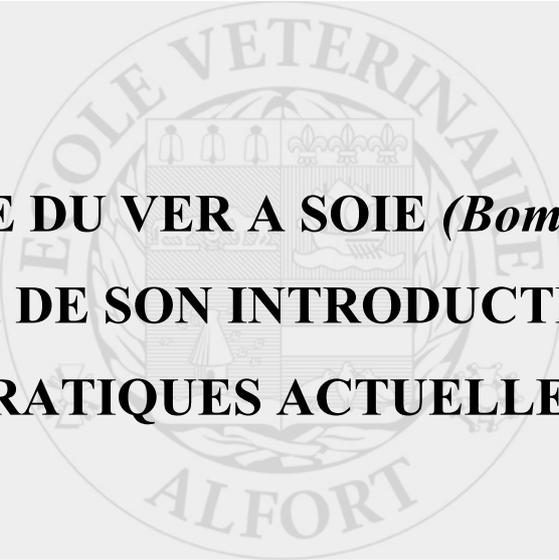


Année 2011



**L'ÉLEVAGE DU VER A SOIE (*Bombyx mori*) EN  
FRANCE, DE SON INTRODUCTION AUX  
PRATIQUES ACTUELLES**

THÈSE

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant  
LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRÉTEIL

le.....

par

**Audrey, Chantal BLACHÈRE**

Née le 5 avril 1979 à Aubenas (Ardèche)

JURY

**Président : Pr.**

**Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL**

**Membres**

**Directeur : M. Courreau**

**Professeur à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort**

**Assesseur : M. Mailhac**

**Maître de conférences à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort**

# REMERCIEMENTS

## **Au président du jury,**

Professeur à la faculté de médecine de Créteil,  
Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence du jury et de sa présence le jour de la soutenance.  
Hommage respectueux.

## **A Monsieur Courreau,**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort,  
Pour sa gentillesse, son efficacité, ses conseils avisés et sa disponibilité.

Sincères remerciements.

## **A Monsieur Mailhac,**

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort,  
Pour avoir accepté d'être assesseur de cette thèse.  
En remerciement pour sa disponibilité et sa rapidité de lecture.

Sincères remerciements.

**A mes parents**, sans qui je ne serais pas celle que je suis. Merci d'avoir toujours été là dans ma vie et dans la rédaction houleuse de cette thèse avec tous les rebondissements qu'on lui connaît. Merci de m'avoir supportée tout au long de mon parcours scolaire et de m'avoir donné les moyens d'atteindre mon objectif. Aucun mot ne sera assez fort pour vous exprimer ma reconnaissance et mon amour.

**A Béatrice et Fabien**, ma sœur et mon frère, qui ont été en première ligne pendant les révisions de mes différents examens. Merci de ne pas m'avoir assassinée avant la fin de mes études !! (Dieu seul sait que vous y avez pensé !!!) Vous êtes aujourd'hui bien contents que je puisse soigner vos animaux.

**A Pascal**, le rayon de soleil de ma vie. Depuis que nos routes se sont croisées à Rome, ma vie est plus belle et pleine d'amour. Merci pour ta patience, ton écoute, ton soutien et ton énergie débordante au quotidien. Ne change pas. Je t'aime.

**A la famille Blachère**, petite par le nombre mais grande par le cœur, pour m'avoir tenu la main jusqu'à ce que je vole de mes propres ailes. Je n'oublierai jamais les valeurs que vous m'avez inculquées et l'amour que vous m'avez donné. Merci pour tout.

**A la famille Testud**, grande par le nombre et par l'amour que vous donnez au quotidien à l'ensemble de la famille. Merci d'être aussi soudés les uns aux autres et de nous donner des racines solides nécessaires à la construction et à la stabilité de toute personne. Pour leur soutien sans faille et pour avoir cru en moi, un grand merci.

**A la famille Brian, Laubé, Boissin, Planchon, Levillain**, qui partage aujourd'hui ma vie. Merci de m'avoir fait une place au sein de votre famille.

**Au groupe 5**, amis de l'école vétérinaire. Merci d'avoir fait de ces années à l'ENVA, l'une des plus belles périodes de ma vie. Ca y est j'ai réussi à faire cette thèse, non sans mal, je vous l'accorde !

A Marlène, ma parisienne préférée. Merci d'avoir toujours été une oreille attentive et une épaule sur laquelle je pouvais me reposer en cas de problème. Une caresse pour Austin, Urbane et ton beau-fils Athlon.

A Mathieu (DUTmail), mon plus vieil ami, mon colocataire, mon co-IUT, co-prépa, co-véto. Merci d'avoir partagé ma vie et ton logis pendant ces longues années, de m'avoir si bien aidée à faire le ménage et d'avoir choisi pour vivre à tes côtés Simone (entre nous c'est bien la meilleure idée que tu as eue !).

A Ludovic, le roi de la sirène d'alarme. Je ne pourrais jamais oublier tous ces fous rires que l'on a eus grâce à ton sens du déguisement, ni le jour où l'on a transformé ta main en un champ de bataille digne de la guerre de 14-18.

A Adrien, le king du « chihuahua ». Le dance-floor du Grisby se souvient de tes prouesses de danseur. Merci pour ton amitié sans faille, tu resteras mon avaleur de chaton préféré (preuve à l'appui sur photo pour les plus sceptiques !).

A Yann, Amandine, Isa et Delphine, membres par alliance du groupe 5. Vous n'avez pas forcément choisi les moins dérangés du cerveau.

**A mes amis ardéchois** (Stéphanie, Sébastien, Milàn, Johanne, Mathieu, Mélanie, Julien, Elsa, Benjamin, Perrine, Miléna, Chloé, Rémi, Xavier, Govan, Anthonin, Méryem, Marie, J-B, Elisa, Débo, Pélo, Emilie et tout ce que j'oublie)

Merci pour tous ces bons moments que l'on passe ensemble (et ils sont nombreux !). Que nous en vivions encore de nombreux dans les années à venir !

**A Jacky**, pour son aide précieuse, sa disponibilité, ses nombreux documents mis à ma disposition et surtout sa gentillesse.

**A Danièle Estival**, pour son aide dans la correction de mon résumé en anglais.

**A tous ceux** qui m'ont mis des bâtons dans les roues...

# SOMMAIRE

<b>LISTE DES ILLUSTRATIONS .....</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>7</b>
<b>I - HISTOIRE DE LA SOIE.....</b>	<b>8</b>
A) HISTOIRE.....	8
1) <i>De la Chine à la France.....</i>	8
2) <i>Introduction de la sériciculture en France et développement du marché .....</i>	9
B) SITUATION ACTUELLE DE LA FILIERE .....	18
<b>II - ZOOTECHNIE .....</b>	<b>22</b>
A) CYCLE DU VER A SOIE.....	22
1) <i>Œuf et stades larvaires .....</i>	22
a) Œuf.....	22
b) Stades larvaires .....	26
2) <i>Cocon et chrysalide.....</i>	32
3) <i>Papillon.....</i>	34
4) <i>Accouplement, fécondation et ponte .....</i>	38
B) TECHNIQUES DE L'ELEVAGE .....	41
1) <i>Le mûrier.....</i>	41
a) Culture du mûrier .....	41
b) Cueillette de la feuille du mûrier .....	42
c) Transport et conservation de la feuille de mûrier.....	44
d) Distribution des repas .....	44
2) <i>Grainage .....</i>	45
a) Grainage domestique.....	45
b) Grainage cellulaire : le procédé Pasteur.....	46
c) Grainage industriel .....	47
d) Conditionnement des graines et leur transport.....	49
e) Conservation des graines.....	50
f) Approvisionnement en graines .....	50
3) <i>Eclosion artificielle des graines.....</i>	52
a) « Traitement classique à l'acide ».....	53
b) Traitement à l'acide après refroidissement .....	55
4) <i>Incubation .....</i>	56
a) Incubation au nouet .....	57

b) Le « castelet des Cévennes ».....	58
c) Les chambres collectives d'incubation et les chambres d'incubation.....	59
d) Conditions d'une bonne incubation .....	60
5) <i>Levée, égalisation, espacement des vers et délitage</i> .....	61
6) <i>Encabanage</i> .....	64
7) <i>Décoconnage</i> .....	66
8) <i>Etouffage des cocons destinés à la filature</i> .....	68
9) <i>Du sexage du cocon destiné à la reproduction à la ponte</i> .....	68
a) Sexage des cocons.....	68
b) Synchronisation de l'émergence des papillons .....	69
c) Accouplement et ponte.....	70
C) LES LOCAUX D'ELEVAGE : LA MAGNANERIE.....	70
1) <i>Conception</i> .....	70
a) Les magnaneries traditionnelles.....	70
a.1.) Les différents types de magnaneries traditionnelles .....	71
a.2) Description du bâtiment .....	72
a.3) Dispositif d'élevage .....	77
b) Architecture d'un bâtiment moderne .....	78
2) <i>Paramètres d'ambiance</i> .....	81
a) Chauffage .....	81
b) Hygrométrie .....	82
c) Ventilation.....	82
d) Lumière .....	84
e) Assainissement.....	84
<b>III – LES MALADIES DU VER A SOIE .....</b>	<b>87</b>
A) UNE PROTOZOOSE : LA PEBRINE .....	87
1) <i>Agent pathogène</i> .....	87
2) <i>Epidémiologie</i> .....	89
3) <i>Symptômes</i> .....	90
a) Œufs pondus par les femelles malades.....	90
b) Larves.....	90
c) Pupes .....	91
d) Papillons.....	91
4) <i>Diagnostic</i> .....	91
a) Examen des jeunes larves et des oeufs.....	91
b) Examens des larves mortes, des pupes, des exuvies ou des matières fécales.....	91
c) Examen de la poussière des magnaneries .....	92
d) Test de l'émergence forcée .....	92

e) Recherche des papillons femelles atteints.....	92
5) <i>Moyens de lutte</i> .....	92
a) Mesures d'hygiène .....	92
b) Grainage cellulaire .....	93
B) UNE MYCOSE : LA MUSCARDINE BLANCHE .....	95
1) <i>Agent pathogène</i> .....	95
2) <i>Epidémiologie</i> .....	97
a) Transmission d'individu à individu .....	97
b) Transmission de la maladie de génération en génération .....	97
3) <i>Symptômes</i> .....	97
4) <i>Moyens de lutte</i> .....	98
a) Mesures à prendre en cours d'éducation.....	98
b) Désinfection des locaux et du matériel d'élevage.....	99
C) DEUX MALADIES VIRALES : LA GRASSERIE ET LA POLYHEDROSE CYTOPLASMIQUE .....	100
1) <i>La grasserie ou polyhédrose nucléaire</i> .....	100
a) Agent pathogène et facteurs favorisants .....	100
b) Epidémiologie .....	102
b.1) Transmission de la maladie d'individu à individu .....	102
b.2) Transmission de la grasserie de génération à génération.....	103
c) Symptômes .....	103
d) Moyen de lutte .....	104
2) <i>La polyhédrose cytoplasmique</i> .....	105
a) Agent pathogène.....	105
b) Epidémiologie .....	105
c) Symptômes .....	105
d) Moyens de lutte.....	105
D) MALADIES BACTERIENNES DU TUBE DIGESTIF .....	106
1) <i>Agents pathogènes</i> .....	106
2) <i>Symptômes</i> .....	106
3) <i>Moyens de lutte</i> .....	107
E) MALADIES MULTIFACTORIELLES (VIRALES ET BACTERIENNES) : LA FLACHERIE ET LA GATTINE .....	107
1) <i>La flacherie</i> .....	107
a) Agent pathogène.....	107
b) Epidémiologie .....	107
c) Symptômes et lésions histopathologiques.....	107
d) Diagnostic .....	108
e) Moyen de lutte.....	108

2) <i>La gattine ou « maladie des têtes blanches »</i> .....	108
a) Agent pathogène.....	108
b) Epidémiologie .....	109
c) Symptômes .....	109
d) Moyen de lutte .....	110
F) LES DIARRHEES NON INFECTIEUSES.....	110
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>112</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>113</b>
<b>WEBGRAPHIE SANS AUTEUR.....</b>	<b>118</b>
<b>ANNEXE .....</b>	<b>119</b>

# LISTE DES ILLUSTRATIONS

## FIGURES

Figure 1 : Les pays à production séricicole dans le monde.....	18
Figure 2 : Production mondiale de soie grège par pays de 1938 à 1991 en tonnes.....	19
Figure 3 : Coupe de l'œuf de <i>Bombyx mori</i> .....	23
Figure 4: Coupe de l'oeuf de 24h de <i>Bombyx mori</i> .....	24
Figure 5 : Anatomie externe du ver à soie au maximum de sa taille .....	27
Figure 6 : Anatomie interne du ver à soie .....	28
Figure 7 : Récapitulatif du cycle larvaire .....	29
Figure 8 : Chrysalide du ver à soie.....	34
Figure 9 : Papillon mâle .....	36
Figure 10 : Coupe longitudinale du papillon mâle.....	37
Figure 11 : Papillon femelle .....	37
Figure 12 : Coupe longitudinale du papillon femelle.....	38
Figure 13 :Ponte .....	40
Figure 14 : Cycle de développement du <i>Bombyx mori</i> .....	41
Figure 15 : Cellule de reproduction.....	47
Figure 16 : « Traitement classique à l'acide» .....	53
Figure 17 : Stockage à froid après traitement à l'acide .....	54
Figure 18 : Conservation à froid avant le traitement à l'acide.....	54
Figure 19 : Diagramme synoptique du traitement à l'acide après refroidissement .....	56
Figure 20 : Couveuse en fer blanc.....	58
Figure 21 : Coupe longitudinale d'une magnanerie par adjonction latérale.....	72
Figure 22 : Coupe transversale d'une magnanerie des Cévennes.....	73
Figure 23 : Différences entre magnaneries modernes et traditionnelles .....	79
Figure 24 : Spore de <i>Nosema bombycis</i> .....	88
Figure 25 : Cycle du protozoaire <i>Nosema bombycis</i> .....	89
Figure 26 : Ponte sur toile avec femelle épinglée dans un des côtés (d'après Pasteur) .....	94
Figure 27 : Mode de formation sympodique des conidies de <i>Beauveria bassiana</i> .....	96
Figure 28 : Représentation schématique des Céphalosporiées (sous-famille de <i>Beauveria bassiana</i> ) .....	96
Figure 29 : Lésions des cellules adipeuses atteintes de grasserie .....	101

## PHOTOGRAPHIES

Photo 1: Oeufs nouvellement pondus de <i>Bombyx mori</i> .....	22
Photo 2 : Oeufs de quelques jours, fécondés, de <i>Bombyx mori</i> .....	23
Photo 3 : Ecllosion et émergence de la chenille .....	26
Photo 4 : Repas de la chenille .....	26
Photo 5 : Tête du ver à soie et les pattes thoraciques.....	27

Photo 6 : Repas du ver à soie <i>Bombyx mori</i> .....	30
Photo 7 : Position du ver avant la mue .....	30
Photo 8 : Début de la montée .....	32
Photo 9 : Ver à soie à la montée .....	32
Photo 10 : Ver en train de former son cocon .....	33
Photo 11: Emergence du papillon .....	35
Photo 12 : Papillon mâle .....	36
Photo 13 : Papillon femelle .....	37
Photo 14 : Accouplement .....	39
Photo 15 : Ponte .....	40
Photo 16: «Traouca » .....	43
Photo 17 : Boîte de graine .....	51
Photo 18 : Nouet.....	57
Photo 19 : Incubateur en plexiglas .....	58
Photo 20 : Encabanage à la bruyère .....	64
Photo 21 : Encabanage à la bruyère .....	64
Photo 22 : Utilisation du hérisson plastique .....	65
Photo 23 : Décoconnage.....	66
Photo 24 : Cheminées d'angle .....	75
Photo 25 : Orifice de sortie du conduit d'évacuation de la cheminée .....	75
Photo 26 : Conduit d'évacuation de la fumée en tuiles .....	76
Photo 27 : Fougeirou .....	76
Photo 28 : Châssis avec des claies .....	77
Photo 29 : Tâche caractéristique d'un ver atteint de pébrine.....	91
Photo 30 : Larves mortes atteintes de <i>Beauveria bassiana</i> .....	98
Photo 31 : Inflorescence blanche liée à <i>Beauveria bassiana</i> .....	98
Photo 32 : Corpuscules hexahédriques.....	100
Photo 33 : Ver à soie atteint de grasserie .....	103

## TABLEAUX

Tableau 1 : Evolution de la production française de cocons de 1801 à 1941 .....	16
Tableau 2 : Taille du ver de l'éclosion jusqu'au cocon et durée de chaque cycle larvaire .....	29
Tableau 3 : Période adéquate pour le traitement à l'acide .....	52
Tableau 4 : Durée de traitement à l'acide à température ambiante.....	53
Tableau 5 : Grandeur de la maille du filet de délitage en mm <sup>2</sup> .....	62
Tableau 6 : Durée maximale de stockage des chrysalides pour synchroniser l'émergence des papillons .....	70
Tableau 7 : Températures et humidités requises pour l'élevage des vers.....	81
Tableau 8 : Echantillonnage pour l'inspection de masse des femelles.....	96

# INTRODUCTION

On donne le nom de ver à soie aux chenilles de lépidoptères qui sécrètent, à un moment donné, un fil continu, fin, luisant, tenace appelé soie. Ce fil leur sert à se construire un cocon, à l'intérieur duquel elles se chrysalident et se changent en papillon. Il existe plusieurs espèces de vers à soie, toutes appartenant au genre *bombyx*. Plusieurs espèces de bombyx produisent, avant de passer à l'état de chrysalides, des cocons qui peuvent être utilisés comme textile et qui fournissent des soies de qualités variées. Entre tous, c'est le Bombyx du mûrier, *Bombyx mori*, qui fournit le textile le plus fin, le plus régulier, le plus tenace et le plus brillant. C'est donc de ce bombyx que ce travail traitera avant tout. La chenille se nourrit spécialement, sinon exclusivement, de la feuille du mûrier. La soie est donc « un produit animal en connexion avec un végétal » (10), et ce double caractère est essentiel.

On entend par élevage l'ensemble des étapes allant de la culture du mûrier jusqu'à l'obtention du cocon, à partir des œufs du papillon, et l'étouffage de ce dernier garantissant l'intégrité du cocon et donc sa valeur marchande.

L'élevage du ver à soie, la sériciculture, a été l'un des piliers de l'économie cévenole jusqu'au milieu du XXe siècle, notamment de l'Ardèche, dont je suis native. Nombreuses sont les anecdotes, au coin du feu, de ma grand-mère du temps où elle élevait des vers à soie sous son giron pour augmenter ses faibles revenus. L'élevage du ver à soie a, également, façonné l'architecture locale par la prolifération de bâtiments hauts et étroits destinés à leur éducation. L'élevage du ver à soie a donc fait de mon département ce qu'il est aujourd'hui, du moins en partie.

Après avoir abordé l'histoire de la soie de sa découverte en Chine à son introduction en France, j'aborderai la zootechnie de cet insecte à travers son cycle évolutif, les pratiques dans les systèmes d'élevage traditionnels observés jusqu'au milieu du XXe siècle, ainsi que les propositions élaborées plus récemment lors de tentatives de relance de la production, et les locaux d'élevage destinés à son éducation : la magnanerie. La dernière partie sera consacrée aux maladies du ver à soie, tant dans leur dimension historique que dans la connaissance qu'on en a actuellement.

# I - HISTOIRE DE LA SOIE

## A) Histoire

### 1) De la Chine à la France

L'art d'élever les vers à soie et de dévider leurs cocons nous vient de Chine où on le pratique depuis la plus haute antiquité. Très peu de gens savent quand, où et comment on l'a découverte. Il y a beaucoup de légendes à ce sujet à la fois romantiques et mystérieuses.

La légende raconte qu'un père et sa fille possédaient un cheval qui pouvait non seulement voler dans le ciel mais comprendre également le langage humain. Un jour, le père sortit pour ses affaires mais ne revint pas. La fille fit une promesse : si le cheval retrouvait son père, elle l'épouserait. Finalement, son père revint avec le cheval, mais il fut choqué par la promesse de sa fille. Peu disposé à laisser sa fille épouser un cheval, il tua le cheval innocent. Et alors le miracle se produit ! La peau du cheval emporta la fille en vol. Ils volèrent et volèrent encore, puis s'arrêtèrent contre un arbre et, au moment où la fille toucha l'arbre, elle se transforma en ver à soie et cracha chaque jour de longs fils de soie, symbolisant son sentiment d'ennui (70). Une autre légende, moins romantique mais plus connue, est celle relatée par Confucius dans le livre des Odes. Ce serait la princesse Xi-Ling-Chi, épouse de l'empereur Hoang-Ti, qui, vers 2700 avant J.C., aurait la première dévidé ce précieux fil d'un cocon sauvage. En effet, l'empereur excédé de voir abîmés les mûriers de ses jardins avait demandé à son épouse d'en trouver la cause. L'impératrice découvrit que les petits vers blancs mangeaient les feuilles de mûriers et filaient de brillants cocons. En jouant avec l'un d'eux, tombé par hasard dans l'eau chaude de son thé, elle sortit un fil délicat. Très vite, elle s'aperçut que ce fragile filament pouvait être dévidé et assemblé. Elle avait découvert la soie. L'impératrice convainquit son royal époux de lui offrir un verger de mûriers pour élever des vers à soie (71). Légendes, mythes et traditions racontent comment elle découvrit le principe du dévidage des cocons (17).

En fait il n'est pas possible de dater précisément l'apparition de la soie en Chine. Des fragments de ce tissu ont été retrouvés dans les tombes royales de la dynastie des Shang qui régnèrent du XVIIe au XIe siècle avant J.C.

L'empire de Chine va conserver durant plus d'un millénaire l'exclusivité de la fabrication de la soie et de son commerce. Ce quasi monopole de la production de soie est défendu par une loi impériale condamnant à mort toute personne tentant d'exporter des vers à soie ou des œufs.

Le premier pays qui apprendra ce secret de la Chine est la Corée où des émigrants chinois implantèrent la sériciculture en 1200 avant J.C. Puis, la sériciculture s'installa au Tibet suite à l'audace d'une princesse chinoise qui, en 420 avant J.C., devant épouser un prince de Khotan, apprit de celui-ci qu'il n'y avait pas de vers à soie dans son pays. Ne pouvant renoncer à ses habits de soie, la princesse décida de frauder les édits impériaux. Elle cacha, le jour de son départ, des œufs de bombyx et des graines de mûriers dans sa coiffure. Les gardes-frontières n'osèrent pas la fouiller. Les œufs éclorèrent, les graines germèrent et donnèrent naissance à une industrie de la soie dans ce pays. La princesse apprit aux femmes de Khotan les secrets de l'élevage et de la fabrication du fil et des étoffes, et c'est ainsi que le ver à soie partit de ce pays à la conquête d'autres contrées.

Vers le III<sup>e</sup> siècle avant notre ère, un général de l'impératrice japonaise Singu Kongo envahit la Corée et ramena au Japon quelques œufs de ver à soie et de nombreux captifs, parmi lesquels se trouvaient quatre sériciculteurs. Ces quatre sériciculteurs enseignèrent l'art de la sériciculture. C'est ainsi que le Japon découvrit le secret de fabrication de la soie. Il fut suivi par l'Inde. Ces deux pays devinrent d'importants producteurs (63).

Au VI<sup>e</sup> siècle, l'empereur Justinien, curieux d'apprendre le secret de la soie, envoya deux moines persans qui rapportèrent des graines de vers à soie, cachées dans leur bâton de pèlerin (8). Ce n'est qu'au cours du VI<sup>e</sup> siècle après J.C. que la technique de fabrication arriva dans le bassin méditerranéen, l'Empire byzantin la conservant d'abord jalousement. Les chinois perdirent leur monopole sur les textiles les moins évolués, mais conservèrent une avance importante dans la confection de tissus de grande qualité, exportés à travers l'Asie par les routes de la soie (63). A la même époque, les perses maîtrisèrent eux aussi la fabrication de la soie. Envahis par les Arabes au VII<sup>e</sup> siècle, ils leur transmirent leur secret qui s'étendit alors, avec l'islam, en Afrique et sur quelques autres rives de la Méditerranée, comme en Espagne et en Sicile, sans que ne s'y développe une très importante industrie (36).

La conquête arabe diffuse ces techniques plus largement. En 1147, tandis que l'empereur Manuel I<sup>er</sup> Comnène est accaparé par les croisades, le roi normand Roger II de Sicile attaque Corinthe et Thèbes, deux importants centres byzantins de production de soie. Il les met à sac et déporte leurs ouvriers à Palerme. Sous l'impulsion de Roger II (1093-1154), le ver à soie et le mûrier furent introduits dans l'ancien Péloponnèse qui a pris ensuite le nom de Morée en raison de l'importance de la culture du mûrier. L'industrie de la soie s'installe en Sicile qui devient un centre producteur (64). La prise de Constantinople par les croisés en 1204 sonne le déclin de la cité impériale et de ses manufactures et le développement de l'activité séricicole en Italie par la venue de 2000 tisserands qualifiés de Constantinople.

## 2) Introduction de la sériciculture en France et développement du marché

Selon l'historien Francisque-Michel, le tissage de la soie aurait été pratiqué en France dès le XI<sup>e</sup> siècle. Le fil utilisé était importé d'Italie méridionale, de Sicile, de Grèce et du Proche-Orient. Le tissage a donc précédé la production de cocon et du fil. De manière générale, les branches de l'industrie soyeuse sont apparues dans un ordre inversé par rapport à l'enchaînement des étapes constitutives du processus technique : d'abord la fabrication des tissus, ensuite l'ouvraison, enfin l'élevage des vers à soie et le dévidage des cocons.

Pour les régions méridionales dont le climat est particulièrement favorable à la culture du mûrier et à l'élevage des vers à soie, les débuts de la sériciculture se situeraient au XIII<sup>e</sup> siècle. Diverses hypothèses ont été avancées quant au trajet emprunté par la sériciculture pour pénétrer ces régions. La soie était connue grâce aux Arabes dans toutes les contrées du pays méditerranéen. Au Xe siècle, sous la dynastie des Omeyyades, les ateliers de tissage de soie s'étaient multipliés à Grenade, à Séville, à Saragosse et l'Andalousie était la première région séricicole d'Europe. Le mûrier et le ver à soie auraient été introduits par les Maures, via l'Espagne. La soie a pu aussi passer les Alpes pour se diffuser en Provence sous le règne de Saint Louis. Il est probable que la propagation ait emprunté en réalité presque simultanément ces deux chemins.

Un document relatif au commerce de Marseille daté du 12 avril 1246 indique que cette ville a reçu des ouvrages de soie en provenance des Cévennes. Il s'agit du premier document attestant de l'existence d'une production séricicole locale. Durant cette période, les Cévennes sont à l'écart des violences qui mettent à feu et à sang le Languedoc lors de la croisade contre

les Albigeois et le calme relatif qui y règne favorise l'essor de la sériciculture naissante.

Une cinquantaine d'année plus tard, en avril 1296, Raymond de Gaussargues, un habitant d'Anduze, est qualifié dans un acte notarié de « trahanderius », c'est-à-dire tireur de soie.

A partir de cette date, de nombreux documents confirment le développement de la sériciculture. Le tissage s'est également développé, comme en témoigne en 1399 l'achat en Avignon par les consuls de Lyon de quelques pièces de satin rouge afin de confectionner des robes d'apparat.

Par lettres patentes, Louis XII autorise les habitants de Nîmes à exercer « l'art et métier de la draperie de soie ». A cette époque, Montpellier est le centre régional du commerce de la soie.

A partir du XV<sup>e</sup> siècle, la Royauté prend une série de mesures destinées à favoriser la production de la soie. Certaines ne sont pas populaires auprès des habitants du Languedoc, comme l'édit, promulgué par François Ier, qui oblige à faire transiter préalablement par Lyon la totalité des soies introduites en France. La création de ce bureau d'octroi va ainsi permettre à la place lyonnaise de se rendre maîtresse du marché français.

L'intense activité qui règne alors a un effet positif sur le développement de l'industrie séricicole. Le roi François Ier décide de la soutenir officiellement : la première ordonnance encourageant la plantation des mûriers est publiée en 1544. Puis Catherine de Médicis se passionne à son tour pour la soie et fait établir des manufactures à Moulins et Orléans. Mais en dépit de ses soutiens, la production soyeuse progresse lentement car le pays est en proie à des conflits répétés et des troubles religieux.

Lorsque Henri IV est sacré roi de France en 1589, le royaume est déchiré par les guerres de Religions. L'Edit de Nantes, signé en 1598, marque le retour de la paix civile et le véritable développement du travail de la soie.

On étudie alors la création d'une industrie nationale, malgré les réticences de Sully, ministre de Henry IV. De son point de vue, la sériciculture est tout juste bonne à favoriser le luxe et corrompre les mœurs. Il entreprend néanmoins de faire planter des mûriers le long des routes du royaume. C'est réellement un projet d'économie politique qui s'ébauche par la volonté du roi. Il souhaite encourager la branche de la sériciculture et empêcher le numéraire de quitter le royaume en assurant sur le territoire français la production de soie grège dont le pays est devenu un grand consommateur. Le roi s'entoure de deux conseillers : Barthélémy de Laffemas qui incite à créer une « Assemblée du commerce » dont il se fait nommer contrôleur général et surtout Olivier de Serres, illustre agronome dont le mémoire sur les vers à soie, *La Cueillette de la Soie, par la nourriture des vers qui la font*, suscite l'enthousiasme du roi.

