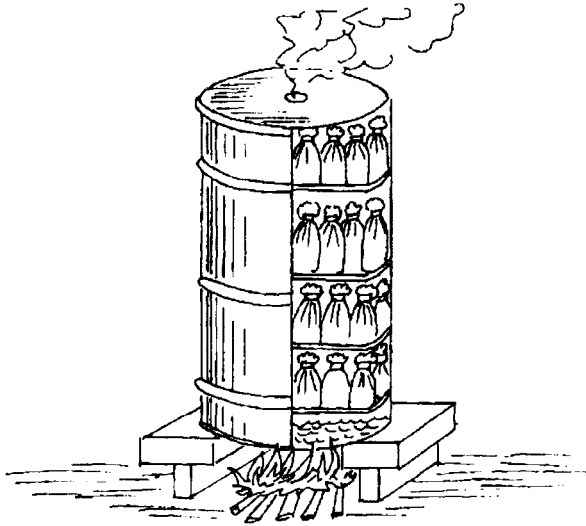
**FIGURE N° 48**

Différentes sortes de sacs : les types 1 et 2 peuvent être utilisés pour tous les champignons mentionnés, le type 3 est utilisé dans la culture du shii-take, les types 4 et 5 pour la culture de Tremella et du shii-take. Si l'on utilise le type 3 avec papier filtre, les supports du blanc seront des baguettes de bois.



## 1. UNITÉS DE STÉRILISATION

FIGURE N° 49  
Unité de stérilisation



On peut utiliser un simple bidon d'essence de la façon suivante : placer une planche de bois à environ 20 cm du fond. Remplir d'eau le bidon jusqu'à hauteur de la planche. Emballer les petits sacs de substrat à l'intérieur d'un grand sac en polypropylène permettant à la vapeur de traverser. Refermer le couvercle sur le bidon et stériliser à la vapeur pendant quatre à six heures en chauffant le bidon soit au bois, soit au gaz. Permettre à la vapeur de s'échapper par quelques petits trous. On peut stériliser de cette façon 75 sacs chaque fois.

Chambre de stérilisation dans laquelle on peut entrer (utilisée en Malaisie). La chambre de stérilisation, de 1,50 x 2,30 x 2,30 m de hauteur, est construite en mortier de ciment et maçonnerie de brique. Les murs intérieurs sont revêtus d'une couche de ciment réfractaire. La chaleur est fournie par deux fourneaux à kérosène pressurisé. Le niveau d'eau dans le conteneur sous la chambre de stérilisation est maintenu automatiquement grâce à un réservoir situé à l'extérieur. Deux tuyaux arrivent jusqu'à la chambre de stérilisation. Les sacs sont disposés dans des caisses de bois à claire-voie et très espacés pour une circulation efficace de la vapeur. On peut stériliser 1300 sacs de 700 g de substrat à la fois. En Malaisie le coût d'une telle installation est de 1000 \$ US.

PHOTO N° 27  
Autoclave



Les autoclaves sont des conteneurs d'acier à double paroi qui sont capables de supporter la pression d'une atmosphère. C'est pourquoi, la température peut être amenée à 121 °C.

## 2. PROCÉDURE GÉNÉRALE

### ■ *Préparation du substrat*

Le substrat doit être exempt de tout éclat ou grosses pièces de bois. Ceux-ci pourraient endommager les sacs, de sorte que les contaminants pourraient facilement entrer après le traitement thermique. La sciure doit être stockée en tas et humidifiée. Ainsi elle se ramollit, ce qui facilite l'absorption de l'eau. On la stocke généralement pendant un à deux jours, mais si la sciure restée ainsi fraîche n'est pas adaptée, il faudra la stocker plusieurs semaines. Si le compostage de la sciure est nécessaire, la durée et la méthode à suivre sont décrites plus loin dans les paragraphes sur les espèces concernées. Dans certains pays, les sciures les plus favorables pour la culture du champignon n'étant pas disponibles, il faut améliorer celles dont on dispose en composant pour supprimer les substances non favorables, comme les résines.

Faire le test d'essorage pour déterminer si le substrat est suffisamment humide. Puis ajouter les compléments et bien mélanger. Si l'un des composants est ajouté en concentration assez faible, il vaut mieux le mélanger d'abord à une plus grande quantité de substrat et l'ajouter seulement après au reste du tas. Sa répartition, sinon, risquerait d'être irrégulière.

**PHOTO N° 28**

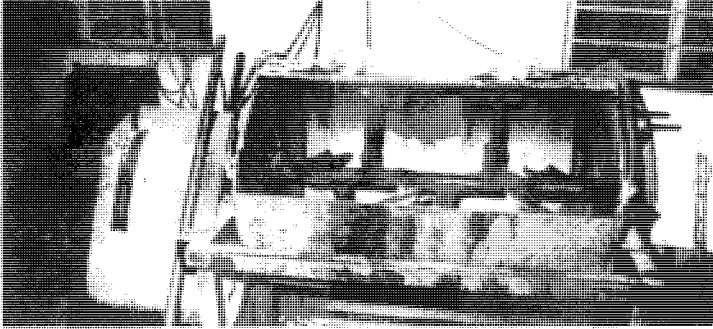
A Taïwan, stockage et déstockage sont mécanisés (avec l'aimable autorisation de Tari).



■ *Mélange*

Le mélange est réalisé par des bétonneuses, des mélangeurs à ruban ou des mélangeurs à vis. Les bétonneuses sont constituées d'un fût rotatif muni de lames fixes à l'intérieur. Les mélangeurs à vis sont constitués d'un conteneur fixe avec deux vis tournant en directions opposées. Les mélangeurs à ruban sont également constitués d'un conteneur fixe avec des lames mélangeuses sur un arbre central rotatif. Des substrats fortement enrichis en additifs peuvent commencer à fermenter quelques heures après le mélange des ingrédients. Il faut donc les stériliser aussi vite que possible.

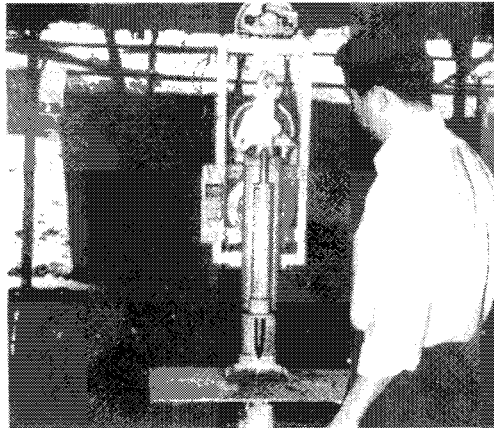
**PHOTO N° 29**  
Mélangeur à ruban à Sanming, Chine



■ *Remplissage des sacs de substrat*

– A la main : compacter le substrat en le tassant dans les sacs.

**PHOTO N° 30**  
Cette simple machine peut réaliser le compactage mais ne remplit pas les sacs. Remarquer la tige qui forme le trou au milieu du substrat pour permettre une croissance mycélienne plus rapide.



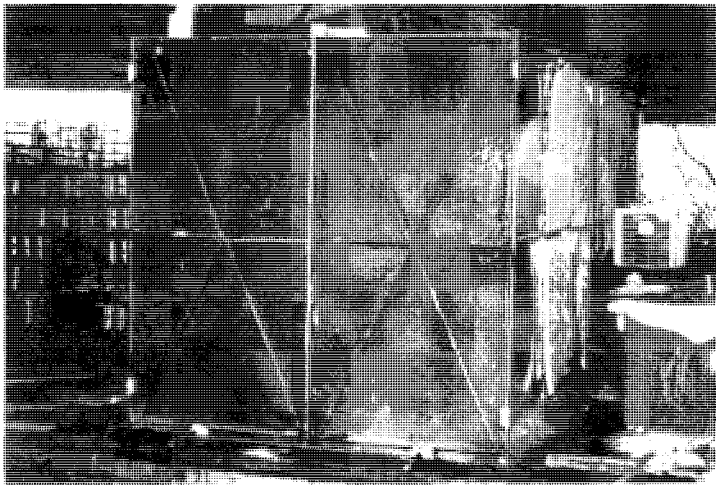
Après le remplissage, les sacs sont fermés par un anneau de plastique et un bouchon de coton enfoncé dans l'ouverture ainsi formée en haut du sac. Un vieux papier journal emballé dans une feuille d'aluminium constitue dans certains cas un bouchon moins cher, mais veiller à ce qu'il ferme bien

le sac. Si les sacs risquent d'être contaminés par des mouches, on peut couvrir le bouchon d'une feuille de papier. Utiliser un élastique pour le maintenir en place.

Au court du traitement thermique, tous les contaminants du substrat seront détruits. Il est indispensable pour cela que la température soit suffisamment élevée dans chaque sac, la disposition des sacs dans l'autoclave devant donc permettre à la vapeur de les atteindre tous correctement.

**PHOTO N° 31**

Chambre de stérilisation à Taïwan (avec l'aimable autorisation de Tari)



Pour empêcher l'eau de condensation de mouiller le bouchon de coton, il faut couvrir les sacs d'une feuille de plastique. En effet, les bouchons humides gênent la circulation de l'air. Les contaminants peuvent aussi facilement pénétrer dans le substrat stérilisé car le traitement thermique rend le plastique moins solide : il craque facilement s'il n'est pas manipulé avec précautions et chaque craquelure favorisera la contamination.

**DIFFÉRENTS TRAITEMENTS THERMIQUES POUR SACS DE 1,2 KG**

- Thaïlande : 2 heures à 121 °C, le lendemain encore 2 heures à 121 °C
- Taïwan : 4 heures à 121 °C, ou 4 heures à 96-98 °C, jusqu'à 10 heures pour des substrats fortement enrichis
- Philippines : 1,5 heures à 121 °C sous pression
- Philippines : 4 à 6 heures en bidon à essence

## PHOTO N° 32

Le *Monilia* (« agent orange ») est une contamination courante lorsque les bouchons se sont trop humidifiés durant la stérilisation.



Le substrat, qui doit être stérile après le traitement thermique, est très facile à recontaminer. Le vide dit biologique sera donc comblé par un mauvais champignon. L'ensemencement est le moment où la contamination a le plus de chances de se produire, puisqu'il est nécessaire d'ouvrir les sacs pour introduire le blanc. Il faut donc garder les sacs ouverts le moins longtemps possible. La contamination peut être limitée si l'on utilise des baguettes de bois ensemencées. L'atmosphère de la pièce est aussi très importante. Une chambre d'inoculation avec des tubes ultraviolets allumés pendant la nuit et avec de l'air filtré est préférable.

*On peut prendre les mesures suivantes pour éviter la contamination pendant l'inoculation :*

- Placer les sacs chauds dans une salle équipée de tubes U-V. Les laisser refroidir sans ventiler. Inoculer le jour suivant après avoir éteint les tubes.
- Maintenir les récipients de blanc et les autres conteneurs en position horizontale pour éviter que les spores ne tombent dedans.
- Approcher une flamme du goulot des bouteilles de blanc et des sacs plastique de façon à maintenir des conditions plus ou moins stériles.
- Utiliser une simple chambre d'inoculation (se reporter au chapitre « Production de blanc »).
- Ensemencer la nuit quand la contamination de l'air est moindre.
- Porter des vêtements propres.
- Faire une fumigation avec des produits chimiques tels que le chlorox, le formol, l'alcool. Attention au contact de ces produits.

La période d'invasion mycélienne peut commencer, elle a une durée différente selon les espèces et dépend de la taille du sac, de la quantité de blanc, de la souche utilisée et de la température.

**PHOTO N° 33**

Ensemencement au Centre de recherche agricole de Taïwan  
(avec l'aimable autorisation de Tari).



**a. Détermination des causes de contamination**

L'observation de la répartition des champignons contaminants révèle la façon dont ils ont pénétré dans le substrat. On peut alors mettre en place les mesures adéquates.

Si les contaminants sont répartis uniformément dans le sac ou dans une grande partie du substrat, il s'agit probablement d'un traitement thermique insuffisant. Des colonies de moisissures autour de chaque particule de grain ensemencé témoignent aussi d'une stérilisation insuffisante.

Si les compétiteurs se répartissent autour des points d'inoculation, on peut supposer que la contamination s'est produite pendant l'ensemencement. Vérifier les mesures indiquées plus haut.

S'il y a quelques colonies (mais peut-être importantes) de compétiteurs, il se peut que les sacs présentent des trous ou des craquelures. Examiner attentivement le plastique à proximité du centre de la colonie.

L'origine d'une infestation bactérienne est plus difficile à déceler. Le blanc peut avoir été contaminé, ou bien le substrat contenait une forte popu-



lation de bactéries anaérobies dont quelques-unes ont survécu au traitement thermique. Les bactéries anaérobies répandent une odeur nauséabonde. Une semaine après le lardage, un brusque changement de pH et de taux de CO<sub>2</sub> peut indiquer une contamination bactérienne.

### 3. *LENTINUS EDODES* EN SACS PLASTIQUE

La culture du shii-take en sacs plastique stérilisés devient très populaire. Le cycle de culture des champignons est ainsi beaucoup plus court et le rendement est meilleur. Leur qualité, par contre, est quelquefois moindre que dans les cultures sur rondins. Si le remplissage des sacs et leur stérilisation requièrent un travail intensif et de l'énergie, l'avantage de cette méthode est de permettre l'utilisation de nombreux déchets organiques. Elle est pratiquée à Taïwan, en Chine continentale, à Singapour, en Nouvelle-Zélande, aux Etats-Unis, en Finlande, aux Pays-Bas, en Allemagne, aux Philippines, à Ceylan et en Thaïlande. De nombreux autres pays devraient l'adopter au cours des prochaines années.

Dans certains pays, le blanc sur sciure est facilement disponible et la préparation du substrat final est assez semblable à celle du blanc. En Europe, on ne trouve pas de blanc sur sciure car pour les fabricants de blanc, le grain est le substrat habituel. Certains cultivateurs préfèrent le blanc sous forme de bâtonnets de bois pour faciliter l'inoculation. Si l'on utilise des sacs avec filtre, l'inoculation se fera avec des bâtonnets de bois.

La durée de l'incubation varie d'un pays à l'autre. Si le substrat a été tassé et que l'on n'utilise que peu de blanc, la période d'incubation sera de trois à quatre mois. Pour un substrat ensaché sans compaction, et ensemençé avec 2 à 5 % de grain, le blanc étant bien mélangé au substrat lui-même, l'incubation ne durera qu'un à deux mois. Les habitudes locales sont présentées dans les études de cas. Mais tout d'abord, voici les aspects généraux :

#### ■ *Préparation du substrat*

Les formules de substrat les plus couramment utilisées sont les suivantes :

- sciure additionnée de 3 à 4 % de son de riz ;
- 1 % de farine de maïs ou de son de blé ;
- 1 % de CaCO<sub>3</sub> ;
- ou sciure additionnée de 10 à 25 % de déchets de maïs et de 1 à 2 % de CaCO<sub>3</sub>.

On peut utiliser la sciure fraîche des arbres classés comme excellents ou très bons (se reporter à la liste du chapitre « Culture sur rondins de bois »). Il est plus simple d'utiliser la sciure des arbres propres à la culture sur rondins,

car aucune fermentation n'est nécessaire. Cependant, il est toujours possible d'employer la sciure d'autres arbres, mais dans ce cas il faudra la faire fermenter, parfois quelques mois (cf. l'étude de cas sur Taïwan).

Le rapport C/N doit être de 25 à l'inoculation ; plus tard, il atteindra 30 car le mycélium utilise plus d'azote que de carbone. Une très forte teneur en carbone peut se traduire par un envahissement plus rapide, mais le mycélium est moins dense et les champignons seront de moins bonne qualité.

Quand la sciure est suffisamment mouillée, on la mélange aux suppléments et à la chaux. Pour obtenir une répartition régulière, mélanger d'abord la chaux avec le son de riz.

Certains travaux indiquent qu'une forte capacité de rétention en eau du substrat, associée à une bonne aération, donne de meilleurs résultats. Quand on mélange des feuilles de thé aux substrats mentionnés plus haut, les rendements sont toujours plus élevés.

#### ▪ *Remplissage et stérilisation*

Plusieurs types de sacs sont utilisés. Certains plastiques produisent des substances qui inhibent la croissance mycélienne une fois chauffés. Remplir les sacs de substrat selon l'une des techniques mentionnées plus haut.

#### ▪ *Traitement thermique*

À Taïwan, la stérilisation à la vapeur à une température de 96-98 °C donne de meilleurs résultats qu'une stérilisation sous pression, mais les deux méthodes sont possibles. Si l'on n'escompte qu'une ou deux volées (à cause du climat), il vaut mieux stériliser le substrat.

La stérilisation à la vapeur à pression plus basse est recommandée si l'on souhaite davantage de volées. Veiller à ce que les bouchons de coton restent secs, sinon un compétiteur fréquent, du nom de *Neurospora (Monilia)*, produira des fructifications orange au-dessus des sacs. Un espace suffisant entre les caisses et les sacs doit permettre une circulation correcte de la vapeur. Un trou pour l'évacuation de l'air est indispensable.

#### ▪ *Lardage ou ensemencement*

Laisser refroidir les sacs et les ensemercer le jour suivant. Pour ensemercer un sac, 10 g de blanc sur sciure suffisent, soit une bouteille de 500 ml pour 50 sacs environ. On introduit une proportion de 2 à 5 % de grain ensemençé. Vérifier attentivement la souche pour une culture sur sciure car des fabricants de blanc vendent parfois des souches nouvelles qui ont de bons rendements sur rondins, mais très mauvais sur sciure. Certaines souches se développent mieux sur un substrat de rafles de maïs, d'autres sur un substrat de sciure.

Prendre les précautions habituelles pendant l'ensemencement. Il ne faut pas que plus de 5 % des sacs soient contaminés. Essayer de déterminer quand se produit la contamination et adopter les règles de la fabrication du blanc lors de l'apparition de grosses contaminations.

■ *Envahissement mycélien ou colonisation*

Il faut de un à quatre mois pour coloniser le substrat et obtenir la maturité du mycélium, selon le type et la quantité de blanc (se reporter aux études de cas). Un peu de lumière est nécessaire, au moins à la fin de l'incubation, pour permettre la fructification. Certains cultivateurs ont des chambres de culture complètement noires, d'autres les éclairent avec un cycle jour/nuit. Il est possible de garder la lumière allumée à toutes les étapes de la culture. Toutes les souches ont une croissance mycélienne optimum à 25 °C et les étapes de leur croissance mycélienne sont identiques. On peut grossièrement les diviser en cinq phases. La première est la colonisation normale comme il en existe chez tous les champignons. Mais quand le mycélium a blanchi, il n'est pas encore prêt à fructifier. Il faut qu'il mûrisse d'abord.

On peut alors différencier les étapes suivantes :

1. *Croissance mycélienne* : le blanc génère des hyphes. Celles-ci produisent des enzymes qui dégradent les substances complexes comme la cellulose, la lignine et les hémicelluloses, en éléments plus petits. Les fragments seront utilisés en fin de croissance mycélienne. Dès que la totalité du substrat est colonisée, la phase suivante commence.

2. *Formation d'une croûte mycélienne* : une croûte mycélienne épaisse se développe à la surface du substrat. Elle apparaît 2 à 4 semaines après inoculation. Si le taux de CO<sub>2</sub> est élevé, cette couche sera plus épaisse.

3. *Formation de protubérances mycéliennes* : les protubérances sont des blocs de mycélium, habituellement formés à la surface par la plupart des souches. Ces bosses peuvent former des *primordia* à un stade ultérieur, mais la plupart avortent. La formation des protubérances est provoquée par des températures variables et un taux élevé de CO<sub>2</sub>. Si ces protubérances sont trop nombreuses, il faut abaisser le taux de CO<sub>2</sub> en pratiquant des fentes dans les sacs. Ces bosses sont facilement contaminées par des moisissures vertes en fin de culture.

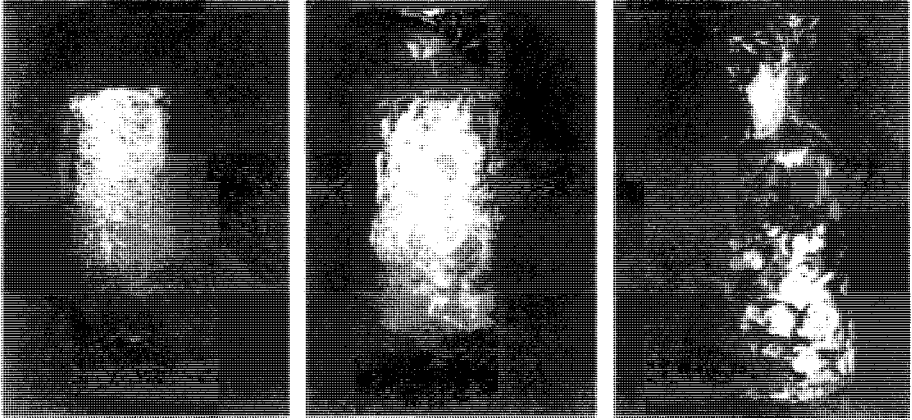
4. *Phase de pigmentation* : il faut ménager un peu d'aération, une fois que les bosses se sont formées. Mais si l'on retire complètement les bouchons, le substrat risque de sécher.

5. *Phase de durcissement de la croûte* : retirer le plastique lorsque les sacs ont partiellement viré au marron (un tiers à un demi). La croûte va durcir graduellement : l'extérieur du substrat doit être dur, l'intérieur doit rester plus tendre et humide. La teneur en humidité dans le coeur du substrat peut atteindre 80 %. Si l'extérieur est relativement humide, les contaminants atteindront facilement le substrat. La peau marron et dure joue le rôle de l'écorce dans la culture sur rondins : elle protège des

contaminants, et conserve l'humidité à l'intérieur du substrat. Il est important de réguler les conditions climatiques de façon à obtenir une croûte mycélienne d'une bonne épaisseur.

**PHOTO N° 34**

Stades successifs de la croissance mycélienne du shii-take :  
développement mycélien, formation de protubérances,  
durcissement de la croûte et pigmentation.



■ *Fructification*

Les facteurs favorables à la fructification dans la culture du shii-take sur rondins sont aussi utilisés pour le démarrage des volées dans la culture en sacs plastique. Ce sont des fluctuations de température, une forte humidité, un trempage, la suppression du CO<sub>2</sub>, un choc physique.

**CYCLE DE CULTURE TYPE**

(adapté de W. Chalmers, Mushroom Journal for the Tropics, 1989, Vol. 9)

STADE / ACTIVITÉ	JOURS	TEMP. (°C)	INTENSITÉ LUMINEUSE (LUX)	HUMIDITÉ
incubation	30 à 120	20 à 30	non	65 à 70 %
induction	2 à 4	10 à 20	500 à 1000	85 à 95 %
fructification	7 à 14	12 à 18	500 à 1000	60 à 80 %
repos	7 à 21	20 à 30	non	65 à 70 %
induction	2 à 4	10 à 20	500 à 1000	85 à 95 %

Les variations de températures de fructification dépendent de la souche.

Un repos au sec après la récolte empêchera les contaminants d'attaquer le substrat à l'endroit des cicatrices laissées par la cueille des champignons. Les rondins artificiels pourront recevoir un bain de façon à restaurer une forte teneur en eau dans le substrat.

**PHOTO N° 35**

Champignons shii-take prêts à être cueillis. Le substrat est partiellement coloré en marron.



Les rondins artificiels n'ont pas besoin d'arrosage pendant l'incubation. Conserver une humidité faible (60 à 70 %) pour empêcher la contamination. Si l'on retire le plastique trop tôt ou trop tard, les rendements en seront affectés. Des chapeaux déformés pendant la première volée sont le signe d'un envahissement trop court ou d'un taux de CO<sub>2</sub> élevé pendant l'incubation. Les souches présentent des différences dans leurs taux de croissance mycélienne. Pour certaines, la maturité s'obtient en 60 jours, tandis que d'autres produiraient un grand nombre de champignons déformés à la fin de la même période de maturation.

Dans le cas de températures relativement basses, et si l'on a utilisé une souche adaptée, on pourra récolter des champignons donko de haute qualité. Si l'humidité est également assez basse (60 à 70 %), des craquelures pourront alors apparaître sur le chapeau des champignons « fleurs d'hiver » (*hua dong gu*), qui sont les plus chers.

■ *Récolte*

Cueillir les champignons en les tenant par les pieds et en les cassant pour les libérer du substrat. Ne pas les tirer à partir de la surface, car on arracherait trop de substrat. Récolter les champignons à un stade précoce. Ne pas arroser les déchirures apparentes occasionnées dans le substrat avant trois ou quatre jours. Du mycélium blanc poussant dans la coupure est le signe de redémarrage. Récolter les champignons à temps : les champignons complètement ouverts ont peu de valeur. Les rendements normaux s'élèvent de 15 à 30 % du poids humide du substrat.

PHOTO N° 36

Calibrage du shii-take frais et coupe des pieds avant séchage  
(avec l'aimable autorisation de Tari)



Si un grand nombre de fructifications sont déformées, cela peut provenir d'un enlèvement trop rapide du plastique, de l'utilisation d'une souche inadaptée au substrat ou d'un manque de substances nutritives dans le substrat.

■ *Ravageurs et maladies*

Le *Trichoderma* est le compétiteur le plus fréquent au moment du lardage. Mais il apparaîtra aussi s'il y a des craquelures dans les sacs. Il est possible de contrôler le *Trichoderma* en utilisant du « penmush » (benlate), mais plus que toute autre chose, les mesures d'hygiène sont importantes. Le *Neurospora* est un champignon à spores orange qui peuvent pénétrer dans

les sacs si les bouchons de coton ont été trop mouillés pendant le traitement thermique. Il faudra maintenir un substrat sec pendant les volées car les conditions humides facilitent la contamination, et la contamination attire les mouches.

### a. Culture en sacs à Gutien, Chine

Fujian est renommée pour ses cultures de champignons, et Gutien est le centre de production de cette province. Cette production n'est pas la même qu'ailleurs puisqu'on utilise de longs sacs, recréant des rondins artificiels. On s'est aperçu que de nombreux déchets agricoles peuvent donner des rendements moyens.