Olivier de Serres s'est intéressé à la sériciculture alors embryonnaire en France. Il a introduit et fait prospérer le mûrier pour l'élevage du ver à soie dans son domaine du Pradel. La culture du mûrier était jusque là très localisée. L'élevage des vers à soie retint l'attention du roi car il offrait la possibilité de produire de luxueux tissus à moindre coût et évitait de dépenser des sommes énormes pour acheter de la soie à l'étranger. En février 1599, Henri IV décide de faire publier le chapitre relatif à l'élevage du ver à soie : « Traité de la cueillette de la soie par la nourriture des vers qui la font ». Cette brochure fut largement diffusée entre 1602 et 1605 surtout dans le sud de la France. C'est de là que l'on peut dater la renaissance de la sériciculture et l'essor des magnaneries dans le Vivarais et les Cévennes. Pourtant, dans les campagnes, l'enthousiasme est modéré et les paysans ne se laissent pas facilement séduire par cette nouvelle culture mais l'alourdissement des droits féodaux les conduit finalement à adopter cette culture. Le sud de la France se couvre progressivement de mûriers.

Mais Louis XIII et son ministre Richelieu, puis ses successeurs, ne suivent pas ces

vues. La plupart des arbres plantés sous le règne précédent seront détruits lors de guerres à l'exception des Cévennes où les notables sont pris d'une véritable « mûriomanie ».

Quelques années plus tard, Colbert, soucieux de renforcer la puissance économique et politique de son royaume reprend la politique de ses prédécesseurs en faveur de l'industrie de la soie. Le protectionnisme est un des axes de son système industriel. Il estime que les particuliers ne sont pas en mesure de faire l'avance des capitaux nécessaires à la création de tels établissements et que c'est au pouvoir d'y suppléer en accordant des prêts sans intérêts, des subventions et des monopoles de fabrication. Par un arrêté, il accorde des privilèges et un libre usage des cours d'eaux à ceux qui installeront des filatures et des moulinages. A ce moment, l'état du Languedoc accorde une prime pour chaque pied de mûrier planté. Le royaume va même jusqu'à offrir des plants de mûriers aux paysans.

Plus encore que toutes ces incitations, c'est une catastrophe climatique qui va ouvrir la voie à la prospérité séricicole en donnant à la culture du mûrier une impulsion décisive. En 1709, les Cévennes subissent un hiver exceptionnellement rigoureux. Les oliviers et les châtaigniers ne résistent pas au gel et périssent en grand nombre. Ils sont alors remplacés par des mûriers dont la croissance est beaucoup plus rapide. Le mûrier conquiert alors la montagne cévenole. Partout, les habitants arrachent « l'arbre à pain », le châtaignier, principale source alimentaire, pour lui substituer « l'arbre d'or », le mûrier. Chaque pied de mûrier planté donne alors droit à 24 sols.

L'essor de la sériciculture entraîne celle des filatures, moulinages, tissages et bonneteries durant tout le XVIII<sup>e</sup> siècle. Mais une étape reste à franchir : transformer l'industrie domestique en industrie manufacturière.

L'industrie de la soie a incontestablement souffert pendant la Révolution de par la réquisition des hommes. De nombreux métiers à tisser cessent de battre. Certains fabricants choisissent l'émigration vers l'Espagne ce qui entraîne une diminution des métiers à tisser et une diminution des ventes car les espagnols, important client de l'industrie française, n'ont plus d'intérêt à acheter en France les produits de luxe qu'ils peuvent désormais fabriquer.

Il faut attendre la nouvelle politique économique menée sous la Restauration pour que l'industrie séricicole trouve véritablement un nouveau souffle. La sériciculture et la filature cévenoles entrent dans une période de prospérité exceptionnelle. En l'espace de onze ans, le nombre de mûriers est multiplié par 2. Le développement séricicole s'accompagne de nombreux perfectionnements dans le domaine industriel. Grâce à l'invention par Gensoul du système de chauffage à la vapeur des bassines, la filature va connaître une mutation technique et économique sans précédent même si de nombreux paysans continuent de travailler avec des tours manuels. La production de cocons atteint, en 1850, vingt-cinq millions de kilos et, en 1855, celle de soie grège dépasse avec ces cinq millions de kilos celle des royaumes lombard et vénitien réunis.

Ces chiffres ne seront plus jamais atteints car en 1845 une maladie des vers, la pébrine, fait son apparition à Cavaillon. L'épidémie, de par sa virulence, pousse les négociants à rechercher toujours plus loin des graines saines, indemnes de cette pathologie. Cela les conduit d'abord au Caucase puis au Japon, dernier pays non atteint par cette épidémie. Le Japon devient le seul fournisseur de la sériciculture européenne. L'âge d'or de la sériciculture n'est plus qu'un lointain souvenir. De nombreux ateliers et usines ferment (15).

Bien que l'inquiétude ne cesse de croître au fur et à mesure que la production diminue, on ne parle toutefois pas de déclin : dans l'esprit des observateurs de l'époque, il ne fait aucun doute que tout rentrera dans l'ordre lorsque l'épizootie sera enrayée. En 1865, le ministre de l'agriculture dépêche en Cévennes le grand biologiste Louis Pasteur. Il identifie les corpuscules responsables de l'infection (16). Après quatre années de recherches, il parvient à démontrer que la maladie est héréditaire mais que les papillons sains, c'est-à-dire indemnes de

corpuscules pathognomoniques de la maladie, donnent toujours naissance à des œufs sains. Il met ainsi au point le grainage cellulaire. Pour populariser la méthode pastorienne, le gouvernement crée la station séricicole de Montpellier et offre des microscopes aux instituteurs et aux sociétés agricoles (15).

En dépit de la remarquable efficacité du procédé, l'espoir de voir la sériciculture retrouver son ancienne prospérité est néanmoins déçu. En effet, alors que grâce à l'application de la méthode pastorienne les rendements sont en constante progression, la production ne parvient pas à retrouver son niveau d'antan.

Les observateurs ont identifié les causes du déclin. Ces dernières sont à la fois internes, liées aux conditions nationales de production et externes, c'est-à-dire fondées sur l'internationalisation des échanges et l'évolution du marché occidental.

Les économistes retiennent comme principaux facteurs externes :

- d'une part, l'importation de cocons étrangers puis de soie grège extrême-orientale à des prix défiant toute concurrence. L'importation de cocons et de soie grège en provenance de pays où la main d'œuvre est à la fois abondante et bon marché a été facilitée par l'ouverture du canal de Suez, en 1869, les progrès de la navigation à vapeur, l'amélioration des systèmes de communication (relations par câble) permettant de traiter rapidement avec les exportateurs japonais ou chinois ainsi que par l'ouverture des ports asiatiques au commerce européen (28). Le marché français se trouve alors envahi par les soies chinoises et japonaises ce qui provoque une baisse de prix. Les pouvoirs publics ont alors deux choix : instaurer des droits protectionnistes ou bien des primes à la sériciculture et à la filature ? Les sériciculteurs sont en faveur d'un droit de douanes sur les cocons, les filateurs sont pour une taxe sur la soie grège car ils achètent de nombreux cocons bon marché à l'étranger, les tisseurs sont pour un système de prime, n'achetant qu'un huitième de leur matière première en France. L'état tranche en faveur des tisseurs et mis en place un système de primes.
- d'autre part, la popularité croissante des fibres synthétiques. Les fibres synthétiques sont bien meilleur marché que la soie tout en imitant son aspect et sa texture. Il remplace d'abord les soies de qualités inférieures puis prend une expansion prodigieuse (15). Alors que la production mondiale de fil de cellulose ne représentait que 600 tonnes en 1896, elle s'élevait en 1937 à 815495 tonnes. Les soyeux qui avaient bâti la réputation internationale de la fabrique lyonnaise sur le tissage de la soie naturelle ont donc progressivement abandonné cette fibre pour se tourner vers les fibres artificielles. Dans les années 1970, ils ne consommaient plus que 542 tonnes de soie grège contre 33254 tonnes de fils synthétiques (28).

Les facteurs internes sont multiples :

- la rareté et la cherté de la main d'œuvre séricicole et industrielle française,
- le dépérissement des mûriers,
- l'archaïsme des méthodes d'élevage,
- le manque de motivation des agriculteurs,
- le perfectionnement insuffisant de l'outil industriel,
- les investissements capitalistiques dans d'autres secteurs d'activité et notamment la viticulture,
- la politique économique appliquée à cette filière de production...

Il n'y a pas de consensus sur l'identification des causes internes car elles opposent les acteurs de la filière les uns aux autres. Pour les sériciculteurs, la pénurie de bras dans la

sériciculture est un effet et non une cause de son déclin : c'est la crise séricicole qui est à l'origine de l'exode rural et non l'inverse. Les principaux responsables de cette situation, estiment-ils, sont d'une part les soyeux qui ont incité les pouvoirs publics à adopter le système de primes (la prime est une somme versée par le Gouvernement aux producteurs de cocons et aux filateurs, qui permet de compenser l'absence de droits de douane sur les cocons ainsi que sur les soies grèges importés à bas prix d'Extrême-Orient) parce qu'il ne pénalisait pas leurs achats de soie grège en Extrême-Orient plutôt qu'à prendre des mesures protectionnistes, d'autre part les filateurs qui ont longtemps été de mèche afin de contraindre les sériciculteurs à céder leur récolte à prix imposé et qui les payaient avec six mois de retard. De leur côté, les filateurs accusent à la fois les soyeux de les « étrangler » en les obligeant à aligner leur prix sur le prix de vente du grège pratiqué en Extrême-Orient et les ouvrières de réclamer des salaires trop élevés qui en alourdissant le coût de production leur interdisent d'être compétitifs. En écho, les sériciculteurs reprochent aux filateurs de ne pas soutenir la production séricicole et de préférer désengager leurs capitaux d'une activité sur laquelle ils ont cependant bâti leur fortune. Quant aux techniciens, représentants l'Etat, ils mettent en cause les sériciculteurs, selon eux pleinement responsable de la stagnation de la production car d'après eux ils ne suivent pas les innovations de la filière quant à l'élevage du ver à soie.

La conjugaison de ces causes internes et externes condamne la filière séricicole. Les chiffres suivants sont sans appel. De 1913 à 1939 le nombre de sériciculteurs a diminué de 86,58%, la quantité d'onces mises à incuber de 89,9% et la production de cocons de 86,5% (16). On passe de 90000 sériciculteurs en 1913 à 11 000 en 1939. Les Cévennes, en mal d'activités de remplacement résistent mieux que les autres mais pour un temps.

En dépit du pessimisme ambiant, certains tentent de relancer la sériciculture en créant des pépinières de mûriers, des concours d'éducatrices, en distribuant du matériel, en installant des magnaneries modèles, en créant des équipes volantes de désinfection des magnaneries, en encourageant les coopératives... Les instituteurs et institutrices des régions séricicoles sont mis à contribution pour former de futurs sériciculteurs. Malgré tous les efforts accomplis par ceux que l'on qualifie de « missionnaires de la soie », cette politique de soutien et de sensibilisation ne donne pas les résultats escomptés. D'importantes transformations sont alors jugées nécessaires afin d'éliminer le principal obstacle à une reprise : le coût trop élevé des cocons français. La Fabrique lyonnaise ne pourra continuer à s'approvisionner dans l'Hexagone qu'à la condition que les producteurs français alignent leur prix sur ceux pratiqués en Extrême-Orient. Pour y parvenir, diverses mesures sont prises afin d'améliorer les rendements et réduire le temps de travail des sériciculteurs, comme l'aide à la modernisation des magnaneries et la diffusion auprès des producteurs de cocons de papier perforé pour le délitage.

La production connaît un dernier sursaut lors de la seconde guerre mondiale. La défense nationale a en effet besoin d'une grande quantité de soie pour la fabrication de parachutes et attaches. Produire du cocon devient un effort de guerre (15).

En dépit de la volonté de l'ensemble de la filière, l'économie séricicole ne cesse de se dégrader, minée par la stagnation des prix et l'impossibilité de rétribuer convenablement une main d'œuvre paysanne qui se fait à la fois rare pour cause de migration et coûteuse car les salaires agricoles suivent l'augmentation du revenu moyen de la population. Face aux conséquences de l'intensification du phénomène migratoire qui pourraient marquer la fin de la sériciculture, les pouvoirs publics prennent des mesures d'encouragement.

Dès 1947, la station séricicole d'Alès tente de promouvoir le tissage artisanal de la soie comme moyen d'enrayer le processus de dépopulation. Deux métiers à tisser sont mis au point à la demande d'une mission séricicole d'évaluation et d'observation mandatée par le Ministère de l'Agriculture et le Groupement d'achat et de répartition des soies. Ces deux

métiers à tisser, baptisés « Provence » et « Artitex », sont une adaptation du métier à tisser lyonnais. Ils sont d'un moindre encombrement afin de trouver aisément à se loger dans les foyers ruraux, d'un maniement facile et n'exigeant pas un long apprentissage.

Face au tissage artisanal, les filateurs du Gard, de la Lozère, de l'Hérault, de l'Ardèche et du Vaucluse se regroupent et forment en 1957 une société, « la filature française de soie des Cévennes ». Ils décident alors de concentrer l'activité du tissage en un seul lieu, la filature Maison Rouge, à Saint-Jean-du-Gard. Equipée d'une filature performante de fabrication japonaise, Maison Rouge peut traiter 300 tonnes de cocons frais par an et produire jusqu'à 80 kg de grège par jour. La production séricicole française est alors de 200 tonnes annuelles ce qui est donc insuffisant pour l'alimenter. C'est pourquoi le directeur de la station séricicole élabore un programme de développement de la sériciculture afin que l'atelier puisse dans l'avenir fonctionner à plein régime. C'est ainsi que des plantations de mûriers sont réalisées car de nombreux arbres, laissés à l'abandon, ont été arrachés, ce qui entraîne une pénurie de feuille pour nourrir la quantité de vers requise.

En 1958, le redressement de la sériciculture semble en bonne voie. Bien qu'affectée par le succès des textiles artificiels, la consommation française de soie parvient à se maintenir, oscillant entre 1000 et 2000 tonnes par an. Mais la concurrence internationale appelle de nombreuses améliorations techniques afin de réduire les coûts de production. En effet, le prix du kilo de cocons frais s'élève à 7 F en Italie, à 4,8 F au Japon alors qu'il atteint 9,2 F en France. Auteur d'un rapport sur la sériciculture, Simon entend tenir le discours de la rationalité technique face à la « tradition ». La première innovation qu'il propose est d'effectuer des élevages imbriqués et successifs. Ce système permet en théorie de réaliser de 7 à 14 élevages annuels, en fonction de la durée de l'activité végétative du mûrier. Il permet également une utilisation optimale des locaux, du matériel et de la force de travail pendant une période de 5 à 7 mois. Deux facteurs concourent à la réalisation de ce programme : la sélection de races poly-hybrides issues de croisements entre des races chinoise et japonaise particulièrement performantes et en second lieu la création de variétés de mûriers permettant une production automnales de feuilles, le Kokuso 21, à la différence des variétés traditionnelles. Ce programme ne fut adopté qu'en 1961 suite à la création de la Fondation Olivier de Serres, dont Simon fut élu président. La Fondation Olivier de Serre est essentiellement un centre de réflexion. Les effets des innovations proposés par Simon sont supposées porter sur les coûts de production et donc permettre d'accroître la rentabilité de la sériciculture grâce à un prix de vente ne dépassant pas celui fixé par le marché commun. Il semblerait ainsi possible d'atteindre une réduction de 50% du coût de la main d'œuvre, ce qui aurait nécessairement une incidence sur le prix de vente du kilo de cocons. Cette formule rompt avec les solutions antérieures puisqu'elle suppose une réorganisation de la production fondée sur la division du travail et la spécialisation des producteurs : d'un côté, des agriculteurs ne se consacrant qu'à la culture du mûrier, de l'autre, des sériciculteurs affranchis de la culture du mûrier et de la cueillette des feuilles et ne se chargeant plus que de l'éducation proprement dite.

Dès 1962, la Fondation Olivier de Serres peut se prévaloir de plusieurs réalisations qui concourent à l'abaissement des coûts de production :

- la mise en œuvre du gardiennage des vers à soie, c'est-à-dire d'une éducation collective des vers jusqu'à la troisième mue afin d'améliorer leur égalisation,
- la conduite d'élevages selon la formule de la spécialisation des tâches,
- l'expérimentation de grandes éducations de printemps imbriquées et successives,
- un semis de graines de mûriers en vue l'obtention de plants,

- l'installation d'une magnanerie pilote prévue pour une éducation de 100 g de graine de vers à soie, soit environ 5 onces.

Ces propositions et innovations techniques sont relayées dans la revue *Causses et Cévennes*. Son lectorat couvre tout l'éventail social, depuis le paysan confiné dans son mas isolé jusqu'aux personnalités régionales.

Malgré le succès de l'expérience des magnaneries coopératives menées en 1962-63, cette innovation n'est pas parvenue à se diffuser auprès des paysans qui ne croient guère à un renouveau de la filière. Il est vrai que contrairement aux sériciculteurs italiens qui se sont regroupés en coopératives de production et d'étouffage afin de mieux défendre leurs intérêts face aux filateurs, les sériciculteurs français ont toujours montré leur réticence à ce type d'organisation. Une seconde difficulté tient au fait qu'il n'existe pas de plantation de mûriers à pousse continue et qu'il est par conséquent quasi impossible de réaliser des élevages successifs et imbriqués.

Faute d'un réel soutien des pouvoirs publics, la Société Française des soies des Cévennes est liquidée à la fin de l'année 1965 et ses équipements sont vendus l'année suivante.

La sériciculture disparaît officiellement de l'éventail des activités agricoles en 1968. L'Etat, en cessant d'apporter son soutien financier à la sériciculture sous forme de primes à la production, a signé son arrêt de mort.

Une note de service datée de juin 1968 dresse le bilan de cette production. Le nombre de sériciculteurs n'a cessé de décroître d'année en année : de 204 en 1965, il passe à 155 en 1966, puis 133 en 1967. Quant à la production, elle diminue au même rythme : de 28 700 kg en 1965, 10 225 kg en 1967 et seulement 5 442 l'année suivante. La sériciculture n'est plus pratiquée que par des agriculteurs âgés, disposant d'un revenu faible. Seules les aides du Fonds d'orientation et de réorganisation des marchés agricoles (FORMA) ont jusque là permis d'harmoniser les prix de vente de cocons et celui payé aux sériciculteurs. En effet, en 1967, autrement dit la veille de la suppression des aides publiques, le prix du kilo de cocons, de l'ordre de 11,2 F, était exorbitant comparé au prix international alors qu'il se situait très en deçà du prix réel de revient et ne parvenait même pas à compenser les frais de main d'œuvre qui à eux seuls s'élevaient à 15,75 F. Force était donc de constater que la soie française était dans l'incapacité de soutenir la concurrence internationale et plus particulièrement asiatique.

Au fond, la suppression des aides ne fait qu'entériner un processus entamé depuis longtemps (16).

Le tableau 1 retrace la production française de cocons de l'année 1800 à l'année 1941. Ces chiffres sont empruntés :

- jusqu'en 1856 à un mémoire de M. Dumas, membre de l'Institut, inséré aux comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris
- de 1857 à 1871 à la statistique de la France par M. Block
- de 1872 à 1903 aux statistiques annuelles du syndicat des marchands de soie de Lyon
- de 1913 à 1941 aux statistiques du Ministère de l'Agriculture, bulletin technique séricicole.

Tableau 1 : Evolution de la production française de cocons de 1801 à 1941 (64).

Année	Production annuelle en tonne	Année	Production annuelle en tonne	Année	Production annuelle en tonne
1801-1807	4 250	1873	8 360	1900	9 180
1808-1812	5 140	1874	11 070	1901	8 450
1813-1820	5 200	1875	10 770	1902	7 287
1821-1830	6 900	1876	2 390	1903	5 985
1831-1840	14 700	1877	11 400	1913	4 423
1841-1845	17 500	1878	7 720	1920	3 230
1846-1852	24 250	1879	4 770	1921	2 557
1853	26 000	1880	9 490	1922	2 584
1854	21 500	1881	9 255	1923	3 355
1855	19 800	1882	9 690	1924	4 224
1856	7 500	1883	7 660	1925	3 389
1857	7 500	1884	6 257	1926	3 099
1858	11 500	1885	6 618	1927	3 655
1859	11 000	1886	8 261	1928	2 668
1860	11 500	1887	8 980	1929	2 535
1861	8 500	1888	9 550	1939	1 827
1862	9 700	1889	7 410	1931	996
1863	9 500	1890	7 800	1932	986
1864	8 500	1891	6 883	1933	942
1865	5 500	1892	7 680	1934	975
1866	16 400	1893	9 987	1935	656
1867	14 100	1894	10 584	1936	673
1868	10 600	1895	9 300	1937	644
1869	8 100	1896	9 318	1938	596
1870	10 100	1897	7 760	1929	526
1871	10 320	1898	6 893	1940	582
1872	9 870	1999	6 993	1941	593

En 1977, l'A.D.S. Cévennes (Association pour le Développement de la Sériciculture en Cévennes) est créée à l'initiative de plusieurs parents d'élèves, d'anciens éducateurs, de tisseurs de soie... En 1978, l'A.D.S. Cévennes lance sa première campagne séricicole pour la production de cocons, à un niveau interdépartemental. Trente-six éducateurs de l'Hérault, du Gard, de la Lozère, de la Drôme et de l'Ardèche produisent cette année là une tonne et demie de cocons. Pour la première fois, une expérience concrétise la volonté d'anciens et de nouveaux éducateurs de replacer la sériciculture dans un contexte économique et non de la cantonner dans une action passéiste. Malgré une aide versée aux éducateurs de vers à soie par la C.E.E., cette action apparaît pourtant aux yeux de beaucoup comme une utopie, un non-sens économique, compte tenu de la concurrence des produits d'Extrême-Orient. L'A.D.S. consciente de cet environnement économique peu favorable s'engage à contre-courant dans une formule tout à fait originale. Puisque la soie grège produite en Cévennes est trop chère face aux soies importées de Chine, elle va créer sa propre structure de consommation : elle transformera et commercialisera la production locale, maîtrisant ainsi la totalité de la chaîne soie, du mûrier au tissu. Cette volonté d'intégrer la totalité des étapes, qui du mûrier

aboutissent au tissu, se cristallise en 1980 par la création de la S.I.C.A. (Société d'Intérêt Collectif Agricole) Soie-Cévennes, sur la base de trois principes :

- ne pas retomber comme dans le passé dans la dépendance vis-à-vis des soyeux lyonnais,
- regrouper sous forme de coopérative toutes les étapes de la chaîne soie,
- réaliser des productions présentant les meilleurs critères de qualité et d'originalité permettant à la soie des Cévennes de se démarquer au maximum des soies d'importation.

A partir de 1981, la S.I.C.A. Soie-Cévennes va acquérir et installer un matériel moderne de filature automatique à 20 bouts, mettre en place un atelier de moulinage puis de teinture, s'équiper de plusieurs métiers mécaniques pour l'étape ultime du tissage.

La S.I.C.A. s'associa avec la société SERICA qui, plus en aval, assure la transformation finale des produits soie : fil à tricoter fantaisie et tissus prêt-à-porter, ainsi que leur commercialisation. Grâce à ces deux sociétés, la relance de la sériciculture est donc devenue une réalité, et ce par la volonté d'hommes et de femmes qui se sont pris en charge sur le plan local.

En 1985, il s'est importé 756 tonnes de soie grège en France, la même année la S.I.C.A. Soie-Cévennes en a produit 500 kilos (48). La S.I.C.A. ne peut faire le poids contre les soies importées d'Extrême-Orient. Cela sonne le glas de la sériciculture en France mais pas de la sérigraphie dont la société SERICA reste le leader français.

Depuis la fermeture de la station séricicole d'Alès en décembre 1977, il a été créé, en 1979, l'Unité Nationale Séricicole (UNS). L'UNS mène des activités biologiques sur le ver à soie et participe à de nombreux travaux destinés à l'information scientifique et technique dans ce domaine. L'UNS est implantée à la Mulatière à Lyon. C'est un établissement qui fait parti de l'INRA. L'UNS héberge le siège de la Commission Séricicole Internationale (CSI) et, à ce titre, conduit des missions d'expertises et de conseils pour des projets séricicoles dans le monde (18).

En 1993, se crée Eurochrysalide SA. Cette société est créée dans le but de mettre fin au monopole de la soie chinoise en favorisant l'exportation des savoir-faire cévenols et lyonnais dans des pays en voie de développement en leur fournissant un appui technique (20). Les pays pressentis pour ce programme sont le Viêt-Nam (qui possède déjà une tradition séricicole), l'Amérique latine, notamment la Colombie avec une extension possible au Pérou et à la Bolivie, l'Inde (gros producteur de soie de faible qualité), le Cambodge et le Maroc (6). Eurochrysalide SA se constitue de six industriels et de deux organismes institutionnels (un bureau parisien gérant les contrats avec l'étranger et Institut Textile de France). Les six industriels impliqués dans ce projet sont :

- le laboratoire de Puechlong, dans le Gard, dont le rôle est de produire des mûriers,
- l'Unité Séricicole de Lyon chargée de mettre au point des hybrides de ver à soie performants,
- la station de grainage du Pradel, en Ardèche, dont la vocation est de multiplier les hybrides,
- la filature du Mazel, dans le Gard, dont la mission est le dévidage industriel du cocon (20),
- la société SERICA qui s'occupe de l'industrialisation de la soie,
- le Cabrador SARL qui se consacre à la vente et à la diffusion des produits tissés par la société SERICA, à la présentation de ces collections sur les salons écologistes et à l'édition d'un catalogue de vente par correspondance (6).

En 1998, Eurochrysalide dépose son bilan, la filature du Mazel ferme. En 1999, l'UNS est démantelée. Seule perdure la CSI à Lyon, dirigée par le Dr Chavancy (18).

## B) Situation actuelle de la filière

La production de soie ne représente qu'un pourcentage minime, (0,17% en 1989), de la production totale de fibres textiles dans le monde. Il existe une soixantaine de pays qui produisent de la soie (figure 1).

Figure 1 : Les pays à production séricicole dans le monde (31)



Cependant, sur une production mondiale qui atteint 76 761 tonnes de soie grège en 1991, 95% sont produits par un très petit nombre de pays. Il s'agit de la Chine, du Japon, de l'ex-U.R.S.S., de la Corée du Sud et du Brésil. Ces principaux pays producteurs de soie sont plus ou moins les mêmes depuis 1938 mais des bouleversements se sont produits (figure 2).

Le Japon qui était le premier producteur mondial avant la guerre, a vu sa production diminuer jusqu'à nos jours en raison de l'industrialisation du pays. Il en est de même pour la Corée du Sud qui se situait au cinquième rang mondial jusqu'en 1986, et dont la production chute depuis.

La Chine infléchit sa production à partir de 1960 et prend la place du Japon au premier rang mondial. La soie produite en Chine est à plus de 70% de la soie de vers bivoltins qui convient pour les utilisations finales exigeant un certain degré de qualité. Elle est aussi le plus gros producteur mondial de soie tassar (soie issue de vers à soie tassar se nourrissant de feuilles de chênes) avec une production de 1000 tonnes de soie grège en 1983.

L'Inde augmente régulièrement sa production et est devenue depuis 1986 le deuxième producteur mondial de soie, cependant plus de 95% de la soie produite proviennent de vers polyvoltins dont la qualité est mauvaise.

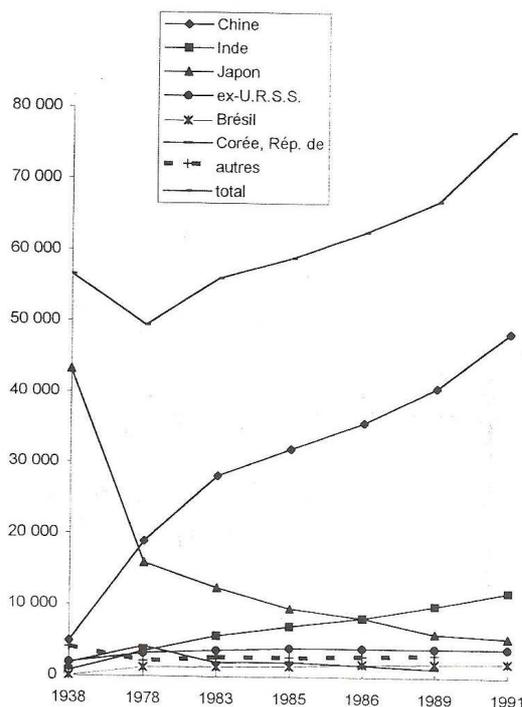
La production de l'ex-U.R.S.S. a augmenté jusqu'en 1985 et est maintenant stabilisée au quatrième rang mondial.

Le Brésil s'est lancé en 1920 dans la production de soie avec l'arrivée d'immigrants italiens. Dans les années 70, les commerçants japonais, à la recherche de nouvelles sources de soie en raison de la baisse de la production nationale, y établissent des unités de production. De nos

jours, plus de 80% de la sériciculture et de l'industrie de la soie sont dominés par les capitaux japonais. Le pays a augmenté régulièrement sa production et se trouve au cinquième rang mondial depuis 1986.

Parmi les autres pays producteurs de soie, on trouve la Thaïlande, l'Iran, la Turquie, la Bulgarie, la Roumanie et le Viêt-Nam qui représentent 5% de la production mondiale en 1986. Les autres pays, dont la France, ont une production négligeable de cocons ou à l'état de projet (27).

Figure 2 : Production mondiale de soie grège par pays de 1938 à 1991 en tonnes (11, 12)



L'avenir de la filière passe par les biotechnologies telles que la transgénèse.