#### FORMULES DE SUBSTRAT DE CHINE, PROVINCE DE FUJIAN, COMTÉ DE GUTIEN

##### – Formule 1

sciure	50	kg
son de blé	1,5	kg
farine de maïs ou poudre de manioc	1,0	kg
sucres de canne	0,6	kg
gypse	1,5	kg
sulfate d'ammonium	20	g
superphosphate de calcium	30	g

##### – Formule 2

balles de graines de coton	50	kg
son de blé	20	kg
gypse	1,5	kg
chaux ( $\text{CaCO}_3$ )	30	g

##### – Formule 3

balles de graines de coton	25	kg
sciure	25	kg
son de blé	10	kg
farine de maïs	1	kg
gypse	1,5	kg
sucres de canne	0,5	kg

##### – Formule 4

bagasse	50	kg
son de riz	12,5	kg
gypse	1,5	kg
sulfate de potassium	15	kg
urée	15	g
sulfate de magnésium	10	g

## – Formule 5

rafles de maïs	40 kg
sciure	10 kg
son de blé	12,5 kg
sucres de canne	1 kg
pectine	15 g
urée	20 g

## – Formule 6

paille de riz	50 %
paille de blé	20 %
sciure	20 %
sucres de canne	1,3 %
CaCO <sub>3</sub>	1,5 %
acide citrique	0,2 %
CaSO <sub>4</sub>	0,5 %

Il faut ajouter à ces formules 65 à 72 litres d'eau. Le pH doit être stabilisé par du gypse et de la chaux de 5, 5 à 6. Le taux d'humidité doit être de 60 à 65 %.

Les ingrédients doivent d'abord être mélangés en petites quantités avant d'être ajoutés au reste du substrat. Les ingrédients solubles (acide citrique, sucres et phosphates) sont généralement dissous dans l'eau avant addition. La sciure doit tremper pendant au moins deux jours pour se ramollir et absorber plus d'eau. La paille de riz doit tremper trois heures dans de l'eau propre. Effectuer le test d'essorage pour déterminer si la teneur en eau est suffisante.

## ■ Remplissage des sacs

Remplir les sacs immédiatement après le mélange et l'humidification du substrat, sinon la fermentation et la contamination rendraient le substrat moins adapté à la culture. Deux types de sacs sont utilisés : des sacs résistant aux hautes pressions de 150 x 500 mm et d'une épaisseur de 0,009 mm. Des sacs résistant aux basses pressions, d'une épaisseur de 0,04 mm. Habituellement, on utilise une machine à ensacher horizontalement (fabriquée à Shanghai). Les sacs sont maintenus ensemble à l'aide d'une corde. Leurs extrémités sont scellées à la flamme. Le remplissage se fait d'abord sans tasser, mais plus tard, on applique une pression de 20 kg. On obtiendra ainsi des sacs cylindriques. Certains cultivateurs percent des trous, pour une inoculation ultérieure, avant la semi-stérilisation ; d'autres le font après le traitement thermique. On perce deux trous de 15 mm de diamètre et de 20 mm de profondeur, à l'aide d'un foret. Les trous sont obturés avec des carrés de bande médicale adhésive de 33 mm de côté. Le temps qui sépare le mélange des compléments et la stérilisation ne doit pas excéder six heures



de façon à éviter la fermentation du substrat. Des métabolites toxiques se formeraient pendant la fermentation.

▪ *Stérilisation*

Une chaudière de fabrication artisanale fournira la vapeur nécessaire au traitement thermique. Les sacs sont placés dans une construction en forme de four, et maintenus ainsi à une température juste inférieure à 100 °C pendant douze heures. On les laisse refroidir durant deux heures et sécher grâce à la ventilation (naturelle). Une autre solution consiste à chauffer les sacs dans un four sec sous air chaud à 140 °C.

▪ *Lardage ou ensemencement*

Si aucun trou n'est fait avant la stérilisation, on nettoie les sacs à l'alcool à 70 %, et l'on perce des trous à l'aide de pinces comme précédemment décrit. On replace la bande ou on l'applique directement après l'introduction du blanc. On comprime le substrat au point d'inoculation. La quantité de blanc par trou est d'environ 1 cm<sup>3</sup>, ou un peu moins. On peut inoculer 25 à 30 sacs à partir d'une bouteille de 750 ml de blanc.

Une des souches utilisées à Gutien, CR-02, est disponible à la collection de cultures. Quand on utilise cette souche, on peut retirer le plastique au bout de 50 jours seulement.

▪ *Envahissement mycélien ou colonisation*

Les agriculteurs de Gutien conservent les sacs à l'intérieur pour le premier stade de croissance mycélienne. Il y est possible d'ajuster la température, et le shii-take préfère des températures régulières pendant la colonisation. Après l'ensemencement, les sacs sont stockés selon le modèle en croix, ou bien les uns contre les autres avec des sacs posés perpendiculairement sur le dessus. On installe trois ou quatre sacs par couche, dix couches par tas. La température est assez élevée : 25 à 29 °C. Le développement d'un peu de mycélium dans le substrat apparaît au bout de quatre à cinq jours. Alors la température est réduite à 25-27 °C et les fenêtres sont ouvertes pour aérer. Les chambres chauffées au charbon souffrent particulièrement d'une forte concentration de CO<sub>2</sub>. Dès que le mycélium s'est développé de 10 cm à partir du point d'inoculation, il faut desserrer la bande adhésive qui ferme l'un des coins du sac pour favoriser l'aération. A cette étape, la température de la chambre doit être ramenée à 23-25 °C et l'humidité relative à 80 %.

En général, deux arrosages suffisent pour maintenir une humidité correcte. Arroser abondamment le sol tout en ventilant, afin que la température descende. Si la température monte au-delà de 30 °C, il faut arroser plus fréquemment et ouvrir les fenêtres.

▪ *Colonisation en extérieur*

Lorsque le mycélium a formé des protubérances et a viré au brun en certains points, on peut disposer les sacs à l'extérieur. Il faut alors entièrement retirer le plastique. Lors de la colonisation en intérieur, la température était quasiment constante, maintenant le substrat est sujet à des fluctuations thermiques.

Il est important de retirer le plastique au bon moment. Si l'on retire le plastique avant que le mycélium ne soit parvenu à maturité physiologique et que la croûte dense ne se soit formée, la production sera faible et de nombreuses fructifications seront déformées ; le risque de contamination sera aussi très important.

Le bon moment pour retirer le plastique dépend des souches. Les souches à maturation précoce présentent un mycélium marron en 50 ou 60 jours, les souches à maturation moyenne ou tardive auront besoin de 80 à 100 jours. On inocule généralement les sacs en août ou septembre et l'on peut retirer le plastique en octobre ou novembre. Cependant, il ne suffit pas de compter le nombre de jours après l'inoculation ; il faut aussi avoir certaines connaissances physiologiques.

Les sacs sont disposés dans des serres faites de bambous courbés en arc de cercle, et recouverts de plastique. Les serres font 1,20 à 1,30 m de large, on accède donc facilement aux rondins artificiels placés au milieu. Ceux-ci reposent sur des bâtons en bambou, à environ 25 cm du sol et selon un angle de 60 à 70°. Dans une rangée, les blocs de substrat sont espacés de 2 à 3 cm. On peut placer 12 à 15 sacs au m<sup>2</sup>.

▪ *Récolte*

On peut récolter 5 à 6 kg de shii-take séché à partir de 100 kg de sciure ou de balles de graines de coton (soit 45 à 55 kg de champignons frais à partir de 120 kg de substrat humide). On peut comparer avec les champignons obtenus à Shanghai par la méthode de brique en salle. Des rapports indiquent que les rendements de Shanghai sont inférieurs de 20 %. De plus, la forme, la saveur et la couleur des champignons de Gutien sont meilleures.

## **b. Culture de shii-take en Thaïlande**

En Thaïlande, les conditions sont peu favorables à ce champignon. Seules les collines du Nord ont un climat hivernal approprié à la culture du shii-take. De plus on ne peut escompter qu'une ou deux volées car le taux d'infection est très fort.

Les sciures de bois d'usage courant en culture de shii-take (chêne...) ne sont pas disponibles. Des recherches ont donc été conduites afin d'adapter la

sciure d'autres espèces d'arbres. Les expériences avec des arbres tels que *Dipterocarpus alatus*, *Dipterocarpus obtusifolius* et *Pentacme suavis*, tous communs en Thaïlande du Nord, ont montré qu'il fallait entreposer la sciure pendant dix semaines et retourner les tas toutes les semaines. Mais les rendements étaient plus faibles qu'avec la sciure d'*Hevea brasiliensis*, l'arbre à caoutchouc.

#### FORMULE DE SUBSTRAT

sciure fermentée son de riz	5 %
amidon de maïs	0,4 %
sulfate de magnésium	0,1 %
gypse	1 %

Le pH est de 5 à 5,5, le taux d'humidité de 50 %. La taille des particules varie de 50 à 80.

#### ■ *Traitement thermique*

On stérilise les sacs en autoclave, on les laisse refroidir et on les stérilise à nouveau le lendemain. Ce double traitement en autoclave garantit la destruction de tous les micro-organismes du substrat.

#### ■ *Ensemencement et colonisation*

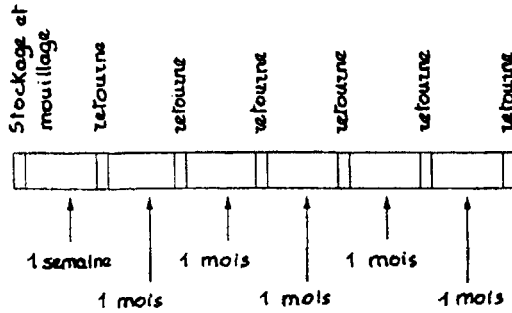
Les essais ont été menés avec du blanc sur grain (sorgho). Il faut deux à trois mois pour la colonisation. Les critères de détermination de la maturation sont identiques à ceux qui ont été précédemment cités : zones denses de mycélium, texture semblable au cuir, et brunissement de la croûte. L'efficacité biologique indiquée est de 30 %.

### c. Culture de shii-take en sacs stérilisés à Taïwan

Comme la Thaïlande, Taïwan manque d'arbres convenant à la culture du shii-take. Des années d'expérimentation ont débouché sur une technique utilisant les sous-produits disponibles. Il s'agit de sciure issue d'arbres qui ne conviennent pas à la culture sur rondins. Le substrat est généralement constitué d'un mélange de sciures de bois tendres qui doivent subir une fermentation. Les sciures de bois dur coûtent plus cher, mais la durée de fermentation est sensiblement plus courte.

FIGURE N° 50

Stockage et mouillage : la température s'élève à 60 - 80 °C, retourne des tas au bout d'une semaine, puis toutes les quatre semaines pendant six mois.



La sciure doit être stockée en tas de 2 à 4 m de haut et humidifiée pour faciliter l'absorption d'eau. Quand la température a monté dans le tas, il faut le retourner. Les alcaloïdes défavorables de la sciure vont disparaître. Les résines qui risqueraient de bloquer la croissance mycélienne seront lessivées par l'eau. La fermentation aura les effets suivants sur le substrat :

- une élévation de température au début de la fermentation,
- une diminution de l'activité microbienne,
- une augmentation du pH,
- un adoucissement de l'odeur (disparition de l'ammoniaque).

Les sciures longuement fermentées contiennent moins d'éléments nutritifs, et on doit les compléter d'une plus grande quantité de son de riz (5 %) et de son de blé ou de farine de maïs (2 à 3 %). Ce milieu riche est stérilisé à la vapeur pendant dix heures pour casser ou évaporer tous les acides gras (organiques). Dans le cas où l'on peut se procurer de la sciure de bois dur, les additifs habituels sont les suivants :

- sciure avec 2 à 3 % de son de riz,
- 1 % de farine de maïs ou son de blé,
- 1 % de CaCO<sub>3</sub>.

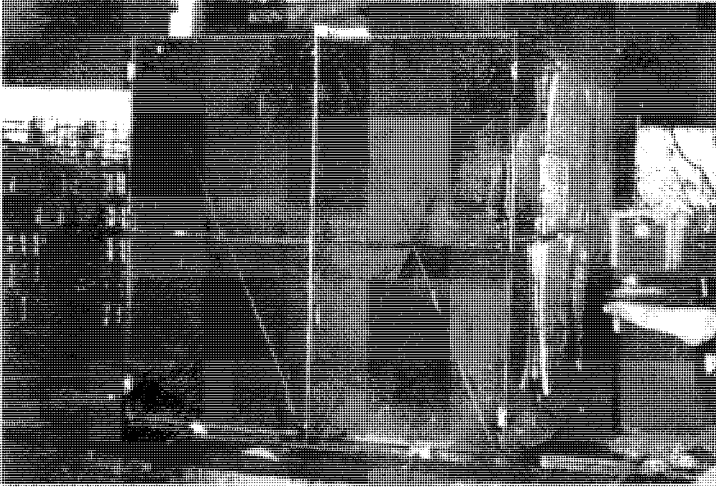
■ *Préparation du substrat et remplissage*

Plusieurs types de machines sont employés pour ces opérations. Le son de riz et la chaux sont ajoutés dans le mélangeur, un tapis roulant transporte le substrat vers un tamis, puis un autre tapis roulant vient alimenter la machine à remplir les sacs. Si l'on utilise le fongicide « panmush », il faut d'abord en mélanger 48 kg avec 24 kg de son de riz et, seulement alors, l'ajouter à la

totalité du substrat. Les sacs utilisés varient de 15 à 18 cm en longueur et de 10 à 12 cm en diamètre.

**PHOTO N° 37**

Une unité de stérilisation pour le traitement thermique du shii-take  
(avec l'aimable autorisation de Tari)



■ *Traitement thermique*

On utilise des constructions en forme de tente ou des conteneurs en acier pour stériliser les sacs à 96-98 °C pendant quatre heures. Si l'activité microbienne est forte (dans le cas d'un milieu riche) le passage à la vapeur sera prolongé de quatre à dix heures.

■ *Colonisation*

Le mycélium se développe jusqu'au fond des sacs en quatre semaines si l'on maintient la température à 25 °C. Des changements subits de température produiront des noeuds de mycélium sur la surface. Les cultivateurs inexpérimentés, croyant qu'il s'agit des premiers *primordia*, ouvriront les sacs. Mais le mycélium n'a pas suffisamment mûri pour fructifier. Quand la partie supérieure du mycélium commence à virer au brun, retirer le bouchon (en général, au bout de 60 à 110 jours). La surface du mycélium va durcir à partir de ce moment. Il est prêt à fructifier.

▪ *Fructification*

On retire la partie supérieure du plastique, lorsque la moitié du mycélium a viré au brun. La méthode habituelle consiste à retourner les sacs sur un sol humidifié et les laisser tels quels pendant deux jours, puis à les retourner à nouveau. Le mycélium aura absorbé l'eau et subi un choc physique ; ces deux opérations favorisent la formation de fructifications. L'arrosage est stoppé quand les *primordia* commencent à pousser.

Le rendement est de 300 à 400 g pour 1,5 kg de substrat, c'est-à-dire 20 à 37 % du poids frais sur le poids initial humide. On laisse reposer les sacs pendant trois semaines puis ils subissent à nouveau le même traitement. Il y a cinq à sept volées, les deux premières donnant les meilleurs rendements.

**PHOTO N° 38**

Récolte de champignons shii-take à Taiwan  
(avec l'aimable autorisation de Tari)



**d. Culture de shii-take en Europe**

En Europe, le marché de shii-take est encore faible car le coût de production est élevé. Il existe un seul gros producteur aux Pays-Bas. Sa technique est différente de toutes les autres : il cultive sur substrats pasteurisés en couches et produit couramment jusqu'à 6000 kg par semaine. Mais cette technique ne peut être facilement extrapolée à d'autres pays et n'est donc pas présentée ici. La plupart des cultivateurs ont des moyens limités. Ils produisent quelques centaines de kilos par semaine, en utilisant la technique des

sacs plastique stérilisés. Des techniques spéciales d'ensemencement ont été développées pour faciliter l'inoculation et obtenir une colonisation plus rapide. Le cycle de croissance est bien plus court que dans le Sud-Est asiatique.

▪ *Préparation du substrat et remplissage*

Les matières premières du substrat sont facilement disponibles. Les plus utilisées sont la sciure de chêne (espèces *Quercus*) et de hêtre (espèces *Fagus*). Les additifs (10 à 20 % de maïs concassé - utilisé pour nourrir les animaux - le son de riz ou la farine de maïs) sont souvent plus chers que la sciure elle-même. Le mélange est généralement réalisé dans des mélangeurs à ruban ou des bétonnières.

Jusqu'à présent, aucune machine n'a été utilisée pour le remplissage des sacs. Certains cultivateurs utilisent un transporteur à vis pour amener le substrat du mélangeur à la machine à remplir. Ils maintiennent les sacs sous l'arrivée de substrat et une personne remplit 350 sacs par jour. Ceci ne comprend pas l'installation de l'anneau de plastique et du bouchon sur les sacs. On peut récupérer gratuitement des bouchons de mousse d'isolation auprès des marchands de blanc.

▪ *Traitement thermique*

La stérilisation diffère d'un cultivateur à l'autre. Certains utilisent un autoclave pouvant réellement atteindre 121 °C sous pression, d'autres chauffent trois fois le substrat à 75 °C sous chaleur sèche et ne peuvent produire que des quantités limitées de substrat.

▪ *Lardage*

Plusieurs méthodes sont employées :

- 1) On répand du grain ensemené à la surface du substrat.
- 2) On mélange substrat et grain dans une chambre propre.
- 3) On enfonce des bâtonnets de bois dans le substrat. Il faut employer cette méthode si les sacs ont été soudés au lieu d'être fermés par un bouchon. Ce type de sac possède un papier-filtre.

La plupart des souches utilisées sont les S600 et S610 de Royal, parfois vendues sous d'autres dénominations.

▪ *Envahissement ou colonisation*

Si l'on utilise la méthode d'ensemencement n° 1, la colonisation prend 8 à 10 semaines. Si l'on disperse le grain (méthode n° 2), la colonisation est plus courte de deux semaines. La période de colonisation des conteneurs ensemenés par bâtonnets de bois dépend de la quantité de substrat et du nombre de bâtonnets utilisés par sacs ; elle est en général de 70 à 80 jours.

▪ *Fructification*

On peut récolter jusqu'à cinq volées. Le substrat demande un trempage si le taux d'humidité interne descend trop bas. Ceci se produira au bout de deux à trois volées. La période minimale entre deux volées est de 16 jours. Elle se découpe ainsi : cueille, une semaine de repos, trempage d'une journée, récolte huit jours plus tard.

▪ *Récolte*

Le rendement maximal peut atteindre 800 g de champignons frais pour 3 kg de substrat humide. Le rendement habituel est de 600 g, soit environ 25 % (mouillé/mouillé). Le marché du shii-take frais est difficile à appréhender. En Allemagne, par exemple, il faut vendre 9 à 10 \$ US le kg de shii-take frais (1991), pour que la culture soit rentable.

#### 4. PLEUROTÉS

En Europe et aux Etats-Unis, la culture de pleurotes est principalement réalisée sur substrat pasteurisé. En Asie du Sud-Est, la culture en sacs plastique stérilisés est largement répandue pour de nombreuses espèces de pleurotes. Le taux d'infection dans les pays tropicaux est bien plus élevé que sous les climats tempérés, l'utilisation de petits sacs qui ne laissent pas entrer les contaminants est donc plus avantageux. Les formules de substrat diffèrent selon la disponibilité des matériaux. Celles qui suivent montrent qu'un certain nombre de déchets agricoles peuvent être utilisés.

▪ *Substrats utilisés*

FORMULE DE SUBSTRAT LA PLUS COURANTE POUR TOUS TYPES DE PLEUROTÉS

---

sciure ;

additifs ;

CaCO<sub>3</sub> = 1 à 2 %.

*On utilise les additifs suivants :*

– 5 à 20 % de son de riz ;

– 5 à 10 % de son de blé ;

– 5 % de farine de soja.

---



On peut utiliser fraîche la sciure de nombreux feuillus. La sciure de conifères doit être compostée comme pour la culture du shii-take à Taïwan. La teneur en eau avoisine 60 %. Essorer pour tester le taux d'humidité. Il faut mouiller la sciure pendant au moins une journée pour la ramollir et faciliter l'absorption de l'eau. Plus on utilise d'additifs, plus le rendement est élevé ; toutefois le risque de contamination augmente aussi.

Ces formules de substrat utilisées dans différentes régions du monde sont extraites de divers rapports :

– Essais de souche *Filipino* de *Pleurotus* au Pérou : 4 mesures de sciure - constitué d'un mélange de « catahua » (*Hura crepitans*) principalement, « cedro » (espèce *Cedrella*) et « tornillo » (espèce *Cedreling*), 4 mesures de paille de maïs et 2 mesures de son de blé (tous mesurés en poids sec).

– Culture commerciale de *Pleurotus sajor-caju* au Pérou : 4 mesures de sciure, 3 de balles de graines de café, et 1,5 mesure de son de blé.

– Culture de *Pleurotus sajor-caju* aux Philippines : 7 mesures de sciure, 1 de son de riz, 1 mesure de farine de pil-pil.

– Culture de *Pleurotus sajor-caju* aux Philippines : coton composté et paille de riz en proportion de 1 pour 1 ou 1 pour 2, préalablement trempés dans de l'eau. Ce mélange doit être mis en tas de 1,5 x 1,5 x 1,5 m et laissé à fermenter pendant deux à quatre jours. Ajouter alors 20 % de son de riz et 1 % de chaux. On peut également n'utiliser que des jacinthes d'eau pour le compostage et ensuite ajouter les mêmes quantités de son de riz et de chaux.

– Culture de *Pleurotus* aux Philippines : sciure, 1 % d'urée, 1 % de chaux. Bien mélanger les trois composants et humidifier, puis faire un tas de 1,50 m maximum de haut et laisser fermenter 30 à 40 jours. Retourner le tas toutes les semaines, couvrir d'un plastique pour éviter les pertes d'eau et d'énergie. Après fermentation, le mélange doit s'être ramolli et ne pas exhiler d'odeur rance ou putride. Ajouter 10 % de son de riz avant de remplir les sacs. Quand on utilise de la sciure fraîche de bois tendre, il est parfois possible de réaliser le compostage en 7 à 10 jours seulement.

– Culture de *Pleurotus* aux Philippines : sciure fraîche ou paille de riz. Faire tremper la paille toute une nuit, la laisser égoutter, puis ajouter 50 % de son de riz. Dans le cas de sciure non compostée, ajouter également 50 % de son de riz. Ce dernier étant cependant assez cher (car il sert à nourrir les animaux), ne l'utiliser que dans certaines régions rurales où il est bon mar-

ché, ou employer un autre type de sciure, par exemple la sciure de feuillus, utilisable directement.

– Culture de *Pleurotus* en Inde : déchets de coton (aussi bien fibres courtes que balles de graine de coton) et paille de blé dans une proportion de 1:1 (poids sec). (Les déchets de coton eux-mêmes donnent d'assez faibles rendements). Faire tremper le coton dans de l'eau du robinet pendant deux jours puis égoutter. Remplir les sacs et passer à la vapeur pendant deux à quatre heures selon le volume, ou bien passer à la vapeur en vrac à 90 °C pendant une heure.

– Culture de *Pleurotus* au Pakistan : rafle de maïs entière et broyée (d'autres déchets industriels du maïs - comme la poussière après égrenage, ou la poussière de nettoyage - sont utilisables mais donnent de faibles rendements. S'ils sont complétés, ils peuvent servir de matériau de base au substrat.) Les rafles de maïs doivent être réduites en morceaux de 1 à 2 cm, et plongées dans l'eau pendant deux jours. Les autres types de déchets de maïs ont seulement besoin d'être mouillés. Mettre en sac et stériliser.

– Culture de *Pleurotus* à Singapour : déchets de coton (de type longues fibres), 5 % de son de riz (% de poids sec), 5 % de CaCO<sub>3</sub> (% de poids sec). Le rapport indique que ce substrat est cultivé en sacs de polyéthylène à raison de 2 kg de substrat sec par sac, et qu'aucun traitement thermique n'est nécessaire. Il faut respecter une période d'incubation réfrigérée de 12 jours à 20 °C pour conserver un contrôle de la croissance des moisissures.

– Coques de noix de coco : les éclats ont généralement une dimension de 1,4 x 0,6 cm. Ils absorbent facilement l'eau. Utiliser 60 ml d'eau pour 40 kg de coques. Ajuster le pH à 6,5 en ajoutant du CaCO<sub>3</sub>. Au remplissage des sacs, veiller à ne pas les déchirer avec les éclats. Utiliser des bords ou des bouteilles de plastique à large goulot. Remarque : jusqu'à présent, les essais n'ont donné que des résultats moyens.

– Terre de noix de coco : certaines expériences indiquent que la terre de noix de coco peut être utilisée mélangée à de la paille de blé pasteurisée ou stérilisée avec des additifs. Mais sa forte capacité d'absorption d'eau peut gêner l'écoulement de l'air.

▪ *Remplissage et traitement thermique*

Utiliser l'une des trois techniques précédemment présentées. Les traitements thermiques diffèrent selon les ressources locales.

■ *Ensemencement et colonisation*

On utilise du blanc sur grain ou sur sciure pour la culture de *Pleurotus*. Mais d'autres supports de blanc peuvent convenir. C'est la souche qui importe. Elle doit être vigoureuse et fructifier à la bonne température. Le mycélium va couvrir le substrat en deux à huit semaines, selon la quantité de blanc, le type de substrat et la souche utilisée. La température optimale de croissance mycélienne pour toutes les espèces de *Pleurotus* est de 25 °C.