La transgénèse germinale consiste en l'intégration au sein du génome de l'organisme ciblé ainsi qu'à celui de sa descendance d'un fragment d'ADN étranger ou transgène. Chez les insectes la première transformation génétique a été réalisée en 1982 chez la drosophile. C'est en 2000, après une dizaine d'année de recherche intense que l'obtention de la transgénèse du ver à soie domestique du mûrier, *Bombyx mori*, a permis d'étendre le concept à l'ordre des Lépidoptères (56).

Plusieurs équipes japonaises, françaises et américaines, travaillant en coopération, ont réussi à transformer de façon stable la lignée germinale du *Bombyx*, en utilisant un transposon de lépidoptère dénommé *piggyBac*. L'expression de transgène d'intérêt médical dans la glande séricigène pourrait faire du ver à soie un véritable « bioréacteur », où l'on n'aurait plus qu'à récolter les protéines à partir du cocon. En employant le ciblage génique, on peut imaginer inactiver les gènes des deux protéines formant le fil de soie, la fibroïne et la séricine, et de les remplacer par ceux gouvernant la production de la soie d'araignée, la plus solide connue (9). Cela ouvre des voies de recherche telles que :

- la production de protéines recombinantes intéressantes dans le secteur médical. Le principe est d'exploiter le potentiel protéo-synthétique de la glande séricigène de la chenille, pour produire dans le cocon des polypeptides étrangers à activité thérapeutique tels que des facteurs de croissance,
- la création de biomatériaux innovants ou « soies bioactives » : le challenge est de produire des matières de soie (gel, film, éponge...) fonctionnalisées par greffage in vivo de peptides biologiquement actifs (peptides antibactériens, peptide d'adhésion cellulaire...). L'application de tels biomatériaux est multiple et concerne le champ des « pansements intelligents » et de la « régénération tissulaire » (peau, tendon, os),
- la production de fibres textiles nouvelles présentant des propriétés mécaniques (résistance, élasticité) originales (soie d'araignée) (56). Le Pr Gérard Chavancy, qui dirigeait le laboratoire de sériciculture de l'Institut national de recherche agronomique, fermé depuis décembre 2009, entrevoit bien d'autres débouchés. Son équipe basée à Lyon, a collaboré avec l'université d'Hiroshima pour réaliser la première transgénèse du ver à soie. Cette équipe étudie la possibilité de produire de la soie d'araignée à partir de larves transgéniques de ver à soie. La soie d'araignée présente des caractéristiques uniques de résistance et d'élasticité, mais l'agressivité dont font preuve les araignées pour défendre leur territoire ne permet pas d'en pratiquer l'élevage intensif, d'où l'intérêt du ver à soie parfaitement domestiqué (5),
- l'introduction de résistance à des pathogènes du ver à soie dont l'élevage intensif favorise la dissémination de bactéries ou de virus entraînant des pertes souvent importantes pour le sériciculteur (56).

La transgénèse aléatoire véhiculée par le transposon *piggyBac* a offert au ver à soie une opportunité sur la route des biotechnologies. Le développement de cette voie, la seule disponible en routine actuellement, est intéressante et peut apporter des solutions originales à des problématiques définies mais elle présente des faiblesses comme la difficulté à maîtriser l'expression du transgène. Le gros avantage du ver à soie dans ce domaine est sa totale domestication : il n'existe plus dans la nature, il est facile à élever et sa survie dépend de l'homme. Il n'y a donc que très peu de risque de transmission du transgène à d'autres espèces (9).

Le ver à soie a également de beau jour dans l'industrie des cosmétiques. Au début du XXe siècle, Sanji Muto, président d'une fabrique de soie japonaise (KANEBO), remarqua la douceur des mains des fileuses de cocons. Il eut l'intuition qu'un composé du cocon contribuait à « embellir » les mains de ses travailleuses. Ce composé en question est la séricine, qui relie les deux brins de soie produits par le *Bombyx mori*. La séricine utilisée dans les cosmétiques est obtenue par ébullition des flottes de soie grège dans l'eau (73).

La séricine possède une forte affinité pour la kératine de la peau, des ongles et des cheveux. Sur la peau, elle possède un effet anti-âge et anti-ride. Elle augmente l'élasticité et l'hydratation cutanées et majore l'effet anti-UV des crèmes solaires. Sur les ongles, elle diminue leur fragilité ; ils sont moins cassants. Sur les cheveux, la séricine apporte brillance et corps aux cheveux.

La séricine possède d'autres vertus exploitables dans le milieu médical. Elle a un effet anti-thrombotique par saponification. Par voie orale, elle réduit la constipation, augmente l'absorption des minéraux et semble avoir un effet anti-cancéreux sur les cancers du colon en supprimant leur développement (49). Pour évaluer les effets anti-cancéreux de la séricine, Sasaki, Kato, Watanabe et Yamada ont injecté du 1,2-diméthylhydrazine à des souris pour induire un cancer du colon et les ont nourries avec un aliment contenant de la séricine. Le lot de souris 1 a été nourri avec un aliment contenant de 1,5 à 3% de séricine pendant 5 semaines.

Ces souris ont reçu 1 injection par semaine de 1,2-diméthylhydrazine les trois premières semaines. Le lot de souris 2 a reçu une alimentation contenant 3% de sérécine pendant 115 jours et ont reçu 1 injection de 1,2-diméthylhydrazine pendant les 10 premières semaines. Le lot 1 a permis de mettre en évidence une diminution du nombre de cellules cancéreuses coliques proportionnelle à la quantité de sérécine amenée dans l'alimentation. L'expérience 2 a mis en évidence une suppression des cellules tumorales et une diminution de l'incidence des cancers du colon. La sérécine semble avoir un avenir dans la prévention du cancer du côlon (57).

## II - ZOOTECHNIE

### A) Cycle du ver à soie

Le ver à soie est la larve d'un papillon, le Bombyx du mûrier, *Bombyx mori*. Les papillons appartiennent à la classe des Insectes. Parmi les invertébrés, c'est-à-dire les animaux dépourvus de squelette osseux, les insectes font partie du vaste groupe des Arthropodes, où ils voisinent avec les Arachnides, les Myriapodes et les Crustacés. Comme eux, ils sont fait de segments, dont certains portent des pattes articulées ; mais ils s'en distinguent par un corps nettement divisé en trois parties, la tête, le thorax et l'abdomen (55).

Sa classification au sein des Arthropodes est la suivante :

- Embranchement des Arthropodes.
- Sous-embranchement des Antennates.
- Classe des Insectes.
- Sous-classe des Ptérygotes.
- Section des Néoptères Oligonéoptères.
- Ordre des Lépidoptères.
- Super-famille des Bombycoïdés.
- Famille des Bombycidés.

Les vers à soie sont des insectes à métamorphose complète (holométaboles), c'est-à-dire que la larve et l'imago diffèrent non seulement par la morphologie interne, mais aussi par le mode de vie et les régimes alimentaires (8). Le ver à soie du mûrier, ainsi que les autres espèces de vers à soie, passe par quatre états successifs de développement : l'œuf, la larve, la chrysalide et le papillon (13).

#### 1) Œuf et stades larvaires

##### a) Œuf

Les œufs ou graines de ver à soie sont de petits corps globuleux ovoïdes, légèrement aplatis. Leur diamètre ordinaire est de l'ordre de 1 millimètre (55). La graine présente un côté légèrement renflé, appelé face ventrale, qui correspond à la région embryonnaire (8). Un gramme contient de 1200 à 2000 œufs (photo 1).

Photo 1: Oeufs nouvellement pondus de *Bombyx mori* (21)



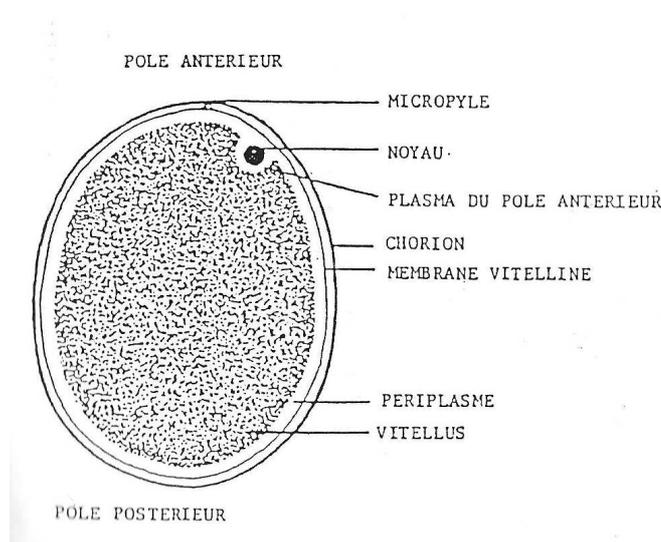
Nouvellement pondus, ils sont de couleur jaune ; ils deviennent gris cendré au bout de quelques jours (photo 2), s'ils ont été fécondés. Les graines non fécondées conservent leur couleur d'origine et se dessèchent. L'œuf est généralement enduit d'une substance gommeuse, grâce à quoi il adhère fortement à la surface sur laquelle il est déposé (55).

Photo 2 : Oeufs de quelques jours, fécondés, de *Bombyx mori* (20)



L'œuf (figure 3) est entouré d'une paroi rigide, le chorion, parcourue de canaux respiratoires qui permettent les échanges gazeux, et percée du micropyle en son pôle antérieur. Le chorion est doublé sur sa face interne de la membrane vitelline (v) qui enveloppe le protoplasme et le vitellus (V). La couche au contact de la membrane vitelline qui ne possède pas de vitellus est appelée le périplasme. Elle possède un épaissement au niveau du micropyle où se trouve le noyau (8).

Figure 3 : Coupe de l'œuf de *Bombyx mori* (47)



Au passage de l'ovocyte dans l'oviducte de l'appareil reproducteur du papillon femelle, quelques-uns des spermatozoïdes déposés dans la spermathèque lors de l'accouplement, pénètrent par le micropyle. Leur pénétration provoque l'activation de l'ovocyte femelle qui reprend sa division méiotique : cela donne lieu à quatre noyaux dont trois sont expulsés à la périphérie de la membrane vitelline sous forme de globules polaires. Un seul des spermatozoïdes est fécondant et s'unit au pronucléus femelle. Le zygote ainsi formé se divise activement en de nombreux nuclei dont certains s'entourent de protoplasme et migrent à la périphérie de l'œuf dans le périplasme. Ils se concentrent en une bandelette

germinative dont une partie constitue la région embryonnaire (E de la figure 4), l'autre la région extra-embryonnaire. Cette dernière croît et forme les annexes embryonnaires : la séreuse et l'amnios (s et a de la figure 4). Les noyaux restés dans le jaune s'entourent du vitellus qui se segmente et forment les vitellophages qui fournissent les nutriments nécessaires aux cellules en division de la bande germinative.

Figure 4: Coupe de l'oeuf de 24h de *Bombyx mori* (13)

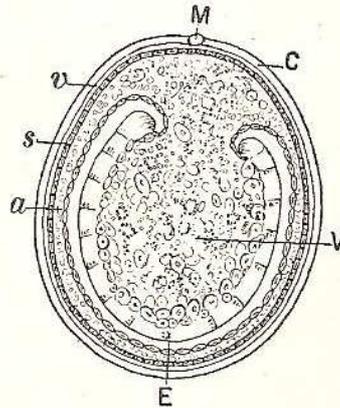


FIG. 2308. — Coupe en partie théorique à travers l'œuf (tr. grossi) avant l'incubation.

C. Coque; M. Micropyle; V. Vitellus; E. Embryon ou germe à l'état de bandelette; v. Membrane vitelline; s. Sereuse; a. Amnios.

A partir de ce stade, soit 24 heures après la ponte, l'évolution de la graine diffère selon que les œufs sont hibernants ou non en fonction de la race du ver à soie.

Dans le cas des œufs hibernants, c'est-à-dire entrant en diapause, des pigments formés dans la séreuse confèrent à la graine sa couleur grise. Sa respiration se ralentit rapidement et la croissance prend du retard sur celle de la graine non hibernante. Jusqu'au troisième jour, l'embryon continue de se développer (contraction de la bandelette germinative, apparition des lobes céphaliques et caudaux). A partir du quatrième jour, on ne constate plus aucune division cellulaire. Seul le vitellophage est l'objet de remaniements. La diapause dure pendant l'été et l'automne pour un œuf pondu au printemps, dans des conditions naturelles. Les granules de vitellins progressent vers la périphérie de l'œuf, adhèrent à la séreuse et à l'embryon, et se condensent, laissant apparaître une région dépourvue de vitellus, visible par transparence lorsque la graine est éclairée de dessous. Pendant l'hiver, la diapause est levée et on assiste au réveil progressif de la graine : réapparition des divisions cellulaires, croissance de l'embryon, granules vitellins qui recouvrent leur aptitude à se séparer... C'est le stade d'hivernation.

Pour les graines sans diapause de races polyvoltines, on n'observe aucune interruption au cours du développement embryonnaire qui s'achève en dix jours.

A partir de 20°C, l'activité organisatrice s'éveille dans l'embryon hibernant et se poursuit sans interruption dans les œufs non hibernants. Au cours du développement embryonnaire, un sillon se creuse en position médiane de l'embryon : la gouttière gastrique, et se referme, sauf en ses deux extrémités qui donneront la bouche et l'anus. Les premières indications de la segmentation du corps se marquent par des étranglements qui délimitent dix-

huit segments. Les quatre premiers vont fusionner et former la tête, les trois suivants le thorax, et les onze derniers l'abdomen. Progressivement les appendices apparaissent d'avant en arrière. L'embryon qui présentait jusque là sa face ventrale à la paroi de la graine, progresse vers le centre de l'œuf, se retourne et se colle face dorsale. Ce phénomène est appelé le blastokinésis ou renversement embryonnaire. Puis, la tête de l'embryon se colore et apparaît par transparence sous forme d'un point bleu. Un jour avant l'éclosion, c'est l'ensemble de la graine qui bleuit en raison de la pigmentation de tout le corps de l'embryon (8). Peu de temps avant l'éclosion, la coquille de l'œuf s'éclaircit et devient de plus en plus blanchâtre. Pour se libérer, la chenille se sert de ses mandibules. Elle découpe dans la coquille, en la rongant, une échancrure elliptique au niveau du micropyle de l'œuf. Le ver sort généralement de l'œuf la tête la première (55).

La diapause correspond à une période caractérisée par un arrêt physiologique. Toute activité et tout développement sont alors stoppés. En général, elle coïncide avec des conditions de milieu défavorables (chute de température, qualité médiocre des aliments). Chez le ver à soie, la diapause ne concerne que l'œuf. Son déterminisme est génétique mais elle dépend aussi des conditions de milieu ambiant : température, lumière et humidité. L'entrée en diapause des graines conditionne le nombre de générations dans l'année. Ainsi, on classe les vers à soie en fonction du nombre de génération qu'ils produisent par an dans les conditions naturelles : c'est le voltinisme. On distingue trois types de races :

- les vers monovoltins dont les œufs rentrent systématiquement en diapause pour n'éclore que l'année suivante. Il n'y a qu'une génération par an.
- les vers bivoltins dont la première ponte de l'année se déroule normalement. Les papillons issus de ces vers pondent des graines qui rentrent en diapause et hibernent jusqu'à l'année suivante : on a donc deux générations par an.
- les vers polyvoltins dont les graines n'hibernent pas : les générations se succèdent dans l'année sans diapause.

La diapause de la graine est déterminée par l'action de l'hormone de diapause. Elle est produite par une paire de cellules neurosécrétrices présentes dans les ganglions sous-oesophagiens des femelles. L'hormone est transportée par l'hémolymphe jusqu'aux ovaires du papillon où elle devient fonctionnelle. Elle provoque chez l'embryon l'aptitude à rentrer en diapause à un certain stade de développement. L'activité des cellules neurosécrétrices est sous le contrôle du cerveau. Chez les races monovoltines, le cerveau excite en permanence les cellules neurosécrétrices qui sécrètent par conséquent de façon continue l'hormone de diapause. Chez les races polyvoltines, le cerveau inhibe continuellement la sécrétion de l'hormone de diapause. Chez les vers bivoltins, le cerveau stimule la sécrétion des cellules neurosécrétrices lorsque la graine parentale a été placée dans un environnement chaud, lumineux et humide, tandis qu'il l'inhibe si les graines ont été placées dans des conditions froides, sombres et sèches. Par conséquent, c'est dès le stade de graine que l'aptitude du papillon femelle à pondre des graines hibernantes ou non hibernantes est fixée (8).

Pendant sa diapause, l'œuf ne cesse de respirer. Il en résulte que les graines perdent 13% de leur poids entre la ponte et l'éclosion. L'air est donc indispensable aux œufs pour la vie de l'embryon. Les œufs se conserveront s'ils sont bien oxygénés, s'ils ne sont pas mis en tas, s'ils sont préservés de l'humidité et s'ils sont tenus au froid un certain temps pour les rendre capables d'éclore (55).

Selon leur voltinisme, les vers à soie présentent une grande différence dans la durée de leur cycle et la constitution et la qualité de leur cocon. Généralement, les vers bivoltins ont une durée de développement plus courte que les vers monovoltins et sont plus résistants mais la longueur du filament de soie est plus courte et la qualité de la soie est moindre. Ce sont les

vers polyvoltins qui ont la durée de cycle la plus courte et la qualité soyeuse de leurs cocons est très basse mais ils sont très robustes ; la productivité est également médiocre. Les races européennes sont monovoltines ou bivoltines. Les cocons sont généralement plus gros que tous les autres, de couleur blanche ou peau. La forme est ovale ou parfois en cacahuète (8).

#### b) Stades larvaires

A l'éclosion, le ver est une petite chenille de 3 à 4 millimètres de longueur, pesant 0,00056 grammes, hérissée de poils bruns, ce qui lui donne un aspect noirâtre (photo 3).

Photo 3 : Eclosion et émergence de la chenille (66)



Dès sa sortie de l'œuf, cette petite chenille s'attaque aux parties les plus tendres des feuilles du mûrier (photo 4).

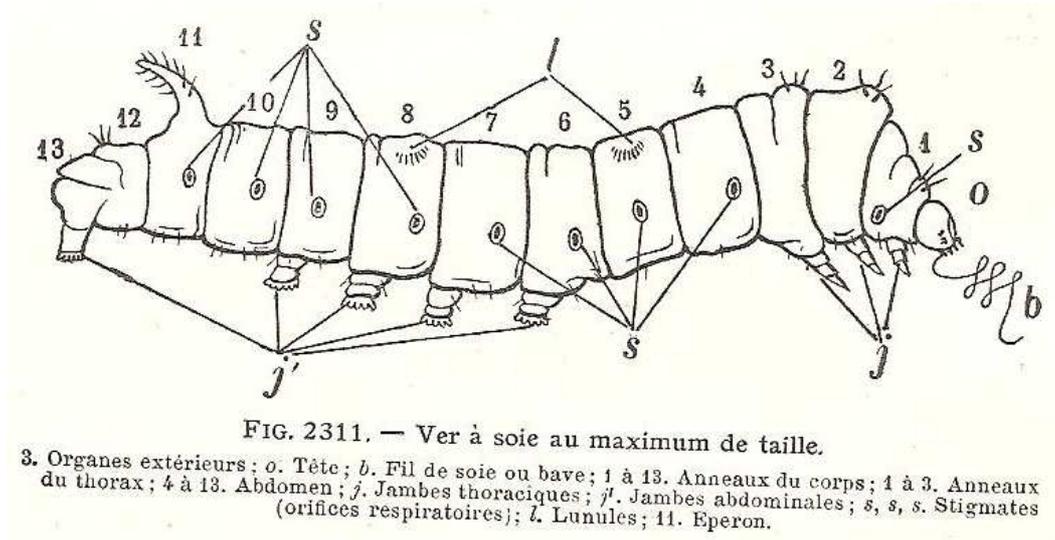
Photo 4 : Repas de la chenille (21)



Si la température est convenable (23 degrés), elle acquiert en un mois environ le maximum de sa taille. Son corps mesure alors 8 à 9 centimètres de longueur et pèse 4 à 5 grammes (13). A mesure que le ver grandira en prenant de l'âge, les tubercules cutanés s'effaceront, tandis que se raccourciront les poils. Toute la surface de la peau finira par prendre un aspect glabre et lisse. La coloration, peu à peu s'éclaircira, en commençant par les parties antérieures : elle passera au noisette clair, puis au gris cendré, puis au gris perle et enfin au blanc ivoirien. Cette dernière teinte est due à la présence, dans la peau du ver à soie, de petites granulations d'acide urique.

Le ver est composé de 13 segments (figure 5).

Figure 5 : Anatomie externe du ver à soie au maximum de sa taille (13)



Le premier segment est la tête (photo 5). La tête, protégée par un épais revêtement de chitine, est petite et globuleuse. Elle porte les organes visuels (six paires de disques diaphanes ou ocelles), les organes tactiles (à savoir, une paire de courtes antennes, deux paires de palpes maxillaires et labiaux) et les organes de la bouche (deux lèvres, deux mâchoires et deux mandibules). Sous la lèvre inférieure se trouve un petit mamelon conique, la trompe soyeuse au sommet duquel se trouve l'orifice de sortie du fil de soie ou bave.

Photo 5 : Tête du ver à soie et les pattes thoraciques (21)



Les trois anneaux du thorax portent chacun une paire de pattes (*j* sur la figure 5). Ces pattes thoraciques ou vraies pattes sont composées de trois articles et sont terminées par un ongle pointu et recourbé. Cet ongle sert à la progression du ver et au maintien de la feuille de mûrier qu'il dévore.

Les deux premiers anneaux de l'abdomen manquent de tout appendice. Ils en précèdent quatre qui portent chacun une paire de fausses pattes (*j'* sur la figure 5). Puis viennent deux anneaux sans appendice et enfin l'anneau terminal qui porte lui une paire de fausses pattes. Ces fausses pattes permettent au ver de s'agripper à son support, la feuille de mûrier.

L'anatomie interne du ver à soie est complexe. Elle est représentée sur la figure 6. Nous n'en dirons que peu de chose. Sous la peau, à l'arrière du corps, on distingue, par transparence, un tube musculueux qui se contracte rythmiquement et onduleusement d'arrière en avant. C'est le vaisseau dorsal (*v* de la figure 6), sorte de cœur allongé, dont les pulsations font cheminer l'hémolymphe. L'hémolymphe contient une multitude de globules incolores chez certains vers à soie, colorés en jaune ou vert chez d'autres. Les vers à sang incolore filent des cocons blancs tandis que les vers à sang jaune ou vert filent des cocons de teinte correspondante. La couleur des oeufs se ressent plus ou moins de celle de l'hémolymphe. Qu'il soit vert ou jaune, le pigment responsable de la coloration sanguine provient directement de la nourriture digérée. Les ferments digestifs décomposent la chlorophylle de la feuille mais laissent intacts les autres pigments qui sont les caroténoïdes et les flavones. Ces autres pigments sont arrêtés par la paroi intestinale des vers à sang blanc et ne passent pas donc pas dans l'hémolymphe. Les caroténoïdes traversent la paroi des vers à sang jaune et les flavones franchissent la paroi des vers à sang vert.

Figure 6 : Anatomie interne du ver à soie (13)

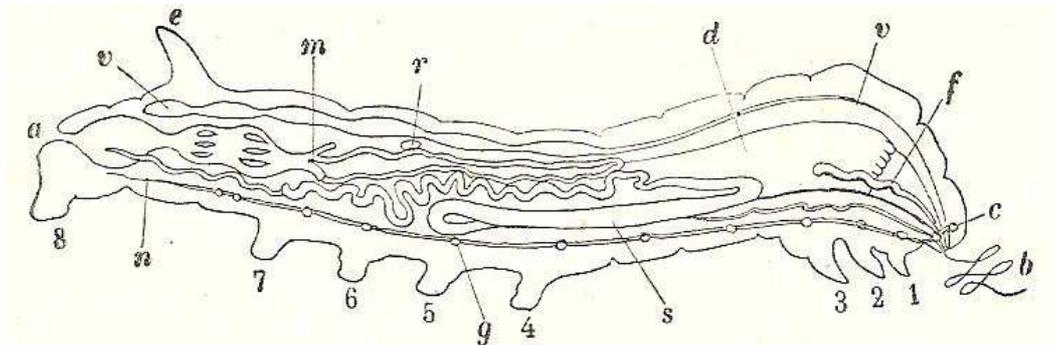


FIG. 2313. — Anatomie du ver à soie.

*d.* Tube digestif; *a.* Anus; *m.* Vaisseaux urinaires de Malpighi (six); *f.* Glandes salivaires (deux); *s.* Glandes soyeuses (deux) sécrétant la soie; *b.* Fil de soie ou bave, composé de deux brins; *r.* Capsules génératrices (deux), organes reproducteurs rudimentaires; *n, g, c.* Système nerveux ventral ou chaîne ganglionnaire; *g.* Ganglions nerveux (treize en tout); *e.* Anneau et ganglion sus-œsophagien; *v, v.* Vaisseau dorsal ou cœur : 1 à 3. Jambes thoraciques; 4 à 8. Jambes abdominales; *e.* Eperon.

Le canal digestif (*d*) comprend un œsophage, un très volumineux estomac ou ventricule, sécrétant un suc alcalin, et un intestin au départ duquel s'insèrent six tubes de Malpighi (*m*), remplissant une fonction excrétoire.

Le système nerveux est principalement constitué par des ganglions cérébroïdes (*c*), logés dans la tête, et une chaîne de douze ganglions (*g*) qui s'étend tout le long de la face ventrale, au dessous du tube digestif.

Les organes reproducteurs ne figurent que par de tout petits globules blanchâtres situés à la jonction des VIII et IX anneaux (55).

Les deux éléments anatomiques les plus importants que possède le ver à soie sont les glandes productrices de soie. Les glandes productrices de soie (*f*) sont des glandes salivaires. C'est donc fort justement que le fil de soie est souvent appelé bave. Nous aborderons la biologie de la glande dans le paragraphe suivant.

La larve subit quatre mues qui déterminent cinq âges larvaires. Pendant cette période appelée sommeil, la larve ne se nourrit pas et change son ancienne peau devenue trop petite (exuvie) pour une nouvelle de taille plus grande (8). La première mue survient 5 à 6 jours après la sortie de l'œuf; 4 ou 5 jours s'écoulent jusqu'à la deuxième; 6 ou 7 jours jusqu'à la

troisième ; 7 ou 8 sépareront celle-ci de la quatrième ; 11 ou 12 jours enfin précéderont une cinquième mue, qui se produit à l'intérieur même du cocon, et sur laquelle nous reviendrons (tableau 2) (55). L'ensemble du cycle larvaire de l'œuf jusqu'au cinquième âge est représenté dans la figure 7.

Tableau 2 : Taille du ver de l'éclosion jusqu'au cocon et durée de chaque cycle larvaire (8)

	Age	Durée en jours	Taille du ver en cm
Eclosion -> 1 <sup>ère</sup> mue	1 <sup>er</sup> âge	5	1
1 <sup>ère</sup> mue -> 2 <sup>ème</sup> mue	2 <sup>ème</sup> âge	5	1,5
2 <sup>ème</sup> mue -> 3 <sup>ème</sup> mue	3 <sup>ème</sup> âge	7	2,5
3 <sup>ème</sup> mue -> 4 <sup>ème</sup> mue	4 <sup>ème</sup> âge	8	4
4 <sup>ème</sup> mue -> cocon	5 <sup>ème</sup> âge	10	10

Figure 7 : Récapitulatif du cycle larvaire (20)



1 : Œuf de ver à soie



2 : Emergence de la chenille : premier stade larvaire.



3 : Deuxième stade larvaire.



4 : Troisième stade larvaire



5 : Quatrième stade larvaire



6 : Cinquième stade larvaire après la quatrième mue

### c) Biologie du ver

Dès sa sortie de l'œuf, le ver cherche une tendre feuille de mûrier. Il est monophage. Dans sa jeunesse, le ver grignote seulement la feuille. Il en mordille le limbe qu'il crible de trous minuscules. Un peu plus tard, dévorant tout le parenchyme à l'exclusion des nervures, il la réduit en fines dentelles. Enfin, plus tard, il ingurgite jusqu'aux nervures les plus grosses et les pétioles des feuilles (photo 6). Le gros ver attaque franchement une feuille par le bord. Il pratique une entaille circulaire au moyen de ses mandibules. Il mange très vite de haut en bas. Du fait de cette alimentation intensive, le ver à soie peut non seulement croître avec rapidité mais aussi accumuler dans son tissu adipeux les abondantes réserves qui lui permettront de vivre ensuite sans la moindre nourriture, pendant les stades de nymphe et d'adulte.

Photo 6 : Repas du ver à soie *Bombyx mori* (crédit photo : M. DUSSERE)



Le ver à soie ne boit pas ; l'eau contenue dans la feuille du mûrier lui suffit. Il n'urine pas et ne produit que des excréments solides.

La peau du ver à soie, comme chez tous les Insectes, présente deux couches bien distinctes : l'une profonde, souple et vivante l'hypoderme, l'autre superficielle, coriace et morte la cuticule. La cuticule est sécrétée par l'hypoderme et ne se laisse pas distendre par les tissus sous-jacents. C'est pourquoi de temps en temps, pour permettre l'agrandissement du ver, la cuticule doit éclater. Elle se détache et tombe, remplacée par une cuticule toute neuve. C'est le phénomène de la mue. La chute de la vieille cuticule est facilitée par l'émission d'un liquide spécial sécrété par des glandes de l'hypoderme, disposées en quinze paires tout le long du corps. D'une mue à la suivante, le liquide s'accumule dans ces glandes qui, s'ouvrant au moment voulu, le déversent entre l'ancienne et la nouvelle cuticule.

Quand le ver se dispose à muer, son appétit diminue, ses mouvements se ralentissent, sa peau devient distendue et lisse. Après avoir émis quelques brins de soie qui l'assujettissent à la feuille, il cesse de manger, demeure immobile, la tête et la partie antérieure du corps relevées jusqu'à la chute de la cuticule (photo 7). On appelle vulgairement sommeil ou dormance le temps d'immobilisation qui précède la mue. Au sortir de la mue, le ver se remet à manger, peu d'abord puis d'avantage, ensuite beaucoup. La période pendant laquelle le ver mange le plus entre deux mues s'appelle frêze ou briffé. Le temps qui s'écoule de la naissance à la terminaison de la première mue et ensuite d'une mue à la fin de la suivante s'appelle âge (13).

Photo 7 : Position du ver avant la mue (69)



L'activité respiratoire du ver à soie est très intense. Un kilogramme de ver consomme à peu près un gramme d'oxygène par heure. Si l'on bouche les orifices respiratoires du ver en y déposant de l'huile, il meurt rapidement. La transpiration est également très active chez le ver.

Le ver à soie est un insecte à température variable. Il dépend donc de la température du milieu pour son développement. La température optimale pour son développement se situe entre 20 et 25°. Il résiste très mal à des hautes températures et supporte mieux les températures basses.

Les facultés sensorielles du ver sont assez peu développées, sauf au niveau du goût, qui a son siège dans les parois de la bouche. L'ouïe du ver doit être nulle car il se montre indifférent aux bruits les plus violents. L'odorat est lui aussi inexistant. Le ver à soie est sûrement aveugle. Il ressent par la peau les changements de température et surtout les courants d'air. Le moindre souffle provoque chez lui un relever de la tête. Cette sensibilité tactile et thermique a pour siège les poils et infimes aspérités qui parsèment la cuticule.

Revenons sur l'élément clé du ver à soie : la glande productrice de soie. La fonction soyeuse apparaît tout le long de la vie du ver. Dès sa naissance, il émet de tout petits fils de soie avant chaque mue pour se fixer à la feuille de mûrier. Mais ce n'est qu'à la maturité du ver que la fonction prend toute son importance. Chez le ver parvenu à maturité et sur le point de filer son cocon, les deux glandes, partant de la tête, encadrent le tube digestif et s'étendent jusqu'au quart postérieur du corps. Elles remplissent presque entièrement la cavité générale dans les six premiers anneaux. D'aspect brillant et transparent, elles sont pleines d'un liquide visqueux et gluant qui une fois rejeté au dehors deviendra de la soie. Chaque glande soyeuse, une fois déroulée, atteint une longueur de 25 cm. On y distingue, d'arrière en avant, une partie postérieure, assez étroite d'une longueur de 15cm, une partie moyenne, plus grosse, ou réservoir (de 6 à 7 cm), enfin une partie antérieure très étroite de 3 à 5 cm. Les deux parties antérieures se réunissent en avant pour aboutir à la filière, placée sous la bouche. A leur point de jonction s'insèrent deux très petits organes : les glandes de Filippi ou de Lyonet. La soie proprement dite ou fibroïne, se forme dans la partie postérieure de la glande séricigène. Elle s'écoule par de fines gouttelettes dans la cavité de la glande. Dans le réservoir s'élabore une autre substance, finement granuleuse, peu différente de la fibroïne : la séricine ou grès. Celle-ci entourera la fibroïne comme un manchon. Restant molle à l'air libre alors que la fibroïne se solidifie, elle permet aux fils de soie de s'unir entre eux, pour former une paroi continue. Sa couleur varie avec la coloration de l'hémolymphe alors que la fibroïne est toujours blanche. La fibroïne représente 75 à 80 % de la soie brute. Le grès représente 20 à 25% de la soie brute ; il est plus abondant au centre du cocon. Les glandes de Filippi possèdent un rôle incertain. Déversent-elles un vernis cireux qui se superposerait au grès ; ou simplement servent-elles, en lubrifiant le canal de la filière, à faciliter le glissement du fil ?

Puisque la soie est sécrétée par une double glande, et qu'avant d'arriver à l'extérieur elle se moule en deux fins canaux, le fil sortant de la filière est un fil double. Examiné au microscope, il se présente comme une lanière plate, séparée longitudinalement en deux par une rainure médiane. Sa largeur est en moyenne de 20 à 40 microns sur 10 d'épaisseur. Il est formé d'un axe de fibroïne et d'un revêtement de grès. On ne sait pas au juste comment se fait le passage de la soie visqueuse, contenue dans la glande, à la soie proprement dite. Il y a certainement autre chose qu'un simple durcissement par dessèchement car la soie ne peut par hydratation revenir à son état primitif. Peut-être l'action de l'air détermine-t-elle très rapidement une oxydation de la partie superficielle de la fibroïne, qui en altère les propriétés (55) ?

## 2) Cocon et chrysalide

La durée du développement entre l'éclosion et le début du cocon varie selon la température. A 5 ou 8°C, elle peut atteindre 50 jours, à 30 ou 40°C, 24 ou 25 jours seulement, 15 jours à peine à 45°C. La température ordinaire d'élevage est de 20 à 25°C.

Au moment où le ver atteint sa pleine taille (une dizaine de jours après la dernière mue), sa fringale commence à diminuer puis s'arrête complètement. Il est désormais parfaitement repu ayant emmagasiné assez de réserves nutritives pour le sustenter jusqu'à la fin de son existence. Il change d'aspect en devenant plus transparent. Il rejette d'abondantes déjections jusqu'à ce que son tube digestif ne contienne plus aucun résidu de feuille. En même temps que le ver se vide, il change d'humeur et de comportement. Lui, si sédentaire, en bougeant que pour passer d'une feuille à l'autre, se met à errer. Il circule en tout sens en relevant la tête de temps en temps. Il ne tarde pas à manifester une tendance à vouloir quitter sa litière et à s'élever. C'est l'heure de la « montée » (photo 8) (55)

Photo 8 : Début de la montée (21)



Ayant trouvé un endroit favorable, il s'arrête, jette de-ci de-là quelques fils comme le montre la photo 9. Il établit ainsi une sorte de réseau lâche et irrégulier nommé bourre ou blase (photo 10). Au centre de ce réseau, il délimite un espace ovale, à l'intérieur duquel il demeure enfermé et qu'il continue pendant trois jours à tapisser, de dehors en dedans avec sa soie : c'est le cocon (13). Le fait essentiel dans la construction du cocon, c'est qu'il se forme d'un fil de soie ininterrompu dont la longueur varie, suivant les races, entre 300 et 1500 mètres. Ce fil, le ver le dépose sous forme de 8 couchés minuscules.

Photo 9 : Ver à soie à la montée (21)



Photo 10 : Ver en train de former son cocon (20)



L'aspect du cocon est extrêmement variable suivant les races de vers. Il peut être quasi sphérique, ovale ou pointu. Sa couleur peut être blanc argent, rose pâle, vert céladon, jaune clair ou jaune d'or selon la nature des pigments qui, passant du milieu sanguin dans le réservoir soyeux, y teintent le grés. Le cocon plein avec la chrysalide pèse de 1 à 4 grammes (en moyenne 2 grammes). Sa longueur va de 25 à 60 millimètres. Son diamètre va de 12 à 35 millimètres. Les cocons du ver du mûrier et du chêne sont entièrement fermés et dévidables contrairement à celui des autres espèces qui sont ouverts à leur extrémité antérieure, comme un nid d'oiseau. Ces derniers sont indévidables et leur soie doit être peignée comme le coton.

Les cocons des femelles sont, en moyenne un peu plus lourds que ceux des mâles.

Le poids et la qualité soyeuse du cocon dépendent surtout de la race, mais aussi des conditions d'élevage.

Le ver à soie file son cocon en 3 ou 4 jours puis se transforme en chrysalide.

Une fois terminé le filage de son cocon, le ver à soie est extrêmement amaigri, amoindri, comme vidé. Il tombe peu à peu dans un état de dépression, puis de véritable torpeur. L'inertie débutant par la partie postérieure, le voilà, au bout de quelques heures, complètement immobile et prostré, la tête fléchie en avant. En même temps, il se raccourcit, se ratatine, si bien que sa logette, tout à l'heure trop étroite, est maintenant trop spacieuse. Le haut du corps se télescope, une constriction se dessine au dessous du thorax. La peau devient lâche à l'extrémité de l'abdomen. Toute la surface cutanée blanchit, se fane et se ride. Les fausses pattes se flétrissent, de petites stries blanchâtres apparaissent à la séparation des anneaux. A la suite de quelques contractions dans la partie supérieure du ver, au niveau des vraies pattes, une petite ouverture apparaît en regard de la nuque. La nymphe alors se fait voir. Elle émerge en se secouant et se débarrasse de son ancienne tunique. La mue nymphale ne se produit que dix huit jours après la première mue larvaire (55).

Si on ouvre un cocon dans le troisième jour après sa terminaison, on y trouve le ver à l'état de chrysalide ou fève. Celle-ci se distingue de la larve par sa forme ovoïde, sa couleur rouge brunâtre, l'absence de pattes abdominales, la présence de deux ailes au thorax (*s et i* sur la figure 8) et des antennes (*a*) (13).

Figure 8 : Chrysalide du ver à soie (13)

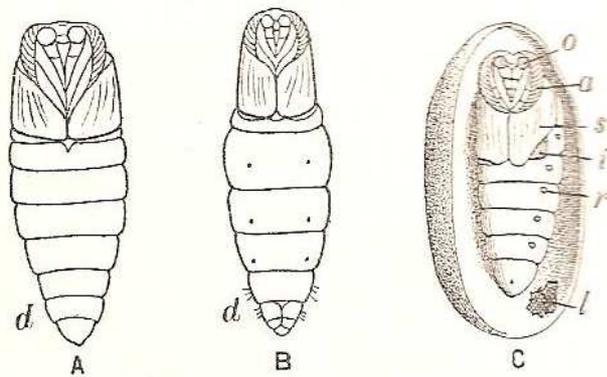


FIG. 2317. — Chrysalide.

A. Mâle, face ventrale; *d.* Dépression arrondie à l'intersection des 11<sup>e</sup> et 12<sup>e</sup> anneaux; B. Femelle, face ventrale; *d.* Dépression longitudinale allant d'un bord à l'autre du 11<sup>e</sup> anneau; C. Mâle dans le cocon, face ventrale gauche; *o.* Œil; *a.* Antenne; *s.* Aile supérieure; *i.* Aile inférieure; *r.* Stigmate respiratoire; *l.* Dépouille larvaire.

La chrysalide est revêtue d'une cuticule continue sauf au niveau des orifices respiratoires. C'est un organisme qui n'a ni bouche ni anus. La nymphe est réduite à l'état de véritable momie. Elle est complètement impotente. Elle ne possède aucun organe de fixation. Elle présente une certaine mobilité spontanée surtout au cours de la nuit. Les fonctions sensorielles de la chrysalide sont réduites au minimum. Elle est aveugle, insensible à la lumière. Sa cuticule fait obstacles aux excitations tactiles. Elle présente une sensibilité olfactive puisque des chrysalides mâles, âgées d'une dizaine de jours, peuvent, au contact de chrysalides ou de papillons femelles, réagir par un tressaillement caractéristique de l'abdomen.

En dépit de sa quasi-inertie, cette chrysalide n'est nullement en vie ralentie. Elle subit de nombreux remaniement de son organisation interne notamment du système digestif, reproducteur et nerveux. Enfermée dans son cocon, la chrysalide ne peut absorber la moindre nourriture. En revanche, elle respire assez intensément et transpire. De ce fait, elle perd graduellement du poids passant de 1,84 grammes, tout de suite après la mue, à 1,4 grammes avant la sortie du papillon (55).

Les sexes se reconnaissent au poids (le poids des femelles est supérieur à celui des mâles) et aux caractères suivants : présence à la face ventrale du 11<sup>ème</sup> anneau d'un repli longitudinal en forme de canal, visible à l'œil nu, allant d'un bord à l'autre de cet anneau, chez la femelle (B sur la figure 8) et d'un petit creux arrondi, situé à la limite des 11<sup>ème</sup> et 12<sup>ème</sup> anneau, chez le mâle (A sur la figure 8) (13).

Cet état dure entre 15 ou 20 jours en fonction de la température et de l'espèce.

### 3) Papillon

Vers le quinzième jour après la terminaison du cocon, le papillon est prêt à sortir après une sixième mue. Le papillon venant d'éclorre régurgite une sorte de salive, limpide et alcaline, qui provient de son jabot. L'effet de ce liquide est de ramollir le grès de la paroi soyeuse et de décoller ainsi les fils de soie. Puis s'aidant de sa tête et de ses pattes, il écarte les fils devenus libres. Il se fraye un passage à travers l'épaisseur de la coque et sort (photo 11). En perçant le cocon, celui-ci ne peut plus être dévidé. Le cocon perd alors beaucoup de sa valeur. C'est pourquoi il faut étouffer les chrysalides à l'exception des cocons que l'on garde

pour la reproduction.

Photo 11: Emergence du papillon (48)



Lorsque le papillon vient de sortir, il a le corps mouillé. Ses ailes courtes et épaisses ne sont que des petits moignons. L'insecte sèche, en même temps qu'il fait pénétrer par ses stigmates une provision d'air qui lui gonfle le jabot et se distribue jusque dans les ramifications terminales de ses trachées. Par le jeu de cette insufflation qui fait pénétrer l'air jusque dans les ailes, celles-ci se déploient. Le papillon nouveau-né sécrète par son anus un liquide rougeâtre, lequel s'est accumulé pendant la vie nymphale dans une poche caecale. Ce liquide rougeâtre, riche en urates, présente des propriétés urticantes pour la peau humaine. L'éclosion des mâles est en moyenne plus rapide que celle des femelles, en sorte que l'éducateur a d'abord un excédent de mâles puis un excédent de femelles.

Le papillon possède une tête, un corselet et un abdomen formé de neuf anneaux. La tête porte deux gros yeux. Au dessus des yeux se trouvent les antennes portant chacune une double rangée de fins prolongements poilus, parallèles comme les dents d'un peigne. Le papillon ne possède ni mandibules, ni trompe, ni aucun autre organe pouvant servir à la mastication ou à la préhension de la nourriture. Le corselet, formé par la fusion de trois anneaux, porte trois paires de pattes articulées et deux paires d'ailes. L'abdomen ne porte aucun appendice. Il est percé de sept orifices respiratoires. Un épais feutrage de poils blancs revêt tout le corps, y compris les pattes. Ceci est visible sur la photo 12 représentant un mâle.

Sans décrire par le détail l'organisation interne du papillon, nous nous contenterons de mentionner quelques-uns des traits qui le différencient de la chenille. Le tube digestif a subi

d'importantes modifications. L'estomac s'est raccourci et rétréci. L'œsophage s'est renflé en un volumineux jabot. L'intestin distal communique avec un énorme réservoir : la poche caecale. La chaîne nerveuse s'est réduite passant de douze ganglions à huit. L'appareil reproducteur rudimentaire au stade larvaire a pris chez l'adulte tout son développement (55).

Comme la chrysalide, le papillon vit uniquement sur ses réserves. Plus il est gros plus il vit longtemps (15 jours en moyenne) (13).

Entre le papillon mâle (figure 9 et photo 12) et le papillon femelle, on relève quelques différences extérieures. Les ailes du papillon mâle, portent souvent en certaines régions des écailles plus foncées. Ses antennes sont plus fortement pectinées. Ses yeux sont plus gros. Mais c'est surtout par l'abdomen que se distinguent les deux sexes. Celui du mâle, beaucoup plus mince, présente, sur les deux derniers anneaux, une armature chitineuse en rapport avec la protection de l'organe copulateur, et sa fixation lors de la parade. Le pénis (*p* sur la figure 10) que l'on peut facilement faire saillir en comprimant le ventre de l'insecte est relativement long (deux à trois millimètres). En arrière de l'organe copulateur s'insèrent deux puissants crochets d'accouplement mobiles (*c.p.* sur la figure 10), qui permettent au papillon accouplé de s'agripper très solidement à l'abdomen de la femelle.

Figure 9 : Papillon mâle (67)

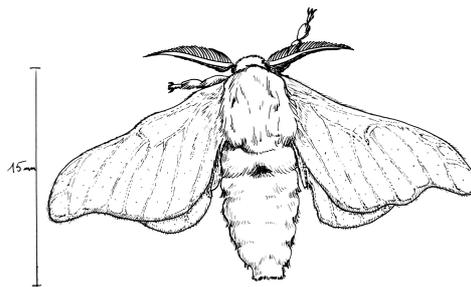
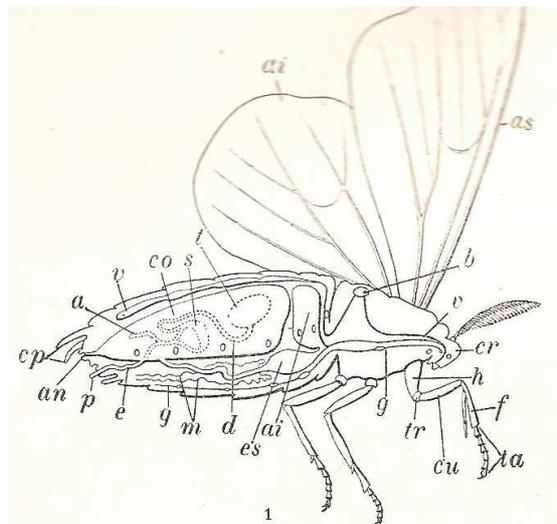


Photo 12 : Papillon mâle (66)



Figure 10 : Coupe longitudinale du papillon mâle (13)



Chez la femelle (figure 11 et photo 13), le ventre est distendu par la masse des ovaires et se termine par un mamelon conique, percé d'une fente verticale au sommet duquel est l'ouverture de l'oviducte (*oe* sur la figure 12 représente l'ouverture de sortie des œufs et *ov* l'oviducte). A droite et à gauche saillissent deux protubérances translucides jaunes ou hyalines, visibles sur la figure 11. Elles apparaissent par intermittence. Ce sont les glandes odoriférantes. Dans l'ensemble, le dimorphisme sexuel est très discret chez le Bombyx au regard de nombreux autres papillons.

Figure 11 : Papillon femelle (67)

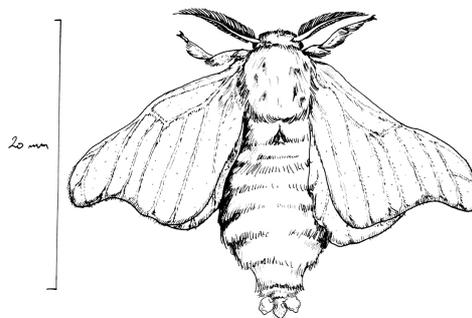
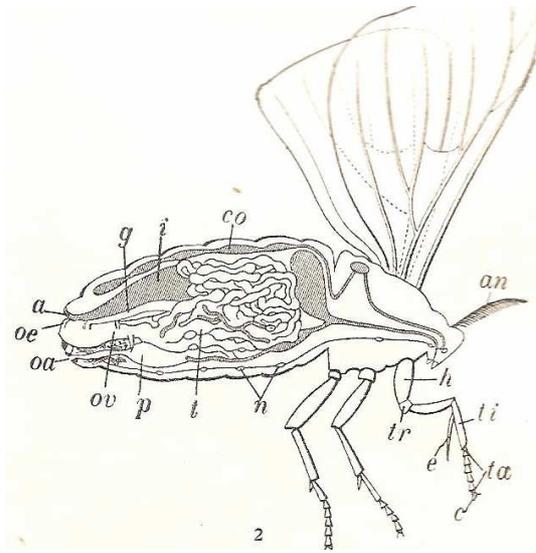


Photo 13 : Papillon femelle (66)



Figure 12 : Coupe longitudinale du papillon femelle (13)



Pour différencier le mâle de la femelle, on peut s'aider de l'activité physique des papillons (55). Le mâle est alerte. Il se déplace avec vivacité en agitant ses ailes et en relevant la pointe de l'abdomen. La femelle se déplace peu et avec lenteur, son abdomen étant gros et lourd. Le papillon du ver à soie est incapable de voler. Ses ailes ne sont pas assez puissantes pour soulever le poids de son corps (13).

Après leur sortie du cocon, les papillons cherchent à s'accoupler.

#### 4) Accouplement, fécondation et ponte (55)

Le papillon du ver à soie est à peu près insensible à toutes les sollicitations extérieures. Il n'est pas attiré par la lumière, ne peut pas se nourrir car dépourvu d'orifice buccal et ne peut pas voler. Le ver n'était qu'un intestin rampant, l'adulte ne sera qu'un organe sexuel pourvu d'ailes.

La femelle attire le mâle grâce à l'odeur qu'elle dégage. L'odeur en question est produite par des glandes spéciales émanant des petites verrues translucides qui, de temps en temps, font saillie à l'extrémité abdominale de la femelle. Ces verrues, la papillonne qui vient d'éclore les fait saillir en s'étirant le ventre ; c'est sa manière d'appeler le mâle. Les femelles les plus jeunes sont les plus odorantes et donc les plus convoitées par le mâle. Les mâles détectent les stimuli olfactifs grâce à leurs antennes qui contiennent de minuscules éléments, finement innervés, que l'on considère comme des récepteurs olfactifs.

Le mâle au contact de la femelle se met à tourbillonner autour d'elle, bat des ailes sans arrêt, puis s'agrippe à elle et applique son extrémité ventrale en n'importe quel point jusqu'à ce qu'il trouve l'orifice génital de la femelle. Les griffes chitineuses s'accrochent sur la femelle. Elles ne la lâcheront plus. Les deux extrémités ventrales s'emboîtent doucement. Le mâle arrête de battre des ailes. Puis le battement des ailes reprend en faisant de grands mouvements réguliers. Après cet effort, le mâle demeure longuement immobile n'ayant plus guère qu'un frémissement des antennes. Seule, l'extrémité ventrale du mâle, et à un moindre degré celui de la femelle, est animée d'un tressaillement presque continu qui peut se prolonger

des heures. Les deux insectes demeurent immobiles ainsi joints pendant un ou deux jours si personne ne les dérange, comme sur la photo 14.

Photo 14 : Accouplement (21)



Le résultat de l'accouplement est d'amener la semence mâle dans les voies génitales de la femelle qui par la suite pondra des œufs fécondés. Les spermatozoïdes constituent la partie essentielle de la semence. Ils se forment dans les deux testicules qui se trouvent dans le quatrième anneau abdominal du papillon mâle. De chaque testicule part un canal déférent qui se renfle en une sorte d'ampoule où s'élabore une sécrétion destinée à diluer la semence. Les deux canaux déférents se réunissent en un conduit unique qui s'ouvre à l'extrémité de l'organe copulateur. Les glandes sexuelles femelles sont formées de huit tubes allongés, contenant des chapelets d'ovules. Non loin de l'extrémité abdominale, ces tubes se groupent quatre à quatre en deux larges oviductes. Ces oviductes fusionnent alors en un seul conduit : le vagin. De là, sortiront un par un les œufs. Chez la plupart des animaux ovipares et, notamment, chez presque tous les insectes, le mâle insère l'organe éjecteur de la semence dans le vagin. Or, il en va différemment chez le bombyx du mûrier. Ici, le mâle pénètre la femelle par un orifice particulier, situé au dessous de l'ouverture vaginale et accédant à une poche copulatrice. C'est dans cette poche que s'écoule et s'accumule la semence. Les spermatozoïdes, par leurs propres mouvements, vont quitter cette poche par le canal séminifère qui les déverse dans le vagin. Puis, ils s'engagent dans le canal fécondateur qui les amène enfin dans un réservoir séminal. C'est là qu'ils demeureront pendant toute l'existence de la femelle et qu'ils sortiront au fur et à mesure de la ponte pour venir au contact des œufs vierges.

L'ovule est une cellule géante contenant un cytoplasme riche en vitellus où abondent les globules de graisse et de protéine. Le rôle de ces substances est d'assurer la nutrition de l'embryon. L'ovule est entouré d'une coquille translucide et élastique qui le protège. Toute la surface de cette coquille est percée de minuscules canaux aérifères qui assurent la respiration de l'œuf et plus tard celle de l'embryon. En vis-à-vis du pôle ovulaire qui contient le noyau, elle présente une ouverture que l'on nomme le micropyle. C'est par cette ouverture que, juste avant la ponte, se fera l'entrée des spermatozoïdes. Contrairement à de nombreuses espèces, l'ovule admet la pénétration de plusieurs cellules fécondantes. En dépit de cette polyspermie, un seul spermatozoïde sera fécondant.

L'ovule devenu œuf fécondé se contracte et rejette un peu de liquide. De sa périphérie se détache une membrane qui vient s'appliquer contre la paroi interne de la coque. Cela forme la membrane de fécondation. Le noyau spermatique le plus proche du noyau ovulaire fusionne

avec ce dernier pour former un gros noyau contenant 56 chromosomes. Dès lors, la fécondation est réalisée. Quant aux spermatozoïdes surnuméraires, ils dégèrent dans le protoplasme environnant.

On peut se demander au bout de combien de temps d'accouplement la femelle a reçu une provision de semence suffisante à assurer la fécondation des œufs. La durée minimale est de trois quarts d'heure. C'est pourquoi, dans les élevages, on désunit les mâles des femelles au bout de trois quarts d'heure afin de ne pas épuiser la femelle.

A peine séparée du mâle, la femelle fait de nouveau saillir à l'extrémité de son abdomen ses deux verrues translucides. Elle expulse un jet de liquide clair et se met à pondre quelques heures plus tard. Une ponte moyenne comprend un demi-millier d'œufs. La femelle allonge en pointe le bout de son abdomen et le courbe vers le bas. C'est le contact avec le support qui déclenche le réflexe de ponte. Elle ne laisse pas tomber les œufs mais les dépose doucement sur le support, un par un, en ouvrant et refermant aussitôt son orifice vaginal (figure 13, photo 15). A l'aide de son extrémité ventrale, elle explore le terrain en quête d'une place vide pour chaque œuf prêt à sortir. De part, les faibles déplacements de la femelle, la totalité des œufs se trouvent serrée les uns contre les autres et groupée sur un petit espace de quelques centimètres carrés. D'ordinaire, la ponte débute dans les douze heures qui suivent la séparation d'avec le mâle. Dans les premières heures, elle est très active (plus de 300 œufs) puis se ralentit au fil du temps qui passe. Elle est terminée avant le cinquième jour après la fécondation.

Figure 13 :Ponte (67)

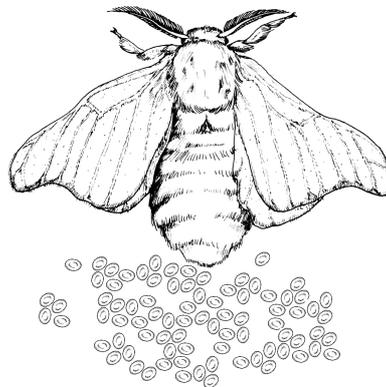


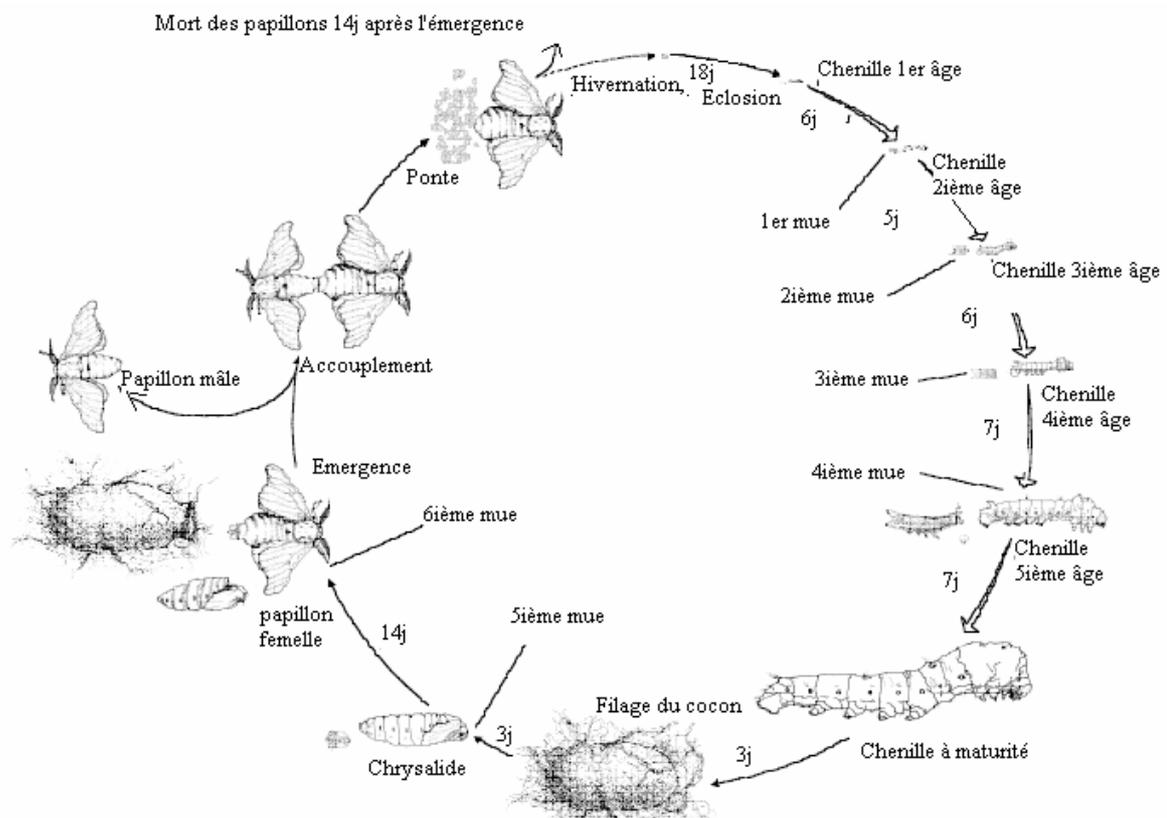
Photo 15 : Ponte (66)



Le bombyx mâle est polygame et peut donc féconder plusieurs femelles.