**COMPARAISON DU TEMPS TOTAL DE COLONISATION ET DES TEMPÉRATURES DE FRUCTIFICATION DE PLUSIEURS SOUCHES EN SACS DE 1,2 KG À TAIWAN, A 25 °C SUR UN SUBSTRAT STANDARD DE SCIURE/SON DE RIZ, ENSEMENCÉ AVEC ENVIRON 10 G DE BLANC SUR SCIURE**

ESPÈCES	DURÉE D'ENVAHISSEMENT	TEMPÉRATURE DE FRUCTIFICATION
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	3 semaines	18 à 30 °C
<i>Pleurotus cystidiosus</i>	5 à 6 semaines	25 à 28 °C
<i>Pleurotus ostreatus</i>	4 à 5 semaines	10 à 20 °C
<i>Pleurotus flabellatus</i>	4 à 5 semaines	20 à 28 °C
<i>Pleurotus eryngii</i>	6 à 7 semaines	18 à 22 °C
<i>Pleurotus pulmonarius</i>	4 à 5 semaines	13 à 20 °C
<i>Pleurotus cornucopiae</i>	4 à 5 semaines	15 à 25 °C
<i>Pleurotus eous</i> ( <i>Pleurotus salmo-neostramineus</i> , <i>Pleurotus incarnatus</i> )	4 à 5 semaines	18 à 22 °C
<i>Pleurotus ostreatus</i> var. « <i>colombinus</i> »	3 semaines	12 à 20 °C
<i>Pleurotus tuberregium</i>	aucune donnée disponible	température mycélienne
	optimale : 35 °C, ordre de fructification probablement similaire au <i>Pleurotus flabellatus</i>	

(Note : Le *Pleurotus abalonus* est identique au *Pleurotus cystidiosus*)

## PHOTO N° 39

Les *Pleurotus eryngii* peuvent être cultivés sur substrats de sciure stérilisée dans des bouteilles en plastique (avec l'aimable autorisation de Tari)



▪ *Fructification*

On ouvre les sacs lorsque le mycélium a totalement recouvert le substrat. Les conditions de la salle de culture doivent alors être modifiées, ou les sacs déplacés de la salle d'inoculation à la salle de fructification. Il faut que les gaines de ventilation de la maison de champignons laissent passer la lumière. Les champignons *Pleurotus* sont très sensibles à une insuffisance d'aération et de lumière. Cependant couleur et intensité dépendent beaucoup des souches. Il existe des repères chiffrés, mais il suffit d'observer les champignons dont l'aspect change quand le taux de  $\text{CO}_2$  est trop fort et l'éclairage insuffisant. Le manuel FAO (Food and Agricultural Organisation) recommande un équipement lumineux en tubes fluorescents type « blanc froid » pendant deux à quatre jours. Aux Pays-Bas, les cultivateurs disent que la lumière est suffisante quand on peut lire un journal n'importe où dans la salle de culture. En absence totale de lumière, les pleurotes ne développent pas de chapeaux mais seulement des pieds. Ils ressemblent alors à du corail.

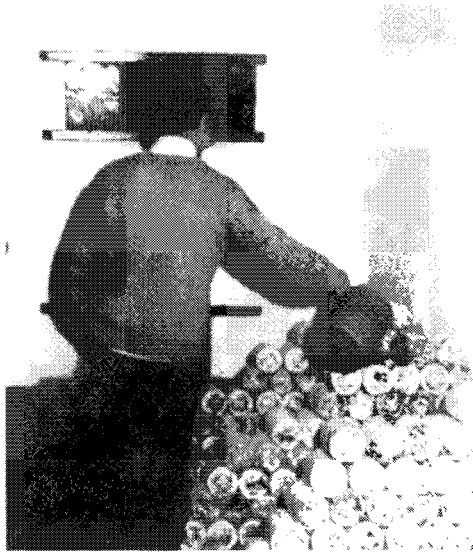
Différentes techniques sont employées pour le remplissage de la maison de champignons et pour préparer les sacs à fructifier. Une pratique courante consiste à fabriquer des structures en bambou ou en bois et à empiler les sacs au-dessus de façon à former un mur de sacs plastique. On retire les bouchons et l'on ouvre l'autre extrémité du sac en la coupant. Une autre métho-

de consiste à donner un coup de rasoir sur toute la longueur du sac et à le suspendre au plafond pour la fructification. Attention de ne pas couper trop profond et de ne pas abîmer le mycélium. Si l'on veut de petits champignons, on augmentera la surface. Mais le substrat séchera plus rapidement.

Au moment de l'induction des *primordia* l'humidité doit être de 90 %. Si on laisse le plastique autour des sacs et que l'on y perce des trous, il sera plus facile d'obtenir l'humidité correcte à proximité des trous. Si la surface complète est exposée à l'air et que les champignons n'apparaissent que sur les côtés, l'humidité est probablement trop faible. Quand les fructifications se développent, l'humidité doit être abaissée à 80-85 %. Sinon les champignons auront des difficultés à évaporer l'eau et donc à puiser les substances nutritives nécessaires à leurs fructifications.

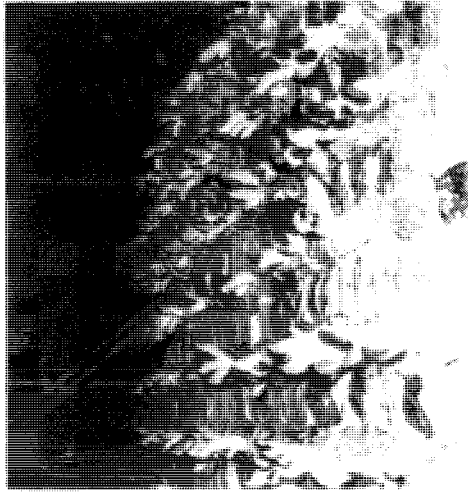
PHOTO N° 40

Maintien d'une humidité correcte par arrosage du sol (Sanming, Chine).



**PHOTO N° 41**

Jeunes *primordia* de *Pleurotus cystidiosus*  
(avec l'aimable autorisation de Tari)



Si la température de la salle est trop élevée pour la souche choisie, la maison de champignons doit être fréquemment brumisée et les portes et fenêtres ouvertes pour abaisser la température, en particulier la nuit. Trois à quatre jours après l'ouverture des sacs, les *primordia* se forment.

Au bout de cinq jours, si la température est entre 15 et 20 °C (deux ou trois jours à une température supérieure), les champignons sont prêts à être récoltés. Il y a tellement de fluctuations dues aux souches et aux substrats utilisés, qu'il est difficile de donner des durées exactes de fructification. En principe, il faut une semaine avant que de nouveaux *primordia* ne se forment, mais cela dépend beaucoup des conditions climatiques.

■ *Récolte*

Saisir les pieds en les tirant doucement, ou en les tournant, hors du substrat. Veiller à n'arracher que très peu de substrat. Aux Philippines certains cultivateurs grattent ensuite un peu de substrat pour enlever tous les petits *primordia* non développés. Cette pratique a pour but de libérer le substrat des *primordia* morts qui pourraient attirer les contaminants. Mais le grattage du substrat retarde la formation de *primordia*. Par contre, une friction de la surface des sacs de sciure retire les petites fructifications déjà mortes sans endommager le mycélium. La récolte peut se poursuivre tant que le mycélium reste blanc et ferme.

Aux Philippines, on récolte généralement quatre volées de *sajor-caju*, pour un rendement d'environ 20 % du poids humide de substrat. Quand le substrat se ramollit et perd sa couleur, il est temps de le retirer. Ne pas jeter le substrat usagé à proximité de la maison de champignons. Les ravageurs présents dans l'ancien substrat pourraient trop facilement gagner le substrat frais.

**PHOTO N° 42**

Champignons abalone mûrs (*Pleurotus cystidiosus*), une variété de pleurote (avec l'aimable autorisation de Tari)



**a. Culture de *Pleurotus* en Thaïlande**

Les techniques des Philippines sont une adaptation des techniques thaïlandaises, elles présentent donc peu de différences. Dans le Nord de la Thaïlande, on cultive principalement deux types de pleurotes : le *Pleurotus sajor-caju* en hiver et le *Pleurotus florida* en été. Dans les faubourgs de Bangkok, on cultive le *Pleurotus flabellatus*, de même que le *Pleurotus abalonus* et le *Pleurotus cystidiosus*.

■ *Matières du substrat*

On peut utiliser de la sciure de bois de charpente sans fermentation, alors que la paille de riz doit fermenter huit jours.

### ■ *Fructification*

Pour la première volée, il suffit de retirer le bouchon ; pour la seconde volée et les suivantes, il faut retirer le plastique supérieur et quelquefois celui du dessous. En ne retirant que le bouchon, on récolte moins de champignons mais ils sont plus gros et ce sont ceux que demandent les consommateurs thaïlandais. Certains cultivateurs avaient l'habitude d'appliquer une couche de gobetage sur le dessus des sacs. Mais la terre limoneuse couramment utilisée pour cela est devenue très coûteuse à cause des frais de transport. Toutefois, contrairement à la production d'*Agaricus*, le gobetage n'est pas indispensable à la fructification des pleurotes ; il représente plutôt un moyen de réaliser un microclimat favorable.

### **b. Production à petite échelle aux Philippines**

Malinta est un petit village près de l'Université de Los Banos, aux Philippines (UPLB). Créer des industries artisanales afin de dégager des revenus supplémentaires non agricoles semblait pouvoir répondre aux besoins de la population.

La production de champignons fut retenue car les matières premières, les jacinthes d'eau, étaient disponibles sur le lac, et le marché (les complexes de l'université et de l'institut de recherche sur le riz) était proche du village.

Le projet lancé au milieu de l'année 1989 avait pour objectif de piloter la culture de pleurotes et d'utiliser les revenus qui en résulteraient pour élargir la production de champignons. Les fonds étaient fournis par le Projet de relations communautaires d'UPLB.

Au début, les services de vulgarisation de la ferme de démonstration d'UPLB préparaient les sacs. La coopérative du village en achetait 2000 par mois ; la moitié était destinée à la maison de champignons communale, tandis que les 1000 autres étaient cultivés par les membres de la coopérative à raison de 100 à 200 sacs par mois. Par la suite, la communauté elle-même devrait préparer ces sacs. Mais UPLB continuerait de fournir le blanc.



### ■ Préparation du substrat à la ferme de démonstration d'UPLB

Les chiffres concernant les produits nécessaires sont les suivants (prix en pesos philippins) :

– *Substrat : sciure, son de riz, farine de pil-pil :*

Sciure : 3 P le sac de 45 kg.

Son de riz : 140 P le sac de 25 kg.

Farine de pil-pil : 3,5 P au kg.

Sacs en plastique : 40 P les 100 sacs.

Tube de PVC d'un diamètre de 1 pouce (= 2,54 cm) : 40 P les 10 pieds (3,048 m) ; les longueurs nécessaires sont de 2 à 2,5 cm.

– *Main-d'oeuvre* (la durée des opérations est calculée pour 250 sacs) :

Mélange et humidification du substrat : 15 à 30 mn.

Remplissage des sacs par deux personnes (1 kg/sac environ) : 5 heures.

Traitement thermique. Le bidon peut contenir 90 sacs à la fois : 4 à 6 heures.

Inoculation par une personne : 1 h 30 à 2 heures

La ferme de démonstration d'UPLB produit 750 sacs par semaine ; le remplissage prend 3 jours par semaine.

– *Les coûts en énergie* (bois pour chauffer les bidons) sont de 400 P pour 2250 à 3000 sacs. Avec un chargement de camion, on peut chauffer 3 bidons pendant 3 à 4 semaines. UPLB vend les sacs à 5 ou 6 P pièce (les fermiers de Malinta les achètent à 3 P seulement).

A Malinta les fermiers utilisent un procédé de production en deux phases ; la production est de 2000 sacs par mois ; les sacs sont remplacés tous les mois ; le rendement escompté est de 21 kg pour 100 kg de substrat ; le prix des champignons est de 30 P au kg.

#### FONDS NÉCESSAIRES (EN PESOS PHILIPPINS)

– *Matériaux de culture (mois courant) :*

2000 sacs de 3 P chacun 6 000

sacs pour la période de colonisation : 2000 sacs à 3 P 6 000

– *Maison de champignons* 8 000

(resserre à toit de nipa et murs de sawali, étagères en bois, portes à écran, événements à air, surface au sol de 10 m<sup>2</sup>).

– *Revenu estimé*

Production mensuelle 410 kg

Estimation de perte de 15 % pour stockage, manutention et transport 60 kg

Ventes nettes par mois 350 kg

Gain mensuel (1 kg rapporte 35 P) 10 500

Épargne mensuelle 50 % 5 250

Temps nécessaire pour récupérer les sommes investies 4 mois

La situation actuelle diffère quelque peu des estimations.

Tout d'abord des problèmes de distribution des sacs se sont posés. Les coûts de maintenance ont été considérablement augmentés puisqu'une partie seulement de la maison de champignons a pu être utilisée.

Ensuite, il s'est avéré difficile de cultiver des pleurotes durant la saison chaude, parce que les souches ne pouvaient supporter des températures supérieures à 30 °C pendant la colonisation. Les villageois se sont alors tournés vers une activité qui leur semblait plus prometteuse, et ont investi les recettes issues des champignons dans l'élevage de porc.

Néanmoins le programme a continué. En mai 1991, les villageois avaient interrompu la culture de pleurotes mais envisageaient de recommencer dès que la température aurait diminué. Un homme d'affaires leur a proposé de cultiver 100 kg par jour, mais ils ont estimé qu'ils ne parviendraient pas à de telles quantités. Cette attitude est très différente de celle des fermiers de Taïwan qui auraient exigé des garanties sur la vente et produit les quantités demandées d'une façon ou d'une autre.

**SITUATION FINANCIÈRE DEPUIS LE 17 NOVEMBRE 1989,  
DATE DE LIVRAISON DES PREMIERS SACS (EN PESOS PHILIPPINS)**

<i>- Fonds issus du projet de relations communautaires d'UPLB</i>	14000	
	6000	
Total	20000	+/-
<i>- Investissement</i>		
Matériaux à maison de champignons	7136,25	
sacs ensemencés	6000	
balance à pesée	300	
total	13436	-/-
<i>Solde</i>	6563,75	+/-
<i>- Production</i>		
Ventes de champignons (du 22.11.89 au 25.03.90)	9486	+/-
Dépenses (eau, petit réservoir)	292	-/-
Revenu net	9194	+/-
<i>- Fonds retirés</i>		
Achat de 10 porcs	7500	
Prêt à une veuve	1000	
Total	8500	-/-
Position de caisse	694	
<i>- Divers</i>		
Vente d'un porc	2200	+/-
Participation	1100	-/-
Achat d'un porc supplémentaire	800	-/-
<i>- Fonds disponibles</i>	994	+/-

On peut remarquer que même si un projet rencontre quelques difficultés au démarrage, le profit est généralement assez élevé. On peut encore augmenter le prix des pleurotes en améliorant la commercialisation. Le prix au kg était estimé à 30 P. En réalité, les champignons étaient payés 40 P, dont 10 revenaient au fermier-vendeur, et 30 à la coopérative.

## 5. *GANODERMA TSUGAE*

Le *Ganoderma* brillant est facile à cultiver, mais son marché est plus difficile à appréhender. Dans la littérature sur les champignons médicinaux, on cite plutôt le *Ganoderma lucidum*. Mais le *Ganoderma lucidum* est un parasite d'arbre et pour cette raison ne peut être cultivé. Le *Ganoderma tsugae* a une nature plus saprophyte et n'abîme pas les arbres des environs.

PHOTO N° 43

Différents stades de *Ganoderma*. Les nombreuses espèces du genre *Ganoderma* sont difficiles à distinguer.



### ■ *Substrat*

La sciure peut provenir d'essences plus nombreuses que pour le shii-take, car le *Ganoderma* est moins sélectif. La durée de stockage peut donc être bien plus courte. La préparation du substrat est très semblable à celle de la culture de shii-take en petits sacs plastique stérilisés.

#### ■ *Traitement thermique*

Généralement, on stérilise car on ne récolte que deux volées.

#### ■ *Ensemencement et fructification*

Retirer le bouchon ou le couvercle de l'ouverture du sac quand le mycélium parvient à la moitié de son développement. Il est important d'ouvrir les sacs à temps, car le mycélium a besoin d'aération. Puis maintenir une forte humidité (80 à 95 %). La température de fructification est assez élevée (22 à 30 °C). Arroser au moins deux fois par jour. Les *primordia* apparaîtront au bout d'une semaine. On ne pourra les récolter que deux mois plus tard. Les champignons sont prêts à être ramassés quand les fructifications deviennent rouges et que le contour blanc disparaît. On peut cueillir à la main ou au couteau. Juste après la cueille, survient la volée suivante qu'on récoltera au bout de 8 à 10 semaines. Stocker la récolte dans un endroit frais et sec.

#### ■ *Ravageurs et maladies*

Les mêmes contaminants affectent tous les champignons cultivés sur sciure stérilisée. Ceux-ci sont le *Neurospora* (poudre orange), le *Trichoderma* et autres moisissures qui se développent quand les sacs sont contaminés à cause de craquelures ou d'un ensemencement incorrect. Les acariens peuvent aussi transporter des champignons contaminants vers des substrats frais. Les fructifications de *Ganoderma* poussent très lentement. Si elles ne sont pas ramassées à temps, le *Trichoderma* peut aussi attaquer les champignons eux-mêmes.

#### ■ *Après-récolte*

Les fructifications de *Ganoderma* sont vendues à 700-800 NTD à Taïwan, soit environ la moitié du prix pratiqué sur le continent chinois. Les rapports indiquent des coûts de culture de 500 à 600 NTD. Il est donc bien plus intéressant pour le fermier de fabriquer directement les médicaments à partir des champignons et de les vendre aux professions médicales chinoises du monde entier (1 \$ US vaut 14 NTD).

#### ■ *Préparation d'extraits de Ganoderma et de pilules*

Faire bouillir les champignons dans de l'eau. L'extrait médicinal obtenu donne, dilué dans de l'eau, une boisson très amère. On peut procéder à une seconde extraction à l'alcool. Pour les pilules, il faut centrifuger le breuvage jusqu'à l'obtention d'un fluide collant. Les fructifications bouillies sont séchées et moulues. On utilise la poudre pour absorber le fluide collant. Le produit est vendu sous forme de pilules ou de capsules.

### a. Culture de *Ganoderma lucidum* en Malaisie

Un certain nombre de produits préparés à partir de chapeaux de *Ganoderma* ont été récemment importés en Malaisie et certains fermiers se sont intéressés à sa culture. Le *Ganoderma lucidum* est connu comme une espèce parasite. Mais il peut s'agir ici d'une espèce moins parasite, car les différentes espèces du genre sont difficiles à distinguer.

#### ■ *Maison de culture*

Les constructions en béton sont préférables. Se reporter au chapitre 9.

#### ■ *Préparation du substrat*

On utilise des sacs en polypropylène de 10 x 22 cm. Le substrat comprend de la sciure, 10 % de son de riz, et 3 % de chaux. Les produits sont mélangés puis mis en sacs plastique. On glisse un anneau de plastique autour de l'extrémité ouverte du sac et on le ferme avec un bouchon de coton. Les sacs sont recouverts de papier journal ou de feuilles plastique. Chaque sac pèse environ 700 g.

#### ■ *Traitement thermique*

Les sacs sont stérilisés à basse pression à 95-100 °C pendant cinq heures.

#### ■ *Ensemencement et colonisation*

Les sacs refroidissent pendant la nuit, puis sontensemencés en conditions aseptiques avec du blanc sur grain dans une armoire à flux laminaire. Le coût de production par sac est de 0,12 \$ US environ. Les sacsensemencés sont conservés trois à quatre semaines dans l'obscurité, jusqu'à ce que le mycélium ait complètement colonisé le substrat.

#### ■ *Fructification*

Les sacs sont placés sur des supports verticaux. Le bouchon est retiré et la fructification commence au bout d'une à deux semaines. On maintient en permanence une humidité élevée (85 à 95 %) en arrosant d'eau deux fois par jour.

#### ■ *Récolte*

La récolte s'effectue deux ou trois mois plus tard, lorsque le contour blanc disparaît. Les sacs produisent deux ou trois volées au total. Le rendement moyen est de 28 g (poids sec) de champignons par sac, selon les rapports.

▪ *Après-récolte*

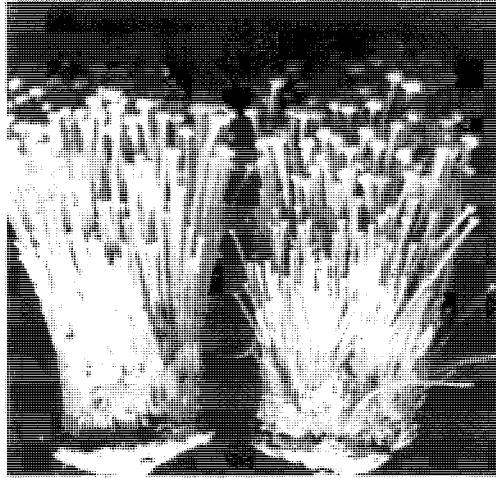
Les champignons récoltés sont séchés soit entiers, soit coupés en rondelles. Ils sont exposés au soleil pendant quelques jours, puis emballés dans des sacs plastique et stockés.

(Tiré de C.C. Tong et Z.C. Chen, de *Mushroom Journal for the Tropics*, 1990, Vol. 10)

**6. FLAMMULINA VELUTIPES (COLLYBIA À QUEUE DE VELOURS OU CHAMPIGNON À AIGUILLE D'OR)**

**PHOTO N° 44**

Deux bottes de *Flammulina velutipes*. Les *Flammulina velutipes* ont des tiges longues de 9 cm et d'un diamètre de 2 à 8 mm. Les chapeaux des souches cultivées sont petits, généralement inférieurs à 3 cm (avec l'aimable autorisation de Tari).



Ce champignon pousse partout dans le monde dans les régions tempérées, depuis l'Australie jusqu'à la Chine, l'Afrique, l'Europe et l'Amérique. On l'appelle quelquefois champignon d'hiver, du fait qu'il fructifie généralement en hiver à une température inférieure à 10 °C. Il est présenté dans ce livre car sa culture est relativement simple, à condition d'opérer à basse température. On peut également le cultiver tout au long de l'année si l'on dispose d'air conditionné. Dans certaines régions d'Europe et d'Amérique du Nord, on le ramasse à l'état sauvage. Seul le chapeau est jugé propre à la consommation.

Il n'est cultivé commercialement qu'à Taïwan, en Chine et au Japon. En 1983-1984, le *Flammulina* occupait le quatrième rang de la production mondiale de champignons. Cultivé, le champignon d'hiver est beaucoup plus brillant que le champignon sauvage et il a une très longue tige. Moins dure que celle des champignons sauvages, elle peut être mangée et représente donc la partie la plus importante du champignon. Cette longueur est une caractéristique obtenue par la culture.

#### ■ Matériaux

La plupart des *Flammulina* sont cultivés en bouteilles, bien que l'on utilise aussi des sacs plastique.

On utilisait auparavant des bouteilles de verre. Elles se brisent facilement, mais sont réutilisables un grand nombre de fois. Actuellement on se sert de bouteilles de polypropylène (800 à 1000 ml) aptes à supporter environ dix traitements thermiques. Elles contiennent généralement 540 g de substrat mouillé, et sont fermées par des couvercles en plastique, percés de trous et recouverts de papier filtre. Ces couvercles peuvent aussi être réutilisés à condition de vérifier que le papier filtre ne présente aucune déchirure.

Des machines spéciales ont été conçues pour manipuler ces bouteilles de façon économique. A Taïwan, la culture provient des fabricants de blanc qui utilisaient des machines pour remplir leurs sacs de substrat. Comme la production de blanc est concentrée sur une période de trois mois par an, les producteurs optimisent ainsi l'utilisation de leurs machines tout au long de l'année. Si l'on utilise des sacs plastique, il faut les remplir de 500 g environ de substrat et les sacs doivent être cylindriques.

#### ■ Matériaux du substrat

Dans la nature, le *Flammulina* pousse exclusivement sur les feuillus. Au Japon et à Taïwan, on utilise aussi de la sciure de conifère, mais il faut la stocker pour une fermentation d'un an. Pendant la décomposition, les résines et les phénols sont éliminés. La sciure de conifère est mélangée à de la sciure d'arbre à bois dur dans une proportion de 1:1. Pour la sciure de conifère, on peut utiliser *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa* et les espèces du genre *Pinus*, et pour la sciure de bois dur, *Fagus crenata* ou *Quercus serrata*.

L'additif le plus courant est le son de riz. D'autres sources d'azote sont utilisables. Les protéines et composés de l'ammonium sont jugés favorables. Des traces de certains éléments comme Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Mo, Ca et la thiamine sont nécessaires à la croissance du mycélium et à la fructification.

## FORMULES DE SUBSTRAT

sciure de sapin (décomposée, âgée de 6 à 12 mois)	45 %
sciure de bois dur (correctement humidifiée pendant plusieurs jours au moins)	45 %
son de riz	10 à 20 %
teneur en eau ajustée à	58 à 60 %
CaCO <sub>3</sub>	1 à 3 %

Si l'on dispose de sciure de bois dur toute prête, on cultive le *Flamulina* sur un milieu composé de 80 à 90 % de cette sciure, 10 à 20 % de son de riz et d'un peu de craie pour réguler le pH. Aucune fermentation du substrat n'est alors nécessaire.

▪ *Remplissage, percement et chapeutage*

A Taïwan et au Japon, on trouve des machines spécialement conçues pour le remplissage et le percement des bouteilles. Les plus modernes placent même les couvercles automatiquement. On peut aussi utiliser des machines pour la préparation du substrat. Vérifier que le substrat est bien tassé dans les bouteilles ou dans les sacs. Les couvercles doivent adhérer parfaitement aux bouteilles pour éviter toute entrée d'air.

▪ *Stérilisation*

La sciure ancienne contient un certain nombre de microbes, et le *Flammulina* n'est pas un organisme résistant (contrairement par exemple au *Pleurotus*). En conséquence, le substrat ne doit pas être traité à la vapeur mais stérilisé. Les bouteilles demandent trois heures de stérilisation à 95 °C et une heure à 121 °C sous pression. Les procédés sont en fait très semblables à ceux de la production de blanc. Noter que la forme arrondie de la bouteille permet à la vapeur d'atteindre chaque récipient.

▪ *Lardage*

Les bouteilles peuvent êtreensemencées dès qu'elles ont refroidi à 20 °C. Le substrat stérile est très vulnérable à la contamination. Effectuer l'ensemencement dans une salle propre. Les producteurs à grande échelle utilisent des machines qui soulèvent les bouteilles des plateaux et les inoculent une par une. Le couvercle est soulevé, un petit morceau de blanc est introduit à l'intérieur, et le couvercle est immédiatement replacé. Prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter la contamination (voir chapitre 10).



PHOTO N° 45

Placer un cornet de plastique autour des jeunes champignons.



▪ *Envahissement mycélien*

Dans les bouteilles, le mycélium recouvre le substrat en 25 ou 30 jours. La température optimale de croissance mycélienne est de 22 à 25 °C, mais en production commerciale, la température est maintenue de 18 à 20 °C.

**PHASES DE LA CULTURE DE FLAMMULINA**

Jours	Procédé de culture	Conditions de	
		Température	Humidité
	Préparation du milieu		
	↓		
	Remplissage		
	↓		
	Stérilisation		
	↓		
	Inoculation		
20-25	↓		
	Culture	18-20 (°C)	60-70 (%)
	↓		
	Retrait de l'inoculum		
10-14	↓		
	Fructification	10-12 (°C)	80-85 (%)
2-3	↓		
	Contrôle	3-5 (°C)	70-80 (%)
5-7	↓		
	Culture	5-8 (°C)	75-80 (%)
5-7	↓		
	Récolte		

■ *Induction de primordia*

On retire le couvercle et l'inoculum lorsque le mycélium a colonisé 90 % du substrat. La surface est nivelée pour obtenir une distribution régulière des fructifications. Les bouteilles sont conservées à 10-12 °C dans l'obscurité de façon à induire la fructification. L'humidité relative est très importante et doit être de 80 à 85 %. Si l'air est plus sec, il conduit à une fructification irrégulière, trop humide, provoque des taches de couleur ambre néfastes à la qualité de la récolte. Les *primordia* se forment en 10 ou 14 jours.