L'ensemble du cycle de développement du *Bombyx mori* est récapitulé dans la figure 14. Après l'éclosion, la chenille premier âge met 6 jours avant de réaliser sa première mue. Elle devient alors une chenille deuxième âge pendant 5 jours, puis une chenille troisième âge pendant 6 jours, une chenille quatrième âge pendant 7 jours et enfin une chenille cinquième âge pendant 7 jours. Le passage d'un stade larvaire à un autre s'effectue par l'intermédiaire d'une mue. 7 jours après la quatrième mue, on obtient une chenille à maturité prête à filer son cocon et à se transformer en chrysalide grâce à une cinquième mue ayant lieu dans le cocon. 14 jours après la cinquième mue, les papillons émergent du cocon et s'accouplent pour donner des œufs ou graines pour la prochaine éducation, puis meurent 14 jours après leur émergence.

Figure 14 : Cycle de développement du *Bombyx mori* (72)



## B) Techniques de l'élevage

### 1) Le mûrier

#### a) Culture du mûrier

Le ver à soie est un insecte monophage ne mangeant que des feuilles de mûrier. Son élevage est donc intimement lié à la culture du mûrier. On ne peut donc décrire les modalités techniques de son élevage sans évoquer préalablement la culture de cet arbre.

Le mûrier est un arbre aux exigences médiocres. Il s'accommode de quasiment tous

les terrains mais la nature du sol influence la qualité de la feuille. Un terrain trop argileux, marécageux et imperméable donnera une feuille de mauvaise qualité car les racines se développent mal. Un terrain trop riche en humus donnera une feuille trop aqueuse. Un terrain trop pauvre ou siliceux ne fournira pas assez d'élément nutritif pour avoir une bonne quantité de feuilles. Le terrain idéal est un sol granitique, profond, suffisamment perméable, localisé sur les pentes d'une colline et tourné vers le midi. La feuille est alors moins aqueuse, plus mince et plus nutritive. Notons que la feuille du mûrier sauvage est plus nourrissante que celle des mûriers greffés.

Le mûrier doit donner des feuilles assez tôt pour nourrir les vers et avoir une nouvelle foliation avant l'hiver pour que l'arbre puisse se nourrir et se développer soit deux mois au moins de température à plus de 13°C. La foliation commence à des dates différentes en fonction de la localisation géographique des mûriers. Elle débute vers le 20 mars à Palerme, du 25 avril au 1 mai en Vivarais et vers début mai à Paris. La végétation s'arrête dans les mêmes lieux vers le 15 novembre, le 15 octobre et le 1 octobre. Si l'on enlève des durées ainsi déterminées par le climat les 40 jours de cueillette de la feuille, on constate que les nouvelles pousses ont, pour se développer, 6 mois et demi à Palerme, 4 mois en Vivarais et 3 mois et demi à Paris. Ainsi, se réduit la zone du mûrier et de l'élevage. La région la plus favorable est la région méditerranéenne, dans les parties basses ou sur les versants des collines jusqu'à 800 mètres environ (53).

Le mûrier est rarement planté sur de vastes parcelles. Il se trouve souvent en association avec d'autres cultures comme la vigne, l'olivier ou les arbres fruitiers. Il est très rarement en monoculture afin d'optimiser au maximum les parcelles et diversifier les cultures pour garantir un revenu au paysan tout au long de l'année. L'association la plus fréquemment réalisée est celle avec la vigne, surtout au niveau des Cévennes, car elle présente les mêmes besoins en eau que le mûrier.

La taille du mûrier est indispensable car elle assure la productivité de l'arbre et facilite la cueillette de son feuillage. La taille est un terme générique désignant quatre opérations distinctes, à savoir : la taille de formation, l'émondage, la taille dite de production et enfin le recépage ou taille de rajeunissement. La taille de formation et le recépage ne sont pas des opérations intervenant dans le cycle séricicole annuel car intervenant avant le début de production de l'arbre pour la première et en fin de la vie de l'arbre pour la seconde. Elles ne seront pas abordées ici. La taille de formation et l'émondage n'étant distingués que par certains auteurs, nous n'aborderons ici que l'émondage car c'est la technique reconnue par tous et quasi similaire à la taille de production.

L'émondage est un entretien de l'arbre en pleine production qui consiste à supprimer les branches inutiles (bois mort, branche cassée au cours de la cueillette, jeunes pousses inutiles appelées gourmands) pour accroître sa production et faciliter la cueillette. Cette opération peut avoir lieu à différents moments de l'année, soit à la fin de la saison de sériciculture, si le calendrier agricole le permet, soit au cours de l'hiver quand les travaux agricoles sont moins fréquents dans les autres cultures. C'est la dernière option qui est la plus souvent choisie. Elle doit avoir lieu tous les ans, dans le meilleur des cas tous les deux ans au maximum (15).

#### b) Cueillette de la feuille du mûrier (15)

Les techniques de ramassage de la feuille diffèrent en fonction du degré de maturité de la feuille et le fait que l'arbre a été taillé ou non l'année précédente. Quand la taille date de plus de deux ans, le bois est dur et les feuilles se détachent moins bien ; elles doivent être

arrachées une à une. En revanche, sur des arbres taillés de l'année, elles sont cueillies en saisissant à pleine main le rameau à sa base et en remontant d'un mouvement rapide jusqu'à son extrémité supérieure.

Les feuilles sont enfouies dans un sac de toile, une « saqueta », que les cueilleurs attachent à leur ceinture cela afin d'avoir les mains totalement libres pour la cueillette. Certains préfèrent suspendre à une branche de l'arbre un sac de toile de jute dont l'ouverture est maintenue ouverte par un cerceau de bois ; il s'agit d'un sac « traouca » (photo 16). Ce sac possède une contenance supérieure à celle du « saqueta ».

Photo 16: «Traouca » (68)



Chaque fois qu'ils sont pleins, « saqueta » et « traoucas » sont déversés sur un drap étalé à même le sol, le « lincol » (terme occitan que l'on peut traduire par linceul). Comme la feuille se flétrit vite lorsqu'elle reste exposée de longues heures au soleil, on prend soin de l'en protéger en le déployant à l'ombre d'un arbre voisin. Lorsque la cueillette est finie, les quatre coins de la pièce de toile sont liés deux à deux de manière à former un volumineux baluchon pouvant peser jusqu'à quatre-vingt kilos.

Une variante de ce procédé de cueillette consiste à couper des branches de mûriers et à les dépouiller de leur feuillage à même le sol. C'est une façon de mettre à contribution les femmes plus âgées qu'il n'est pas question de faire grimper aux échelles et de tailler l'arbre en même temps.

Le ver à soie étant d'une nature délicate, la récolte de la feuille de mûrier est soumise à certaines précautions afin de ne pas nuire à sa santé et compromettre la poursuite de l'éducation. Il faut tout particulièrement éviter de la cueillir aux premières heures du jour car la nuit a déposé sur les feuilles une rosée qui provoque une rapide fermentation de la feuille ingurgitée par le ver. De plus, dans la magnanerie chauffée, cette rosée s'évapore et accélère la décomposition de la litière elle-même. La rosée est ainsi tenue responsable d'une indisposition des vers que les sériciculteurs assimilent à une indigestion, la flacherie, que l'on appelle également la maladie des vers mous, des passis ou des arpians. C'est donc seulement quand la feuille est séchée par le soleil que la cueillette peut commencer. Pour les mêmes raisons, les éducateurs évitent de ramasser les feuilles au crépuscule afin d'éviter l'humidité vespérale.

La feuille ruisselante de pluie est prohibée, bien que l'interdit ne soit pas aussi ferme que celui

de la rosée. En début d'éducation, lorsque les vers à soie ne consomment qu'une faible quantité de feuilles, une averse n'est pas à craindre car aussitôt que la pluie menace, l'éducatrice peut rapidement cueillir une provision de feuilles qui lui permettra d'attendre le retour du soleil. Mais il n'en va pas de même par la suite, surtout dans la période entre la 4<sup>ième</sup> mue et la montée du ver. L'appétit du ver est alors insatiable : la consommation quotidienne avoisine les 100 kilos de feuilles par once de vers. En cas de ciel menaçant, le cueilleur n'a pas le temps de récolter la quantité nécessaire pour les nourrir car il faut environ huit heures. Il est alors préférable, à partir de la 3<sup>ième</sup> ou de la 4<sup>ième</sup> mue, d'avoir toujours de l'avance pour les repas d'une ou deux journées. Lorsque les intempéries se prolongent, il faut toutefois se résoudre à cueillir sous la pluie. On coupe alors des branches entières qui sont ensuite secouées vigoureusement pour chasser les gouttelettes qui parsèment le feuillage, puis entreposées dans les locaux d'habitation ou dans un local réservé à cet usage, le « ramier ».

#### c) Transport et conservation de la feuille de mûrier (15)

Le transport de la feuille de mûrier jusqu'à la magnanerie tient compte de l'éloignement des mûriers, des conditions d'accès aux terres sur lesquels ils sont plantés ainsi que de l'importance de la récolte.

Jusqu'en 1917, date d'apparition des tracteurs, le portage des feuilles de mûriers se faisaient le plus souvent à dos d'homme quand les mûriers étaient situés dans l'environnement proche du mas ou quand un véhicule à roues ne pouvait pas être tiré jusqu'à proximité des arbres. Lors de grosse récolte, on utilisait la charrette ou le charreton à bras. Au fur et à mesure de la modernisation des moyens de transport, le vélo, la mobylette, la moto et le tracteur les ont remplacés.

Dès l'arrivée au mas, la feuille est entreposée dans le ramier, local situé à proximité de la magnanerie. La feuille est conservée en tas et remuée plusieurs fois par jour pour permettre à l'humidité de s'évaporer et éviter une fermentation de la feuille.

#### d) Distribution des repas (15)

La distribution des repas est une tâche quasi-exclusivement réalisée par les femmes : les magnanières. De l'apparition de la sériciculture à l'heure actuelle, dans les plus petites magnaneries, la magnanière distribue, à la main, cinq ou six repas en début d'éducation puis réduit le nombre à trois lorsque les vers atteignent le 4<sup>ième</sup> âge. Cette pratique est sensiblement en deçà de ce que recommandent les techniciens pour qui la même quantité de feuilles devrait être répartie en au moins quatre repas. L'augmentation du nombre de repas se traduit par une augmentation sensible de la consommation quotidienne qui prolonge la durée de la cueillette. Pour les femmes qui se chargent de la distribution des repas, c'est également un allongement du temps de travail. La distribution de trois repas prend six heures par jour à l'éducatrice. Un repas de plus rajouterait deux heures de travail supplémentaires à la magnanière, soit huit heures dévolues uniquement à la distribution des repas.

Au cours des premiers âges, les repas sont distribués le matin, à six heures et onze heures, l'après-midi, à seize heures et vingt et heure. Par la suite, le repas de seize heures est supprimé. Dans les derniers âges, le premier repas est donné vers cinq heures, le deuxième à onze heures, avant que la famille passe à table, et le dernier est donnée vers neuf ou dix heures du soir en fonction de la cueillette.

Les vers provenant d'une once de graine ingurgitent environ une tonne de feuilles de mûrier entre le premier âge et la montée. Au premier âge, les vermisseaux consomment 3 à 4 kilogrammes de feuilles, environ quinze kilos au second âge, puis une centaine au troisième, et enfin de deux cents à trois cents kilos lors de la « grande frêze », c'est-à-dire au dernier stade de leur vie larvaire, dans la période qui précède la montée.

Il est possible de remplacer la feuille de mûrier par un aliment artificiel à base de poudre de feuilles de mûriers. Les feuilles de mûriers sélectionnées pour l'aliment industriel sont indemnes de tous pesticides et produites de façon écologique en milieu contrôlé. Après avoir été récoltées, elles sont séchées puis broyées pour former une poudre. C'est cette poudre que l'on donne aux vers à soie pour les nourrir. On peut ainsi élever des vers à soie en dehors de la période de foliation des mûriers ou palier à une pénurie de feuilles. L'inconvénient majeur de cet aliment artificiel est l'incapacité d'obtenir des vers aussi beaux que lors d'une alimentation à base de feuilles de mûrier.

## 2) Grainage

L'emploi de graines irréprochables est la première condition de succès dans l'élevage ou éducation du ver à soie. C'est par le choix méthodique des reproducteurs, l'application rigoureuse des procédés Pasteur contre les maladies héréditaires et une conservation rationnelle des œufs, depuis leur ponte jusqu'à leur mise en incubation, qu'on réalise cette condition fondamentale (13).

Le terme de grainage désigne la reproduction du ver à soie sous le contrôle de l'homme.

Jusqu'aux années 1850, chaque sériculteur confectionnait lui-même sa graine, mais la propagation de la pébrine a contraint les sériculteurs à renoncer à utiliser la graine de fabrication domestique et à acheter les œufs d'importation, non contaminés. Une fois l'épizootie enrayée grâce à la méthode pastorienne, ils ont persisté à s'approvisionner auprès de producteurs spécialisés. Ainsi, le grainage industriel a définitivement supplanté le grainage domestique, induisant d'importantes transformations à tous les niveaux du système technique. Le passage de l'un à l'autre a eu une forte incidence sur l'organisation de la production séricicole comme nous allons le voir.

### a) Grainage domestique

Le grainage domestique consiste à conserver une partie de ses propres cocons pour les faire grainer. Certains sériculteurs ne renouvellent pas la graine, d'autres au contraire pour éviter un « abâtardissement » de leur lignée la change tous les cinq ans. Ils achètent les graines à d'autres producteurs, pour les plus fortunés, ou échangent des cocons avec le sériculteur voisin pour les moins fortunés (15).

Pour obtenir une once de graine, soit 25 à 30 grammes d'œufs, il faut entre 250 à 400 cocons en fonction des auteurs car le nombre de cocons au kilo dépend des « races » de ver à soie (2)

Comment choisir les cocons destinés à la reproduction ? On choisit les cocons sur un ensemble de critères visant à éliminer les insectes les plus faibles, susceptibles d'être de médiocres reproducteurs. La beauté du cocon est dans un premier lieu liée à sa couleur. Elle doit être « uniforme », « ni trop pâle ni trop foncée » (52). D'autres critères sont relatifs à sa

texture. Les cocons sélectionnés doivent être denses, « d'un grain serré et bien fins », « les plus durs » (26). Les cocons doivent être étoffés, légèrement cintrés ou en forme de poire. Leur poids est un critère important à prendre en considération mais n'est pas fiable. Le cocon ne doit pas être trop léger signifiant qu'il est pauvre en soie, le ver qui l'a fabriqué étant chétif, ou que la chrysalide qu'il contient est morte sans avoir achevé sa tâche. Pour vérifier si la chrysalide est toujours vivante, il suffit de secouer le cocon près de l'oreille. Vivante, elle résonne sourdement contre la paroi interne alors que morte elle laisse entendre un son métallique, sec. Inversement, des cocons plus lourds ne sont pas caractéristiques d'une bonne qualité des graines à venir. En effet, le cocon peut être alourdi par le poids de la chrysalide et donc le cocon ne présentera qu'une faible richesse soyeuse ou plus lourd car la chrysalide est de faible poids et donc il sera très riche en soie. Le soupesage ne prend donc valeur de critère que si on le combine aux autres critères.

La séricicultrice choisit une quantité équivalente de cocons de forme ronde, contenant des femelles, et de forme pointue pour les mâles. Les cocons sélectionnés sont ensuite « déblazés », c'est-à-dire que le premier tissu irrégulier et lâche qui forme l'armature extérieure du cocon est ôté afin de faciliter la sortie du papillon. Les cocons sont alors déposés sur des paniers plats ou bien enfilés à l'aide d'une grosse aiguille sur un fil solide de façon à former une sorte de chapelet appelé filane. Chaque filane mesurant 0,9 à 1 mètre est formée d'une centaine de cocons. Une fois confectionnées, les filanes sont suspendues dans une pièce dont la température doit demeurer fraîche.

La séricicultrice recueille les papillons au fur et à mesure qu'ils sortent du cocon et les accouplent immédiatement sur des pièces d'étoffe ou de papier ou dans des petits sachets de toile confectionnés pour l'occasion. Une fois l'accouplement et la ponte réalisés, elle retire les papillons et place les sachets ou les étoffes dans une pièce tempérée jusqu'à la saison séricicole prochaine, en prenant garde à les suspendre hors de la portée des fourmis et des souris très friandes de la graine.

Dans les années 1840, les grandes éducations se multipliant, le commerce de la graine prend de l'essor. Les agronomes et la presse agricole invitent de plus en plus les producteurs à acheter des graines sélectionnées pour se prémunir contre la dégénérescence des races locales. Les appels locaux n'ont que peu d'écoute d'autant plus que tout sourit aux producteurs. L'essor de la sériciculture, au cours de cette période, entraîne un relâchement des principes d'hygiène. En effectuant des élevages de plus en plus grands, parfois trop au regard des locaux dont ils disposent, les sériciculteurs cessent de respecter les règles d'espacement des vers. Ils négligent également de nettoyer régulièrement les tables afin d'empêcher la fermentation des litières tant ils sont accaparés par la cueillette de la feuille. Ce sont ces négligences et l'apparition de la pébrine qui sont à l'origine d'une transformation du grainage qui s'effectuera en trois temps : d'abord, l'abandon du grainage domestique puis le développement du grainage cellulaire et enfin son industrialisation (15).

#### b) Grainage cellulaire : le procédé Pasteur

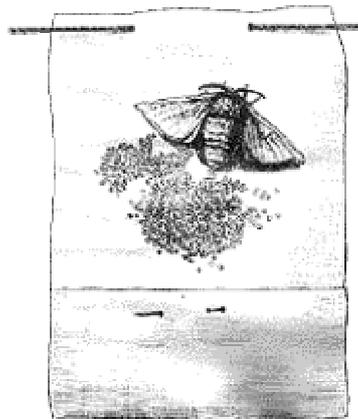
La pébrine, une maladie mortelle, s'est diffusée comme une traînée de poudre dans tous les élevages français à partir du milieu du XIXe siècle et est à l'origine de la transformation en profondeur du système technique. Dans un premier temps, les sériciculteurs persistent à produire leur graine. Mais, en 1855, la récolte est catastrophique. On ne récolte plus que 6 à 10 kilogrammes à l'once contre 25 à 30 auparavant (44). Ils sont alors contraints de s'approvisionner auprès des pays producteurs voisins (Italie, Turquie et Portugal). La maladie poursuivant inexorablement sa progression, les Balkans et le Caucase prennent

ensuite le relais jusqu'en 1865 où ces provinces sont alors touchées. Le Japon, protégé par son isolement géographique, devient le fournisseur de graines de toute l'Europe.

En 1865, Louis Pasteur est alors appelé au secours de la sériciculture. Au terme de quatre ans d'observations et d'expériences sur place, ses recherches aboutissent à la mise au point d'un procédé de reproduction qui permet d'enrayer totalement l'épidémie de pébrine dès 1869. Grâce à sa découverte, ce grainage dit cellulaire redevient national mais échappe totalement aux sériciculteurs.

Le grainage cellulaire s'effectue de la façon suivante. Le producteur de graines prélève quelques cocons sur l'ensemble d'une récolte et place ce lot dans une pièce chauffée jour et nuit afin d'activer la métamorphose des vers en chrysalides. A l'aide d'un microscope, il examine une vingtaine de chrysalides provenant de ce lot afin de déceler la présence éventuelle de corps corpusculaires caractéristique de la maladie. Lorsqu'il en découvre, le producteur doit livrer immédiatement à la filature tous les cocons de la chambrée. Si, en revanche, les chrysalides sont saines, le lot est alors conservé pour le papillonnage. Lorsque le papillonnage commence, les papillons sont recueillis et enfermés par couples dans des cellules où ont lieu l'union sexuelle puis la ponte. Les cellules sont des sortes de pochettes confectionnées dans une toile fine et mesurant cinq centimètres de côté (figure 15). Après la ponte, le graineur procède à un nouvel examen microscopique sur les femelles, les mâles ne transmettant pas la maladie. S'il est positif, la ponte est immédiatement jetée, s'il se révèle négatif, elle est au contraire conservée.

Figure 15 : Cellule de reproduction (54)



Louis Pasteur considérait que cette méthode pouvait être utilisée par tous les sériciculteurs mais ces derniers eurent peur d'utiliser un microscope et laissèrent donc cette tâche au service séricicole des départements. Ce procédé est difficilement applicable en respectant les consignes de Pasteur car les frais de main d'œuvre pour effectuer les examens sont trop exorbitants et induiraient une forte augmentation du prix de l'once à laquelle le sériculteur ne pourrait consentir. Ainsi ce développa le grainage industriel (15).

### c) Grainage industriel

Le grainage industriel est un procédé industriel permettant d'appliquer les procédés de Pasteur à une plus grande échelle. Il est mis en place dès 1870.

La graine saine, obtenue selon la méthode cellulaire, est distribuée à des éducateurs de

petites chambrées, réputés pour leur savoir-faire et installés à l'écart des centres séricicoles qui sont également des foyers de contagion. Après la récolte, un tri rigoureux élimine les cocons les plus faibles, mal formés, de couleur non homogène, etc., autrement dit tous ceux qui ne satisfont pas les critères du grainage domestique (15). Les cocons passent sur un tapis roulant sous les yeux de plusieurs ouvrières rangées à la suite l'une de l'autre de chaque côté du tapis. Le choix du cocon n'est pas subordonné à l'appréciation d'une seule ouvrière puisque la suivante voit ce qui a pu échapper à l'attention de la précédente (42). On introduit ensuite les cocons sélectionnés dans des châssis mesurant environ un mètre cinquante sur un mètre, formés de deux cadres en bois tendus d'un treillage métallique et reliés par deux charnières. Les papillons à leur sortie traversent le maillage et cherchent immédiatement à s'accoupler. Ces couples sont alors recueillis et placés sur des « cadres d'accouplement » en bois sur lesquels on a tendu une toile de calicot. Après l'accouplement, les mâles sont séparés des femelles. Les femelles sont placées sur des « toiles de ponte » et, environ une semaine après la ponte, celles-ci sont détachées des cadres puis jetées. La graine est mise en boîte. Les boîtes sont placées en chambres froides et conservées jusqu'au moment de leur distribution aux sériciculteurs.

Rapidement, des établissements vont se spécialiser dans le grainage et scindent la France en deux à savoir les centres de grainages et les centres d'élevage. On élève les vers pour leurs cocons essentiellement au niveau de l'Ardèche et du Gard et on élève des vers pour leurs oeufs principalement dans le sud-est de la France dans les Basses-Alpes et le massif des Maures. De 1870 à 1900, le nombre de ces maisons s'accroît et le grainage français acquiert une dimension internationale puisqu'il approvisionne désormais la plupart des pays séricicoles (15).

Après 1900, le grainage industriel se déroule en trois étapes :

- l'élaboration et la sélection des races pures,
- la multiplication de celles retenues pour la production industrielle de soie,
- le croisement de ces races pour produire des hybrides F1, destinés à l'industrie.

La première opération est réalisée dans des instituts de recherche séricicole, des centres de génétique expérimentale ou par des fermiers sélectionnés pour leur bonne connaissance des pratiques d'élevages. Elle consiste à créer des races par croisements entre deux ou trois races pures reconnues pour certaines de leurs qualités. Pendant les trois ou quatre premières générations, aucune sélection n'est opérée afin d'obtenir le maximum de combinaisons génétiques possibles. Ensuite, les vers qui présentent des caractères intéressants en sériciculture sont sélectionnés afin de stabiliser leurs caractères et d'obtenir une race pure. Cela nécessite de dix à douze générations. L'ensemble des races obtenues est conservé dans un état de forte productivité et de pureté génétique : ce sont les stocks de reproducteurs. Pour cela, les races sont maintenues en différentes lignées, chacune étant multipliée entre elle. Toutes les deux, trois ou quatre générations on croise entre elles deux lignées d'une même race afin d'éviter une trop forte consanguinité, et la nouvelle lignée ainsi obtenue peut être à nouveau multipliée.

Les races qui sont retenues pour participer à la production industrielle vont dans un deuxième temps être multipliées. Cette étape s'opère dans des fermes spécialisées appelées grainages parentaux. L'utilisation exclusive d'hybrides pour la production des cocons de filature suppose de pouvoir multiplier en quantité suffisante et sans altération qualitative les différentes races pures afin, dans un premier temps, de les accoupler et produire les graines industrielles pour répondre à la demande des fermiers. Cependant, comme une reproduction à grande échelle et sur de nombreuses générations entraîne très rapidement une détérioration de

la qualité des cocons en raison de la consanguinité, la multiplication des races pures est limitée à deux ou trois générations, la première étant celle effectuée dans les centres de recherche.

La dernière opération, qui consiste à croiser entre elles les races pures, est également réalisée dans les fermes spécialisées, appelées grainages industriels tout comme les graines qui y sont produites. Le croisement permet d'obtenir une génération hybride qui réunit les caractères parentaux et bénéficie de la vigueur hybride (8). Les principaux avantages des hybrides sont les suivants :

- période larvaire plus courte,
- ratio feuilles/cocons bas,
- mortalité réduite,
- poids des cocons et de la coque élevés,
- longueur du filament soyeux accrue,
- taille et forme des cocons plus régulières (37).

Les hybrides utilisés peuvent être obtenus par simple croisement entre races pures ou par croisements à trois ou quatre voies. Les graines hybrides issues d'un croisement simple ont un taux de fécondation bas, donc le nombre de larves écloses par ponte est faible. C'est pourquoi, de plus en plus, en particulier au Japon, on réalise des polyhybrides (croisements entre individus eux-mêmes issus d'un premier croisement). Ces polyhybrides possèdent un taux élevé de graines fécondées et d'éclosion (8).

#### d) Conditionnement des graines et leur transport

Le conditionnement des graines est fonction des techniques employées lors de la ponte.

Dans les grainages parentaux ou domestiques, chaque ponte est traitée de façon individuelle afin de permettre son élimination si elle ne répond pas aux critères de qualités fixés. Avant la ponte, les papillons femelles sont disposés sur des cartons de ponte quadrillés. Chacun des carreaux comporte une référence qui est attribué au papillon que l'on conserve pour la recherche de pébrine au microscope (8). Ces cartons sont plongés dans une solution de formaldéhyde à 2% pendant 15 minutes. Puis, on lave les graines à l'eau courante et on laisse sécher les cartons à l'ombre à 25°C et 80% d'humidité (31). En Europe, on remplace souvent les cartons de ponte par des sacs en coton ou du papier perforé.

Dans les grainages industriels, la recherche de pébrine ne s'opère plus sur chacune des pontes mais sur des échantillons tirés au hasard sur un lot. Par conséquent les graines peuvent être traitées en vrac. Les papillons sont placés sur les cartons de pontes avec une densité d'environ 500 à 600 imagos par m<sup>2</sup>. Les pontes ainsi obtenues peuvent être vendues telles quelles aux éleveurs, après trempage dans une solution de formaldéhyde à 2%. Ce conditionnement présente l'avantage d'être simple et de nécessiter peu de main d'œuvre.

Les graines pondues sur un carton sont décollées en les laissant tremper 20 à 30 minutes dans de l'eau. Puis elles sont triées par immersion dans une solution de NaCl ayant une densité de 1,06 à 1,10. La densité des graines non fécondées ou mortes étant plus faible, elles flottent à la surface de la solution. Ensuite, après avoir laissé sécher les graines sur un support absorbant, on les conditionne dans les boîtes. La norme est fixée à 20 000 œufs par boîte.

Le transport des graines d'une ferme à l'autre doit se faire avec beaucoup de précautions car les graines sont très sensibles aux stimuli physiques et chimiques. Il faut donc éviter tout choc, variation de température ou contact avec des gaz toxiques (pots d'échappement par exemple). Il est recommandé de les transporter aux heures fraîches de la journée (matin ou soir), proprement emballées et dans une parfaite obscurité (8). Le transport peut avoir lieu avant l'incubation ou après l'incubation au stade la « tâche bleue » (stade précédent l'éclosion d'un jour) (61).

#### e) Conservation des graines

La conservation vise à reproduire l'évolution du climat des régions tempérées à laquelle est normalement soumise la graine hibernante (le cas en France) et qui est indispensable pour son bon développement. En effet, après sa ponte au printemps, la graine doit subir successivement la chaleur de l'été (ou estivation), le refroidissement progressif de l'automne, puis les températures froides de l'hiver. L'estivation garantit l'entrée en diapause de la graine. A l'inverse, l'hibernation correspond à la phase de réveil progressif de la graine, car l'hormone de diapause qui s'y trouve et qui inhibe le développement de l'embryon, est à peu près détruite par les basses températures (37).

Cette technique pourrait paraître superflue dans les régions tempérées où les variations de températures sont naturelles, mais en réalité elle est tout aussi importante que sous les climats tropicaux. En effet, la graine est très sensible aux moindres variations des conditions climatiques qui entraînent des disparités de développement au sein de la ponte. Des graines peuvent même éclore trop tôt lorsque les mûriers sont encore en bourgeons. C'est pour cela, qu'en dépit du réchauffement printanier, les graines sont maintenues à une certaine température.

A partir de la mi-août, pendant 45 à 60 jours, les graines sont placées à température naturelle jusqu'à atteindre 20°C. Si la température naturelle reste plus élevée, elle doit être baissée de façon artificielle.

A partir du mois d'octobre, la graine est placée 60 jours à température ambiante jusqu'à atteindre une température de 5°C. Si ce n'est le cas, cela est fait artificiellement. A partir de 15°C, la graine commence à évoluer vers le réveil.

A partir de décembre, la graine est conservée 50 à 60 jours à 5°C. Cette température est idéale car elle arrête le développement embryonnaire des graines déjà réveillées et elle stimule le réveil des graines attardées, permettant ainsi un développement uniforme de l'ensemble de la ponte. C'est la période pendant laquelle on peut retirer les graines de leur carton de ponte par lavage à l'eau car si la température est encore élevée, la stimulation physique du lavage risque de les réveiller et elles commenceraient à se développer.

A partir de février jusqu'à l'incubation, les graines sont conservées 40 à 60 jours à 2,5°C interrompue en avril, par une période intermédiaire, de 4 à 5 jours à 10 à 15°C, permettant une conservation prolongée de la graine avec un maximum de 80 jours après ce dernier traitement. La température de 2,5°C stoppe totalement le développement embryonnaire de la graine et permet une conservation de plus longue durée (8).

#### f) Approvisionnement en graines

A partir 1870, les éducateurs de l'école postpastorienne achetaient leurs œufs de vers à soie directement auprès des maisons de grainage ou bien par l'intermédiaire des chambres collectives d'incubation et des filateurs. Le grainage était alors une véritable industrie. Ce

succès commercial a eu pour conséquence une baisse sensible de la qualité de la graine, liée au relâchement du procédé de grainage cellulaire mais surtout à l'incompétence et à l'absence de scrupules de certains revendeurs qui ne suivaient pas à la lettre le protocole. Pour y remédier, le gouvernement institua par décret du 26 avril 1907 le contrôle de l'Etat sur les établissements de grainage. Ce contrôle dépendait directement du Ministère de l'Agriculture qui envoyait des agents dans les ateliers de grainage et dans les élevages leur fournissant la graine afin de vérifier si la méthode pastorigène était fidèlement appliquée. Lorsque la graine était jugée conforme, elle était commercialisée dans une boîte de carton fort, ceinte d'une banderole aux couleurs de la république, telle que celle de la photo 17.

Photo 17 : Boîte de graine (48)



Jusqu'aux années 1920, les sériciculteurs achetaient directement la graine auprès des maisons de grainage. Seuls, quelques irréductibles continuaient à acheter des graines à un colporteur. Certes, ces colporteurs vendaient meilleur marché leurs graines, mais ils étaient incapables d'en mentionner la provenance ou d'assurer aux éducateurs que les graines avaient suivi le procédé Pasteur. Les fréquents déboires de ceux qui se laissaient tenter par cette marchandise frelatée expliquaient la disparition progressive de ce mode de commercialisation.

A partir des années 1920, les sériciculteurs pouvaient directement s'adresser aux chambres collectives d'incubation qui se chargeaient d'effectuer des commandes groupées. Chaque sériculteur indiquait à la personne responsable de la « chambre » dont il dépendait le nom des graineurs auxquels elle désirait acheter sa graine ainsi que la quantité et la qualité voulue. Les commandes étaient ensuite transmises aux différents producteurs et la chambre collective recevait directement des lots de graines qui étaient étiquetés afin d'éviter tout risque d'erreur au moment de la distribution des vers à soie aux sériciculteurs.

Les sériciculteurs pouvaient également se fournir auprès des filateurs. Cette voie d'approvisionnement était la voie la plus largement utilisée par les sériciculteurs car les filatures leur permettaient de ne pas payer les graines dès leur réception (il était convenu que le filateur se rembourserait à la livraison des cocons). Les sériciculteurs s'engageaient, en contrepartie, à vendre à la filature l'intégralité de leur production de cocons. Cet échange de bon procédé permettait à la filature de diversifier son champ d'activité, ce qui financièrement l'aidait à rester ouverte, et de garantir un certain nombre de cocons pour faire tourner ses machines. Le filateur trouvait un autre avantage à servir d'intermédiaire : il se donnait la possibilité d'imposer aux sériciculteurs des races avantageuses pour la filature parce qu'elles étaient plus riches en matière première soyeuse. Or, la préférence des sériciculteurs allait aux races qui donnaient des cocons plus lourds (15).

Après 1966, date de fermeture de la dernière filature en activité en France, les derniers éducateurs de vers à soie peuvent acheter leurs graines en France, chez quelques producteurs tels que M Henri Brion, à Lapoutroie (68), ou à La magnanerie de Saillans (26), ou à l'étranger, en Chine ou au Japon qui sont des pays producteurs de graines de vers à soie.

La graine était vendue à l'once, unité de masse de l'ancien régime qui variait de 25 à 30 grammes suivant les localités (17). Une pratique était très courante chez ceux qui fournissaient des graines aux éducateurs : il s'agissait du péçu. Le péçu consistait à ajouter quelques grammes de graine à la quantité demandée. On pouvait se demander pourquoi les fournisseurs de graine avaient recours à cette coûteuse pratique commerciale. En fait tout le monde y trouvait son compte. Le graineur fidélisait son sériciculteur grâce à un rendement élevé qui le convainquait que la graine était de très bonne qualité. Le filateur, dont les besoins en matière première étaient pressants, achetait une plus grande quantité de cocons. La séricicultrice s'enorgueillit de posséder un excellent savoir-faire à la vue des rendements de son exploitation. Le principal reproche adressé au péçu par tous ceux qui luttèrent pour le redressement de la sériciculture était qu'il faussait les statistiques et exposait les éducateurs mal informés à des difficultés lorsqu'ils venaient à manquer de feuilles ou de place alors qu'ils pensaient avoir mis à incuber une quantité de graine correspondant parfaitement à leur capacité (15).

### 3) Eclosion artificielle des graines

L'éclosion artificielle désigne les traitements qui empêchent artificiellement les graines hibernantes d'entrer en diapause ou qui les réveillent artificiellement de la diapause pour les faire éclore. Elle a pour but d'avancer l'éclosion. Maintes méthodes d'éclosion artificielles ont été expérimentées, seule sera abordée le traitement à l'acide chlorhydrique, de loin la plus couramment utilisée (47).

Il est particulièrement important de traiter les graines au bon moment. La période la plus appropriée est juste entre la fusion des feuilletts amniotiques et l'isolement de l'embryon. Si les graines sont plus jeunes, elles peuvent être endommagées par le traitement. De même, si elles ont dépassé le stade, elles ont de la difficulté à éclore. Pour obtenir de bons résultats, il faut donc rigoureusement contrôler la température pendant et après la ponte et déterminer l'heure de traitement en fonction de celle-ci. Le tableau 3 indique les périodes adéquates pour le traitement à l'acide.

Tableau 3 : Période adéquate pour le traitement à l'acide (32, 33 et 47)

Température lors de la ponte	Période de traitement après la ponte
21°C	25 à 35 heures
24°C	20 à 30 heures
25°C	20 à 24 heures
27°C	20 à 25 heures
29°C	15 à 20 heures

Après le traitement à l'acide, les graines sont soigneusement rincées à l'eau courante à 20°C. On vérifiera que l'acide est parfaitement retiré au moyen d'un papier pH. L'éclosion artificielle permet de programmer l'éclosion des graines de 10 à 75 jours après la ponte. Si

l'on souhaite les faire éclore de 10 à 30 jours après la ponte, on utilise la technique appelée « traitement classique à l'acide », tandis que pour la période allant de 30 à 75 jours, on applique le traitement à l'acide après conservation au froid (8).

a) « Traitement classique à l'acide » (8)

Il existe deux types de « traitement classique à l'acide »; le plus utilisé est celui à l'acide chaud qui requiert une solution d'acide chlorhydrique de densité 1,064 à 46,1°C et 15% de HCl. Le temps de trempage est de 6 à 7 minutes pour les races européennes.

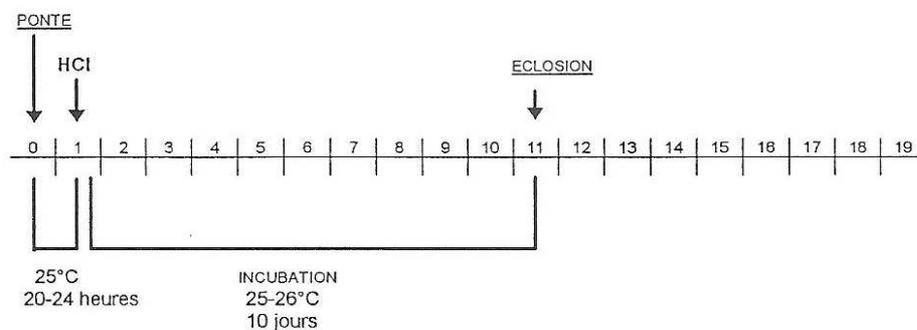
La seconde méthode dite « méthode à la température ambiante » est réalisée avec une solution d'acide chlorhydrique à la température de la pièce. Sa densité doit être de 1,108 à 1,110 à 15°C, soit une concentration en HCl de 21 à 22%. La durée d'immersion des graines est alors fonction de la température ambiante et de l'intervalle de temps écoulé entre la ponte et le traitement (tableau 4). Cette méthode n'est pas autant prisée que la méthode à chaud.

Tableau 4 : Durée de traitement à l'acide à température ambiante (37)

Date du traitement à l'acide après la ponte		Durée du traitement en minutes		
		Température de la solution à 24°C	Température de la solution à 27°C	Température de la solution à 29°C
Durée de conservation à 24°C entre la ponte et le traitement	10 heures	50-70	40-60	40
	15 heures	55-75	55-70	40-50
	20 heures	55-80	55-80	40-50
	25 heures	60-90	60-80	40-50

L'éclosion a lieu 10 jours après le traitement (figure 16).

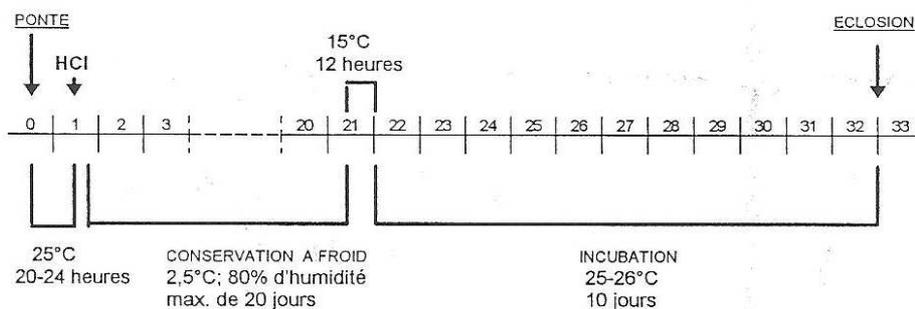
Figure 16 : « Traitement classique à l'acide » (8)



Toutefois, si l'on souhaite reporter l'éclosion à plus tard dans une limite maximale de 30 jours, il est possible d'utiliser les méthodes suivantes :

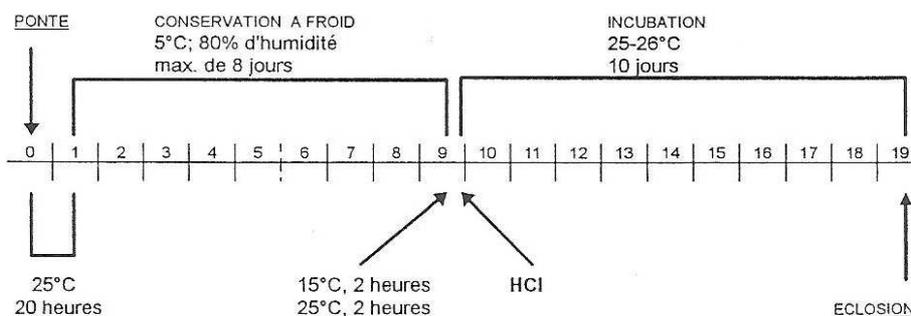
- stockage à froid après le traitement à l'acide (figure 17): Il ne peut débuter que si l'embryon a atteint le stade F (annexe 1). En stade F, l'embryon a des mouvements de va et vient au niveau de l'abdomen puis du thorax et de la tête. Le sillon dorsal est presque entièrement refermé et il ne reste qu'un ombilic sur le 2<sup>ème</sup> segment. Il se déplace vers le centre de la graine et son corps prend la forme d'un S. ce stockage à froid permet de conserver 20 jours maximum la graine à 2,5°C et 80% d'humidité. Les graines doivent être bien sèches avant de les réfrigérer. Puis lorsqu'on souhaite les incuber, il est nécessaire de les laisser pendant plusieurs jours à une température intermédiaire de 15°C.

Figure 17 : Stockage à froid après traitement à l'acide (8)



- stockage à froid avant le traitement à l'acide (figure 18). Si l'on se trouve dans l'obligation de retarder le traitement à l'acide, tout en souhaitant une éclosion avant 30 jours après la ponte, il est possible de conserver jusqu'à une semaine les œufs âgés de 20 heures à 5°C et 80% d'humidité. Une attention toute particulière sera portée à l'humidité car les graines nouvellement pondues, dépourvues de séreuse, sont très sensibles au sec. On pensera également à leur faire subir une température intermédiaire de 15°C puis de 25°C pendant deux heures chacune, avant de les traiter à l'acide.

Figure 18 : Conservation à froid avant le traitement à l'acide (8)



## b) Traitement à l'acide après refroidissement

On utilise deux techniques selon que l'on souhaite conserver les graines plus ou moins de 40 jours au froid.

Le traitement à l'acide après refroidissement ordinaire offre le meilleur pourcentage d'éclosion (figure 19). Il permet d'obtenir une éclosion au-delà de 50 jours puisque les graines doivent demeurer un minimum de 40 jours au froid. La date optimale se situe lorsque l'embryon s'isole et présente des lobes céphaliques et caudaux distincts (stade G). Cela correspond à 40-50 heures après la ponte lorsque la température est de 25°C. Les graines sont placées à 5°C si la durée n'excède pas 60 jours, mais si la conservation doit se poursuivre, on les transfère à 2,5°C après 40 jours. On vérifiera que l'humidité est de 80% afin d'éviter la dessiccation des graines.

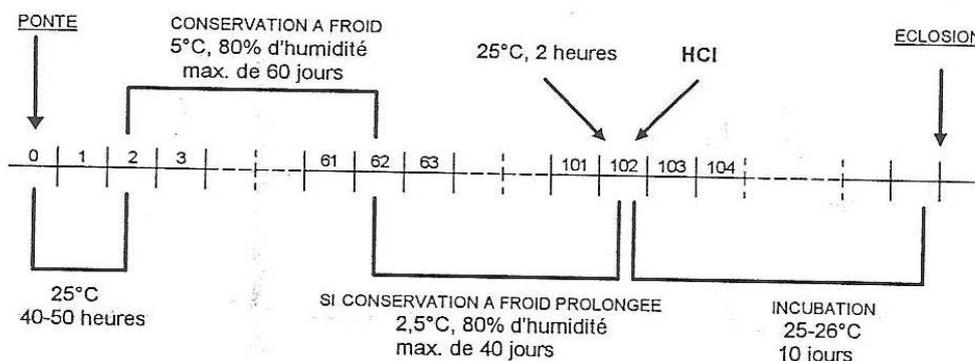
Les graines sont traitées après deux heures à la température ambiante (25°C) par une solution d'acide chlorhydrique à 47,8°C de densité 1,085, ce qui correspond à une concentration en HCl de 20%. La durée de trempage est fonction de la race et du temps de refroidissement : plus il a été long, plus le traitement sera court. Pour les races européennes, il est de 6 à 7 minutes.

Le traitement à l'acide après refroidissement court permet de fournir des œufs durant la période intermédiaire allant de 37 à 47 jours après la ponte, mais les résultats d'éclosion ne sont pas aussi satisfaisants que pour la méthode précédente. Après 44 à 45 heures à 25°C, les graines sont gardées à 5°C et 80% d'humidité pendant 25 à 35 jours (figure 19). A leur sortie du réfrigérateur elles sont traitées de la même façon que la technique précédente (8).

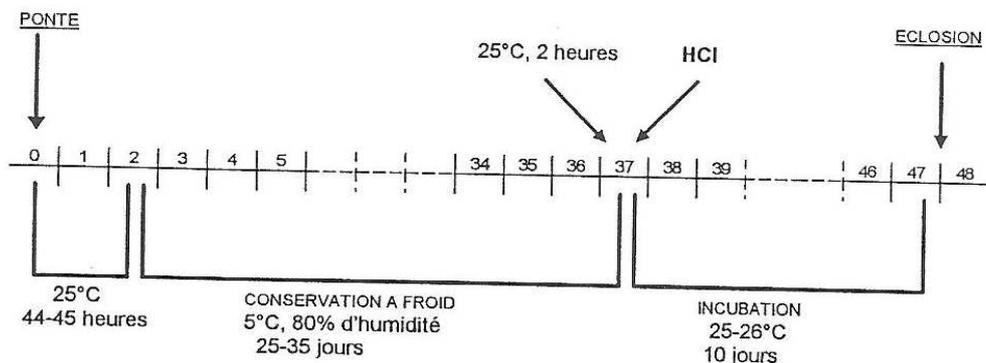
La conservation, les traitements et l'éclosion artificielle des graines de ver à soie ne sont que des préparatifs à l'incubation pour que les graines se trouvent dans les meilleures conditions physiologiques permettant d'obtenir la plus forte éclosion possible. Les graines peuvent fort bien éclore dans le milieu ambiant naturel, mais si on les abandonne à elles-mêmes, il est impossible de prévoir quand et dans quel état elles vont éclore, ce qui compromet tout plan d'élevage (47).

Figure 19 : Diagramme synoptique du traitement à l'acide après refroidissement (8)

**1) Traitement à l'acide après refroidissement ordinaire : éclosion au delà de 50 jours après la ponte**



**2) Traitement à l'acide après refroidissement court : éclosion de 37 à 47 jours après la ponte**



4) Incubation

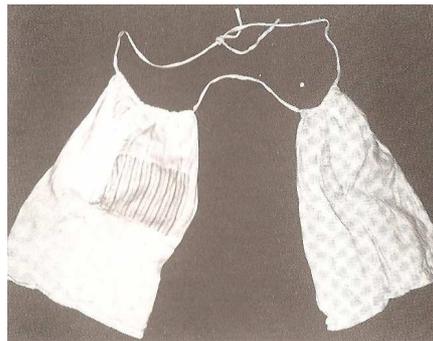
La chenille du *Bombyx mori* présente la particularité d'être monophage, c'est-à-dire de n'accepter qu'un seul aliment : la feuille de mûrier. Il faut donc qu'elle puisse en consommer dès sa naissance. Cette contrainte conditionne la mise en incubation de la graine : celle-ci doit impérativement commencer aussitôt que les bourgeons des mûriers sont sur le point de s'ouvrir de façon que leur éclosion coïncide avec celle des œufs de vers à soie. Il s'agit d'une opération étroitement liée au calendrier végétatif. Une telle coïncidence n'est pas toujours facile à réaliser car il arrive que le printemps soit capricieux et que l'hiver fasse une dernière offensive au moment où les bourgeons éclosent, ce qui détruit les feuilles et compromet la survie des chenilles nouvellement nées. Tous les sériciculteurs le savent et intègrent ce risque à leur pratique. Connaître ses parcelles dans les moindres recoins, savoir à quel emplacement le mûrier ne sera pas touché par les gelées tardives, sur quelle terre il sera épargné de la rosée nocturne si préjudiciable au ver à soie, sur quel sol il déploiera un feuillage nourrissant ; c'est la toute la complexité du métier (15).

L'incubation consiste à placer les graines dans une atmosphère parfaitement contrôlée afin de permettre un développement uniforme des embryons et donc l'éclosion de la majorité des graines à la date fixée. Les graines sont exposées à une température plus élevée que celle de sa conservation et qui augmente progressivement jusqu'au moment de l'éclosion des œufs. Dans les conditions naturelles, les graines de ver à soie peuvent se développer et éclore sans aucune intervention humaine mais, comme les conditions atmosphériques sont très variables, cela entraîne une éclosion irrégulière, le pourcentage des graines écloses est faible ; les jeunes larves sont peu robustes, la récolte des cocons est faible et de mauvaise qualité en raison de la difficulté à déterminer la date de maturité des vers (8). C'est pour ça que l'on a recours à l'incubation. Pour se faire diverses techniques existent de la plus rustique (incubation au nouet) à la plus moderne (chambre à incubation).

#### a) Incubation au nouet

Les œufs de ver à soie étaient déposés dans un carré d'étoffe, comme un mouchoir, dont les quatre coins étaient noués deux à deux ou bien dans un petit sachet confectionné dans une pièce de toile, comme celui de la photo 18, appelait un « nouet ».

Photo 18 : Nouet (48)



Le choix de l'étoffe était très important. Elle devait laisser l'air intérieur et extérieur circuler librement de façon que la graine soit réchauffée par la température ambiante sans être toutefois surchauffée. C'était pourquoi les séricicultrices bannissaient les lainages qui dégageaient une trop forte chaleur ainsi que les fibres synthétiques qui ne laissaient pas respirer la graine. Elles optaient pour une toile usée et fine qui présentait l'avantage d'être aérée et douce au toucher. Dans un souci d'aération de la graine, on ne mettait jamais plus de deux onces dans le même nouet.

La méthode la plus connue et la plus longtemps pratiquée était celle qui consistait à porter sur soi le nouet, directement en contact avec le corps qui lui communiquait sa chaleur. C'étaient surtout les femmes qui étaient chargées du soin des couvées. Le nouet était soit enfoui entre les seins ou bien suspendu entre jupe et jupon (15). Pour l'incubation de grandes quantités de graines, la couvaison se faisait dans le lit (17).

Les arguments opposés à cette méthode se fondent sur l'impossibilité de contrôler correctement l'élévation de la température et d'assurer sa répartition homogène. La chaleur qui émane du corps est nettement trop élevée (37°C, alors que la graine en incubation doit être portée progressivement de 15 à 22°C) et la transpiration corporelle entretient une moiteur étouffante qui porte préjudice aux embryons (15).

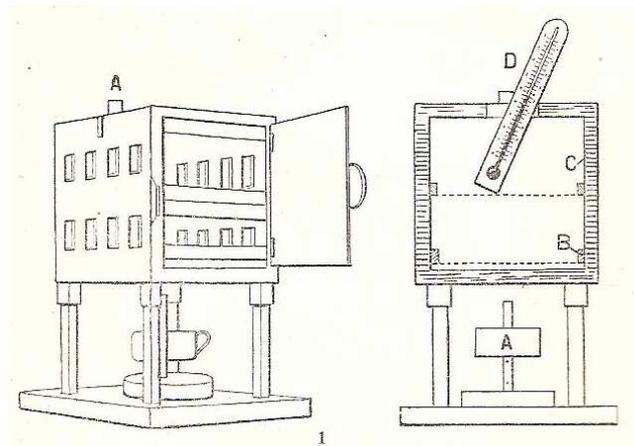
Ce que l'on retiendra de ce procédé, c'est sa remarquable longévité puisqu'en vigueur jusque dans la fin des années 1950.

b) Le « castelet des Cévennes » (8)

Parmi les procédés reconnus comme rationnels et donc préférables au nouet figure l'usage du castelet des Cévennes.

Il s'agit d'une sorte de petite étuve portative (figure 20) qui se présente comme un cube en fer blanc, à double paroi remplie d'eau par un tube A (dessin de gauche). Une veilleuse à huile, placée au-dessous de l'étuve (A du dessin de droite), permet de réchauffer l'eau qui diffuse sa chaleur de manière homogène. L'intérieur du castelet est composé de trois à six cadres (B), superposés, sur lesquels la graine est répartie en couches minces et régulières. L'air pénètre et circule à l'intérieur du castelet grâce à des ouvertures latérales. La partie supérieure de l'appareil est pourvue en son centre d'une ouverture dans laquelle est fiché un thermomètre (D) permettant de vérifier à tout instant la température de l'étuve. Ainsi, on augmente ou on diminue la chaleur en avançant ou en éloignant la veilleuse de son socle. Ce système permet le contrôle et une bonne régulation de la température d'incubation. Cette technique, bien qu'efficace, ne fut que peu utilisée par les sériciculteurs, qui lui préféraient la technique du nouet plus simple et moins onéreuse à leur sens.

Figure 20 : Couveuse en fer blanc (13)



La couveuse en fer blanc fut mise en place dans les magnaneries de moyenne à grande importance et est utilisée, à l'heure actuelle, par quelques sériciculteurs amateurs. Toutefois, les sériciculteurs lui préfèrent un incubateur moderne en plexiglas comme celui de la photo 19.

Photo 19 : Incubateur en plexiglas (66)



### c) Les chambres collectives d'incubation et les chambres d'incubation

Dans le second quart du XXe siècle, un nouveau mode d'incubation fut mis en œuvre : les chambres collectives d'incubation. La première d'entre elles fut créée en 1929 à St Jean-du-Gard (25).

Les chambres collectives permettaient l'incubation d'une importante quantité d'onces selon un procédé offrant des garanties de réussite. Selon Secretain et Schenk, elles pouvaient traiter de 150 à 200 onces de graine chacune. La chambre collective était un local aménagé sur le modèle d'une magnanerie, c'est-à-dire avec un système d'aération et une installation de chauffage. De jour comme de nuit, une femme dormait dans la chambre d'incubation pour veiller à ce que la température demeura constante et homogène en alimentant les poêles ou bien en entrebâillant les trappes coulissantes quand l'atmosphère lui paraissait trop confinée. Lorsque sa couche n'était pas dans la chambre d'incubation mais dans un local voisin, elle devait consulter le thermomètre avertisseur d'une modification de la température.

La graine était fournie soit par le sériciculteur soit commandée par la personne en charge de la chambre qui obtenait des prix plus intéressants en regroupant les achats. Dans ce dernier cas, chaque éducateur indiquait la quantité et la qualité de la graine qu'il souhaitait acquérir ainsi que le nom du graineur auprès duquel il souhaitait se fournir. Le sériciculteur prenait soin de diversifier ses achats en passant commande auprès de plusieurs graineurs et choisissait des lots provenant de « races » différentes afin de ne pas courir le risque de tout perdre en faisant confiance à un seul graineur et à une seule « race ». Il devenait dès lors nécessaire de bien identifier chaque lot de façon que le sériciculteur puisse ensuite les différencier lorsqu'il les installait dans la magnanerie car les vers se comportaient différemment d'une « race » à l'autre.

Les indications portées sur la boîte étaient également retranscrites sur un registre d'incubation et le numéro d'ordre affecté à chacun était inscrit sur les caissettes de transport des vers ainsi que sur le papier perforé utilisé pour les levées. Toutes ces précautions étaient prises pour garantir au sériciculteur que les vers qu'on lui remettait proviennent bien de la graine qu'il avait commandée.

Lorsque les vers naissaient, ils étaient placés au fur et à mesure des levées dans une caissette en bois identifiée au nom de l'éducateur que la responsable de chambre faisait prévenir afin qu'il vienne récupérer ses vers (15).

Ces chambres collectives ayant disparu, on les remplace, chez les gros sériculteurs, par des chambres d'incubation. Les chambres d'incubation dispose de radiateurs, rafraîchisseurs, humidificateurs, appareil d'éclairage, thermomètre et hygromètres. Elle est équipée d'un ventilateur et d'un chauffage électrique afin de conserver la température adéquate. Ce matériel permet de maîtriser :

- La température qui doit demeurer constante et régulière dans l'ensemble de la pièce. La bonne disposition des radiateurs et des rafraîchisseurs est contrôlée lorsque la pièce est occupée par les graines puisque la diffusion de l'air se fait de façon différente par rapport à une pièce vide.
- L'humidité élevée de 90% (8).
- Le volume d'air et sa qualité : on compte en moyenne 500 grammes de graines par m<sup>3</sup> mais cela varie selon la disposition de la ventilation (47). La qualité de l'air est primordiale car la graine de ver à soie est extrêmement sensible à tous les gaz pouvant émaner du matériel (peinture de la chambre d'incubation, ammoniac, fréon du réfrigérateur, mercure des thermomètres) ou des désinfectants utilisés (il est indispensable de vérifier lors du chauffage de la chambre d'incubation, l'absence d'émanation des produits qui auraient imprégné les matériaux) ou encore des produits

qui seraient soit conservés avec les graines au réfrigérateur, soit véhiculés par le personnel (tabac) (8).

Les techniques abordées ci-dessous, sont celles et étaient celles les plus fréquemment utilisées par les sériciculteurs. Ils existaient bien d'autres procédés comme celle de l'incubation collective dans le fournil du boulanger ou celle de l'incubation à proximité d'un feu de bois. Ces autres techniques n'étant que faiblement employées ne seront donc pas traitées (15).

#### d) Conditions d'une bonne incubation

Avant la mise en incubation des graines, il faut désinfecter les graines et l'ensemble du matériel d'incubation afin d'éliminer tout risque de contamination des vers nouvellement éclos. Pour cela, on trempe les graines une trentaine de minutes dans une solution de formaldéhyde à 2-3% puis on les rince à l'eau et on les laisse sécher. La désinfection de la chambre à incubation et du matériel doit être réalisée 10 jours à l'avance afin de pouvoir les aérer et éliminer tous les gaz toxiques. On utilise de l'eau chlorée à 5% ou une solution d'un mélange de formaldéhyde à 2% et de chaux à 0,5%, cette dernière permettant de renforcer l'action virucide médiocre du formol. On les vaporise sur les parois de la chambre et on y laisse tremper les outils (8).