■ *Contrôle*

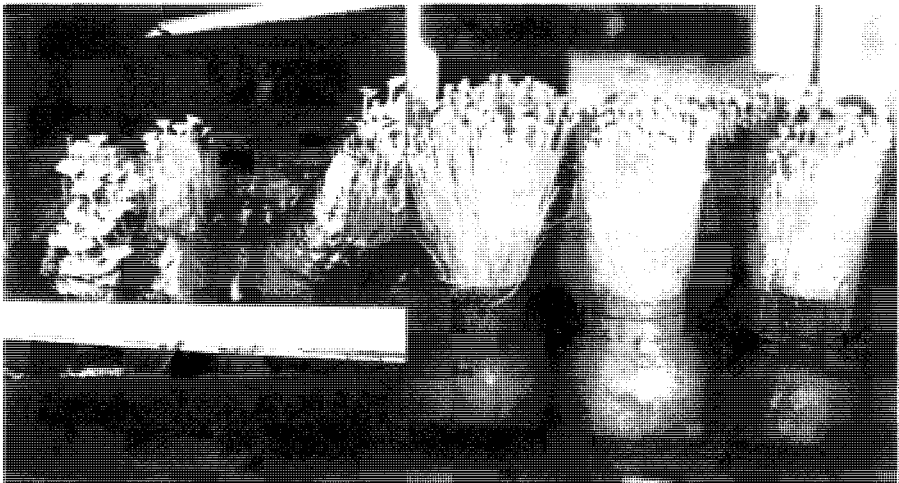
Une température de 10-15 °C est favorable à la formation de *primordia*, mais elle doit être abaissée à 3-5 °C si l'on veut obtenir un produit de haute qualité à la texture solide. Un mouvement d'air de 3 à 5 m/s est nécessaire. Cela assure une production de champignons solides, blancs et secs. Ce contrôle dure 5 à 7 jours jusqu'à ce que les tiges atteignent 2 cm.

■ *Croissance*

A partir de ce moment, la température doit être remontée à 5-8 °C, et l'humidité doit atteindre 75 à 80 %. Cela stimule la rapidité du développement. On enveloppe les bouteilles d'un papier ciré ou d'un film de plastique pour obtenir de longues tiges (aiguilles d'or). Si l'on utilise des sacs plastique, il faudra dérouler vers le haut la partie supérieure du sac pour soutenir les longues tiges.

PHOTO N° 46

Le *Flammulina* peut être cultivé en sacs ou en bouteilles.

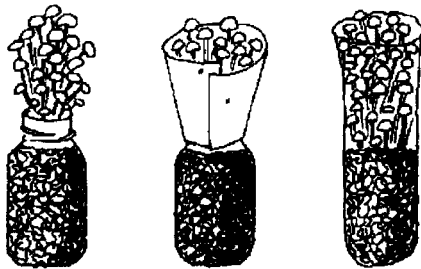


### ■ Récolte

Quand les tiges atteignent 13 à 14 cm de longueur, les champignons peuvent être cueillis. On peut ramasser le plastique avec les champignons et le retirer plus tard. La première volée donne généralement 100 à 140 g par bouteille, la deuxième demandera encore 50 jours. Sa qualité est inférieure et sa production sera de 60 à 80 g par bouteille. Le conditionnement de l'air revient cher, c'est pourquoi il est plus intéressant de ne récolter qu'une seule volée. Mais on peut récolter jusqu'à quatre volées par sacs, si l'on n'exige pas une très bonne qualité. La qualité est essentiellement déterminée par l'humidité et la température.

FIGURE N° 52

Pour la culture en bouteilles, il faut disposer une collerette autour des champignons de façon à soutenir les longues tiges. Pour la culture en sacs, il suffit de dérouler le plastique.



### ■ Ravageurs et maladies

Le *Cladobrytrum veriospermum* (moisissure en toile d'araignée) est quelquefois néfaste au *Flammulina*. On peut le contrôler, de même que d'autres champignons ravageurs, à l'aide du pesticide PY-101 (panmush). Les autres contaminants sont semblables à ceux que l'on rencontre dans la culture en sacs plastique de tous les champignons. Ce sont les différentes espèces de *Trichoderma*, *Penicillium* (si l'on utilise des sacs avec bouchons) et *Neurospora* (*Monilia*).

### ■ Après-récolte

On nettoie les bottes en coupant l'extrémité inférieure de la tige. La plupart des *Flammulina* sont vendus frais, très peu sont mis en conserve.

## 7. CULTURE DE *TREMELLA FUCIFORMIS* EN SACS : UNE TECHNIQUE DE CULTURE MIXTE

Les cultures pures de *Tremella* donnent un faible rendement sur substrat de sciure. La plupart des espèces de *Tremella* sont parasites et ont un potentiel saprophytique limité. Elles ont donc besoin d'un autre organisme pour décomposer le bois. Les cultivateurs sur rondins de bois ont remarqué qu'il fallait au *Tremella* un facteur biologique pour augmenter son rendement. Des scientifiques chinois ont réussi à isoler cet « ami du mycélium » et ont établi son appartenance au genre *Hypoxylon*. Ce genre fait partie de la classe des ascomycètes, et l'espèce particulière identifiée est l'*Hypoxylon archerii*. Cette culture mixte venue du continent chinois donne de meilleurs rendements et de plus grosses fructifications. En culture sur rondins, il faut inoculer uniquement le *Tremella*. L'*Hypoxylon* s'introduira grâce à des spores germinant à la surface de l'écorce. Quand on le cultive en sacs clos, il faut inoculer l'*Hypoxylon* en même temps que la souche de *Tremella*.

### ■ Techniques de cultures pures

Pour une culture en sacs plastique il faut des cultures pures de *Tremella fuciformis* et d'*Hypoxylon archerii*. Il n'est pas facile d'obtenir cette culture pure de tissu de *Tremella* à partir des fructifications. Celles-ci sont gélatineuses, porteuses de nombreuses bactéries et de spores d'autres champignons. Elles doivent être parfaitement nettoyées à l'alcool. On recommande d'utiliser le tissu non gélatineux situé sous la base de la fructification, mais le mycélium ainsi obtenu est souvent lent à pousser et peu vigoureux. La méthode usuellement pratiquée en Chine est l'isolement du mycélium développé sur les rondins de bois. On retire du bois l'écorce et le pied du champignon, et l'on nettoie le bois à l'alcool à 70°. On incise le rondin au point d'attache du champignon et l'on prélève à l'intérieur un petit morceau de bois. Il est inoculé sur agar et observé avec attention. Il est important d'associer le mycélium à plume et le *Tremella* poussant sur les mêmes rondins, car le mycélium à plume est spécifique à une espèce d'arbre et une souche de *Tremella*.

Le mycélium de *Tremella* a une couleur variant du blanc au jaune. Il présente un mycélium de surface ainsi qu'un mycélium souterrain et des hyphes aériennes dressées. Le diamètre des hyphes est de 1,5 à 3 mm et l'on observe un crampon d'attache au sein du mycélium fertile dicaryotique. Ce mycélium pousse lentement par rapport aux autres champignons comestibles.

Le mycélium en forme de plume est blanc et possède une longue hyphe principale portant des ramifications latérales. Le centre de la culture vire du jaune (milieu d'agar PDA) au noir ou vert très foncé. Les différentes

souches de *Tremella* sont spécifiques en ce qui concerne le facteur biologique. Les deux souches doivent être isolées à partir du même rondin de bois.

#### ■ *Production de blanc*

Puisqu'elle concerne deux cultures, dont l'une pousse beaucoup plus vite que l'autre, la production de blanc diffère légèrement de celle des autres champignons. La culture mère de blanc doit être préparée de la façon suivante : inoculer le *Tremella* à un certain nombre d'éprouvettes à 25 °C. Quand la culture a atteint un diamètre de 1 cm, ajouter l'*Hypoxylon*. Dès que les deux mycéliums ont poussé, la culture est prête à inoculer le blanc.

#### COMPOSITION DU SUBSTRAT POUR LA PRODUCTION DE BLANC ET LA PRODUCTION FINALE

sciure d'arbres feuillus sélectionnés	78 %
CaCO <sub>3</sub>	2 %
son de riz	20 %
<i>ou</i>	
bagasse sèche	79 kg
son de riz	19 kg
carbonate de calcium	1 kg
poudre de soja	1 kg

Bien mélanger et humidifier jusqu'à atteindre le taux optimal de 62 à 68 %. Remplir les sacs et stériliser. Inoculer la culture. Le blanc doit être utilisé dans les 45 jours à partir de la croissance complète du mycélium. Le substrat final est constitué des mêmes matériaux. Il pourra être un peu plus humide que le blanc (65 à 70 %), parce qu'un taux d'humidité plus élevé provoque l'apparition des *conidia*, de type levure, qui pénètrent plus profondément à l'intérieur du substrat. Un substrat plus sec est plus approprié au *Tremella* qu'au mycélium en forme de plume. Le substrat est emballé dans des sacs différents de 50 cm de long et 10 cm de diamètre. Des cordes maintiennent le sac à chaque extrémité.

#### ■ *Traitement thermique*

Les sacs sont stérilisés pendant six à huit heures puis refroidis.

#### ■ *Inoculation*

On introduit le blanc en perçant quatre à six trous dans le sac et en plaçant des morceaux de 1 cm<sup>3</sup> à l'intérieur du mélange de sciure. Les trous ont un diamètre de 1 cm et sont profonds de 0,5 à 1,2 cm.

▪ *Envahissement mycélien*

Les sacs inoculés sont placés dans une salle d'incubation à une température de 28-30 °C. Quand le mycélium s'est bien développé, les sacs peuvent être transférés vers un emplacement légèrement plus froid, 25 à 28 °C, température optimale pour la croissance végétative.

▪ *Fructification*

Le mycélium couvre le substrat en un mois environ. Les sacs sont alors transférés vers une maison de champignons. Le plastique est retiré avec précaution. Une légère ventilation est nécessaire. Il faut très peu de lumière dans la maison. Y voir à peine sera amplement suffisant. L'humidité doit être maintenue constante à 85 ou 90 %. Les *primordia* se forment en 7 à 10 jours. Il faut cinq jours de plus aux champignons pour mûrir.

Le rendement est estimé à 35 à 50 g de poids sec de champignons par sac. Les sacs peuvent contenir 15 litres de substrat, soit environ 12 kg. L'oreille argentée est exclusivement vendue séchée. Elle peut perdre jusqu'à 92 % de son poids.

**a. Culture de *Tremella* sur balles de graines de coton à Gutien, Chine**

Les balles de graines de coton sont des déchets agricoles qui peuvent être utilisés tels quels dans la production de champignons. Environ 15 % des fermiers de Gutien participent à la culture de *Tremella*. En 1985, la production était supérieure à 2000 tonnes, pour une valeur supérieure à 5 millions de \$ US. Depuis lors les prix ont un peu diminué, mais le *Tremella* reste l'une des récoltes qui rapporte le plus au comté de Gutien.

DEUX EXEMPLES DE SUBSTRATS DONNANT DES RENDEMENTS SUPÉRIEURS  
À CEUX DES SUBSTRATS USUELS À BASE DE SCIURE

balles de graines de coton	100 kg
son de blé	20 à 25 kg
gypse	4 kg
sulfate de magnésium	0,5 kg
eau	100 à 120 litres
<i>ou :</i>	
balles de graines de coton	50 kg
raffes de maïs	50 kg
son de blé	25 kg
gypse	4 kg
urée	0,4 kg
eau	100 à 200 litres

Dissoudre d'abord le sulfate de magnésium et l'urée dans une petite quantité d'eau. Il faut auparavant mouiller les balles de graines de coton et les rafles de maïs avec une partie de l'eau. Puis mélanger le son de blé et le gypse. Ajouter le reste de l'eau et mélanger avec soin. Le pH doit être compris entre 5,8 et 6,2.

▪ *Remplissage*

Transférer le substrat dans les sacs immédiatement après sa préparation. Sinon il risque de fermenter et de former des acides, ce qui diminue le pH de façon trop importante. L'opération, entre le début du mélange et la fin du remplissage, ne doit pas excéder six heures. Les sacs, coupés dans des gaines en plastique, font 50 à 55 cm de long et 12 cm de diamètre (rondins artificiels). L'une des extrémités est déjà fermée par une ficelle avant le remplissage. On tasse fortement le substrat, en utilisant généralement des machines à remplir les sacs horizontaux.

On perce des trous dans les sacs pour les ensemercer, avant ou après la stérilisation, cela dépend des cultivateurs. Ces quatre ou cinq trous par sac, d'un diamètre de 15 mm et d'une profondeur de 2 cm, sont fermés par des carrés de bande adhésive (33 x 33 cm).

▪ *Traitement thermique*

Les sacs sont semi-stérilisés à une température à peine inférieure à 100 °C pendant 8 à 10 heures.

▪ *Ensemencement*

Les carrés adhésifs sont retirés dès que la température du substrat est descendue en dessous de 28 °C. On introduit un morceau de blanc, puis on replace immédiatement la bande. Quand les sacs ne sont pas encore perforés, ils sont passés à l'alcool puis percés, avant l'introduction du blanc. On pose aussitôt des carrés adhésifs pour empêcher la contamination.

▪ *Envahissement mycélien*

Les sacs ensemencés doivent rester pendant un à quatre jours dans une salle d'incubation, à une température de 28-30 °C. Pendant cette période on peut les entasser. Au bout de 5 à 10 jours, quand on aperçoit le mycélium pousser à l'intérieur du substrat, la température doit être ramenée à 26 °C et l'humidité relative en dessous de 70 %. Il faut alors placer les sacs sur des étagères, espacés de quelques centimètres seulement.

#### ■ *Fructification*

Au bout de 10 jours, on voit les filaments mycéliens se déployer dans le substrat. Les bandes peuvent alors être légèrement décollées, mais non retirées, pour permettre à l'air de circuler. La température de la pièce doit être abaissée à 20-25 °C, et l'humidité relative remontée à 82 %. Les fenêtres ou les portes sont ouvertes de 15 à 20 mn, 4 ou 5 fois par jour. Des protubérances jaune-orangé en forme de goutte apparaissent au niveau des trous, signe que des fructifications se forment.

Généralement, il ne faut que 16 jours pour que les *primordia* apparaissent. Ils sont blancs et mesurent quelques centimètres. Les champignons apparaîtront 18 jours après l'inoculation. Il faut maintenant retirer complètement les carrés de bande adhésive. Au bout de deux jours, on agrandit les entailles d'1 cm pour faciliter la croissance des fructifications et permettre une meilleure aération. La température doit être de 23 à 25 °C. Si elle est supérieure, on peut arroser d'eau des journaux disposés sur les sacs et des tapis de mousse placés dans la pièce. Attention de ne pas arroser les rondins artificiels, la qualité des fructifications en serait affectée.

#### ■ *Récolte*

Normalement les champignons peuvent être récoltés 35 à 40 jours après l'ensemencement. Il est préférable de récolter quand il fait sec. S'il pleut, la récolte peut attendre une journée. Le diamètre des champignons est de 8 à 12 cm. Ils doivent être cueillis lorsque :

- les « oreilles » sont complètement ouvertes,
- la couleur passe de translucide au blanc,
- la partie extérieure de la fructification commence à se ramollir.

S'ils sont récoltés trop tôt, le rendement sera faible. S'ils sont récoltés trop âgés, la qualité en sera affectée, le pied pouvant virer au noir et commencer à se décomposer. Arrêter l'arrosage une journée avant la récolte. Les champignons sont coupés et séparés des sacs à l'aide d'un couteau. Il faut aussi retirer le tissu jaunâtre des champignons, mais en veillant à ne pas les entailler trop profondément, car les « pétales » du carpophore tomberaient.

#### ■ *Conditions climatiques*

Une température entre 20 et 27 °C, une humidité relative de 85 à 95 %, une lumière faible. A Taïwan les fermes sont très peu éclairées.

#### ■ *Rendements*

100 kg de balles de graines de coton produisent 160 à 180 kg de champignons frais.

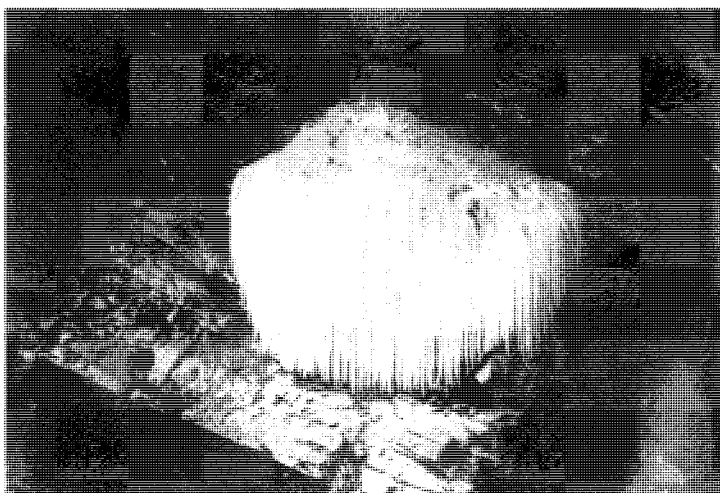


## 8. *HERICIUM ERINACEUS* : CHAMPIGNON À TÊTE DE SINGE

Les principales caractéristiques du champignon à tête de singe sont les épines qui couvrent le stipe rudimentaire. La fructification, qui a une taille de l'ordre de 5 à 30 cm, avec des spores blanches, est généralement blanche, avec une tendance à virer au jaune. On le reconnaît comme étant comestible aussi bien en Orient qu'en Europe. En Europe, il est devenu relativement rare ; il est classé parmi les champignons menacés. Les scientifiques de l'Académie des sciences agricoles de Shanghai ont été les premiers à domestiquer ce curieux champignon. Il est renommé en Chine, tandis qu'à Taïwan peu de gens le connaissent. Sa culture est relativement facile, et une grande variété de matériaux lui convient. Par contre, sa commercialisation est moins facile.

PHOTO N° 47

Champignon à tête de singe.



### ■ *Matières du substrat*

Divers produits de base peuvent être utilisés, comme la sciure, le sucre de canne, la bagasse, les rafles de maïs, les résidus de distillerie d'alcool, les balles de graines de coton et la paille de paddy hachée. Les additifs sont le son de blé ou de riz, le saccharose, et le gypse (pour stabiliser le pH). On

emploie couramment la formule suivante pour le blanc et la production finale :

sciure	78 kg
son de riz	20 kg
sucres	1 kg
gypse	1 kg
teneur en eau	65 %

#### ■ *Traitement thermique*

Habituellement on effectue une stérilisation, par exemple trois heures à 95-98 °C à basse pression et une heure à 121 °C à haute pression pour des sacs d'un kg. Le temps de stérilisation est plus court pour des sacs plus petits.

#### ■ *Ensemencement et envahissement mycélien*

On utilise aussi bien le blanc sur sciure que sur grain ; il faut compter 10 g de blanc sur sciure pour un sac de 1 kg. L'envahissement mycélien est relativement rapide. Des bouteilles de 500 ml sont colonisées en 20 jours, et à Taïwan des sacs de 1,2 kg sont colonisés en 4 à 6 semaines. La température optimale pendant l'envahissement mycélien varie entre 20 et 30 °C. La croissance mycélienne sera stoppée au-delà de 35 °C.

#### ■ *Fructification*

Les températures de fructification dépendent en partie de la souche. A Taïwan, par exemple, une souche fructifiera à 20-28 °C, une autre entre 15 et 25 °C. Réduire la température ambiante stimule la fructification, cependant aucun choc thermique n'est nécessaire pour la formation des *primordia*. Quant à la lumière, elle ne doit pas être trop forte pour ne pas inhiber la fructification. Dès que les premiers *primordia* apparaissent, on retire les bouchons des bouteilles. En même temps, il faut maintenir une humidité élevée (85 à 90 %). Au bout de 10 jours environ, on ramasse les champignons quand ils sont encore blancs et commencent à libérer leurs spores. Les fructifications jaunes ont une moindre valeur marchande. Il faut tirer doucement les pieds pour qu'aucun morceau ne reste dans le substrat, car il pourrirait. Dans des sacs de 1,2 kg, la volée suivante apparaît deux ou trois semaines après. Des bouteilles plus petites donneront des *primordia* en 8 à 10 jours. A Taïwan le rendement d'un sac de 1,2 kg est de 20 g de champignons secs, approximativement 200 g de champignons frais.

### ■ Après-récolte

Les propriétés médicinales se conservent mieux lorsque les champignons sont vendus frais. Il est également possible de les faire sécher ; on veillera alors à ne pas briser les épines. Un autre procédé consiste à faire bouillir les champignons et à les conserver dans de la saumure (une solution très salée).

### ■ Ravageurs et maladies

Les contaminants usuels de la culture en sacs plastique se rencontrent aussi dans la culture d'*Hericium*. De plus, des fructifications de forme irrégulière peuvent apparaître. Les épines sont épaisses, irrégulières ou absentes, ou bien présentent une couleur anormale. Une gestion impropre des facteurs climatiques tels que la température et une trop forte concentration en CO<sub>2</sub> peuvent provoquer ces irrégularités.

#### a. Culture de têtes de singe près de Beijing

PHOTO N° 48

Champignons à tête de singe prêts à être récoltés



Au Nord de Beijing, près des fameuses tombes de la dynastie Ming, une unité de culture de champignons a été établie en 1989, avec l'appui du professeur Shen de l'Académie chinoise des sciences de l'agriculture. Douze ouvriers, dont un diplômé en agriculture, y produisent quatre sortes de

champignons : la *Volvariella* et le *Ganoderma* en été, le *Flammulina* en hiver et l'*Hericiium erinaceus* tout au long de l'année. Utilisant le classique cabinet d'inoculation chinois, la ferme produit aussi du blanc sur sciure dans des bouteilles à large col.

Cette étude de cas décrit la culture des champignons à tête de singe, *Hericiium erinaceus*.

■ *Substrat*

Le substrat est constitué de déchets de distillation d'alcool. Après fermentation des grains, le résidu s'avère utile à ce champignon. Sécher d'abord ce résidu, puis le compléter de 15 % de son de riz. Le mélange est mouillé de façon à atteindre une teneur en eau de 70 %, ce que l'on vérifie par le test d'essorage. Le substrat est ensuite minutieusement mélangé par deux machines successives, la dernière servant au remplissage des sacs. Le pH du substrat est relativement bas : 4,5 à 5,5.

■ *Remplissage*

Les sacs sont fabriqués à partir de gaines en plastique. Les extrémités sont fermées par une corde, l'une avant le remplissage, l'autre après. Chaque sac est rempli de 250 g de substrat mouillé puis placé dans un autoclave pendant deux heures.

■ *Ensemencement et envahissement mycélien*

Après refroidissement, les sacs sontensemencés par trois personnes : deux d'entre elles ouvrent puis referment les sacs, la troisième introduit le blanc à l'aide d'une cuillère. De cette manière on peut inoculer 1000 sacs par jour. Pour éviter la contamination, la cuillère est constamment nettoyée sous une flamme et le goulot des bouteilles est maintenu parfaitement propre. Une bouteille de 250 ml permet d'ensemencer 50 sacs de 250 g. Les sacs sont ensuite transportés dans une pièce chauffée (25 °C) pendant 15 jours. Dans ces petits sacs l'envahissement mycélien est rapide.

■ *Fructification*

Les sacs sont ramenés une fois encore à la salle de culture sous une humidité très forte (90 à 95 %) et ouverts. Au bout de 10 à 14 jours après l'ouverture des sacs, la première volée de champignons peut être récoltée. La seconde suit immédiatement.

■ *Rendement*

Le rendement total peut s'élever à 70 g par sac (28 %), en moyenne. Du fait de la petite taille des sacs, les champignons sont aussi relativement

petits. Ils se vendent plus cher que de gros champignons. La plupart sont vendus frais car, selon le Pr Shen, ils perdent leur valeur nutritive au séchage. Séchés, ils pèsent 9 à 10 % du poids frais. On fabrique un certain nombre de boissons à partir des fructifications.

Le *Flammulina* et le *Ganoderma* sont cultivés en sacs de 500 g. et la *Volvariella* sur plateaux de plastique.

## 9. AURICULARIA EN PETITS SACS PLASTIQUE STÉRILISÉS

Les oreilles de bois, que l'on cultive couramment en Extrême-Orient, sont exportées dans le monde entier. Les différentes espèces peuvent être facilement cultivées, de plus en plus souvent en sacs car les rondins deviennent rares. On peut espérer une expansion de la technique dans un futur proche. Mais ce champignon ressemble réellement à une oreille et son aspect comme sa saveur peuvent gêner les consommateurs occidentaux.

Trois espèces sont couramment cultivées : *Auricularia polytricha* (l'oreille de bois laineuse), *Auricularia fuscossuccinea* et *Auricularia auricula*. Il existe beaucoup d'autres espèces comestibles, dont *Auricularia delicata*, et *Auricularia emini*, rapportées des tropiques.

### a. Culture d'*Auricularia polytricha* à Taïwan

L'oreille de bois laineuse n'est que l'une des espèces communément cultivées à Taïwan sur petits sacs plastique stérilisés. Ces espèces sont vendues séchées pour la plupart. Une faible proportion est vendue fraîche sur les marchés et dans les supermarchés.

#### ■ Préparation du substrat

La sciure doit fermenter plus longtemps que dans le cas du shii-take, mais cela dépend en fait du type de sciure. Pour enrichir le substrat, on ajoute 2 à 20 % de son de riz. La préparation des sacs est la même que pour le shii-take. Le même équipement est utilisable (mélangeurs, machines à remplissage). Les sacs utilisés ont une longueur de 15 à 18 cm et un diamètre de 10 à 12 cm.

#### ■ Traitement thermique

Les sacs remplis sont passés à la vapeur aux alentours de 95 °C pendant 90 mn.

▪ *Ensemencement et envahissement mycélien*

On utilise habituellement du blanc sur sciure à raison de 10 ml de blanc par sac. Pendant l'incubation, la température doit être maintenue à 25-28 °C. Le mycélium va envahir totalement le substrat en quatre semaines environ.