La mise en incubation doit être effectuée à la mi-avril, époque à laquelle les bourgeons de mûrier commencent à s'épanouir, jusqu'au 30 avril, selon que le printemps est tardif ou pas.

Pour garantir une bonne incubation, il faut contrôler la température, la lumière, l'humidité et la qualité de l'air.

Concernant la température, les œufs sont maintenus 3 jours à 15°C, puis à 24-25°C pendant 10 jours. La température ne doit jamais redescendre (7). Les sériciculteurs d'avant 1940 contrôlaient la température au cours de l'incubation grâce à un thermomètre de Réaumur. Sur l'échelle de Réaumur la congélation de l'eau correspondait à 0°R tandis que son ébullition correspondait à la graduation 80°R. 1°C correspond à 0,8°R. Pour faciliter l'emploi de ce thermomètre par les sériciculteurs, des repères indiquaient sur l'échelle les températures recommandées pour l'incubation et les différentes mues (48). En fonction du traitement préalablement subi par les graines, il faut respecter les recommandations suivantes :

- Les graines hibernantes ayant été conservées au froid sont progressivement amenées à la température de 15°C pendant trois jours.
- Celles qui ont été conservées au froid après traitement à l'acide demeureront 12 heures à 15°C.
- Les graines traitées à l'acide sont, elles, directement placées à la température d'incubation.

La température influence le caractère hibernant ou non de la graine. La période sensible se situe entre le stade E3 (voir annexe 1) et le stade F4 (celui de la « tâche bleue »). Afin de fixer ce caractère, il faut que la température, pendant cette période soit supérieure à 20°C pour les races monovoltines. En dessous de 15°C, les papillons issus de cette génération de graines produiront des graines non hibernantes, alors qu'entre 15 et 25°C, ce sont la lumière puis l'humidité qui déterminent ce caractère.

La lumière est le second paramètre important de l'incubation. L'obscurité empêche l'éclosion et la lumière la déclenche. Ces caractéristiques permettent de synchroniser la

naissance des vers en plongeant les pontes dans l'obscurité profonde dès que 20 à 30% d'entre elles ont atteint le stade de la « tâche bleue » (stade F4). Ainsi, les graines moins avancées dans leur développement rattrapent celles qui sont prêtes à éclore. Le jour prévu de l'éclosion, soit 48 heures plus tard, on déclenche la lumière pour provoquer l'éclosion de l'ensemble des graines.

La lumière influence le voltinisme entre les stades E3 et F4 mais elle n'a de réelle conséquence que lorsque la température se situe entre 15 et 25°C. Dans ce cas, la lumière fixe le caractère hibernant des graines de la prochaine génération, l'obscurité leur caractère non hibernant.

L'humidité est un facteur important à savoir moduler. Une ambiance trop sèche ou trop humide affecte l'activité physiologique de la graine. A partir du stade E3, la séreuse de la graine a déjà été digérée et une atmosphère sèche provoque une perte d'eau importante qui tue l'embryon. A l'inverse, une humidité excessive (>90%) fournit une éclosion uniforme et des larves de grosse taille, mais elles sont très affaiblies. L'optimum se situe entre 70 et 75% avant le stade E3 et 85% au-delà.

Son influence sur le voltinisme est moindre par rapport à celles de la température et de la lumière et n'est déterminante des stades E3 et F4 que lorsque la température est entre 15 et 25°C. Dans l'ensemble, les graines de la génération suivante seront de façon majoritairement hibernantes si l'humidité lors de l'incubation est élevée et inversement si l'humidité est basse (8).

Enfin, le dernier facteur à prendre en compte est l'air. Il doit être pur et sans cesse renouvelé car il est indispensable à la respiration très active des œufs à ce moment. Ils ont donc besoin de beaucoup d'air et doivent être étendus en couche mince sur le fond d'un tamis ou d'une boîte perforée.

La durée de l'incubation est en général de 11 à 14 jours. L'approche de l'éclosion est annoncée par un changement de coloration de l'œuf (13). D'un gris ardoise au début de l'incubation, ils s'éclaircissent progressivement jusqu'à prendre une teinte laiteuse. Puis, de minuscules vers commencent à s'extraire de la coque. Bien qu'ils aient été mis en incubation au même moment, tous les vers n'éclosent pas simultanément. La naissance s'étale sur trois à quatre jours. Il n'est pas question d'attendre que tous les œufs d'une même couvée soient éclos car les vermineux affamés, s'agitent et s'épuisent en tentant de se dégager des œufs non éclos. L'éducatrice effectue alors ce que l'on appelle la levée des vers.

##### 5) Levée, égalisation, espacement des vers et délitage

Le terme de levée désigne indifféremment la naissance des vers, le lot des vers qui viennent de naître ainsi que l'opération qui consiste à les séparer de la graine non éclos et des coques vides.

A leur naissance, ces minuscules chenilles qui ne mesurent que 3 mm de longueur sont très fragiles. Il faut donc prendre des précautions afin de ne pas les écraser lorsqu'on les sépare des œufs non éclos. Lors de chaque levée, la magnanière va donc couvrir les vers avec une pièce d'étoffe au tissage lâche (comme le tulle, la gaze), ou bien avec des feuilles de papier perforé ou avec un filet de délitage dont la maille varie suivant la taille des vers comme le montre le tableau 5.

Tableau 5 : Grandeur de la maille du filet de délitage en mm<sup>2</sup> (37)

1 <sup>er</sup> et 2 <sup>ème</sup> âges	2
3 <sup>ème</sup> âge	10
4 <sup>ème</sup> et 5 <sup>ème</sup> âge	20

Sur le support choisi, elle dispose des bourgeons épanouis ou de la feuille de mûrier qu'elle a préalablement hachée afin que les jeunes vers puissent en grignoter le limbe sans difficulté (15). Les jeunes larves passent à travers la toile pour manger les feuilles qui, une fois garnies de vers sont placées sur des claies.

Dès leur sortie de l'œuf, les petits vers doivent être portés dans un local bien aéré dans lequel on maintiendra une température autant que possible uniforme et constante de 22°C à 23°C après leur première levée : la magnanerie (13). Dans d'autres cas, la magnanière avait pour habitude d'installer les chenilles, qui n'occupaient que peu de place à leur naissance, dans une pièce d'habitation, généralement la cuisine, car c'était la seule pièce à être chauffée dans la plupart des fermes cévenoles. Pour qu'elles puissent profiter pleinement de la chaleur du foyer, les chenilles étaient réparties sur des paniers plats en osier ou en lamelles de châtaignier tressées que l'on appelait « cléons » ou « clayons ». Ces cléons qui mesuraient environ 50 à 70 cm de côté, étaient superposés entre des montants verticaux et parallèles que reliaient des barres horizontales (15). Quelques centaines de grammes de feuille suffisent pour nourrir quotidiennement ces 40000 à 50 000 vers dont la consommation est estimée à 4kg de feuilles pendant le premier âge (2).

L'éclosion dure généralement trois jours. Il faut donc lever les chenilles nouvellement nées tous les jours, 3 jours de suite. Les trois levées successives sont toujours espacées d'une journée. Cet écart qui peut sembler infime doit en fait être impérativement corrigé. En effet, pour faciliter la conduite d'élevage, il importe que les vers évoluent de la même façon c'est-à-dire qu'ils muent et fassent leur cocon en même temps. On parle d'égalisation. Il faut donc que les derniers nés évoluent un peu plus vite pour combler leur retard. On appareille donc les vers en plaçant les derniers nés près d'une source chaude tandis que ceux qui proviennent de la levée initiale en sont éloignés. Leur croissance est ainsi ralentie car les mécanismes vitaux et notamment la nutrition sont chez le ver à soie régis par la température ambiante : le froid freine son appétit alors qu'au contraire la chaleur le stimule. On distribue également aux derniers-nés un repas supplémentaire car les vers issus de la première levée ont mangé deux à quatre feuilles de plus que les derniers-nés. Ce régime particulier leur permet de rattraper leur retard de croissance et ainsi les vers sont homogènes lorsqu'ils atteignent la première mue, cinq jours environ après la naissance. Toutefois l'égalisation des vers est contrariée par l'absence d'homogénéité génétique des vers, les sériciculteurs ayant l'habitude, de diversifier les races pour une même chambrée. Or, toutes les races n'ont pas la même rapidité d'incubation et de croissance. L'égalisation est donc une opération extrêmement délicate car les paramètres à considérer sont multiples : étalement des naissances sur trois jours mais aussi durée d'incubation et caractéristiques raciales.

L'espacement est lié au fait que la croissance du ver à soie est extrêmement rapide. En effet, le poids du ver triple toutes les 24 heures pendant les premiers âges et quadruple au cours de la dernière semaine. En quatre semaines, il multiplie par trente sa longueur initiale. C'est donc par l'espacement des vers que la séricicultrice prévient l'entassement des vers, facteur de développement de certaines maladies contagieuses comme la muscardine et la flacherie. La muscardine est une maladie fongique : les vers atteints par cette pathologie

deviennent mous puis, une fois mort, durcissent et se recouvrent d'une moisissure blanche. La flacherie est une affection de type dysentérique (15). Les vers ne doivent pas être tenus serrés au point de se toucher, sans quoi leurs stigmates fonctionneraient mal, les feuilles seraient piétinées et salies et les vers ne pourraient ni respirer à leur aise, ni se nourrir convenablement. Entre deux vers, il doit y avoir au moins la place d'en mettre deux autres. Partant de ce principe, on répartira 36 000 vers, provenant d'une once de graines de la manière suivante aux différents âges :

- premier âge : 1 mètre carré à 5 mètres carrés,
- deuxième âge : 3 à 10 mètres carrés,
- troisième âge : 10 à 20 mètres carrés,
- quatrième âge : 22 à 40 mètres carrés,
- cinquième âge : 50 à 60 mètres carrés (13).

L'espacement des vers est un facteur qui influe énormément sur l'état sanitaire et donc sur le rendement. D'après Dandolo, l'espacement permettrait d'obtenir un rendement de cinquante kilos à l'once contre une moyenne de trente-cinq s'ils sont entassés. Pour Laurent d'Arbousset, il faut considérer que le rendement est exactement proportionnel à la surface occupée au dernier âge, soit un kilo par mètre carré : ainsi, des vers issus d'une once de graines qui occupent quarante mètres produisent quarante kilos de cocons à l'once (2).

L'espacement des vers se fait au cours des délitages ou des repas quotidiens.

Cinq jours après la naissance, les vers subissent leur première mue. Au cours des heures qui précèdent la mue, l'appétit des vers se calme. Les vers semblent plus transparents. Leurs mouvements, déjà lents, se ralentissent encore puis cessent complètement. Ils émettent quelques fils de soie qui restent accrochés à la feuille puis ils s'immobilisent, la partie avant du corps redressée. Après une journée passée dans cette position, la peau se détend puis se détache et le ver s'en extrait comme d'un étui, abandonnant son ancienne dépouille sur la litière. Lorsque tous les vers ont achevé leur mue, la magnanière procède au premier délitage, opération qui consiste à ôter cette couche souillée où les débris de limbes et de nervures se mêlent aux excréments et aux exuvies (15). Cette opération doit s'effectuer sans les toucher de crainte de les meurtrir. Elle s'effectue par les vers eux-mêmes au moyen de feuilles de papier trouées ou de filets à maille plus ou moins serrée selon leur grosseur et que l'on dispose au dessus des chenilles. Les vers, affamés par leur journée de jeun, passent au travers des mailles pour venir chercher des feuilles fraîches qu'on leur a distribuées au dessus (64). Ces feuilles de papier couvertes de vers sont alors relevées et déposées sur des cléons propres, recouverts de papier journal pour faciliter le retrait de la litière et éviter de salir les supports. Le délitage terminé, la vieille litière doit être enlevée avec précaution pour ne pas disséminer les poussières contenant de nombreux germes. Cette technique est la plus rapide. Il existe un autre procédé, légèrement différent, qui consiste à enlever une à une les feuilles fraîches occupées par les vers. Ces feuilles sont alors déposées sur des cléons propres, recouverts de papier journal. Cette opération est beaucoup plus longue que la précédente puisque les feuilles sont retirées l'une après l'autre.

Le délitage est une opération indispensable pour garantir une bonne santé des vers et une bonne qualité de l'air. Comme ils consacrent toute leur vie larvaire à s'alimenter, les vers à soie produisent de nombreuses déjections. Ce crottin s'accumule donc sur les tables. Mélangé aux débris végétaux, humecté par la transpiration des vers et par l'évaporation, il forme une couche épaisse qui fermente rapidement, le jas (en occitan, excréments des vers à soie). La fermentation entraîne un moisissement de la litière et les vers, en contact direct avec la litière, inhalent les vapeurs dégagées par cette dernière (15). La fréquence du délitage varie en fonction de l'âge du ver. Les jeunes vers étant fragiles et de petite taille, donc faciles à perdre au sein de la litière, on limite la fréquence de nettoyage de leur litière. On l'effectue

une fois juste avant la mue pour le premier âge (de préférence le troisième jour), deux fois pour le deuxième âge, (une après la mue, l'autre avant la seconde mue), et trois fois pour le troisième âge, (juste après la mue, au milieu d'âge et avant la troisième mue). Pour les quatrième et cinquième âges, on nettoie les litières quotidiennement car la quantité de déchets accumulés est considérable (8).

Ces différentes opérations s'effectuent tout au long du cycle du ver à soie jusqu'à la montée de celui-ci.

## 6) Encabanage

A la fin du cinquième âge, le ver à soie s'apprête à fabriquer son cocon. Les magnanières jugent que le moment est venu lorsque son appétit diminue et qu'elles le voient redresser la partie supérieure de son corps. Son corps devient opalescent. Aussitôt qu'il manifeste le désir de monter, on doit donc préparer des supports, les « cabanes », dans lesquelles, au terme de son ascension, il va « rendre » sa soie. Pour fabriquer ces cabanes, on employait des branchages de différentes variétés arbustives, chêne blanc ou vert, bouleau ou yeuse, ou buissonnantes comme le genêt ou la bruyère (photo°20 et 21). Le choix du branchage dépendait des variétés présentes autour de l'exploitation (15) Le branchage le plus couramment utilisé était la bruyère. Après l'avoir récoltée, on la faisait sécher. Une fois sèche, elle était battue pour la débarrasser de toute feuille ou fleur afin de ne pas salir les cocons (17).

Photo 20 : Encabanage à la bruyère (17)



Photo 21 : Encabanage à la bruyère (17)



La magnanière, juchée sur la courte échelle qui lui a servi pour distribuer les feuilles, dressait la première rangée de rameaux en bordure de la claie sur laquelle elle avait repéré des vers s'apprêtant à nymphoser. Coupés plus long que la hauteur entre les tables, ces rameaux étaient pliés, arc-boutés contre la table supérieure de façon à constituer des supports solides. Une fois cette première rangée placée, elle en disposait une autre à environ cinquante centimètres de la précédente, en prenant soin de recourber un rameau vers la rangée précédente, puis le suivant en direction de celle qu'elle dresserait parallèlement. De cette manière elle formait des voûtes. La magnanière veillait à ce que tous les vers fussent en mesure de fabriquer le cocon dans des bonnes conditions. Elle saisissait délicatement ceux qui, égarés, erraient en tous sens afin de les installer elle-même au cœur des cabanes. Elle récupérait les acrobates maladroits qui en voulant grimper toujours plus haut finissaient par chuter sur la litière ou sur le sol de la magnanerie. Elles traquaient également ceux qui confondaient les montants des tables avec des branches de bruyère et tentaient de filer dans des espaces non prévus à cet effet. Lorsque tous étaient dans les cabanes occupés à filer leurs cocons, le dur labeur des sériciculteurs s'achevait : plus de feuilles à cueillir et à distribuer, plus de feu à entretenir car la température à cette époque était douce. Ils ne leur restaient plus qu'à ventiler la magnanerie pour éviter un coup de touffe fatal (touffe : voir II, C, c) (15).

Dans les élevages modernes, pour améliorer la rentabilité de l'éducation, on a remplacé les cabanes de bruyère ou de genêt par le hérisson plastique (photo 22). En matière plastique, il est constitué d'un axe central mesurant environ 1m de long et hérissé sur un angle de 180° de tiges souples d'une vingtaine de centimètres. Lorsque les vers se préparent à coconner, les hérissons sont simplement placés à intervalle régulier en travers de la litière. Ses avantages sont nombreux : réutilisable d'une année sur l'autre car la matière est résistante, il prend peu de place au stockage, est d'une grande simplicité d'utilisation et facilite surtout l'opération délicate du décoconnage. En effet, avec la bruyère, les cocons sont emprisonnés dans un entrelacs de brindilles sèches qui se brisent lorsqu'on les détache ; le sériciculteur doit donc ôter ces résidus qui salissent le cocon en adhérant au fil de soie. Ce nettoyage minutieux n'a pas lieu d'être avec le hérisson, ce qui constitue un réel gain de temps. La plupart des sériciculteurs adoptèrent cette technique (16).

Photo 22 : Utilisation du hérisson plastique (48)



Quelques douze heures après la montée, les larves adultes commencent à filer les premières couches de soie. Une ou deux heures après, elles sortent l'extrémité de leur corps

du cocon et rejettent des déjections brunes et molles. Puis elles urinent 0,5 ml par larve. Ceci fait, elles continuent à filer leur cocon, travail qu'elles achèvent quelques 60 heures après l'élimination des déjections et de l'urine. Il est indispensable d'éliminer ces excréta périodiquement dont se dégage de l'ammoniac et qui augmentent le taux d'humidité de la pièce. En outre, pour éviter qu'elles ne tombent sur les autres cocons, les rendant par là même défectueux, on incline les supports de façon à ce qu'elles tombent directement sur le sol.

Enfin, il faut respecter certaines normes au cours de la filature des cocons. Pour les races monovoltines, on maintient une température entre 22 et 24°C (47). L'humidité doit être faible, entre 60 et 70%, et la lumière tamisée car les vers ont un phototropisme négatif à ce stade. Si ces normes ne sont pas respectées cela augmente considérablement la proportion de cocons défectueux (8).

### 7) Décoconnage

Le décoconnage consiste à ôter les cocons de la bruyère ou des hérissons en plastique.

Les rameaux et/ou les hérissons sont retirés des tables de la magnanerie et transportés jusqu'à l'endroit où on procèdera au décoconnage. Si le temps est frais, le décoconnage se fera dans une pièce d'habitation ou dans le ramier vidé de ses feuilles (photo 23). Si le temps est chaud, on préférera se mettre à l'ombre d'un marronnier ou d'un tilleul. Les branchages ou les hérissons en plastique sont rassemblés en fagot et déposés devant les décoconneuses, sur des couvertures en laines afin que l'humidité du sol n'imprègne pas le cocon. Les cocons sont enlevés un à un de leur branchage et/ou de leur hérisson. On les débarrasse des brindilles et particules sèches qui restent accrochées à la soie.

Photo 23 : Décoconnage (48)



C'est lors du décoconnage que le sort des cocons destinés à la reproduction et ceux destinés à la filature diverge.

Les cocons destinés à la filature font l'objet d'un premier tri au fur et à mesure qu'ils sont détachés de leur support. Les décoconneuses séparent les cocons bien formés de ceux qui sont de second choix. Elles les mettent en petits tas afin de garantir une certaine aération du cocon encore humide. Un manque d'aération peut entraîner un pourrissement du cocon. En prenant le cocon entre ses doigts, la décoconneuse exerce une pression destinée à apprécier la densité de la soie. Les cocons dont la partie centrale est sans faiblesse sont classés en première catégorie, les autres sont en deuxième catégorie. Les éducatrices distinguent d'autres catégories de cocons de second choix :

- les « doubles », c'est-à-dire ceux auxquels deux vers ont travaillé simultanément. Ils sont facilement reconnaissables à leur grosseur et à leur aspect bosselé ;
- les « vitrés » dont une extrémité presque dépourvue de soie laisse deviner par transparence la chrysalide ;
- les « fondus » que l'on repère immédiatement à la tâche sombre qui macule l'une des extrémités. Il s'agit de cocons renfermant une chrysalide morte ou en voie de décomposition.

Dans un élevage mené avec succès, la proportion de cocons défectueux représente à peu près 9% dont 6% de « doubles » et 3% de « vitrés » et de « fondus ».

Dans les pays actuellement gros producteurs de cocons, comme la Chine, le tri des cocons est effectué par des ouvrières, à la chaîne, au sein de la filature. Les cocons passent sur un tapis roulant d'où les ouvrières les retirent quand ils sont défectueux. En France, il n'y a pas eu mécanisation du tri des cocons, la sériciculture ayant quasiment disparu dans les années 1980. Une fois triés, les cocons sont répartis dans différentes corbeilles d'osier ou dans de grands sacs en toile afin d'être livrés au courtier ou directement au filateur puis sont étouffés (voir paragraphe suivant) (15).

Les cocons dévolus à la reproduction, ne font pas l'objet d'un premier tri au moment du décoconnage. Ils sont emballés, de façon très espacée, dans des boîtes perforées, lors de leur transport, pour éviter de tuer la chrysalide par un échauffement excessif dégagée par l'activité physiologique de cette dernière. Le transport ne doit avoir lieu qu'aux heures fraîches de la journée afin de toujours conserver une température optimale de 24 à 26°C et une humidité de 70 à 80%. Dès leur arrivée à la ferme de grainage, les lots de différentes provenances sont soumis à un test de recherche de pébrine. Si les résultats sont négatifs, les cocons sont ensuite triés afin de déterminer leur conformité aux normes de qualité requise.

Une première estimation est donnée par le calcul, sur des échantillons prélevés dans chaque lot, du taux de cocons morts, de cocons doubles ou endommagés et du ratio coque/cocon. Les lots qui ont été retenues après cette première estimation, font ensuite l'objet d'un tri plus fin : chaque cocon est examiné de façon individuelle afin d'éliminer les cocons défectueux de la reproduction. Il s'agit de :

- cocons à coque trop fine,
- cocons à coque filée de façon trop lâche,
- cocons à couleur anormale pour la race,
- cocons à bout trop pointu ou détériorés,
- cocons de taille anormale.

En effet, si l'ensemble de ces anomalies peut être dû à une mauvaise manipulation des vers lors de l'élevage, elles peuvent être la conséquence d'une anomalie génétique qui sera transmise à la descendance.

Les cocons retenus pour la reproduction sont conservés dans une pièce suffisamment aérée pour drainer les gaz toxiques par l'activité physiologique de la chrysalide ainsi que ceux provenant de la décomposition des matières mortes. On veillera au maintien de l'obscurité et à

l'absence de poussière. La température doit être maintenue à 24-26°C et l'humidité à 70-80%. Si la température excède 30°C, le développement de la chrysalide est accéléré et l'éclosion survient plus tôt, mais le papillon pond un nombre réduit d'œufs et les mâles sont souvent stériles. Au contraire, une température trop basse ralentit le développement et provoque une irrégularité de l'émergence des papillons (8).

Le décoconnage, concrétisation de la récolte était un moment festif auquel on invitait les voisins, parents et amis. On se réjouissait d'autant plus que la récolte fût bonne.

Une bonne année rapportait 3kg de cocons pour un gramme de graine. Cette expression était sujette à caution compte tenu que les graineurs fournissaient davantage de graines que la quantité facturée. L'autre expression du rendement était le nombre de cocons au kg. Une bonne année il y avait 500 cocons au kilo, une mauvaise 650 (17).

#### 8) Etouffage des cocons destinés à la filature

L'étouffage de la chrysalide qui se forme à l'intérieur du cocon dans les jours qui suivent sa fabrication est une opération essentielle qui interrompt le cycle des métamorphoses. Si elle n'est pas exécutée, la chrysalide se transforme en papillon et celui-ci s'échappe hors du cocon. Ce cocon percé ne peut plus être dévidé mais seulement cardé ce qui diminue considérablement sa valeur marchande (14).

L'étouffage consiste en le passage des cocons dans des étuves de 70 à 80 °C. Ces cocons sont ensuite trempés dans de l'eau bouillante pour que le grès (ou séricine, colle naturelle protégeant les brins) se ramollisse (64).

Jusqu'au début et même au milieu du XIXe siècle, la filature est restée en Vivarais une industrie rurale, exercée avant tout par les producteurs eux-mêmes (53). Tant que la filature a été une activité domestique, il n'a pas été nécessaire d'étouffer les cocons car les producteurs les filaient immédiatement après la récolte. Ils n'avaient recours à l'étouffage que s'ils désiraient différer le dévidage du fil ou bien si la chambrée était importante pour que cette opération prenne plusieurs semaines et qu'il y ait par conséquent un risque de voir naître les papillons avant que le filage soit terminé. Ce mode de filature donnait une qualité de soie peu satisfaisante, c'est pourquoi la filature domestique a été interdite. A partir de ce moment l'ensemble des opérations de production et de transformation de la soie auront lieu en industrie et l'étouffage deviendra obligatoire (15).

#### 9) Du sexage du cocon destiné à la reproduction à la ponte

La reproduction comprend une suite d'étapes qu'il faut bien maîtriser afin d'obtenir l'émergence de tous les papillons au même moment pour pouvoir les accoupler.

##### a) Sexage des cocons (8)

La première opération consiste à sexer les chrysalides. Pour cela, on exploite la différence de poids entre cocons mâles et cocons femelles pour séparer les sexes au moyen d'une machine automatique. On obtient trois lots : les cocons mâles, les cocons femelles et une population intermédiaire pour laquelle la différence de poids n'est pas significative. Pour cette dernière catégorie, il est nécessaire d'ouvrir le cocon au moyen d'une lame, à l'une de ses extrémités, afin d'en extraire la chrysalide et d'observer le dimorphisme sexuel.

Les chrysalides femelles sont plus grosses, avec l'abdomen rebondi en raison de la présence des ovules, et on distingue sur leur huitième segment abdominal l'organe copulateur en forme de x. Chez les mâles, plus petits et plus fins, l'organe copulateur est représenté par un point à la bordure du neuvième segment abdominal.

#### b) Synchronisation de l'émergence des papillons (8)

La synchronisation de l'émergence des papillons permet d'obtenir une éclosion le même jour des papillons mâles et femelles afin de les accoupler immédiatement, lorsqu'ils sont les plus vigoureux. Pour cela, les étapes du cycle de chacune des différentes races de vers doit être parfaitement connue et la synchronisation débute dès la naissance des vers parentaux. Par la suite, la maîtrise des conditions d'ambiance permet d'influencer le développement des vers.

Si en dépit de ces précautions, l'éclosion des papillons ne s'annonce pas à la date prévue par le programme, il est possible de recourir à la réfrigération des cocons ou des chrysalides en ne dépassant pas les durées maximales répertoriées dans le tableau 6. La réfrigération des cocons doit de préférence avoir lieu le septième ou le huitième jour après l'encabanage ou encore la veille de l'éclosion. Dans tous les cas, il est préférable de réfrigérer les mâles plutôt que les femelles dont la fécondité risque d'être dégradée.

Tableau 6 : Durée maximale de stockage des chrysalides pour synchroniser l'émergence des papillons (31)

Stade	Durée maximale de conservation à froid en j
Lot entier de cocons	2-3
Cocons ou chrysalides mâles	7
Cocons ou chrysalides femelles	2-3
Papillons mâles	7
Papillons femelles	2-3

On peut prévoir la date d'émergence des papillons grâce aux transformations qui affecte la nymphe : les yeux se noircissent, les ailes se démarquent d'avantage et le corps se ramollit. La salle de préservation des chrysalides doit rester dans l'obscurité un jour avant la date prévue de l'émergence, car comme les papillons sont très réceptifs à une lumière de forte intensité, lorsqu'on allume la lumière très tôt, à quatre heures du matin, le jour de l'éclosion, l'ensemble des papillons émergent. Après huit heures du matin, on éteint de nouveau la lumière pour éviter une émergence trop dispersée dans le temps des papillons. On allume de nouveau le lendemain très tôt, et ainsi pendant trois ou quatre jours, pour que l'ensemble du lot ait éclos.

Pour faciliter le prélèvement des papillons nouvellement éclos, on aura pris soin de recouvrir la claie où se trouvent les chrysalides d'une feuille de papier perforée. Les papillons avides de lumière ont tôt fait de se faufiler dans les trous et se retrouvent tous à la surface.

Les papillons difformes, anormaux, faibles ou morts sont conservés pour un test de recherche de la pébrine (voir III, A, 4).

### c) Accouplement et ponte (8)

Les papillons femelles sont collectés et éparpillés sur une claie, puis on dépose à côté de chacun d'eux, et en léger excès, les mâles de la race avec laquelle on doit les hybrider. Au bout d'une quinzaine de minutes, les animaux s'accouplent et l'on retire le surplus de mâles et les femelles qui ne sont pas accouplées. On place ces dernières sur une autre claie pour leur permettre de s'accoupler. Puis on recouvre les couples appariés d'une petite cellule en plastique qui les isole les un des autres.

A l'état naturel, l'accouplement dure environ trois heures au cours duquel deux éjaculations ont lieu. Pour l'élevage, la durée d'accouplement conseillé est de  $\frac{3}{4}$  d'heure maximum. On sépare ensuite les papillons en tenant délicatement la femelle et en remuant légèrement le mâle. Puis on tapote la femelle afin de lui faciliter l'évacuation de l'urine qui risquerait de souiller la ponte. On peut facilement utiliser le mâle pour deux ou trois accouplements en le conservant entre chaque opération au frais à 5°C, mais cela n'est pas recommandé pour la production des graines parentales et les deuxièmes et troisièmes accouplements doivent durer plus longtemps.

Les femelles sont transférées sur les cartons de ponte et recouvertes d'une cellule afin de pouvoir individualiser leur ponte. La ponte dure une journée à l'obscurité avec une température de 25 à 26°C et une humidité de 70 à 80%.