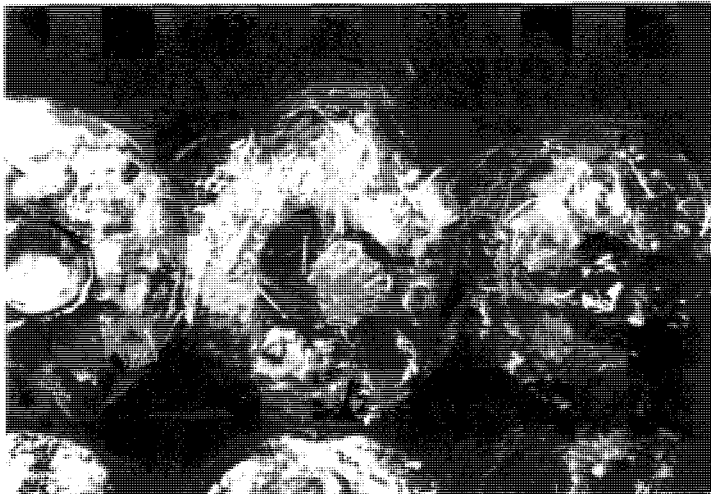
▪ *Fructification*

Des entailles dans les sacs permettent aux champignons d'émerger. Quelquefois, on découpe les extrémités. Attention à la manipulation des sacs car le substrat reste mou même après que le mycélium ait tout envahi. Attention à ne pas briser le mycélium, car il est très sensible aux cassures (de même que le mycélium de nombreux champignons dégradant le bois).

Il faut peu de lumière à l'intérieur de la maison de champignons. On peut escompter trois ou quatre volées et une récolte de 300 à 500 g de champignons par sac.

**PHOTO N° 49**

*Primordia d'Auricularia polytricha*



## PHOTO N° 50

Un mur d'*Auricularia*. L'*Auricularia polytricha* peut supporter une température plus élevée que l'*Hericium* ou le *Lentinus edodes*. On peut cultiver l'*Auricularia* sur étagères, mais pas le *Lentinus*.



#### b. *Auricularia auricula* sur balles de graines de coton

La province de Hebei (aux environs de Beijing) est l'un des principaux producteurs d'oreilles des bois noires (*Auricularia auricula*). Toutes les souches n'ont pas le même rendement ; certaines ont de meilleures performances sur rondins de bois, d'autres sur un substrat à base de sciure de bois ou de balles de graines de coton.

##### BLANC (POURCENTAGE POIDS)

70 %	copeaux de bois
10 %	balles de graines de coton
18 %	son de blé
1 %	canne à sucre
1 %	gypse

##### PRÉPARATION DU SUBSTRAT FINAL (POURCENTAGE POIDS)

93 %	balles de graines de coton
5 %	son de blé
1 %	canne à sucre
1 %	gypse

Mélanger les ingrédients avec soin, puis ajouter l'eau dans une proportion de 1:1,3 ou 1:1,4.

■ *Sacs plastique*

Utiliser des sacs plastique de 35 x 17 cm, et de 0,05 à 0,06 mm d'épaisseur. On remplit les sacs aux deux tiers, ce qui représente approximativement 250 à 300 g de matière sèche par sac. Tasser légèrement le substrat à la main, introduire une baguette pour réaliser un trou d'aération de 2 cm de diamètre. Puis glisser un anneau de plastique de 3,5 cm de diamètre et 3 cm de long autour de l'ouverture du sac et fermer par un bouchon de coton inséré dans l'anneau. Envelopper le col du sac dans un papier imperméable.

■ *Traitement thermique*

Stériliser sous une pression de 1,4 kg/cm<sup>2</sup> pendant une heure.

■ *Ensemencement et envahissement mycélien*

Une fois les sacs refroidis, ajouter une petite quantité de blanc (1 à 2 %). Laisser incuber à 24-26 °C pendant trente jours : le mycélium doit avoir envahi tout le substrat. Une lumière supérieure à 500 lux pendant l'envahissement mycélien provoquerait la formation prématurée de *primordia*.

■ *Fructification*

Exposer les sacs quelques jours à une lumière solaire diffuse pour amorcer la formation de *primordia*, puis retirer le bouchon de coton et l'anneau de plastique. Refermer les extrémités ainsi ouvertes en emballant les sacs de façon serrée. Percer dans le plastique huit trous d'un diamètre de 3 cm, à distance régulière. Un plus grand nombre de trous produirait de trop petites fructifications (du moins avec des sacs de cette taille), et réduiraient le rendement. Suspender les sacs à un fil de fer en forme de S, à l'intérieur de la maison de champignons. Maintenir la température entre 18 et 22 °C, ainsi qu'une humidité relative de plus de 85 %, et conserver 2000 lux de lumière solaire.

■ *Cueilte*

Il faut veiller à ne cueillir que les champignons mûrs sans endommager les *primordia*. On peut récolter environ 250 g de champignons frais par sac de 700 g environ de poids humide au moment du remplissage. Compter sur quatre volées : la seconde et la troisième sont les plus importantes.

■ *Rendement*

8,5 kg d'*Auricularia* séchés pour 100 kg de balles de graines de coton



séchées. Cependant, si la température se maintient à 12-15 °C les *primordia* naîtront mais ne mûriront pas. Entre 18 et 22 °C, ils formeront des champignons plus gros. Au-delà de 25 °C, les champignons, plus filiformes et plus grands, développeront souvent des fructifications atypiques.

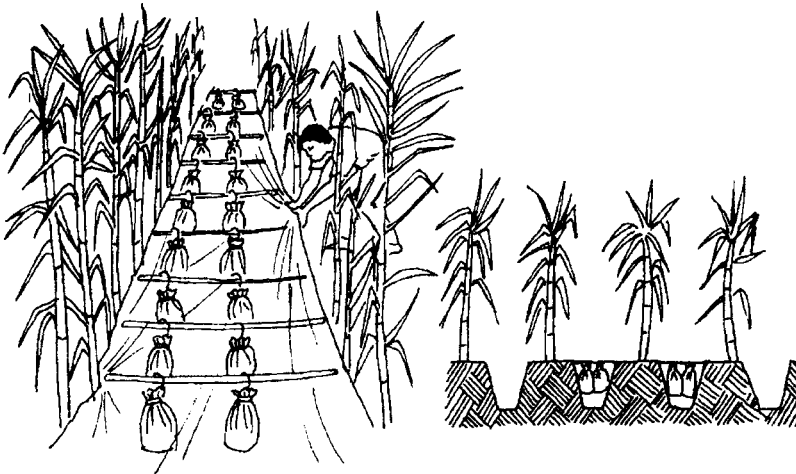
■ *Lumière*

La lumière agit sur la couleur, l'éclat et l'épaisseur des champignons. A 500 lux, les champignons seront blanc jaunâtre. A 750 lux, leur couleur sera brun-noir, et leur épaisseur de 0,14 cm seulement. A 3500 lux, leur couleur sera noir brillant, l'épaisseur de 0,18 cm. (Tiré de *Mushroom Journal for the Tropics*, 1988, Vol. 8, N°4)

**c. Culture intercalée de canne à sucre et *Auricularia***

Dans le Fujian, les fermiers utilisent le même modèle de sac que celui décrit dans l'étude de cas précédente. La distance entre les rangées de canne à sucre varie de 1 m à 1,50 m. Les racines de canne à sucre poussent sur des terre-pleins. Les sacs sont suspendus à des barres de bois. Un plastique est tendu au-dessus des sacs de façon à maintenir une humidité correcte. On pense que le CO<sub>2</sub> du mycélium stimule la canne à sucre.

FIGURE N° 53  
Culture mixte



#### d. Culture d'*Auricularia polytricha* aux Philippines

Le marché de l'*Auricularia auricula* (petite oreille de bois) est meilleur que celui de l'*Auricularia polytricha*. Par contre, les exigences thermiques de l'*Auricularia polytricha* correspondent mieux au climat des Philippines. La culture d'*Auricularia auricula* n'est possible que dans les régions relativement plus froides comme Baguio.

##### ■ Préparation du substrat (pourcentage de poids)

78 %	sciure blanche séchée au soleil ou légèrement brune
20 %	son de riz fin (première catégorie)
1 %	sucré
1 %	CaCO <sub>3</sub>

La sciure doit sécher pour atteindre un taux d'humidité de 15 à 18 %. Tamiser le son de riz de manière à supprimer les plus grosses particules, plus sensibles à la contamination. Peser les ingrédients du substrat, et bien mélanger le CaCO<sub>3</sub>, le son de riz et le sucre avant de les incorporer à la sciure. Les matériaux du substrat sec pèsent 100 kg au moins ; ce poids augmente de façon proportionnelle. Verser lentement de l'eau jusqu'à obtention d'une teneur en eau de 65 à 75 % (vérifier avec le test d'essorage).

##### ■ Fermentation

Entasser le substrat en formant des pyramides et le couvrir de plastique de façon à conserver son humidité. Laisser fermenter pendant cinq jours en pratiquant une retourné le troisième jour. Filtrer dans un tamis de 1,5 mm et briser les agglomérats qui se seraient formés pendant la fermentation. De trop grosses particules pourraient endommager les sacs plastique.

##### ■ Remplissage

Environ 1 kg de substrat par sac de 12 x 30 cm.

##### ■ Traitement thermique

Stériliser les sacs pleins pendant 1h30 ou semi-stériliser pendant 10 heures à une température tout juste inférieure à 100 °C.

##### ■ Ensemencement et envahissement mycélien

Utiliser une bouteille de 500 ml pour 50 sacs. L'envahissement mycélien nécessite environ un mois à 25-30 °C. Puis disposer les sacs en rangées comme représenté ci-dessus. Une maison de champignons de 5 m de large, 12 m de long et 4 m de haut peut contenir 2640 sacs répartis sur trois

étagères de la manière suivante : chaque rangée reçoit 55 sacs et on forme sur chaque étagère quatre rangées de quatre couches (880 sacs par étagère). Faire un trou en coupant le fond des sacs et retirer le bouchon de coton.

▪ *Fructification*

La température optimale de fructification de l'*Auricularia polytricha* est de 23 à 28 °C. Essayer de maintenir une température inférieure à 30 °C, en arrosant d'eau et en ouvrant la maison pendant la nuit. Les *primordia* développeront des fructifications en 7 à 10 jours. Récolter les champignons à la main en les faisant pivoter et en ne laissant aucun morceau dans le substrat.



# Traitements après récolte

Les champignons sont des denrées très périssables. Leur valeur peut être considérablement affectée par le flétrissement, l'excès de maturité, le ramollissement, des changements de saveur, de texture et de structure. Stockés à très basse température et emballés sous plastique, leur durée de vie après récolte peut être prolongée. Les traitements diffèrent légèrement selon les espèces. La plupart des essais ont été réalisés avec *Agaricus bisporus*. On dispose de peu d'informations sur les méthodes de conservation des autres champignons.

Nous nous intéresserons d'abord au marché en frais, puis nous présenterons succinctement les méthodes de conservation. Plusieurs méthodes ont été élaborées, avec des variations qui dépendent du marché destinataire, des moyens disponibles et de l'infrastructure. L'appertisation, le séchage à l'air, la conservation en saumure, la lyophilisation et la congélation sont les méthodes employées pour la conservation des champignons.

## 1. MARCHÉ EN FRAIS

La plupart des champignons destinés au marché en frais sont emballés sous film plastique et refroidis après récolte, pour des conditions de vente idéales. Le film plastique protège bien des pertes en eau, pour autant que la température reste à peu près constante. Si elle baisse, il y a condensation ; si elle s'élève, l'eau s'évapore. Les fluctuations de température provoquent le flétrissement des champignons.

### ■ *Agaricus*

Un refroidissement rapide avec circulation d'air humide immédiatement après la récolte est préférable. Les champignons conservés à 4 °C resteront frais pendant une semaine. On peut obtenir la concentration optimale en CO<sub>2</sub> (3 à 6 %) en les enveloppant d'un film plastique.

**PHOTO N° 51**

Emballage de pleurotes abalone pour le marché de frais  
(avec l'aimable autorisation de Tari).



▪ *Pleurotus sajor-caju*

Des essais ont démontré que placer les champignons à 8-10 °C dans des barquettes enveloppées d'un film polyéthylène perforé était efficace pour conserver les champignons frais pendant quatre jours.

▪ *Volvariella volvacea*

Sa température idéale de stockage est de 15 °C. A basse température (4 à 6 °C), les champignons se ramollissent rapidement. Emballés dans des sacs hermétiques, les champignons ne se conservent que deux ou trois jours. Ils se conservent quatre jours à 10 °C dans des sacs perforés. La perte de poids est alors de 10 % environ. Mais le stockage à 15 °C permet une meilleure qualité et conserve les champignons durant quatre jours également.

**a. Transport et emballage pour l'exportation**

▪ *Volvariella volvacea*

La Chine continentale exporte ses volvaires à l'état frais vers Hong-Kong, par bateau ou en train. Les récipients sont constitués de trois compartiments, celui du milieu reçoit les champignons, ceux des côtés contiennent de la glace. Exportés par avion, les champignons de Taïwan et de Thaïlande sont conditionnés en paniers de bambou avec un canal d'aération au milieu et de la neige carbonique enveloppée, placée au-dessus des champignons.

■ *Lentinus edodes*

Les importateurs de shii-take en Europe ont constaté qu'il est plus important de maintenir une bonne aération qu'une température correcte. En effet, on a souvent observé que le shii-take arrive en bon état lorsqu'il est expédié en conteneurs complètement isolés avec de la neige carbonique et maintenus à basse température. Mais au bout de quelques jours, devenu spongieux il est invendable. Par contre, correctement aérés, les champignons perdent plus de poids mais conservent leur qualité. Disposés dans des caissettes à claire-voie de 40 cm de long, 30 cm de large et 11 cm de haut (2 kg par caissette), on peut expédier, par avion, 500 kg de champignons en conteneur muni lui aussi de trous d'aération. Grâce au poids du chargement, le conteneur ne se réchauffe que lentement. Il suffit de le refroidir dès sa sortie de l'avion.

Les pertes de poids des trois premiers jours peuvent représenter 6 à 7 %, et même atteindre 10 % au bout d'une semaine.

Notons toutefois que la qualité n'est pas une notion objective. Les shii-take que l'on trouve dans les supermarchés de Taïwan sont très serrés dans l'emballage et sentent un peu le fermenté. Le consommateur est accoutumé à cette odeur, il n'est donc pas nécessaire de modifier ce conditionnement. En Europe, le shii-take ayant perdu un peu d'eau sera mieux accepté.

## 2. MÉTHODES DE CONSERVATION

L'objectif de la conservation est de garder la qualité nutritionnelle d'un produit pendant une plus longue période. Plus le champignon est frais, meilleure est sa qualité nutritionnelle ; quant aux qualités gustatives, elles sont parfois améliorées par certaines méthodes de conservation. Les principes de conservation fondamentaux diffèrent selon les techniques employées.

Dans la conserve en bocaux, les champignons sont stérilisés et protégés des contaminants. Le séchage et la salaison réduisent tous deux le pourcentage d'eau et par conséquent ralentissent le développement des micro-organismes. La congélation réduit également la vitesse de croissance des micro-organismes.

Le marché du champignon dépend de la transformation. Le marché des champignons en bocaux de verre progresse constamment, alors que le marché du shii-take séché se développe difficilement dans les pays occidentaux. Les champignons lyophilisés, par contre, peuvent être utilisés dans les préparations de soupes instantanées. Les coutumes locales et les ressources disponibles déterminent la méthode à employer. Mais toutes les méthodes ne s'appliquent pas également à tous les types de champignons.

CHAMPIGNONS ET MÉTHODES DE CONSERVATION COURANTES

	CONSERVE	SÉCHAGE	LYOPHILISATION	CONGÉLATION	SAUMURE
Agaricus	x	-	x	x	x
Lentinus	-	x	-	x	-
Auricularia	-	x	-	-	-
Flammulina	x	-	x	x	-
Volvariella	x	x	x	-	x
Hericium	x	x	x	x	x
Ganoderma	-	x	-	-	-
Pleurotus	-	x	x	x	-

(seul *Pleurotus cystidiosus/abalonus* peut être mis en conserve)

x = méthode de conservation appropriée

a. Conserve en boîte

La conserve en boîte demeure la technique principale pour *Agaricus*, *Volvariella* et *Pleurotus cystidiosus/abalonus*. *Agaricus bitorquis* est moins adapté à la conservation en éléments entiers, il est généralement découpé en tranches.

PHOTO N° 52

Conditionnement pour le marché en frais de champignons sur paille de riz.



La mise en conserve modifie la saveur, mais le produit dure longtemps et peut être expédié par bateau à bas prix. Il est important de respecter la durée exacte de stérilisation pour empêcher la croissance de la bactérie anaérobie



*Clostridium botulinum*. Les normes de conservation (maturité du produit, hygiène de la conserverie, etc.) diffèrent d'un pays à l'autre.

▪ *Nettoyage*

Trier et calibrer les champignons. Enlever les taches et les défauts. La tourbe noire du gobetage doit être parfaitement retirée à l'eau. Pour empêcher les champignons de noircir, on peut ajouter à l'eau 0,1 % d'acide citrique ou 0,3 % de métabisulphite de sodium.

PHOTO N° 53

Contrôle de la qualité du champignon de couche avant la mise en conserve (avec l'aimable autorisation de Tari).



▪ *Blanchiment*

On cuit les champignons dans une eau contenant 1 % de chlorure de sodium et quelquefois de l'acide citrique, à une température de 95 à 100 °C.

▪ *Mise en conserve*

Les champignons blanchis sont mis en boîte dans une saumure composée de l'eau du blanchiment et d'une tablette de sel. Les boîtes sont alors scellées.

▪ *Stérilisation*

Deux méthodes sont possibles : un procédé en continu avec des brûleurs à gaz sous le tapis roulant portant les boîtes ; un procédé de traitement par lots dans un autoclave.

■ *Le refroidissement*

Le refroidissement évite un excès de cuisson.

■ *Etiquetage et emballage*

Quand la température est redescendue à 35-40 °C, les étiquettes peuvent être collées sur les boîtes ou les bocaux.

La capacité minimum d'une conserverie est de 250/500/1000/1500 kg de champignons frais à l'heure. De plus petites quantités peuvent être mises en boîtes avec des installations familiales.

Au cours de la mise en conserve, le produit perd 40 % environ de son poids frais. Certains traitements avant conserve, comme la mise sous vide des champignons, peuvent atténuer cette perte. Ce procédé élimine les gaz à l'intérieur des champignons en faisant le vide d'air au-dessus des champignons immergés. On note un gain de 5 % environ pour *Agaricus bisporus* catégorie 1, avec une durée d'évacuation de 5 minutes.

Les boîtes en fer sont le plus couramment utilisées, en particulier pour les catégories les moins chères. Cependant, de nombreux consommateurs préfèrent la présentation en bocaux de verre. Mais le verre est lourd et son utilisation est de ce fait limitée à une consommation locale.

Dans la production d'*Agaricus*, on distingue les catégories suivantes : entier, bouton, tranches, morceaux et pieds.

Il est important de se conformer aux réglementations du pays auquel le produit est destiné. On peut obtenir les spécifications concernant les modes d'emballage, le diamètre des chapeaux, le poids humide, le poids égoutté, les conservateurs et le volume, auprès de la FDA (Food and Drug Administration) aux Etats-Unis et auprès de la Communauté européenne.

Les volvaires sont mises en conserve entières ou émincées. La conserve en boîte de *Volvariella* pose certains problèmes. Les boîtes ont été gâtées par une odeur aigre, fade, sulfureuse. Pour les cas étudiés, les causes éventuelles suivantes ont été évoquées :

– Le dénombrement initial de spores bactériennes s'élevait à 10<sup>3</sup> ou même 10<sup>4</sup> par gramme chez *Volvariella*, et à seulement 7 ou 8 par gramme pour *Agaricus*. Cette quantité élevée de spores peut être due à une mauvaise coupe, ou à la présence de fragments de paille, de terre ou de déchets de coton accrochés aux champignons.

– L'épaisseur des tranches était irrégulière. En conséquence, la pénétration de la chaleur dans le produit ne pouvait être homogène et la stérilisation fut sans doute incomplète.

– Température de stérilisation trop basse et durée trop courte. Avant

qu'on ne découvre des boîtes avariées, la norme fixait une heure à 121 °C. Plus tard, certaines usines ont augmenté la température de stérilisation à 130 °C. Mais la qualité du produit s'en est trouvée diminuée.

Le refroidissement des boîtes à l'eau peut introduire des contaminations si les boîtes ne sont pas parfaitement scellées.

Si les boîtes ne sont pas stérilisées immédiatement après le blanchiment, le nombre de microbes augmente très fortement.

## **b. Saumurage**

*Les avantages du saumurage sont les suivants :*

- la méthode est facile à mettre en oeuvre ;
- la forme et la texture d'origine sont relativement bien conservées ;
- la méthode convient à de nombreux champignons.

*Ses inconvénients sont les suivants :*

- le prix de vente est inférieur à celui des champignons en conserve ;
- une longue période de dessalage est nécessaire.

Le saumurage est une méthode de conservation fondée sur le principe de la limitation de l'eau. La forte concentration en sel de la solution de traitement empêche la croissance de micro-organismes. Le nombre élevé de molécules de sel dans la solution augmente la pression osmotique. Privés d'eau, les spores ne peuvent pas germer. La fabrication des sirops repose sur le même principe.

La concentration de la solution saline est proche de 18 %. Ajouter 180 à 250 g de sel par litre d'eau. La solution de saumure doit être égale à la moitié du volume des conteneurs. L'eau est portée à ébullition, puis agitée jusqu'à dissolution du sel. Laisser refroidir la saumure avant utilisation.

Comme pour la mise en conserve, les champignons doivent être nettoyés. Il faut les blanchir dans une solution de 5 % de sel, pendant 5 mn après ébullition. Egoutter et refroidir les champignons. Les disposer en couches en couvrant chaque couche de la saumure refroidie. Protéger avec une gaze propre ou fermer le conteneur. Tous les champignons doivent être totalement immergés dans la saumure.

Il faut dessaler les champignons avant usage. Certains champignons sont exportés saumurés des pays en développement vers des conserveries d'Europe ou des Etats-Unis. Arrivés à destination, les champignons sont dessalés et mis en bocaux ou en boîtes. Les champignons en saumure sont moins appréciés du consommateur, car le dessalage peut prendre un temps considérable (de deux heures, si l'on change souvent l'eau, jusqu'à deux jours).

▪ *Saumurage du champignon à tête de singe*

Retirer le pied car il a un goût très amer. Laver les champignons à l'eau claire. Les faire bouillir dans une solution d'acide citrique à 1 %. Puis les plonger dans de l'eau froide pour les refroidir. La quantité de sel égale 25 % du poids des champignons. On dispose une couche de champignons dans le conteneur, puis une couche de sel, puis une autre couche de champignons, et ainsi de suite jusqu'à ce que le conteneur soit plein. On tasse ensuite les champignons pour s'assurer que le sel les recouvre tous. Il faut rincer plusieurs fois les champignons avant de pouvoir les consommer.

**c. Séchage**

Le séchage est fondé sur le même principe de réduction d'eau. Il a plusieurs avantages : il est facile, rapide et sain. Les champignons se conservent longtemps. Par contre, toutes les espèces ne le supportent pas. Exception faite des champignons mentionnés dans le tableau précédent, de nombreux champignons sauvages sont couramment vendus séchés. Parmi ceux-ci le *Boletus edulis*, toutes les sortes de morilles (*Morchella*), et les chanterelles noires.

Cette technique de conservation, la plus ancienne, est essentiellement employée dans le cas du *Lentinus*. Le goût du champignon shii-take est amélioré par le procédé de séchage, tout comme celui des pleurotes. Mais le marché des pleurotes séchés est plus limité que celui du shii-take.

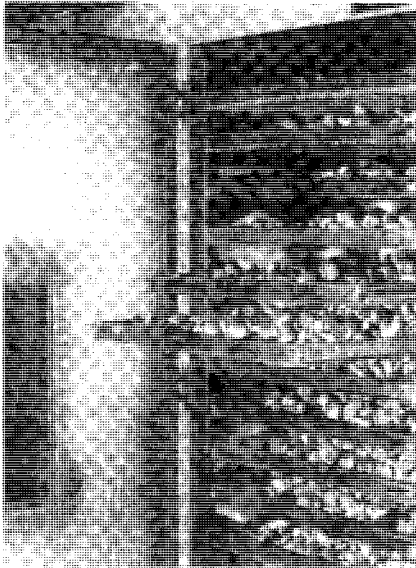
Pendant le séchage, surveiller les points suivants:

- les champignons ne doivent pas se toucher ;
- la circulation de l'air est très importante : poser les champignons sur une grille métallique ;
- la zone qui entoure le four de séchage doit être bien ventilée de manière à fournir de l'air frais sec, et permettre l'évacuation de l'air humide.

Après le séchage, les champignons doivent demeurer relativement souples. Un séchage long est bien plus sûr qu'un séchage rapide à forte chaleur, car à haute température, les champignons grillent. Si les champignons frais sont très humides, la température initiale ne devra pas être trop basse, car ils risqueraient de pourrir. Ceci est particulièrement vrai pour les gros champignons non émincés.

PHOTO N° 54

Armoire de séchage (avec l'aimable autorisation de Tari)



#### ■ Séchage artificiel

Les séchoirs rotatifs sont destinés à une production de masse. Pour le shii-take, la température initiale de 30 °C sera augmentée de 1 ou 2 °C toutes les heures. Au bout de 12 à 13 heures, la température doit atteindre 50 °C. Pour finir, les champignons sont chauffés à 60 °C pendant une heure de façon à favoriser l'éclat de leur chapeau. Une fluctuation dans la température de séchage pourrait provoquer un flétrissement du chapeau.

Pour le séchage artificiel du *Tremella*, la température initiale sera de 30 °C. Quand la surface du champignon est sèche, on augmente graduellement la température à 48-60 °C. En 24 heures, les chapeaux seront secs.

#### ■ Séchage au soleil

La qualité des shii-take séchés au soleil est généralement moins bonne. Leur taux d'humidité est plus élevé et les champignons se conservent moins longtemps que par séchage artificiel. On peut sécher la *Volvariella* au soleil, après l'avoir coupée en deux longitudinalement, puis en l'exposant au soleil sur un sol bétonné. On fait sécher *Auricularia* de la même façon que *Volvariella*, mais elle n'a pas besoin d'être coupée en morceaux.

#### **d. Congélation**

La congélation préserve bien le goût et la consistance. Elle exige toutefois un bon réseau de transport en conteneurs froids. On peut ainsi conserver les champignons pendant au moins trois mois. Un grand nombre de consommateurs considèrent que les champignons congelés sont plus faciles à préparer. La méthode de congélation rapide donne un produit plus blanc, améliorant ainsi l'aspect des champignons. Les champignons sont transportés à travers un tunnel dans lequel ils sont refroidis à la vapeur d'azote à  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Si l'on dispose d'azote liquide, la dépense d'énergie se limitera au fonctionnement des ventilateurs, tapis roulants, etc. Les capacités moyennes de tels équipements varient de 500 à 100 kg à l'heure.

Les inconvénients de cette méthode de conservation sont les suivants :

- elle demande un investissement important ;
- une couche d'eau se forme autour des champignons blanchis, empêchant une congélation régulière ;
- le procédé de congélation et le transport de la ferme au marché nécessitent un équipement spécial. Ce marché doit se développer en France et en Italie où l'on trouve dans les supermarchés, depuis un certain temps déjà, des champignons congelés, cultivés ou sauvages. Dans d'autres pays, la distribution de produits congelés se limite essentiellement aux grands consommateurs. La congélation a peu de perspectives dans les pays en développement.

#### **e. Lyophilisation**

Le procédé de lyophilisation consomme beaucoup d'énergie, mais ne nécessite pas de conteneurs froids pendant le transport. Le goût et la saveur sont bien conservés mais l'investissement en équipement est important. Ce sont les coûts en énergie qui déterminent l'intérêt de la lyophilisation. Les champignons doivent être nettoyés et congelés dans un conteneur fermé à  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . L'eau glacée est transformée en gaz sans passer par l'état liquide. Le procédé consiste à élever doucement la température pendant 10 à 12 heures sous vide très prononcé ( $66,2\text{ Pa} = 0,5\text{ mmHg}$ ). Le coût élevé d'énergie pour maintenir le vide limite l'intérêt de la méthode. Par ailleurs, si les champignons ainsi traités perdent presque toute leur eau, il est recommandé de ne pas abaisser le taux d'humidité au-dessous de 7 % ; au-delà, les graisses commencent à s'oxyder et à sentir le rance. Les produits lyophilisés ressemblent beaucoup aux produits frais, mais leur densité est dix fois plus faible. Ils sont cassants et doivent être emballés dans des boîtes solides. Pour une longue durée, ils sont conservés dans l'azote.

Plongés dans l'eau, les produits lyophilisés retrouvent 80 % de leur teneur en humidité initiale, et leur saveur augmente. La plupart des champignons lyophilisés sont vendus en lots de 200 litres à l'industrie alimentaire (le produit peut être utilisé dans les soupes instantanées). Les meilleures conditions de stockage sont une température de 15 °C et une atmosphère sèche.





# ANNEXES



# Ravageurs et maladies : détection et contrôle

Tous les champignonnistes sont tôt ou tard confrontés aux ravageurs et aux maladies. Il convient de savoir les identifier et d'essayer de trouver à quel stade ils se sont introduits. Si l'on connaît le cycle de vie du ravageur, on peut prendre les mesures appropriées. La présence de certains ravageurs résulte d'une préparation impropre du substrat, ou d'une mauvaise conduite de l'opération de fructification. Dans tous les cas, des mesures d'hygiène strictes seront essentielles. Si l'on détecte les ravageurs à un stade précoce, les dégâts pourront être limités. Si l'on permet aux contaminants de se développer davantage, ils augmenteront de façon considérable la charge infectieuse de l'exploitation.

## 1. HYGIÈNE

On peut mettre en place les mesures prophylactiques suivantes :

1) Démarrer la cueille des champignons sur les substrats jeunes non infectés et terminer sur les plus vieux.

2) Stériliser les paniers de récolte à usages multiples, les conteneurs à champignons ou à substrat avant réutilisation. On peut utiliser des solutions à 2 - 4 % de penta-chlorophénate de sodium, 1 % d'hypochlorite ou de formaldéhyde à 2 %.

3) Maintenir les portes et fenêtres fermées, utiliser un grillage à mailles métalliques pour empêcher les insectes d'entrer dans les chambres de culture et de transmettre les maladies.

4) Evacuer toujours le compost épuisé à une distance considérable de la ferme. Les substrats fortement infectés doivent être brûlés.

- 5) Retirer du substrat les *primordia* non développés.
- 6) Maintenir le sol de la chambre de culture aussi propre que possible. Balayer immédiatement après la cueille.
- 7) Ne pas laisser les pieds coupés dans la chambre de culture. Les utiliser pour l'alimentation des cochons avant qu'ils ne s'abîment, ou les jeter aux ordures à distance de la ferme.
- 8) Ne pas toucher de carpophores malades pendant la cueille. Les ramasser à la fin de la cueille et les éliminer immédiatement.

Ces mesures d'hygiène sont les premières à adopter lorsque surgit une infection. En outre, le coût en pesticides diminuera si on applique des mesures prophylactiques correctes.

## 2. MESURES DE CONTRÔLE

L'essentiel de la recherche dans ce domaine s'est porté sur *Agaricus bisporus*. Il est donc difficile d'obtenir des informations détaillées concernant d'autres champignons. La liste suivante établit la cause de la plupart des maladies courantes ; dans la mesure du possible, nous indiquerons les méthodes de contrôle. Ces informations sont issues des centres de recherche de Hollande, de Belgique et de Taïwan ainsi que des pratiques courantes aux Philippines et en Chine.

### a. Insectes

ESPÈCES D'INSECTES		CHAMPIGNONS AFFECTÉS
Lycoriella	mouches sciarides	tous les champignons cultivés
Megaselia	mouches phorides	tous les champignons cultivés
Lepidocyrtus	colembolés	champignons cultivés en extérieur
Achorutes	colembolés	champignons cultivés en extérieur

Les insectes sont attirés par l'odeur du mycélium ou du champignon ; ils creusent des tunnels dans les champignons ou entravent la croissance mycélienne. Les moyens de lutte contre les insectes seront d'abord préventifs. Un grillage métallique empêche la plupart des insectes de pénétrer dans la maison de culture. Les sacs plastique stérilisés sont étanches et moins facilement contaminés par les mouches. Un plastique jaune enduit de glu aide à déceler la présence de mouches et leur stade de développement. On met

alors en rapport le nombre de mouches et l'importance de la baisse de rendement. Si un certain seuil est dépassé, il faut mettre en oeuvre d'autres méthodes de lutte, en particulier les pesticides.

La plupart des pesticides hautement toxiques comme le penta-chlorophénate de soude et l'endosulphan ont été interdits. Les pesticides suivants sont autorisés aux Pays-Bas dans la culture d'*Agaricus* :

- *Diflubenzuron* : le Dimilin (Duphar) n'est pas toxique et stoppe le développement des larves. Il a un effet durable et peut être appliqué en prévention au substrat ou à la terre de gobetage.
- *Marques à base de Diazinon* : Luxan, Basudine, Diazinon.
- *Marques à base de Dichlorvos* : Nogos, Nuvan, Vapona, Dede vap, Benfos, Bibisol, Canogard, Coopervap, Devipan, Dyvos, Erasekt, Mafu, Marvex, Mutox, Nutrax, Phosvit, Roxo.
- *Sulfotep* : (bladafum) est un insecticide hautement toxique.

Les insecticides suivants appartiennent tous à la famille des pyréthroïdes :

- *Malathion* : est un insecticide non systémique. Il est moins toxique que le parathion. Sa demi-vie est d'un mois (il perd la moitié de son activité). Il est largement utilisé dans les pays tropicaux en raison de son faible coût. Noms de marques : Carbofos, Cythion, Maldison, Malathon, Mercaptation.
- *Cyperméthrine* : les noms de marques aux Pays-Bas sont : Cymbush, Luxan Cypermethrin, et Polythrin.
- *Deltaméthrine* : noms de marques : Decis Flow 25, Deltamethrin Flow 25, Parimco Deltamethrin EC.

## b. Termites

S'enquérir de la présence éventuelle de termites avant de commencer une culture. Si des termitières se trouvent à proximité des couches, on peut utiliser les pesticides suivants pour les maîtriser. Mais une pratique plus saine vis-à-vis de l'environnement consisterait à réaliser une construction qui empêche les termites de pénétrer dans les couches.

- *Fenvalerate* : pyréthroïde de Sumitomo Japon (Goldcrest Tribute).
- *Cyperméthrine* : pyréthroïde d'ICI, RU (Cyperator).
- *Perméthrine* : pyréthroïde d'ICI, RU, aussi développé par Shell, Mitchell Cots, Ciba.
- *Geigi Brand* : (Imperator).
- *Chlorpyrifos* : ester de phosphore de Dow Chemical, Bénélux, Antwerpen Belgique. Chlorpyrifos est un pesticide utilisé dans le monde entier.

### c. Acariens

Les acariens sont particulièrement actifs sur les champignons concurrents des substrats pasteurisés. Ils peuvent aussi gêner le substrat stérilisé en petits sacs en introduisant des spores de champignons et en se nourrissant du substrat. Une fois que les acariens se sont introduits, ils sont difficiles à maîtriser. Faire en sorte que les autres cultures ne soient pas infectées en se débarrassant du substrat contaminé aussi vite que possible. Les acariens peuvent aussi provoquer des irritations chez les cueilleurs. Dans certains pays, les champignons mis en vente doivent être dépourvus d'insectes et d'acariens. Ils sont difficiles à éliminer des champignons récoltés.

- *Dicofol* : noms de marques : AA Kelthane AP, Duphar Kelthane AP.
- *La chaux* : des pulvérisations de chaux peuvent contrôler les acariens, mais il ne faut pas la pulvériser directement sur le substrat.
- *Malathion* : (voir noms de marques plus haut).

### 3. CONTAMINANTS ET MALADIES FONGIQUES

CONTAMINANT	ESPÈCE AFFECTÉE	DOMMAGES	MESURES
<b>Cladobytrum variospermum, Cladobytrum ladobytrum et Cladobytrum dendroïdes (moisissures toile d'araignée)</b>	Flammulina velutipes, Pleurotus sp. Agaricus sp.	La moisissure toile d'araignée parasite le mycélium. Elle se développe très vite à la surface du substrat, abîmant rapidement les champignons. Elle s'étend à l'hyphe aérienne, aux cueilleurs et aux mouches.	Fongicides (le panmush peut les contrôler efficacement aux dilutions de 1/5000 à 1/8000).
<b>Cladobytrum apiculatum</b>	Pleurotus sp.	Provoque une putréfaction molle des fructifications.	Ces spores sont présentes dans le sol de façon courante, prendre des mesures d'hygiène.

CONTAMINANT	ESPÈCE AFFECTÉE	DOMMAGES	MESURES
<b>Gliocladium sp.</b>	Pleurotus sp.	Provoque une décoloration et une putréfaction des fructifications.	Spores probablement présentes dans le substrat pendant la colonisation.
<b>Penicillium sp.</b>	Pleurotus sur substrat pasteurisé, tous les champignons cultivés en sacs plastique.	Concurrents pour les éléments nutritifs, pénètrent pendant ensemencement sous conditions non hygiéniques ou bien encore présents dans le substrat après un traitement thermique insuffisant.	
<b>Paecilomyces variotii moisissure verte</b>	Toutes les espèces habitant le bois.	Inhibe temporairement la croissance mycélienne.	Résistant à la chaleur jusqu'à 80 °C.
<b>Chaetomium sp. (moisissure vert olive)</b>	Agaricus, Pleurotus sur substrat pasteurisé.	Indique des conditions anaérobies pendant la pasteurisation ou la colonisation, excrète des métabolites toxiques.	Maintenir conditions correctes pendant la préparation du substrat.
<b>Coprinus sp.</b>	Agaricus, Volvariella, Pleurotus sur substrat.	Provoqué par forte teneur en azote (ammoniacque) dans le substrat, ou traitement thermique inadapté au Pleurotus, une température trop élevée pour la Volvariella provoquera aussi la croissance des coprins.	

CONTAMINANT	ESPÈCE AFFECTÉE	DOMMAGES	MESURES
<b>Mucor sp.</b> ( <b>moisissure</b> <b>à épingle</b> <b>noire</b> )	Concurrents du substrat pour tous les champignons dégradant le bois, apparaît aussi bien dans les substrats pasteurisés que stérilisés.		Traitement thermique approprié, mesures d'hygiène, fongicides.
<b>Sibrina fungicola</b>	Pleurotus sp.	Provoque une putréfaction de certaines parties des fructifications.	Mesures d'hygiène, fongicides.
<b>Trichoderma sp.</b> ( <b>T. reesei, T. aeroviride, T. harzianum, T. pseudokoningii, T. viride, T. hamatum</b> )	La plupart des champignons cultivés.		Fongicides, mesures d'hygiène.

Le plus courant des contaminants se développe dans la nature sur des substrats similaires à ceux des champignons cultivés. Il est le contaminant principal dans la culture sur rondins, culture en sacs stérilisés, et culture pasteurisée des champignons de bois. Il se développe aussi sur les restes de champignons récoltés, et sur les *primordia* non développés et morts. Les spores de *Trichoderma* sont collantes et les insectes et acariens les transportent facilement dans des zones non encore infectées. Quelquefois le *Trichoderma* se développe sur les parties les plus humides des substrats de shii-take pasteurisés. Découper simplement le plastique pour laisser l'eau s'évaporer. Les substrats infectés par le *Trichoderma* attirent les mouches bien plus que le mycélium de shii-take.



CONTAMINANT	ESPÈCE AFFECTÉE	DOMMAGES
<b>Peziza sp.</b> <b>Pezizes</b>	Pleurotus sp.	Concurrents pour les éléments nutritifs, forment des fructifications typiques.

<b>Diehliomyces microsporus</b> <b>(maladie de la fausse truffe)</b>	Agaricus sp.	Dans le compost, si la température est trop élevée. Peut survivre à une pasteurisation sur étagères de bois.
---	--------------	--

Traiter les points contaminés avec une solution de formol à 2 % et couvrir de plastique. Désinfecter les étagères de bois. Chauffer la chambre de culture à 70 °C pendant 12 heures.

<b>Monilia sp.</b> <b>Neurospora sp.</b> <b>(moisissure orange)</b>	Surtout dans la culture en sacs plastique stérilisés.	Les spores pénètrent si le bouchon de coton s'est humidifié à la stérilisation.
---	---	---

Vérifier l'écoulement de l'air dans la chambre de stérilisation et essayer d'empêcher la vapeur d'humidifier les bouchons ; on peut aussi rabattre les bouchons vers le bas en les recouvrant de plastique ; ou encore empiler les sacs en position horizontale, ou utiliser une chaleur sèche pour la stérilisation (dans ce dernier cas, il faudra adapter la durée de stérilisation).

<b>Verticillium fungicola</b> <b>(maladie de la môle sèche)</b>	Agaricus, Pleurotus	Une infection précoce provoque des boursouflures du tissu, une infection plus tardive produit des zones de dépression décolorées sur les fructifications.
--	------------------------	---

<b>Mycogone perniciosa</b> <b>(maladie de la môle humide)</b>	Agaricus	Fongicides.
--	----------	-------------

Les spores de cette moisissure peuvent être apportées par la terre de gobetage ou par l'arrosage ; elles sont également transmises par les mouches, les moucheron ou par le personnel. Cette moisissure ne pousse pas sur le compost. Elle est sans forme, duveteuse, et devient brun-crème à un stade ultérieur.

Les môles sèches et humides peuvent être contrôlées avec du carbendazim, du benomyl, du Chlorthalonil (noms de marques : Daconil 2787, Agrichem Chlorthalonil), le Prochloraz (nom de marques : Sporgon) et le Thiofanate-méthyle (Topsin-M).

Les champignons concurrents pour les éléments nutritifs peuvent être contrôlés au panmush, au bénomyl, (benlate), ou au thiophanate-méthyle, à la vinclozoline, au prochloraz, au carbendazim (Derosal). Utiliser 20 à 50 ppm pendant ou après humidification du substrat. Les champignons affectant les fructifications peuvent être contrôlés en pulvérisant des fongicides (bénomyl ou thiophanate-méthyle, vinclozoline, prochloraz, iprodione, chlorthalonil). Le pourrissement des carpophores est généralement dû à un arrosage excessif. De même, les *primordia* abîmés lors de la cueille de champignons plus avancés, n'arrivent pas à maturité et pourrissent.

(Noms de marques du Benomyl 50 DF : Agrichem Benomyl, Benlate, Benlate 50 DF, Benomyl Van Eenennaam, Zungo Benomyl. Benomyl 75 DF : Benlate 75 DF. Noms de marques du Carbendazim : Bavistin, Myocarb, Delsene, Derosal.)

Une mesure d'hygiène générale consiste à nettoyer instruments, machines, etc., avec une solution de formaldéhyde à 2 %. Le panmush est un fongicide très utilisé au Japon et à Taïwan. Son composant actif est le 2-(4-Thiazolyl)-benzimidazole. Les autres noms comprennent : le Mertec-340, le Penmush Y 101, le Tecto 45, le Tecto 60. Les dosages pour des sacs de 1 kg de sciure sont de 0,2 gramme si l'on utilise un composant actif à 60 % poids/poids. Le fongicide doit être mélangé d'abord à une petite quantité de substrat, par exemple aux additifs (48 g de panmush pour 24 kg d'additifs) ; ajouter à la matière principale du substrat, et bien mélanger encore.

Si une contamination se produit dans les sacs stérilisés, essayer de déterminer si celle-ci est due à une stérilisation impropre, à des fissures dans les sacs, à des conditions non hygiéniques pendant l'ensemencement, ou à des conditions défavorables (telles que des températures trop élevées) pendant la colonisation.

### **Champignons concurrents sur rondins de bois**

Une liste des champignons concurrents de la culture sur rondins est donnée dans le paragraphe sur le shii-take. Le contrôle de l'humidité pendant la colonisation, et le choix de souches vigoureuses permettent de limiter la contamination des rondins.

#### 4. LES BACTÉRIES

CONTAMINANT	ESPÈCE AFFECTÉE	DOMMAGES/CAUSES	MESURES
<b>Bacillus sp.</b>	Tous les champignons vivant sur le bois, cultivés sur milieux stériles ou pasteurisés.	Réduisent la croissance mycélienne ; les bactéries deviennent actives quand le substrat est trop humide (forte activité d'eau libre) et si la stérilisation n'a pas été conduite correctement. Certains bacilles forment des spores qui résistent à plus de 100 °C.	Préparation correcte du substrat, vérifier la salle de stérilisation pour d'éventuelles pertes de chaleur, provoquer la diminution des hydrates de carbones assimilables dans les substrats pasteurisés (par ex. en conditionnant ou en modifiant la composition du substrat).
<b>Pseudomonas tolaasii</b> (tache bactérienne)	Agaricus principalement, mais parfois aussi Pleurotus et Lentinus.	La surface des champignons devient marron, les rendant plus difficiles à vendre.	Contrôle de l'humidité : sécher les champignons en ventilant fortement pendant les deux heures qui suivent l'arrosage. Si des infections importantes se produisent chez Agaricus, arroser avec une solution à l'eau de Javel. Lentinus et Pleurotus doivent être récoltés à temps, pour éviter que les chapeaux ne se touchent et constituent des zones à humidité excessive.

## 5. LES VIRUS

Plusieurs particules pseudo-virales ont été détectées chez *Agaricus bisporus*, *Lentinus* et *Pleurotus*. La maladie virale est bien connue dans la production d'*Agaricus*, et décrite dans de multiples publications. Seul symptôme parfois, une faible récolte. Dans les cas les plus graves, des couches entières ne produisent que quelques carpophores déformés. Les malformations de *Pleurotus ostreatus* et de *Pleurotus pulmonarius* sont rarement étudiées. Or les virus (de forme sphérique) peuvent provoquer des déformations qui font ressembler leurs chapeaux à des choux-fleurs.

Chez *Lentinus edodes*, un stipe élargi et une torsion du chapeau peuvent signifier la présence de virus. Ceux du *Lentinus* détectés par le professeur Pope étaient en forme de bâtonnets allongés.

Les maladies à virus sont facilement transmissibles par les spores (malades) des carpophores. C'est pourquoi il faut absolument cueillir les champignons avant l'ouverture des chapeaux (chez *Agaricus bisporus*), ou dès qu'il apparaît que les champignons sont infectés.

Il faut éviter des facteurs écologiques susceptibles de stresser le mycélium tels que de hautes températures ou un substrat très comprimé et trop humide.

Les virus peuvent être décelés dans le blanc, aussi normal soit-il en apparence. Le blanc doit être préparé à partir de champignons sains, ou d'une souche certifiée. On peut difficilement garantir qu'un blanc n'est pas virosé. Tous les fabricants de blanc ont des problèmes dans ce domaine.

Quand on cultive un champignon d'une manière intensive, les virus peuvent se manifester si l'hygiène est insuffisante.

*Agaricus bitorquis* est considéré comme résistant aux virus.

Certaines souches de *Pleurotus*, résistantes aux virus, sont peu productives et ne poussent qu'à des températures faibles.

(Ces renseignements ont été gracieusement fournis par le Pr Pope, de l'Université de Gand, en Belgique.)

## **6. MESURES DE PROTECTION POUR L'UTILISATION DES PESTICIDES**

Manipuler les produits chimiques avec un maximum de précaution. Certains pesticides sont toxiques, même à très faible dose. Prendre les précautions suivantes :

### **a. Stockage**

- 1) Stocker les pesticides dans un lieu réservé à cet usage, qui puisse être fermé correctement.
- 2) Ne pas entreposer d'autres marchandises à cet endroit, en particulier de la nourriture, du fourrage, des vêtements et des outils.
- 3) Ne pas laisser les pesticides sans surveillance hors de l'aire de stockage.
- 4) Se débarrasser correctement des emballages vides. Ne pas verser de l'eau potable dans des bidons métalliques ayant contenu des produits chimiques.
- 5) Stocker les produits chimiques dans leur emballage d'origine.

### **b. Mode d'emploi**

- 1) Avant d'utiliser un pesticide, lire attentivement l'étiquette. Ne pas utiliser de pesticides improprement emballés. Les étiquettes doivent indiquer clairement les précautions d'emploi et préciser les soins d'urgence à donner en cas d'intoxication.
- 2) Ne pas mélanger différents pesticides. Une réaction pourrait se produire et donner lieu à des résultats inattendus.
- 3) Faire attention en diluant les produits chimiques. Utiliser l'équipement de versement approprié, des vêtements de protection (ou au moins des gants imperméables). Empêcher que les poudres ne s'envolent avec le vent.
- 4) Avant chaque usage vérifier que le pulvérisateur ne fuit pas. Ne jamais utiliser d'équipement qui fuit.
- 5) De l'eau, du savon, des serviettes doivent être à disposition pendant l'application du produit chimique, de sorte que si la peau est contaminée, elle puisse être immédiatement lavée.

- 6) Ne pas manger, boire ou fumer pendant la préparation de la solution de pulvérisation. Se laver minutieusement les mains après application.
- 7) Prendre en compte les risques d'empoisonnement pour les poissons, les oiseaux et les autres animaux.
- 8) Eviter de trop longues journées de travail de pulvérisation.
- 9) Ne jamais rincer l'équipement de pulvérisation en eaux de surface.
- 10) Se tenir à distance de cultures récemment traitées.

### **c. Vêtements de protection**

La meilleure façon d'éviter l'intoxication consiste à prévenir toute forme de contact physique avec le produit chimique. En climat chaud, les vêtements de protection, même inconfortables, doivent être portés si cela est stipulé sur l'emballage du produit.

- 1) Il faut des gants imperméables car les mains sont en fréquent contact avec la solution à pulvériser. De la poudre de talc ou une doublure dans les gants donneront plus de confort.
- 2) Porter des bottes en caoutchouc et rabattre le pantalon par-dessus pour empêcher la solution de ruisseler à l'intérieur.
- 3) Mettre des lunettes de protection ou une protection faciale pour éviter aux yeux d'être éclaboussés.
- 4) L'utilisateur portera un tablier imperméable s'il risque de se mouiller pendant l'opération.
- 5) Un chapeau protège les cheveux et le visage de pesticides en poudre.

# Collections de cultures

On peut obtenir des cultures pures de très nombreux champignons auprès de collections de cultures types. De nombreuses universités possèdent une collection de cultures. Les grandes collections demandent des honoraires considérables pour leurs services. Les collections types rassemblent les ressources génétiques mondiales et la préservation des souches coûte cher, il est donc compréhensible que l'accès à ces collections le soit. On peut également obtenir des cultures auprès de scientifiques, auteurs de publications concernant des souches spécifiques. Il est important pour un ultérieur développement de posséder de nombreuses souches d'une même espèce. Si l'on découvre une souche aux caractéristiques intéressantes, on peut la déposer dans des collections de cultures.

## **CBS (Centraal Bureau Schimmelcultures)**

Oosterstraat 1, P.O. Box 273  
3740 AG Barn (Pays-Bas)  
Tel : + + 31 (0) 2154 81211. Fax : + + 31 (0)2541 16142.

La plus importante collection de cultures au monde. Elle possède plus de 30 000 souches. Prix de la souche : approximativement 68 \$ US pour les sociétés commerciales, 38 \$ US pour les scientifiques et organisations à but non lucratif.

## **ATTC (American Type Culture Collection)**

12301 Parcklawn Drive  
Rockville, Maryland, 20852 (USA)

ATTC possède plus de 21 000 souches disponibles de champignons filamenteux. Elle est un peu plus chère que CBS.

### **CCRC Taiwan (Culture Collection and Research Center)**

P.O. Box 246, Hinchu, 30039 (Taïwan)

Les cultures de CCRC sont moins chères (30 \$ US expédition comprise) et cette petite collection possède de nombreuses souches commerciales de champignons cultivés poussant à plus haute température. Le centre est intéressé par l'échange de souches afin d'enrichir sa collection.

### **Mycoblank Spawn Manufacturer**

Oude Gaversesteenweg 74, 9220 Merelbeke (Belgique)  
Tél. : + + 32 (0)91 302449.

Peut expédier des cultures repiquées sur agar à prix intéressant. Fournit également des cultures mères de blanc, par exemple sous forme de bâtonnets de bois. Environ une centaine de souches différentes en stock, toutes pouvant être cultivées.

### **Mycelia**

Jean de Bethunestraat 7-11, B-9040 Gent, St. Amandsberg (Belgique)  
Tél. : + +32 (0)91 287090. Fax : + +32 (0)91 288028.

Ce fabricant de substratensemencé peut aussi expédier, à un prix raisonnable, des cultures sur agar de nombreuses espèces cultivées pour le commerce.

### **Université des Philippines à Los Banos (UPLB)**

Le professeur T.H. QUIMIO de l'Université de Los Banos distribue des cultures pour les régions asiatiques. Se reporter à l'adresse citée dans « Cours intensifs et démonstrations ».



# Conservation des souches

Au bout d'un certain temps d'utilisation, une souche peut perdre certaines de ses caractéristiques génétiques qui la rendaient intéressante. Une culture à partir d'une souche dégénérée engendrera une culture dégénérée. Il faut donc s'attacher à conserver les caractères génétiques. Les cellules des champignons peuvent dégénérer du fait du manque de substances nutritives, ou d'oxygène, d'infections (notamment par des virus), de modification du pH du substrat, et d'une accumulation de métabolites défavorables. L'objectif de la préservation des souches est donc de ralentir le taux de croissance, mais aussi de conserver la vigueur et la stabilité génétique du mycélium pur.

Chaque centre de recherche et fabricant de blanc doit posséder ses propres collections. Certains préservent plusieurs milliers de souches, d'autres ne préservent que les souches qu'ils utilisent régulièrement.

Il est évidemment très important d'étiqueter correctement chaque culture, de façon fiable. Sans étiquetage, impossible de reconnaître la souche dont il s'agit. Dans les grandes collections, les éprouvettes sont étiquetées sous leur nom scientifique et leur numéro de collection. Pour retrouver rapidement une culture, le numéro de culture s'ajoute au numéro de collection. La préparation et la maintenance de collections nécessitent des connaissances spécialisées dans différents domaines, tels que taxonomie et techniques microbiologiques. Les petites entreprises de culture de champignons ne peuvent conserver leurs propres cultures dans de bonnes conditions. Se procurer cultures ou blancs auprès d'institutions scientifiques ou de producteurs de blanc est préférable. Plusieurs techniques ont été développées pour préserver les cultures :

1) *Transfert sur agar* : Il présente des risques de rupture et de dégénérescence car la culture est encore en croissance. Par contre, c'est une technique

simple et réalisable dans n'importe quel laboratoire de blanc ; très laborieux, demande beaucoup de main-d'oeuvre lorsqu'il faut préserver un grand nombre de souches. Il faut transférer les souches tous les 2 à 6 mois.

2) *Huile minérale* : les cultures peuvent être conservées pendant un à trois ans, l'immersion protège de la contamination par les acariens ; relativement bon marché, mais procédé laborieux dans le cas de préservation de nombreuses espèces.

3) *Sur agar dans de l'eau déminéralisée au réfrigérateur* : aucune contamination par acariens ; si la réfrigération tombe en panne, l'eau maintiendra l'agar froid pendant quelque temps ; laborieux pour de grandes collections de cultures ; la croissance mycélienne n'est pas complètement stoppée, et donc certaines dégénérescences sont encore possibles ; méthode peu onéreuse.

4) *Congélation cryogénique* : la meilleure technique. La croissance mycélienne est complètement retardée et on obtient des cultures mères stables, un blanc fiable ; par contre le coût est élevé et la surveillance doit être constante et attentionnée.

5) *Lyophilisation* : c'est une bonne technique de conservation des spores pour une longue durée. Par contre, elle est rarement utilisée pour les cultures de mycélium. Un équipement spécial est nécessaire.

La technique de transfert sur agar est identique aux repiquages pour le blanc (voir chapitre 10). La plupart des champignons cultivés sont incubés pendant 10 à 14 jours à une température de 25 °C. La *Volvariella volvacea* est incubée pendant 7 à 10 jours à 32 °C. Si les cultures successives poussent sur le même milieu, la dégénérescence se produira plus vite que si l'on passe alternativement d'un milieu pauvre à un milieu riche en substances nutritives. Les cultures peuvent être protégées des risques de dessèchement en obturant les tubes avec de la paraffine mélangée à de la cire.

En Hollande, au centre d'expérimentation sur les champignons (Mushroom Experiment Station), les espèces d'*Agaricus* sont généralement conservées sur du compost. C'est sans doute le meilleur milieu pour des champignons qui se développent sur ce type de support, car il contient toutes les substances nutritives nécessaires à leur croissance. Les souches sont transférées tous les deux ans, réduisant de cette façon le risque de rupture, d'erreurs d'étiquetage, et de dégénérescence. La préparation des milieux se fait ainsi : utiliser 300 g de compost séché (pasteurisé et conditionné) et

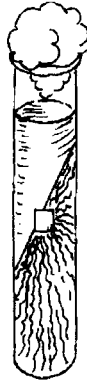
hacher en morceaux de 5 mm. Mouiller avec un litre d'eau du robinet. Puis laver le compost trois fois à l'eau chaude. Ce traitement supprime les gaz qui sinon expulseraient les bouchons des tubes à essai pendant la stérilisation. Les tubes à essai ne sont remplis qu'au quart pour la même raison. Les conditions de stérilisation sont de 121 °C à 76 mm de Hg (1 bar) pendant deux heures. On répète ce traitement le jour suivant. Cela détruit les bactéries capables de former des spores résistantes à la chaleur. La période entre deux transferts est de six mois à 5 °C pour les champignons cités. *Volvariella volvacea* par contre doit être conservée à une température de 15 °C et transférée tous les 12 mois. La *Volvariella* est relativement instable, mais en la transférant de la paille de riz sur agar et inversement, on améliore la conservation des caractères.

Si des acariens s'introduisent dans les cultures, les souches se trouvent menacées. Les acariens transportent avec eux toutes sortes de contaminants et de morceaux de mycélium qui compromettent la pureté de la culture. Couvrir les bouchons des cultures avec du papier à cigarette qui laisse passer l'air, mais arrête les acariens.

Les cultures stockées sous huile minérale peuvent aussi bien être conservées à température ambiante ou au réfrigérateur. L'huile empêche l'infestation par des acariens et évite à l'agar de se dessécher. Il faut stériliser l'huile pendant une demi-heure et, quand elle est refroidie, la verser sur les cultures en observant les règles d'asepsie.

Utiliser une huile d'une densité spécifique de 0,865 à 0,890, et des tubes à essai munis de bouchons à vis ou des bouteilles. Quand on désire utiliser cette culture, il faut d'abord égoutter l'huile (la conserver, elle peut être réutilisée après stérilisation). Transférer des sections d'agar totalement envahies de mycélium dans de nouveaux tubes à essai (slants). Une technique simple consiste à faire pousser la culture sur un milieu d'agar et à conserver des petits morceaux d'agar colonisé flottant dans de l'eau déminéralisée. Si l'on utilise des bouteilles de 100 ml, il faut les remplir de 75 ml d'eau déminéralisée. Stériliser les bouteilles pendant deux heures, les laisser refroidir puis réaliser un transfert aseptique des petits éléments de culture d'agar. Disposer 3 ou 4 morceaux de 0,5 x 0,5 mm dans chaque bouteille. Par précaution, inoculer toujours au moins trois bouteilles de chaque souche. On peut facilement récupérer les souches en prélevant un morceau d'agar et en le transférant dans un nouveau tube (slant). Cette opération n'est pas aussi salissante qu'avec l'huile minérale. Les souches peuvent être conservées pendant au moins un an sans perdre de leur vigueur (excepté *Volvariella volvacea*).

FIGURE N° 54  
Agar dans 1 cm d'huile



La congélation cryogénique est la meilleure méthode de préservation des souches, mais aussi la plus chère. Seuls les grands instituts de recherche et les entreprises de blanc peuvent s'offrir de l'azote et des conteneurs d'azote. Il faut des biologistes spécialisés et des assistants de laboratoires pour entretenir l'équipement. Cette technique reste donc hors du propos de ce livre, mais il est important de connaître les avantages de la congélation cryogénique. Les ampoules sous vide contenant le mycélium sont maintenues à une température de  $-150$  à  $-180$  °C (vapeur d'azote) ou à  $-196$  °C (azote liquide). A cette température, aucune croissance mycélienne n'est possible. Par contre, le mycélium conserve toutes ses caractéristiques génétiques ; il suffira ensuite de le « réveiller ».

Si l'on réussit à isoler un mutant aux caractères intéressants (tels qu'une température de fructification supérieure à la plupart des souches de l'espèce, de meilleurs rendements sur un substrat particulier, une colonisation plus rapide, etc.), il faut en faire parvenir à l'une des grandes collections mondiales de cultures types. Il est possible, contre paiement, de réserver la souche à son propre usage. On peut également envisager de la diffuser sous forme de commandes passées par les intéressés, auprès de scientifiques et des fabricants de blanc du monde entier.

La lyophilisation extrait rapidement l'eau. Les cultures de champignons ne peuvent se conserver de cette manière, mais les spores restent viables plus de 20 ans. Les spores sont de préférence prélevées sur un jeune champignon, au voile encore fermé. L'extérieur est lavé et on laisse le champignon

s'ouvrir et libérer ses spores sous conditions stériles. L'« empreinte » de la spore est congelée-desséchée. Il faut se souvenir qu'une culture dérivant de spores peut différer du mycélium parent. Si l'on utilise une multitude de spores pour obtenir une nouvelle culture, les caractères seront alors probablement très semblables à ceux d'origine. La lyophilisation requiert un équipement spécial, la technique par contre est assez simple. Une fois lyophilisés, les champignons se conservent à température ambiante ou dans un réfrigérateur.

# Allergies aux spores

Les champignons produisent des millions de spores. De nombreuses personnes y sont sensibles et répondent par des symptômes allergiques. Jusqu'à présent, on a constaté des alvéolites allergiques (maladie des poumons) dues aux pleurotes, à l'*Auricularia* ou au shii-take. Les autres champignons risquent de provoquer les mêmes maux s'ils sont cultivés à grande échelle dans des chambres de culture closes. Les allergies aux spores peuvent aussi être causées par des actinomycètes pendant le procédé de fermentation pour les champignons de couche. Dans les pièces fermées, la teneur de l'air en spores peut être extrêmement élevée. Quelquefois un nuage de spores crée un véritable brouillard ; il n'est alors pas recommandé de pénétrer dans la salle de culture.

Ces allergies ont été dénoncées essentiellement dans les pays occidentaux, parce qu'on y cultive de nombreux champignons en salles fermées, et que l'inspection du travail y est plus stricte que dans les pays en développement. Les salles de culture dans les pays en développement ne sont généralement pas aussi étanches, de sorte que les spores peuvent se disperser rapidement. Mais il faut prêter attention à ce phénomène. Le problème n'existe pas en culture extérieure, les spores étant rapidement dispersées par le vent. Il n'existe pas non plus dans la culture d'*Agaricus* lorsque les champignons sont ramassés avant la libération des spores.

## ■ *Symptômes*

Fièvre pouvant atteindre 40 °C, toux, apnée (raccourcissement de la respiration), épuisement. Les symptômes apparaissent souvent sans raison apparente 6 à 8 heures après l'exposition aux spores, et non au moment de l'exposition elle-même. Si la personne est obligée de cesser le travail, elle se sentira mieux au bout de quelques semaines mais retombera malade lorsqu'elle s'exposera de nouveau à des spores.

▪ *Traitement*

Le patient guérira en quelques semaines, si tout contact avec des spores est évité. Une exposition répétée, par contre, peut conduire à des complications pulmonaires. Il est donc important de diagnostiquer l'allergie et de ne pas la confondre avec un genre de grippe.

▪ *Prévention*

Ventiler la chambre avant la cueille des champignons. Les cueillir avant complète maturité ; il y aura moins de spores dans la salle de culture. Essayer de cultiver certaines souches de pleurotes et de shii-take, connues pour produire beaucoup moins de spores que d'autres. Enfin un demi-masque de protection peut filtrer 90 % des spores. Il n'en reste pas moins que 10 % de plusieurs millions de spores représentent encore un nombre considérable. Les meilleurs masques fournissent de l'air filtré, mais ils sont aussi très chers.

# Appui technique

## 1. ADRESSES UTILES

### **Transfert de technologie pour le développement (TOOL)**

Sarphatistraat 650

1018 Amsterdam (Pays-Bas)

Tél. : + + 31 (0)20 6264409. Fax : + + 31 (0)20 6277489

TOOL offre une large gamme de services et de publications concernant des techniques adaptées aux pays en développement.

### **Peter Oei**

PO Box 1575

6501 Nijmegen (Pays-Bas)

Tél. : + + 31 (0)80 789206. Fax : + + 31 (0)80 789116

Assistance de projet, faisabilité et formation dans le monde entier.

### **Dr. Martinez-Carrera**

Directeur général de l'Institut de mycologie néotropicale appliquée (IMINAP)

Apartado Postal 490, Xalapa, Vera Cruz 91000 (Mexique)

Colegio de Postgraduados, Laboratoire de production de champignons comestibles, Apartado Postal I-12, Puebla 72130, Puebla, Mexique.

La recherche appliquée à la production de champignons est menée par les organismes mexicains mentionnés ci-dessus. Des publications en espagnol sont disponibles.

### **J. Huys B.V., Conseil en champignons**

P.O. Box 6144

5960 AC Horst (Pays-Bas)

Tél. : + + 31 (0)4709 2610. Fax : + + 31 (0)4709 6655



Etudes de faisabilité, formation, direction de cultures de champignons dans le monde entier.

**Société internationale du champignon pour les tropiques,  
Département de Biologie, Université Chinoise de Hong-Kong**

Tél. : 852 5 695 2286

Telex : 50301 CUHKHX

L'objectif de cette société est d'initier et de promouvoir la coopération dans la recherche scientifique et technique sur les champignons et leur culture tropicale et subtropicale. Elle s'intéresse particulièrement aux champignons comestibles qui peuvent convertir les substances des déchets en protéines alimentaires et augmenter l'apport en protéines dans les régions tropicales où la culture du champignon n'a pas suscité beaucoup d'intérêt.

**ISMS (Société internationale de la science du champignon)**

50 St. Flora's Road, Littlehampton, Sussex

BN17 6BB (Royaume-Uni)

Tél. : + + 44 903 716 469

Cet organisme, dont le but est de promouvoir la coopération internationale sur le champignon, organise un congrès international tous les quatre ans. L'ISMS constitue un forum indépendant pour les spécialistes des champignons dans toutes les disciplines et au sein d'organisations commerciales et non commerciales. Elle publie une lettre trimestrielle (avec résumé des articles les plus récents), diffuse des photocopies d'articles et de textes sur demande. L'ISMS initie et co-sponsorise des congrès et des symposiums internationaux, des séminaires et des ateliers. Des informations et un répertoire des services sont disponibles sur demande pour les membres. Le montant de l'adhésion individuelle s'élève à 50 \$ US environ par an.

**Fungi Perfecti**

P.O. Box 7634, Olympia,

Washington 98 507 (Etats-Unis)

Fournisseur commercial d'équipements de laboratoire, de littérature spécialisée, d'équipements et de salles de culture.

## 2. COURS INTENSIFS ET DÉMONSTRATIONS

### **Institut indien de recherche agricole**

Division de mycologie et de pathologie des plantes  
New Delhi 110 012 (Inde)

Cours annuels de formation à la production de champignons.

### **Centre de contrôle de qualité et de formation**

(Unité du champignon) département de pathologie des plantes

Université des Philippines, Los Banos  
Laguna (Philippines)

Offre trois séries de cours pour les cultivateurs locaux :

- 1) Cultivateurs sous contrat de *Pleurotus*, qui achètent des sacs ensemençés (une à deux heures)
- 2) Producteurs de *Pleurotus* en sacs (un à deux jours)
- 3) Producteurs de *Pleurotus* et *Volvariella* produisant aussi le blanc (la première semaine de chaque mois, durée 3 à 5 jours)

### **CCO (Centrum voor Champignonteelt-Onderwijs - Centre de formation des cultivateurs de champignons)**

Westerholstraat 2, 5961 BJ Horst (Pays-Bas)

Offre des cours intensifs de deux semaines sur la culture des champignons, en Anglais. Inscription à l'école : 2 000 £ (environ 1 000 \$US) ; pension et salle : 500 £ (environ 250 \$ US). Une partie des cours n'est pas applicable aux pays en développement.

### **Université de l'Etat de Pennsylvanie**

Centre de recherche du champignon, département de pathologie des plantes

University Park, PA 16802, Etats-Unis  
Tél. : + + 1 814 865 2321

Organise un cours intensif annuel pour les producteurs de champignons, *Agaricus bisporus* et autres espèces.

---

# Bibliographie

***Champignons tropicaux. Nature biologique et méthodes de culture.***

Edité par CHANG (S.T.) et QUIMIO (T.H.). Hong-Kong, Presses Universitaires chinoises, 1981. Prix approximatif de 30 \$ US.

Contient des chapitres sur la génétique et la reproduction, la production de blanc, le stockage, les méthodes d'analyse chimique, la morphologie et la physiologie de *Volvariella*, *Pleurotus* et *Auricularia*, des techniques de culture de différents pays et une étude écologique des *Termitomyces*. Certains chapitres sont relativement spécialisés et il y a quelques redites, mais ce livre est indispensable à tout centre d'expérimentation ou service de vulgarisation des pays tropicaux.

***Biologie et culture des champignons comestibles.***

Edité par CHANG et HAYES. New-York, Academic Press, 1978.  
Prix : environ 100 \$ US.

Cette collection, souvent citée et composée de 33 textes d'experts internationaux, décrit la plupart des champignons cultivés. L'ouvrage traite des techniques de préservation des souches, des qualités nutritionnelles, des effets médicaux, des méthodes de culture de l'*Agaricus bisporus*, *Agaricus bitorquis*, *Coprinus fimetarius*, *Lentinus edodes* (sur rondins de bois), *Pholiota nameko*, *Pleurotus*, *Stropharia*, *Volvariella*, *Auricularia* et *Tremella fuciformis*. Des développements relativement nouveaux comme la culture de shii-take sur petits sacs plastique, les aspects sociaux ainsi que des études de cas de vulgarisation ne sont pas abordés.

***La culture du champignon en Thaïlande.***

POTTEBAUM (David A.). Publié par Peace Corps, Information Collection and Exchange, 1987, 85 p. Office of Training and Program support, 806 Connecticut Avenue, N.W Washington, D.C. 20526.

Un bon exemple de culture de champignons adaptée aux conditions locales. Contient des chapitres accessibles sur la production de blanc, sur l'*Auricularia* sur substrat et rondins de bois, sur la culture des champignons de paille et des pleurotes, ainsi qu'un lexique anglais/thai. Par contre, les schémas et les termes utilisés sont parfois incorrects (par exemple, spore au lieu de mycélium).

***Le cultivateur de champignon. Un guide pratique pour faire pousser des champignons chez soi.***

STAMETS (P.) et CHILTON (J.S.). Olympia, Washington, Agarikon Press, 1983. Prix : 35 \$ US environ.

Bonne description des techniques stériles, de la production de blanc, de la préparation du compost, et une clé pour les contaminants courants en cultures sur agar. L'information spécifique sur les champignons tropicaux est limitée, mais une bonne vision d'ensemble des nombreux aspects de la production de champignons, y compris du *Psilocybe* hallucinogène.

***La Culture des champignons.***

Edité par VAN GRIENSVEN. Edition anglaise : Darlington Mushroom Laboratories, 1988. Ltd. Prix : 105 \$ US environ, disponible à CCO, Horst. Prix de l'édition néerlandaise : 104 £.

Tous les aspects de la culture d'*Agaricus* en Hollande y sont traités de manière très approfondie. La situation en Hollande est, bien entendu, très différente de celles des pays en développement. Mais les chapitres sur la reproduction, la production de blanc, la préparation du compost, l'organisation et le contrôle du climat pendant les différents stades, intéressent les cultivateurs d'*Agaricus* du monde entier.

***Mushroom Science I à XII***

L'ISMS organise tous les quatre ans des congrès internationaux sur les champignons. Les communications sont rassemblées et publiées sous le titre de *Mushroom Science*. On y trouve des articles très hétérogènes, depuis des recherches très spécialisées jusqu'à de simples descriptions de pratiques de culture. Le congrès du champignon de 1991, en Irlande, a donné lieu au numéro XIII de *Mushroom Science*. Celui de Braunschweig en 1987 a publié ses comptes rendus en

1989 : *Mushroom Science XII*. Une copie de ces articles peut être consultée auprès des instituts de recherche qui ont envoyé des participants au congrès, et les comptes rendus peuvent être obtenus dans leur totalité auprès des organisateurs de chacun des congrès.

***Images de champignons médicinaux chinois.***

MAO et al. Beijing, Science Press. Prix en Chine : RMB 100 en chinois, environ 300 FEC (foreign exchange currency : monnaie d'échange étrangère) en Anglais. Fungi Perfecti l'expédie au prix de 100 \$ US.

Présente 272 dessins en couleurs d'un grand nombre de champignons accompagnés de leurs effets médicinaux. L'ouvrage ne dit pas comment préparer les médicaments à partir des champignons mais pour les personnes intéressées par les usages possibles d'extraits de champignons, ce livre peut être utile.

***Guide de culture à prix réduits de champignons sous les tropiques.***

QUIMIO (T.H.). Laguna, Philippines, Département de Pathologie des plantes, Université de Los Banos, 1986.

Les pratiques culturelles des Philippines sont décrites ici en détail. Le livre par contre, n'est plus disponible. Mais l'essentiel de sa substance est contenu dans le présent ouvrage.

***Manuel des cultivateurs de shii-take : l'art et la science de la culture des champignons.***

PRZYBYLOWICZ (Paul) et DONOGHUE (John). Kendall-Hunt, Dubuque (Iowa), 1988, 217 p. Prix : 25 \$ US environ.

Donne de bonnes descriptions des méthodes de culture sur rondins aussi bien que sur substrat de sciure. N'aborde pas la culture stérile ni la production de blanc, faisant l'hypothèse que le blanc est acheté par les cultivateurs.

***Gestion des ravageurs et pesticides dans une agriculture à petite échelle.***

VAN SCHOU BROEK (F.H.J.). Centre des travaux de développement aux Pays-Bas, distribué par TOOL, Sarphatistraat 650, 1018 AV, Amsterdam, Pays-Bas. Prix : 22,50 £ (environ 12 \$ US).

Ce livre général sur les pesticides traite aussi des précautions d'emploi, de la gestion intégrée des ravageurs, des services de recherche et de vulgarisation en relation avec les pesticides, sans oublier la législation et les réglementations ; il offre une bibliographie annotée, ainsi qu'une description des nombreux pesticides accompagnés de leurs noms commerciaux.

***Guide technique de culture de champignons sous les tropiques.***

QUIMIO (T.H.), CHANG (S.T.), et ROYSE (D.J.). Production et protection des plantes, FAO Document n°106, 1990. Distribué par la FAO. Indication de prix : 15 à 20 \$ US.

Les trois auteurs sont professeurs et le livre reflète leur culture scientifique. Il contient en effet bien des informations pratiques sur la production de blanc, la culture de *Volvariella* en extérieur, de shiitake sur rondins et les problèmes rencontrés en cultivant divers champignons.

***Le Journal du champignon pour les tropiques (Mushroom Journal for the Tropics).***

Publié par la Société internationale du champignon pour les tropiques, Université chinoise de Hong-Kong, département de biologie.

Cette publication a été interrompue en 1992. Des numéros anciens peuvent encore être obtenus à l'adresse ci-dessus.

***Micologia Neotropical Aplicada.***

Les souscriptions doivent être adressées à Micologia Neotropical Aplicada, Apartado Postal 490, Xalapa, Vera Cruz, 91000, Mexique. Prix de la souscription : 15 \$ US, ajouter 5 \$ US pour l'expédition par avion.

La revue encourage l'échange d'information entre scientifiques. Certains des articles sont en espagnol. Tous les articles comportent un résumé en anglais et en espagnol. Cette revue est intéressante en particulier pour les vulgarisateurs et mycologues de l'Amérique latine.

***Mushroom News.***

American Mushroom Institute, 907 E. Baltimore Pike, Kenneth Square, PA 19348 Etats-Unis.

Couvre les aspects de culture d'*Agaricus* aux Etats-Unis, avec des rapports occasionnels sur d'autres champignons.

***Mushroom Journal.***

Publié par British Mushroom Growers Association, Agricultural House, Knightbridge, London, SW1X 7NJ, Royaume-Uni.

Cette revue est principalement centrée sur la production d'*Agaricus* au Royaume-Uni, avec des rapports occasionnels sur d'autres champignons.

***ISMS Newsletter.***

Publiée par the International Society for Mushroom Science, 50 St. Flora's Road, Littlehampton, Sussex, BN17 6BB, Royaume-Uni.

Cette lettre d'information est envoyée à tous les membres d'ISMS. La lettre d'information trimestrielle contient une utile vision globale et des résumés des articles récemment publiés.

***Champignons chinois, cultivés à Taïwan.***

OEI (P.). Musée du Champignon, P.O. Box 1575, 6501 BN, Nijmegen.

Cette vidéo de 40 mn sur la culture de divers champignons à Taïwan montre en détail la culture de shii-take sur rondins et sur un substrat à base de sciure, ainsi que des *Flammulina* en bouteille. La culture d'*Hericium*, *Auricularia*, *Tremella* et *Pleurotus* y est brièvement exposée. Une bande PAL VHS peut être commandée pour 65 \$ US.

# Glossaire

## **AGAR**

Extrait d'algue utilisé pour solidifier les milieux. On peut utiliser de la gélatine comme alternative. L'agar est disponible sous forme de barre ou de poudre.

## **ACTINOMYCETES**

Micro-organismes généralement thermophiles (se développent préférentiellement entre 40 et 50 °C). Ils jouent un rôle prépondérant dans le processus du compostage.

## **ASCOMYCETES**

Groupe de champignons dont la particularité est de produire leurs spores dans des sacs (asques), habituellement huit par sac.

## **ASEPTIQUE**

En conditions stériles, en l'absence de tout organisme indésirable.

## **AUTOCLAVE**

Conteneur dont on augmente la température intérieure jusqu'à 121 °C. Il doit pouvoir supporter une pression d'une atmosphère, sinon la température ne monterait pas suffisamment.

## **BACTERIE**

Micro-organisme unicellulaire qui peut contaminer les cultures. Le blanc sur grain est très facilement contaminé par des bactéries. Par ailleurs, certaines bactéries sont nécessaires à la fructification d'*Agaricus*. On les trouve présentes dans la terre de gobetage.



**BLANC**

Culture pure de mycélium sur grain, sciure, etc., à inoculer dans le substrat final.

**BOITE DE PETRI**

Boîte ronde plate en verre ou en plastique munie d'un couvercle pour observer la croissance des organismes microscopiques.

**BOUTON**

Jeunes champignons recouverts d'un voile, mais déjà parfaitement différenciés.

**CELLULOSE**

Composant organique du bois, de la paille, etc. ; mieux connu comme élément principal entrant dans la fabrication du papier. Le bois contient à la fois de la lignine et de la cellulose. La cellulose se dégrade plus facilement que la lignine.

**COLONISATION**

Croissance végétative du mycélium après ensemencement du substrat.

**COMPOST**

Substrat fermenté. L'objectif du compostage du substrat dans la culture des champignons vise à obtenir un substrat plus sélectif pour le champignon désiré.

**CONDITIONNEMENT**

Etape de la préparation du substrat pour la culture d'*Agaricus*. Après le compostage et la phase très courte de pasteurisation, le substrat est maintenu jusqu'à une semaine à 48 °C, en conditions aérobies. Cela le rend tout à fait favorable au champignon de couche. Toute odeur d'ammoniac doit avoir disparu à la fin du conditionnement.

**CONDITIONS STERILES**

Conditions aseptiques.

**CONGELATION CRYOGENIQUE**

La meilleure technique de préservation des souches. Les souches sont conservées sous azote liquide à une température inférieure à - 180 °C.

### **CULTURE**

Terme ici utilisé pour décrire la façon dont les souches pures sont conservées ; par exemple, sur tubes d'agar, sous huile minérale, ou sous azote liquide.

### **CULTURE MERE DE BLANC**

Sert à inoculer le substrat définitif dans la fabrication du blanc.

### **CULTURE PURE**

Culture isolée d'une espèce de micro-organisme, sans aucun autre micro-organisme. Les cultures pures sont essentielles, destinées à la production du blanc.

### **CULTURE STERILE**

Non fertile, incapable de former des fructifications.

### **CULTURE DE TISSU**

Culture faite à partir de tissu de champignon jeune et sain. Le mycélium provenant de ce tissu aura les mêmes caractéristiques génétiques que le champignon dont il est issu.

### **EAU LIBRE**

Eau réellement disponible pour les micro-organismes dans le substrat. La teneur en eau est la mesure absolue. L'eau libre est liée au film d'eau qui entoure chaque particule dans le substrat et la solution de sels dans l'eau.

### **ESPECES**

Tous les organismes sont répartis en espèces. Quand la descendance de deux individus est fertile, alors ces deux individus appartiennent à la même espèce. Cette définition est peu pratique car de nombreuses espèces de champignons ne peuvent être cultivées. Deux individus appartiennent à deux espèces différentes quand deux facteurs sont différents sans se chevaucher.

### **FERMENTATION**

Procédé de compostage. Les substances nutritives facilement accessibles sont décomposées par les micro-organismes et rendent le substrat sélectif. Il peut se produire une fermentation inopinée dans le cas

d'un compost très actif, ou si l'on utilise des couches épaisses ou de gros sacs. Dans ce cas, la température interne du substrat sera trop forte pour le mycélium désiré.

**FRUCTIFICATION**

Lors de la phase de reproduction, le mycélium forme des champignons. On les appelle fructifications car les champignons sont en fait les « fruits » du mycélium.

**GERMER**

Se dit d'une spore formant un tube de germination, qui se développera en hyphe.

**GOBETAGE (TERRE DE)**

Certains champignons requièrent pour fructifier une terre de gobetage contenant une microflore spécifique.

**HETEROTHALLIQUE**

Espèce qui requiert un thalle compatible (partenaire sexuel) pour se reproduire. On peut distinguer au moins deux et souvent quatre types de spores.

**HOMOTHALLIQUE**

Espèce comme l'*Agaricus bisporus* qui n'a besoin que d'une seule spore pour donner un mycélium fertile.

**HYPHES**

Filaments qui constituent le mycélium.

**HUMIDITE RELATIVE**

Pourcentage d'humidité de l'air comparé à la quantité maximum qu'il peut contenir, à des conditions données de température et de pression.

**INCUBATION**

Période suivant l'inoculation, pendant laquelle le mycélium développe, à température moyenne, une croissance végétative.

**LAMELLES**

Tissu situé sous le chapeau produisant les spores.

**LIGNINE**

Composant organique du bois, de la paille, etc., difficile à dégrader. Les champignons sont capables de décomposer la lignine.

**LYOPHILISATION**

Séchage sous vide de produits préalablement congelés.

**MILIEU DE CULTURE**

Les micro-organismes diffèrent en besoins nutritionnels. Un grand nombre de milieux ont été développés ; on peut utiliser l'agar PDA ou l'agar de malt pour la plupart des champignons cultivés.

**MYCELIUM**

Réseau d'hyphes qui forment le corps végétatif du champignon.

**MYCICULTURE**

Culture des champignons.

**MYCELIUM DICARYOTIQUE**

Possède des noyaux des deux sexes et peut donc produire des fructifications.

**MYCOLOGIE**

Etude des champignons.

**MYCORHIZE**

Relation de symbiose entre les champignons et les plantes.

**NOYAU**

Partie centrale d'une cellule, contenant l'information génétique.

**PARASITE**

Organisme qui vit au dépens des autres, causant généralement des maladies. Pour cette raison, les champignons parasites sont rarement cultivés bien que certains soient extrêmement appréciés.

**PASTEURISATION**

Terme utilisé pour définir le traitement thermique entre 55 et 60 °C,

de courte durée, appliqué au substrat pour détruire les organismes indésirables, tout en conservant en vie ceux qui sont favorables. Dans certains cas, des températures plus élevées, de 60 à 80 °C, peuvent être adoptées.

**PATHOGENE**

Occasionnant des maladies.

**pH**

Logarithme négatif de la concentration en hydrogène. Mesure permettant de décrire l'acidité d'un milieu. Un milieu neutre a un pH de 7 ; s'il est supérieur, le milieu est alcalin (basique), s'il est inférieur, le milieu est acide. La plupart des champignons préfèrent un substrat légèrement acide, *Agaricus* un substrat plus ou moins neutre.

**PRIMORDIUM**

Fructification initiale (pluriel : *primordia*).

**SOUCHE**

L'équivalent de la race et de la variété chez les animaux et les plantes. Une même espèce peut être constituée de souches qui varient considérablement pour ce qui est de la caractérisation génétique.

**SOUS-CULTURE**

Culture dérivée d'une autre culture.

**SPORES**

Petits éléments qui se forment sous le chapeau du mycélium, et sont pour les champignons un moyen de reproduction.

**STERILISATION**

Détruit complètement tous les micro-organismes présents, par la chaleur ou à l'aide de produits chimiques. Le substrat pour le blanc doit toujours être stérilisé avant inoculation. Les bactéries sporulantes peuvent être tuées en les maintenant à une température d'au moins 121 °C pendant plus de 15 minutes.

**STIPE**

Pied du champignon.

**SUBSTRAT**

Matériau sur lequel pousse le mycélium.

**SUBSTRAT USÉ**

Substrat restant après la récolte des champignons.

**THERMOPHILES**

Micro-organismes qui se développent à température élevée (35 à 60 °C).

**TETES D'ÉPINGLES ou PRIMORDIA**

Termes décrivant un très jeune champignon, quand sa taille est celle d'une tête d'épingle.

**TUBES (SLANT)**

Tubes de milieu d'agar, qui ont été inclinés pour augmenter la surface de la gélose.

**VOLEE**

Développement soudain de nombreuses fructifications simultanément. Une période de repos est généralement nécessaire entre les volées.

# Index

## A

- abris-serres 9.3  
 acariens 4.1.b, annexe 1.2.c  
 acidité d'un milieu 2.2  
 actinomycètes Annexe 7  
 adresses utiles Annexe 5.1  
 Afrique Introduction  
 agar 10.3, annexe 7  
 agar-blé 10.3  
 agar, transfert sur Annexe 3  
 agar, malt- 10.3  
 Agaricus 7.1, 7.3.d, 8.1.c, 12.1  
 Agaricus, compost d' 12.1  
 agricoles, déchets 6.2.b  
 air, filtres à 10.2.b  
 Amérique latine Introduction  
 analyse iso-enzymes 3.2  
 animaux, fourrage pour 5.3  
 antagonistes, champignons 4.1.e  
 arbres de culture de shiitake sur rondins 11.3  
 armoires d'inoculation 10.2.a  
 ascomycètes Annexe 7  
 aseptique Annexe 7  
 aspects de commercialisation 7.1  
 assistance technique Annexe 5  
 ATTC, collection de cultures Annexe 2  
 Auricularia 7.1, 11.4, 14.9, 14.9.c  
 Auricularia auricula 14.9.b  
 Auricularia polytricha 14.9.a et d  
 autoclave 14.1, annexe 7  
 avoine-agar, farine d' 10.3  
 azote 6.2.b

## B

- bactérie Annexe 7  
 balles de graines de coton 14.7.a, 14.9.b  
 bananier, feuilles de 12.2.b

Bangkok	7.5.a
bâtonnets de bois, blanc sur	10.8
béton, maisons de champignons en	9.4.b
biologie	1
biologique, efficacité	6.3
blanc ou semence de champignon	1.2, 3.1, 10.6, annexe 7
blanc commercial	10.8
blanc de Volvariella	10.9
blanc mère	10.7
blanc sur bâtonnets de bois	10.8
blanc sur grains	10.7, 10.8
blanc sur sciure	10.8
blanc, production de	10.11.b
blanc, qualité de	10.11.a
blanc, récipients de	10.6
blanchiment	15.2.a
blé, agar-	10.3
bois dur, culture de shiitake sur	11.3.b
bois tendre, culture de shiitake sur	11.3.b
boîte de Pétri	Annexe 7
boîtes, conserves en	15.2.a
Bolivie	3.1
bouchons, matériel de culture sur rondins	11.2
bouton, stade	Annexe 7

## C

café, pulpe de	13.2.b
capacité de rétention en eau	2.1
caractéristiques sexuelles	3.2
carbone, hydrates de	1.3.a
CBS, collection de culture	Annexe 2
CCRC, collection de culture	Annexe 2
cellulose	Annexe 7
chaleur, traitements à la	2.5
champignon à aiguille d'or	14.6
champignons à tête de singe	14.8, 15.2.b
champignons antagonistes	4.1.e
champignons concurrents sur rondins de bois	Annexe 1.3.a
champignons contaminants	10.2.b, Annexe 1.3
champignons parasites	4.1.d
champignons, maisons en béton de	9.4.b
chimique, contrôle	4.2
Chine	8.1.c, 10.11.a, 12.2.d, 13.2.a, 14.3.a, 14.7.a



choix d'un champignon	6.2
choix d'une technique de culture	6.2
climat, contrôle du	9.5
coins de bois, matériel de culture sur rondins	11.2
collections de culture	Annexe 2
Collybia à queue de velours	14.6
colonisation	Annexe 7
colonisation, temps de	14.4
commercialisation, aspects de	7.1, 7.2
compacité d'un substrat	2.1
composition des champignons	1.3.a
compost	Annexe 7
compost d'Agaricus	12.1
compost, tas ou pile de	12.1
compostage	12.1
concurrents, champignons	Annexe 1.3.a
conditions stériles	Annexe 7
conditionnement	2.5
conditionneurs de sol	5.3
congélation	15.2.d
congélation cryogénique	Annexes 3 et 7
conservation, méthodes de	15.2
conservation des souches	3.2.c, annexe 3
conserves en boîte	15.2.a
contaminants fongiques ou champignons contaminants	10.2.b, annexe 1.3
contrôle chimique	4.2
contrôle de l'environnement	4.2
contrôle du climat	9.5
contrôle des maladies	4.2
contrôle des ravageurs	4.2, annexe 1.2
contrôle, organisation de	8.3.c
consommation locale	7.4
Coprinus	12.2.c
corps gras	1.3.a
coton, balles de graines de	14.7.a, 14.9.b
coton, déchets de	12.2.b
couchage des rondins de bois	11.3
cours intensifs de culture des champignons	Annexe 5.2
coûts de culture de shiitake sur rondins	11.3.b
coûts de culture, évaluation des	8.2
coûts, répartition des	12.2.e
croisement	3.2, 3.2.b
croissance mycélienne de Lentinus	14.3
croissance mycélienne, température de	6.3
croûte mycélienne, formation de	14.3

croûte, durcissement de la	14.3
culture de souches pures	Annexe 7
culture de champignons à l'intérieur	12.2.a
culture de champignons à l'extérieur	9
culture de tissu	10.4, annexe 7
cultures intercalaires ou intercalées	9.2, 12.2.d, 14.9.c
culture, milieu de	2, 10.3, annexe 7
cultures mixtes	14.7
culture pure	Annexe 7
cultures stériles	Annexe 7
cultures successives	5.3
cultures sur substrat fermenté, méthodes traditionnelles de cycle de vie des champignons	12.2.b 1.2

## D

déchets agricoles	6.2.b
déchets de coton	12.2.b
déchets plastique	5
définition de projet	8.3.c
démonstrations de culture	Annexe 5.2
dépôts de rondins de bois, localisation	11.3
dépôts permanents de rondins de bois	11.3
désinfection	10.2.a
dikaryotique, mycélium	Annexe 7
durcissement de la croûte de <i>Lentinus</i>	14.3
durée d'envahissement mycélien	14.4

## E

eau libre	Annexe 7
eau, capacité de rétention en	2.1
eau, teneur absolue en	2.1
efficacité biologique	6.3
emballage	7.3.b
empilage des rondins	11.3
énergie	5.2
enquête de marché	7.4.b
envahissement mycélien, durée d'	14.4
envahissement mycélien, temps de	1.2
environnement, contrôle de l'	4.2
enzymes, analyse iso-	3.2
épingles, têtes d'	Annexe 7
essorage, test d'	2.1
Europe, culture de shiitake en	14.3.d

évaluation des coûts de culture	8.2
exportation de champignons	15.1.a
exportation, potentiel d'	7.3
extérieur, culture en	9
<b>F</b>	
faisabilité d'une ferme à champignons	6
farine d'avoine-agar	10.3
fermentation	2.4, 12.1, annexe 7
fermenté, substrat	12.1
feuilles de bananier	12.2.b
fibres	1.3.a
filtres à air	10.2.b
filtres HEPA, ULPA	10.2.b
Flammulina	7.1
Flammulina velutipes	14.6
flux laminaires, systèmes de	10.2.b
formation de protubérances	14.3
formation de croûte mycélienne	14.3
fouillage pour animaux	5.3
frais, marché de	15.1
fructification	1.2, annexe 7
fructification, conditions de	12.1
fructification, température de	6.3, 14.4
fonction des champignons dans la nature	1.1
fongiques, contaminants	Annexe 1.3
<b>G</b>	
Ganoderma lucidum	1.3.b
Ganoderma tsugae	14.5
génétique	3.2
germer	Annexe 7
gobetage, terre de	12.1, annexe 7
grains, blanc sur	10.7
Guinée-Bissau	7.4.d
<b>H</b>	
HEPA, filtres	10.2.b
Hericiium	7.1
Hericiium erinaceus	1.3.b, 14.8
hétérothallisme	3.2, annexe 7
hiérarchique, organisation	8.1.d
Ho, maisons de champignons de type	9.4.c

homothallisme	3.2, annexe 7
Hongrie	13.1.b
huile minérale	Annexe 3
humidité relative	Annexe 7
hyacinthes d'eau	12.2.b
hybridation	3.2, 3.2.b
hydrates de carbone	1.3.a
hygiène	4.2, annexe 1.1
hyphes	1
<b>I</b>	
immersion des substrats	2.5, 13.2
implantation de projet	8.3.c
importateur	7.3.a
incubation	Annexe 7
incubation, temps d'	1.2
Indonésie	8.1.a
inoculation	10.4, 11.2
inoculation, armoires d'	10.2.a
insectes	4.1.a, 12.2.c, annexe 1.2.a
intercalaires ou intercalées, cultures	9.2, 12.2.d, 14.9.c
intérieur, culture à l'	12.2.a
iso-enzymes, analyse des	3.2
<b>J</b>	
Japon	11.3.a
<b>K</b>	
Kenya	7.3.d
<b>L</b>	
lamelles de champignons	Annexe 7
laminaire, systèmes de flux	10.2.b
lardage	3.1
Lentinus	7.1, 9.1
Lentinus edodes	1.3.b, 11.3, 14.3
lentionine	1.3.b
lignine	Annexe 7
locale, consommation	7.4
localisation des dépôts de bois	11.3
lyophilisation	Annexe 3

**M**

maïs, substrat de rafles de	13.1.b
maisons de champignons	9.4
maisons de champignons de type Ho	9.4.c
maisons de champignons en béton	9.4.b
maladies	4, 12.2.c, annexe 1
maladies, contrôle des	4.2
maladies en général	4.1
maladies virales	4.1.f
Malaisie	9.4.b, 10.11.b, 14.5.a
malt-agar	10.3
marché de frais	15.1
marché, enquête de	7.4.b
marché local	7.4
matériel et produits nécessaires à la production de blanc	10.1
matière première de substrat	5.3
matières premières, stockage des	6.2.b
médical, usage	1.3.b
mélange des éléments du substrat	2.3
mesures de contrôle des ravageurs	Annexe 1.2
méthodes de conservation des champignons	15.2
méthodes traditionnelles de culture sur substrat fermenté	12.2.b
Mexique	13.2.b
milieu de culture	Annexe 7
milieu de décoction de son de riz	10.3
milieu, acidité d'un	2.2
milieu, préparation d'un	10.3
milieu P.D.A	10.3
milieu, production de blanc	10.3
minérale, huile	Annexe 3
minéraux	1.3.a
mixtes, cultures	14.7
mycélienne, croissance	14.3
mycélium	1.2, 10.4, annexes 2 et 7
mycélium dikaryotique	Annexe 7
Mycobank, collection de culture	Annexe 2
mycologie	Annexe 7
mycorrhize	Annexe 7

**N**

nématodes	4.1.c
nénuphars	12.2.b
nettoyage des champignons	15.2.a
niveaux de température de croissance mycélienne	6.2.c

noms familiers ou communs	Introduction
noms scientifiques	Introduction
noyau	Annexe 7
nutritive, valeur	1.3.a
<b>O</b>	
ombrage des rondins de bois	9.1
organisation du travail	4.2, 8.1
organisation de contrôle	8.3.c
organisation hiérarchique	8.1.d
organisation de soutien	8.3.c
<b>P</b>	
paille de blé, substrat de	13.1.a
paille de riz	12.2.b
parasites	1.1, annexe 7
parasites, champignons	4.1.d
pasteurisation	2.5, 13.1, annexe 7
pathogène	Annexe 7
P.D.A, milieu	10.3
pesticides	5.1, annexes 1.2.a et 1.4
Pétri, boîte de	Annexe 7
pH	2.2, annexe 7
Philippines	8.1.b, 8.3.b, 9.4.a, 12.2.e, 14.4.b, 14.9.d
pigmentation	14.3
pires de compost	12.1
plastiques, déchets	5
plastiques, sacs	14, 14.3
Pleurote, Pleurotus	7.2, 13.2.a, 13.2.b, 13.2.c, 14.4
Pleurotus tuber regium	1.1.b
potentiel d'exportation	15.1.a
Porto-Rico	9.4.d
préparation de milieu	10.3
prix des champignons	7.3.c
producteurs privés	8.1.e
production de blanc	10.11.b
produits et matériel nécessaires à la production de blanc	10.1
projet, définition de	8.3.c
projet, implantation de	8.3.c
promotion locale des champignons	7.5
protection, vêtements de	Annexe 1.4.c
protéines	1.3.a

protubérances, formation de	14.3
pulpe de café	13.2.b
pures, cultures	Annexe 7
<b>Q</b>	
qualité des champignons	7.3.b
qualité de blanc	10.11.a
<b>R</b>	
rafles de maïs, substrat de	13.1.b
ravageurs, contrôle des	4.2, annexe 1.2
réceptacles de blanc	10.6
réglementations	15.2.a
rendements	6.3
répartition des coûts	12.2.e
reproduction, phase de	1
résistantes, souches	4.2
rétenion en eau, capacité de	2.1
riz, milieu de décoction de son de	10.3
riz, paille de	12.2.b
Rhizobium	3.1
rondins de bois	6.2.a, 9.1, 11, 11.3, 11.3.b, annexe 1.3.a
rondins de bois, couchage des	11.3
rondins de bois, empilage des	11.3
<b>S</b>	
sacs plastiques	14, 14.3
sacs plastiques, types de	14
salles blanches	10.2
saprophytes	Annexe 7
saumurage	15.2.b
saveur des champignons	7.1
sciure	11.2
sciure, blanc sur	10.8
séchage	15.2.c
séchage au soleil	15.2.c
séchage artificiel	15.2.c
sélection des souches de champignons	3.2.a
sélectif, substrat	2.4
semence, ou blanc de champignon	1.2, 3.1, 10.6, annexe 7
semi-stérilisation	2.5
serres, abris-	9.3

services de vulgarisation	8.3
sexuelles, caractéristiques	3.2
shiitake	8.3.a, 11.3, 14.3, 14.3.b
situation des dépôts de bois	11.3
slants, ou tubes	10.3, annexe 7
sol, conditionneurs de	5.3
souches	Annexe 7
souches, conservation des	3.2.c, annexe 3
souches résistantes	4.2
sous-cultures	10.5, annexe 7
soutien, organisation de	8.3.c
spores	1, annexe 7
stériles, conditions	Annexe 7
stériles, cultures	Annexe 7
stérilisation	2.5, annexe 7
stérilisation, unités de	14.1
stipe	Annexe 7
Stockage des matières premières	6.2.b
substrat	2, 6.2.b, 10.7, 10.9, 12.2.a, annexe 7
substrat de paille de blé	13.1.a
substrat de raffles de maïs	13.1.b
substrat fermenté	12.1
substrat sélectif	2.4
substrat usé	5.3, annexe 7
substrat, matière première de	5.3
suppléments de substrat	6.2.b
symbiotiques	1.1
<b>T</b>	
tampons	6.2.b
tas de compost	12.1
Taiwan	9.4.c, 11.3.b, 14.3.c, 14.9.a
technique, assistance	Annexe 5
technique, choix d'une	6.2
technique de vulgarisation	8.3.a
température	9.5, 11.4
température de croissance mycélienne	6.3
température de fructification	6.3
température de croissance, niveaux de	6.2.c
temps de colonisation	14.4
temps d'incubation ou d'envahissement mycélien	1.2
teneur absolue en eau	2.1
termites	12.2.c, annexe 1.2.b



---

termitomyces	1.1.a
terre de gobetage	12.1, annexe 7
test d'essorage	2.1
têtes d'épingles	Annexe 7
tête de singe, champignons à	14.8, 15.2.b
texture	7.1
Thaïlande	8.3.a, 14.3.b, 14.4.a
thermopiles	Annexe 7
tissu, culture de	10.4, annexe 7
traitement à la chaleur	2.5, 13
transfert sur agar	Annexe 3
transport	15.1.a
Tremella	7.1, 11.5, 14.7.a
Tremella fuciformis	1.3.b, 14.7
tubes, ou slants	10.3, annexe 7
types de sacs plastiques	14

## U

ULPA, filtres	10.2.b
U.P.L.B., collection de culture	Annexe 2
unités de stérilisation	14.1
usage médical	1.3.b
usé, substrat	5.3, annexe 7

## V

valeur nutritive	1.3.a
ventes, possibilités de	7.1
ventilation	9.5
vêtements de protection	Annexe 1.4.c
virales, maladies	4.1.f
vitamines	1.3.a
volées	Annexe 7
Volvariella	7.1, 9.4.d, 12.2.d
Volvariella, blanc de	10.9
Volvariella volvacea	12.2
vulgarisation, services de	8.3
vulgarisation, technique de	8.3.a

## X

Xylaria	1.1.a
---------	-------

## Z

Zimbabwe	3.1
----------	-----

---

## MANUAL ON MUSHROOM CULTIVATION

Mushroom growing involves many steps, from selecting a suitable technique and strain to spawn manufacturing, growing the crop and marketing the final product. This manual on mushroom cultivation in tropical areas covers, besides general biological information about the nature of mushrooms, information on how to perform a feasibility study, the commercial potential of mushrooms and technical information on the cultivation of more than ten fungi.

Most of the mushroom cultivation techniques discussed in this publication have the potential of being successfully applied in developing countries. In the growing process agricultural or industrial wastes are transformed into a soil conditioner.

Mushrooms have a high added value in comparison to other crops. They may be exported or eaten within the community. In most cases a fast return of the investments is possible.

JOUVE

11, bd de Sébastopol, 75001 Paris  
Imprimé sur presse rotative numérique  
N° 385837L - Dépôt Légal : Novembre 2005

*Imprimé en France*

**LE CENTRE TECHNIQUE DE COOPÉRATION  
AGRICOLE ET RURALE (CTA)**

Le Centre technique de coopération agricole et rurale a été fondé en 1983 dans le cadre de la Convention de Lomé entre les Etats membres de la Communauté européenne et les Etats du groupe ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique).

Le CTA est à la disposition des Etats ACP pour leur permettre un meilleur accès à l'information, à la recherche, à la formation et aux innovations dans les domaines du développement agricole et rural et de la vulgarisation.

*Siège :*

Galvanistraat 9, Ede (Pays-Bas)

*Adresse postale :*

CTA, Postbus 380

6700 AJ Wageningen (Pays-Bas)

Tél. : (31) 8380 – 60400

Télex : (44) 30169 CTA NL

Télécopie : (31) 8380 – 31052

---

## LA CULTURE DES CHAMPIGNONS

Dans de nombreux pays en développement, la culture des champignons peut représenter une activité économique très intéressante. Les investissements sont relativement modiques et les débouchés commerciaux sur les marchés locaux et étrangers sont potentiellement importants.

La culture des champignons n'exige pas de technologie sophistiquée mais on ne peut pas se lancer dans ce type de production sans un minimum de connaissances. Il ne faut pas se tromper dans les choix techniques et de variétés ; la préparation de blanc de semence comme la culture doivent être effectuées de façon rigoureuse ; enfin l'étendue du marché et les formes de commercialisation demandent d'être soigneusement étudiées.

Ce manuel présente toutes les étapes nécessaires pour mener à bien un projet de culture de champignons, depuis l'étude de faisabilité jusqu'aux circuits commerciaux, en passant par les technologies utilisables pour les différentes espèces.

Ce manuel s'adresse à toute personne désireuse de lancer ou d'améliorer une production de champignons. Il sera également utile à tout formateur spécialisé dans ce domaine.

---

### GRET

213, rue La Fayette 75010 Paris France  
Tél. : 33 (1) 40 05 61 61. Fax : 33 (1) 40 05 61 10

---

### TOOL

Sarphatistraat 650. 1018 AV Amsterdam, P.O. BOX 10039 1001 EJ Amsterdam Pays-Bas  
Tél. : (31) 20 626 44 09. Fax : (31) 20 627 74 89

---

ISBN : 2 - 86844 - 054 - 1

Prix : 19.81 €



9 782868 440549