### C) Les locaux d'élevage : la magnanerie

La magnanerie est le local pour l'élevage des vers à soie. Ce mot vient de *magnan*, nom que porte dans le midi de la France le *Bombyx mori*.

Dès 1246 (date du premier document attestant de l'existence d'une production séricicole locale), faute de locaux appropriés, les premiers paysans qui se sont lancés dans la sériciculture ont dû recourir à l'utilisation temporaire de locaux normalement destinés à l'habitation. Les pièces généralement réquisitionnées pour l'élevage des vers à soie étaient la chambre ou la cuisine, la cuisine étant la pièce de choix car elle comportait une grande cheminée et constituait l'élément central de la maison traditionnelle. Le magnanier pouvait également utiliser le cellier, vide à la fin du printemps, les granges ou les greniers, etc...

Dès que le succès souriait aux premiers éducateurs, les chambrées se développaient et les pièces d'habitation devenaient trop petites. La construction de locaux spécifiques, les magnaneries, devenait vite indispensable. La magnanerie devait répondre à un double besoin :

- l'augmentation des capacités productives, forcément limitées dans l'espace domestique,
- l'amélioration des rendements, en particulier celui du temps de travail au moment des éducations.

#### 1) Conception

##### a) Les magnaneries traditionnelles

L'implantation du bâtiment devait être réfléchi d'un point de vue géographique et climatique. Le bâtiment idéal devait être facile d'accès, suffisamment proche des maisons, si possible en contrebas des champs de mûriers (pour faciliter l'approvisionnement en feuilles)

et assez abrité. Le froid, la chaleur et l'humidité étaient les problèmes majeurs du magnanier. Contre le froid, rien ne valait une situation abritée des vents froids, exposée si possible aux rayons du soleil levant. Contre la chaleur, qui était encore plus dangereuse que le froid, on limitait les effets du soleil en choisissant un versant, exposé vers l'est, où l'ombre descendait plus tôt et en construisant suivant un axe nord-sud. En bâtissant ainsi, on réduisait la surface exposée aux rayons pendant les heures les plus chaudes. La chaleur était aussi contrôlée grâce à un système judicieux de fenêtres et de trappes. Une chaleur humide entraîne une fermentation des feuilles et des litières favorisant le développement de moisissure : c'est ce que l'on appelle la touffe. Une chaleur sèche et violente est à l'origine d'une évaporation rapide, desséchant feuilles et insectes ce qui conduit à la mort des vers par déshydratation. Contre l'humidité, il suffisait de construire les magnaneries en dehors des vallées afin d'éviter la rosée du matin. Elle était facile à éviter, surtout sous le climat méditerranéen. Toutes ces conditions n'étaient réunies que pour quelques magnaneries.

Dans bien des cas, surtout chez les plus pauvres, la géographie et l'espace disponible primaient sur le reste. On construisait sur un espace non cultivable, sur un rocher ou à la place d'un bâtiment ancien, pour éviter de gaspiller les terres arables (48).

#### a.1.) Les différents types de magnaneries traditionnelles (48)

Il existe trois types de magnaneries traditionnelles :

- la magnanerie en surélévation,
- l'adjonction latérale,
- la magnanerie séparée.

La magnanerie en surélévation est une magnanerie implantée sur les bâtiments déjà existants. Il s'agit d'une extension de la maison. C'est la plus économique en temps de construction et de prix :

- il n'y a pas de fondations ni de saignées à creuser ;
- il n'y a pas de mise hors production de terre cultivable ;
- l'isolation du sol contre l'humidité, obtenue dans les magnaneries modernes par la construction d'un rez-de-chaussée voûté, est assurée par le bâtiment préexistant ;
- cette surélévation réemploie pour le nouveau toit l'ensemble des matériaux de la couverture en place ;
- la proximité des habitations augmente la rapidité d'accès pour l'alimentation, la surveillance ;
- la situation surélevée, en plein air, facilite l'aération, parfois difficile dans les villages ou les hameaux abrités des vallons secondaires.

Ce type de magnanerie ne comporte pas que des avantages mais aussi de nombreux inconvénients. L'absence de local indépendant pouvant servir d'entrepôt et de lieu de séchage pour la feuille pose des problèmes en cas de pluies : ce sont encore les locaux d'habitation qui seront mis à contribution. L'orientation du bâtiment est imposée par celle du bâtiment préexistant ; la recommandation classique concernant l'orientation de la magnanerie est une orientation parallèle aux vents dominants. Enfin, il n'est pas possible de surélever indéfiniment une construction ancienne sans risquer de faire effondrer la construction principale sous le poids de la magnanerie.

Une autre solution fort répandue est celle de la magnanerie annexe simplement accolée au bâtiment : on parle d'adjonction latérale. Cette solution est adoptée notamment lorsque la maison d'habitation possède des murs qui ne pourraient pas supporter sans dommage un étage supplémentaire. Ce type de construction suppose d'importantes fondations, dans une

roche souvent instable et il augmente les risques d'humidité. Par contre, cette disposition offre l'avantage d'un double accès : de l'intérieur de l'habitation et de l'extérieur, au travers du mur pignon libre. Parfois, quand les contraintes d'espaces sont trop importantes, on construit un petit bâtiment indépendant avec des fenêtres surmontées d'un simple jour, proche de l'habitation. Ce type de bâtiment est le plus fonctionnel. Il possède un étage de soubassement ou un rez-de-chaussée pour remiser le matériel et sécher les feuilles, généralement surmonté d'un plancher équipé de trappes qui facilitent l'aération et l'évacuation des déchets.

La magnanerie indépendante de l'habitation est un type de bâtiment que l'on rencontre chez les propriétaires aisés car il s'agit d'un investissement important. Les magnaneries sont construites en dehors des hameaux dans des lieux stratégiques. Elles présentent les avantages suivants :

- l'accès au bâtiment est facilité par la construction de la magnanerie proche d'un chemin ; le transport des feuilles et des cocons par un véhicule est ainsi facilité ;
- les problèmes sanitaires ou de mauvaise odeur gênant les voisins sont ainsi évités.

Ces bâtiments indépendants sont fréquents dans les domaines donnés à bail par un propriétaire non exploitant.

#### a.2) Description du bâtiment

Les magnaneries sont des bâtiments hauts, étroits, pourvus de trappes dans le bas (T sur la figure 21), couverts en haut de tuiles dont les rangées voisines du faîte ne sont pas cimentées, afin que l'air puisse passer dans leurs intervalles. Les murs sont percés de quelques lucarnes garnies de papier, et aux quatre coins sont installés des cheminées (C de la figure 21) ou des fourneaux en brique. Ces magnaneries sont comparables à d'énormes cheminées. L'air va de bas en haut (40).

Elle possède généralement un ramier situé sous la salle d'éducation (M de la figure 21). Le A noté représente le logement du magnanier, le L le lanterneau d'aération, le V les volets d'aération et le E les tables d'éducation.

Figure 21 : Coupe longitudinale d'une magnanerie par adjonction latérale (13)

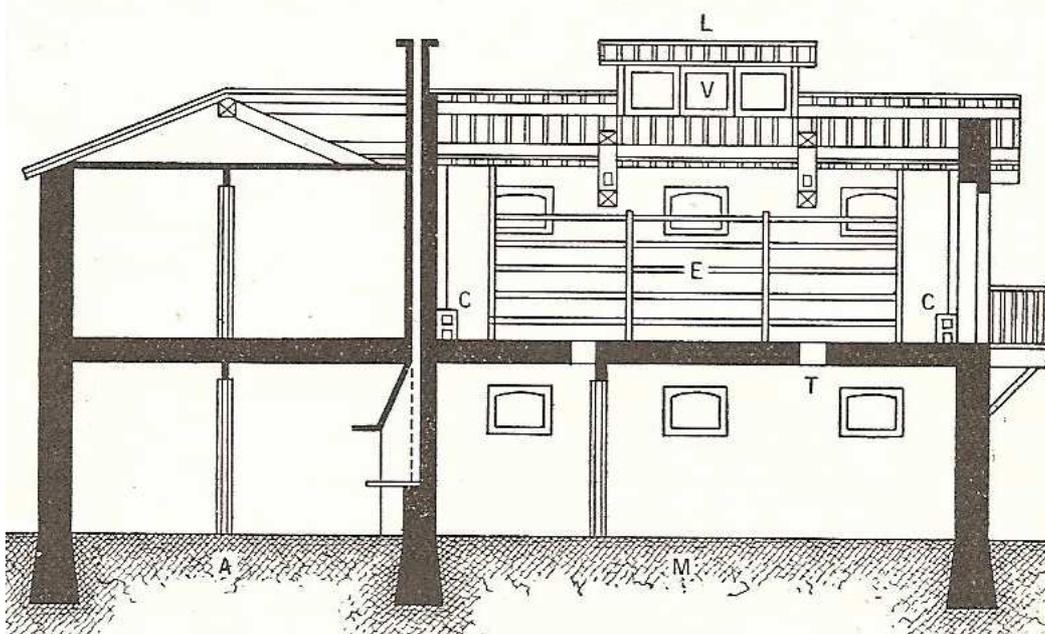
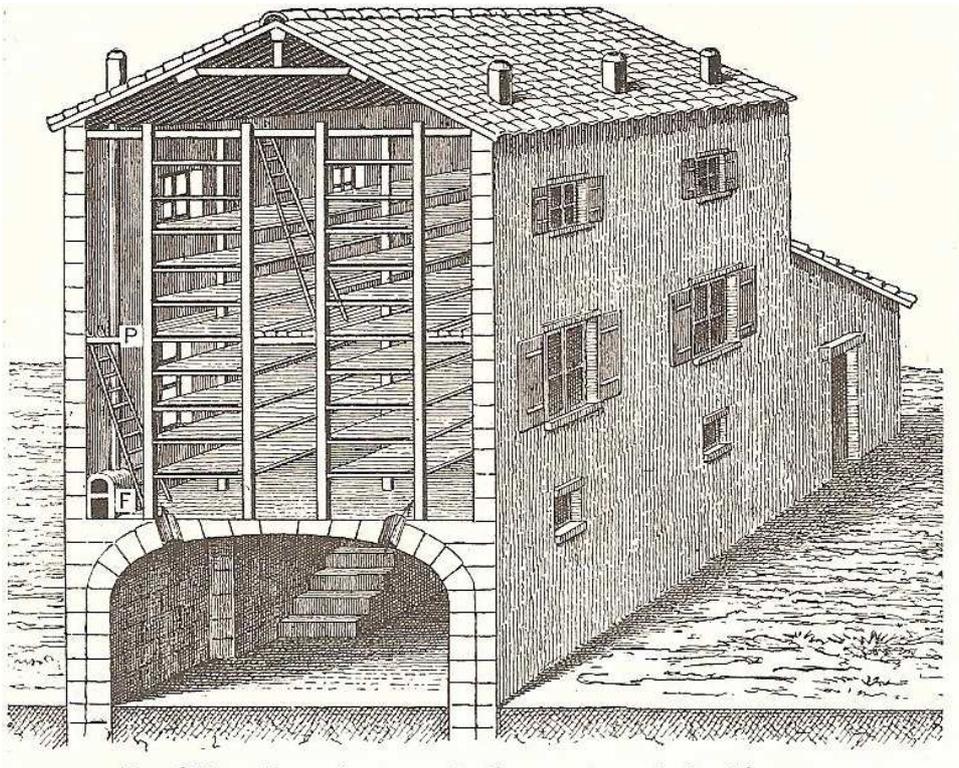


Figure 22 : Coupe transversale d'une magnanerie des Cévennes (13)



Sur la figure 22, l'entrée de l'air pur se fait par des soupiroux percés dans la voûte de la cave, visualisables à droite du repère F. La sortie de l'air vicié se fait par les interstices des tuiles et par les cheminées d'aération. Le chauffage s'effectue par des fourneaux (F). Cette magnanerie possède un passage en planches (P) aménagé au milieu de la hauteur du bâtiment.

L'éducation des vers à soie nécessite de l'espace. Théoriquement, l'espace souhaitable pour l'éducation d'une once est de 50m<sup>2</sup>. L'éducation s'effectuant sur 5 claires superposées, on obtient, si l'on tient compte des dégagements et aires de circulation indispensables, une superficie d'environ 25m<sup>2</sup>. Au milieu du XIXe, il n'était pas rare de trouver des éducateurs mettant éclore plus de trente onces de graines. De telles éducations nous donnent en théorie des surfaces de magnaneries de 750m<sup>2</sup>. Ces superficies ne seront jamais atteintes, les éducateurs d'alors, préférant la quantité à la qualité, entassèrent les vers dans cinq fois moins d'espace. En 1850, 10 onces de vers à soie s'éduquent sur une superficie de 200m<sup>2</sup> de tables, soit une magnanerie de 100m<sup>2</sup>. Cela correspond à une bâtisse de 5 à 20 mètres de long, sur 4 mètres de large et 5 à 8 mètres de haut. Cette hauteur est divisée en 2 ou 3 par des plafonds ou planchers amovibles (48).

Il n'y a pas de maçonnerie spécifique aux magnaneries. Les murs sont épais et bâtis avec soin pour garantir l'isolation la plus parfaite possible. Ils sont généralement en moellons irréguliers de pierre locale (schiste, calcaire, grès ou granite) liés par un mortier à la chaux. Ils sont rarement construits en brique sauf dans les bassins miniers.

L'extérieur des magnaneries est rarement crépi, à l'exception, quelquefois, des murs exposés plein sud et à l'ouest, soumis aux pluies les plus violentes. Ce n'est qu'à partir du XXe siècle que l'on a commencé à enduire les murs de ciment moderne afin d'améliorer l'étanchéité. L'intérieur du bâtiment est généralement non enduit ou de façon sommaire.

La couverture d'une magnanerie doit laisser passer une certaine quantité d'air pour faciliter l'aération. Elle peut être faite de tuiles ou de lauzes. Les toits des magnaneries ne diffèrent pas des autres bâtiments. En basses Cévennes, les pignons sont couverts et les toits peu ou pas débordants, tandis que plus haut, les croupes (pan de toit triangulaire sur le mur latéral) gagnent en fréquence avec l'altitude et l'importance des bâtiments. Cette technique montagnarde est plus fréquente avec les couvertures en lauzes.

Les sols traditionnels sont bâtis sur une voûte et sont constitués d'un plancher ce qui ne facilite pas l'entretien et l'hygiène. Ils peuvent être également élaborés à partir de mortier à la chaux, ce type de revêtement du sol offrant une bonne qualité thermique et mécanique, de terre battue ou de carreaux de terre cuite. Ce dernier type de sol est facile d'entretien mais rarement employé à cause de son prix.

Les fenêtres ont un rôle crucial en permettant une bonne aération et un bon éclairage du bâtiment. Elles doivent aussi être isolantes et imperméables aux oiseaux, souris et autres animaux nuisibles au bon déroulement de l'élevage.

Les magnaneries traditionnelles sont maintenues dans une quasi obscurité et isolées autant que se peut du milieu extérieur. Les baies, plutôt petites, ne sont ouvertes que pour éclairer les travaux indispensables tels que la distribution des feuilles, le délitage, l'espacement. Les magnaneries qui comportent un seul étage présentent des travées de deux baies : une grande fenêtre rectangulaire surmontée d'une toute petite fenêtre. Celles sur deux ou trois niveaux possèdent trois ou quatre travées de deux baies. Dans ce cas, on trouve deux ou trois baies rectangulaires surmontées d'une dernière, parfois réduite à un simple jour. Les baies du dernier niveau ont une fonction d'aération et non d'éclairage. L'ébrasement intérieur des baies permet d'augmenter la surface éclairée. La taille des baies décroît toujours de bas en haut. Leur forme est variée.

Les « vraies » fenêtres, non réduites à des simples bouches d'aération, ont des formes très variées d'un bâtiment à l'autre. Elles peuvent être presque carrées, ou trois fois plus hautes que larges, avec de nombreux intermédiaires. Elles peuvent être à un ou deux vantaux en fonction de l'époque. Le type large à deux vantaux semble dominer vers le XVIIIe et dans le XXe siècle, tandis que le type étroit à seul vantail est majoritaire entre ces deux périodes.

La hauteur des fenêtres du premier niveau est identique à celle des pièces d'habitation c'est-à-dire comprise entre 1,5 et 1,8 m. Les constructeurs recherchent une certaine qualité pour ces fenêtres, en employant de la pierre de taille et en réalisant des couvrements en arc de cercle ou en plein cintre. Les rangées suivantes sont de plus en plus petites, de forme carrée ou rectangulaire, de recouvrement différent (linteau seul, arc en mitre). Leur fermeture se fait par simple panneau avec ou sans guichet. Les baies proches du toit ressemblent à celles des combles des maisons. Elles sont petites et se réduisent souvent à de simples jours presque carrés ou demi-circulaires, parfois oculi circulaires, avec des embrasures carrées ou communes avec celle de l'étage inférieur.

Les matériaux d'encadrement sont les mêmes que ceux du gros œuvre. Les pieds-droits sont en pierre locale plus ou moins taillée. On en voit quelquefois en brique. Le bois, rarement visible, forme souvent le dormant de la fermeture et l'arête de l'embrasure. L'extérieur des appuis est en pierre ou en carreaux de terre cuite. L'intérieur des appuis est constitué par une planche. Le mode de couverture le plus habituel est un linteau de pierre épannelée ou taillée sur ses faces apparentes. L'arc de décharge, très commun du XVIIe au XIXe, est le plus souvent en mitre basse et réalisé en lauze ou en bois.

Les fermetures classiques des fenêtres des magnaneries sont des vantaux de bois plein s'ouvrant vers l'intérieur. Les ouvertures étaient protégées par une toile grossière destinée à arrêter les courants d'air et éviter que les oiseaux ne s'introduisent dans le bâtiment par cet

orifice. Par grosse chaleur, l'arrosage de ces toiles permettait de rafraîchir un peu l'atmosphère. Vers 1920, se développent des châssis couverts par une fine toile métallique aux mailles bouchées par un dérivé cellulosique. Ils permettent un éclairage diffus (plus important qu'auparavant) et une bonne étanchéité sans risque de coup de soleil. Cet équipement sera subventionné en 1922 dans le cadre d'une campagne de modernisation des magnaneries.

Toujours de petite taille, les cheminées constituent un élément majeur de l'aménagement des magnaneries. Elles sont généralement d'angle, plus rarement le long des murs. Elles sont espacées chacune de 7 à 8m. Dans les magnaneries prévues pour faire deux éducations, le nombre de cheminées augmentent pour élever la température ambiante, ce qui raccourcit la durée de l'éducation d'un jour et demi par degré au dessus de 22°C. Cela donne la possibilité de gagner quatre jours par chambre.

Les cheminées d'angle sont hors d'œuvre, manteau et gaine souvent en briques plates, voire en planches, simplement appuyées contre les murs (photo 24). Sans contrecœur (fond en angle), elle est couverte par un faux manteau formé d'une simple poutre sans pieds-droits. Les hottes primitives sont construites en petites pierres, ou parfois en bois. Les cheminées latérales sont souvent engagées dans les murs, seul le manteau débord (17).

La fumée s'échappe par un conduit de tuiles, à peine jointées, qui s'arrête souvent sous le toit (photo 26). Lorsque ce conduit sort sur le toit, ce n'est que de quelques dizaines de centimètres par un orifice construit avec deux tuiles accolées (photo 25) (48).

Photo 24 : Cheminées d'angle (48)



Photo 25 : Orifice de sortie du conduit d'évacuation de la cheminée (48)



Photo 26 : Conduit d'évacuation de la fumée en tuiles (48)



Pour améliorer le fonctionnement des cheminées, augmenter le pouvoir chauffant et améliorer la ventilation on voit apparaître diverses innovations techniques. Le « fougeirou » (petit foyer), sur la photo 27, repose désormais sur une grille en fonte, en pierre ou en brique. Il permet l'emploi du charbon de bois dont la combustion est plus lente et régulière.

Photo 27 : Fougeirou (48)



Le « fournelet » (petit fourneau) possède un feu intérieur et un tirage dirigé. Le poêle,

bâti ou en fonte, clos par deux portes métalliques (une haute pour le chargement du bois, l'autre basse pour l'air et les cendres) consomme moins et chauffe surtout par radiation. On lui reproche de dessécher l'atmosphère et d'être trop coûteux.

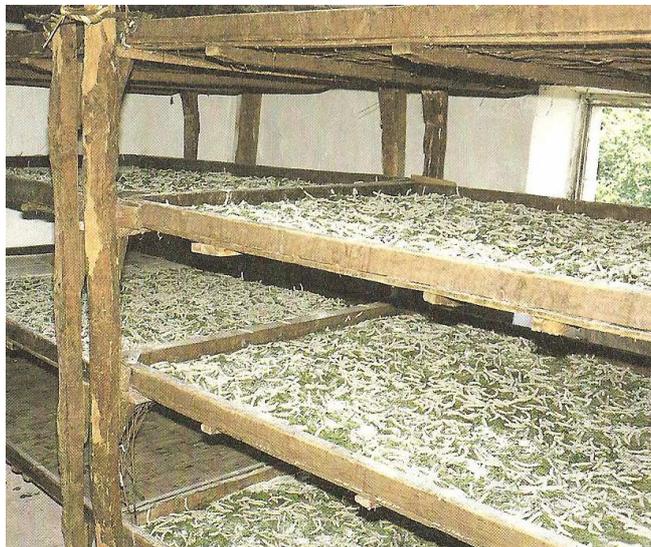
Les souches des cheminées (sortie des cheminées visibles sur le toit) sont carrées. Le chapeau est formé d'une tablette de schiste sur quatre pieds, lesté d'une pierre (17).

### a.3) Dispositif d'élevage

Le dispositif d'élevage diverge en fonction de la modernité de la magnanerie.

L'élevage traditionnel le plus répandu est l'élevage superposé. Dans l'élevage traditionnel, quelque soit le modernisme de la magnanerie, l'élément principal est le châssis. Le châssis est une sorte d'échafaudage, formé de montants verticaux et d'une série de plateaux ou « tâouliés » qui sont des tables sur lesquelles on dispose la feuille destinée à l'alimentation des vers (photo 28). Ces châssis, disposés parallèlement à la longueur de la magnanerie, sont accessibles par les deux côtés, entourés et séparés par d'étroites allées de circulation. Ils ne touchent pas les murs. Leur largeur est prévue pour permettre l'accès jusqu'à la moitié des tables, soit deux longueurs de bras (1,7 à 1,9 m). Les allées de circulation doivent être le moins large possible. On compte entre 50 et 80 cm entre deux travées de châssis. Les montants sont en bois de châtaignier ou de peuplier. La base de ces montants est protégée pour empêcher les prédateurs d'accéder aux tables. Pour cela, elle est baignée de poix, de soufre, d'huile de cade, d'huile camphrée et autres substances. Le haut du châssis n'est pas en contact avec la charpente, toujours pour éviter le passage des nuisibles.

Photo 28 : Châssis avec des claies (48)



Le matériel d'élevage diverge au niveau des plateaux qui forme le châssis. Les plateaux ou tables peuvent être de plusieurs types :

- soit de simples planches à peine dégrossies.
- soit une claie, ce qui améliore la circulation de l'air sous les feuilles et limite les risques de fermentation ou de pourriture (17). L'élevage à claies superposées présente l'inconvénient de nécessiter des délitements continus et une alimentation composée de feuilles détachées des rameaux, ce qui demande beaucoup de travail. Par contre, il

présente l'avantage de permettre d'élever des vers de tous âges dans un espace restreint, et de donner de meilleurs résultats grâce à l'entretien constant de la magnanerie.

- soit un plateau frioulan. Ce système d'élevage élimine la plupart des problèmes de main-d'œuvre. Le plateau consiste en une unique et vaste claie de 2 m de large et de la même longueur que le local. Les plateaux sont séparés par des couloirs de 2 m de large. Ils peuvent être directement posés sur le sol ou bien à 50 cm de hauteur, et comporter deux niveaux, le second étant suspendu au plafond au moyen de tirants métalliques. Les vers sont transposés sur le plateau pendant le 5<sup>e</sup> âge, ou même parfois pendant le 4<sup>e</sup>. Ensuite, ils n'ont plus besoin d'être déplacés et sont alimentés avec des feuilles sur les rameaux alternativement posés de façon horizontale ou verticale à chaque repas. Avec cette méthode, quatre repas par jour suffisent. On ne redonne à manger aux vers que lorsqu'il ne reste plus aucune trace de feuilles sur les rameaux. Il n'est plus nécessaire de changer les litières car les vers dévorent toutes les feuilles et leurs excréments tombent sur le sol à travers l'enchevêtrement des rameaux effeuillés, qui laissent également très bien passer l'air. L'utilisation du plateau permet de réaliser un gain considérable de temps et de travail grâce à la suppression des délitement particulièrement pénibles au cours du cinquième âge. Le seul inconvénient de cette méthode est l'abondance des feuilles de mûrier qui entraîne des inégalités entre les larves les plus voraces et les plus frugales. De plus, il arrive qu'au moment du filage, certaines larves filent leur cocon dans l'enchevêtrement des rameaux, au lieu de monter dans les éléments mis à leur disposition (cabanes ou hérissos) (14).

#### b) Architecture d'un bâtiment moderne

Le réaménagement des magnaneries traditionnelles fut un leitmotiv des campagnes de modernisation de la sériciculture à partir de 1940. De 1974 à 1981, on a surtout rénové les magnaneries traditionnelles pour les rendre plus modernes. Les transformations réalisées ne modifient pas les conditions de travail du sériciculteur (16).

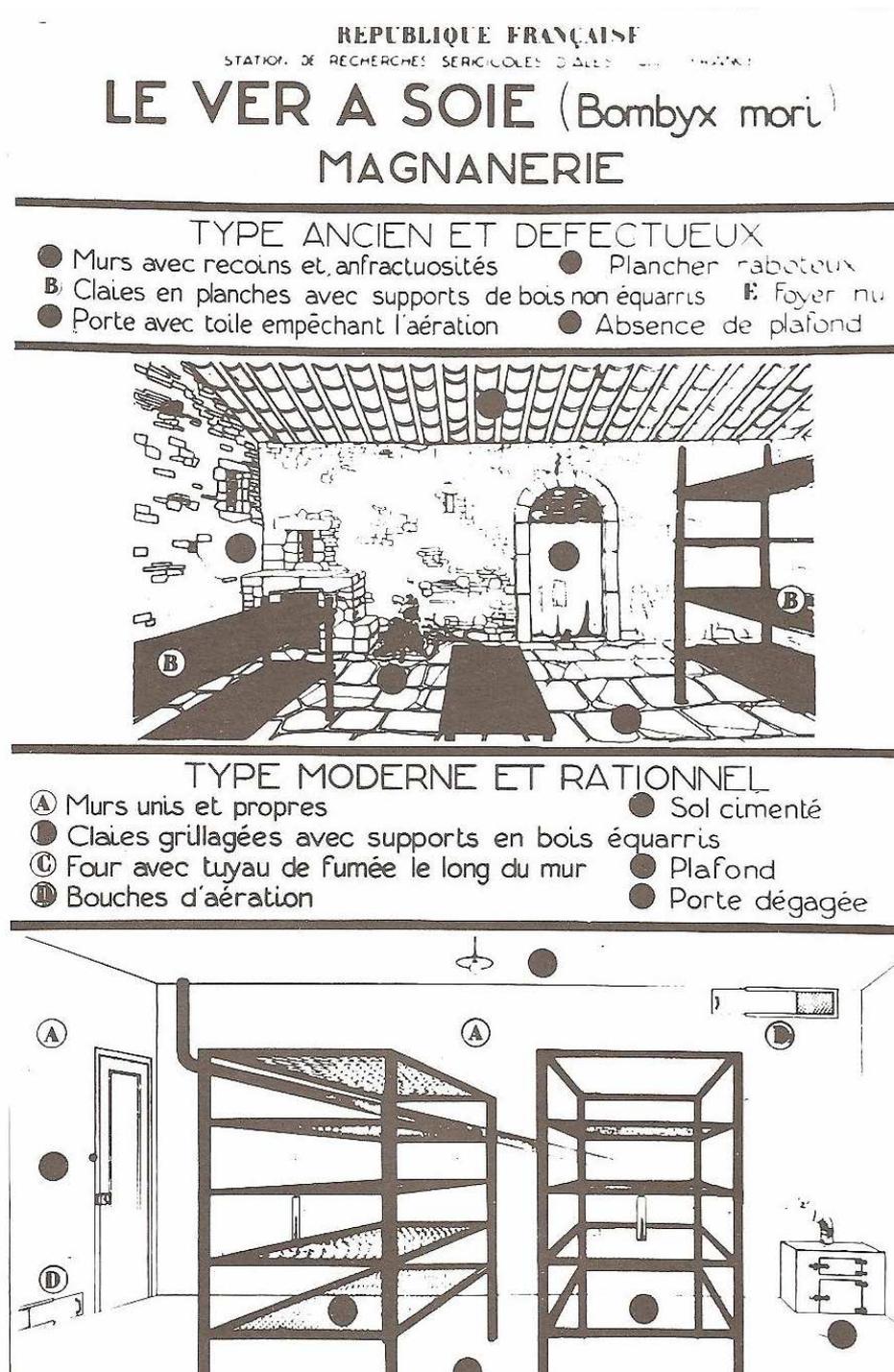
Les magnaneries dites modernes présentent les caractéristiques suivantes :

- leurs murs sont unis et propres grâce à un enduit. L'enduit améliore la qualité du bâtiment, en éliminant les courants d'air et en empêchant la circulation de divers animaux nuisibles tels que les souris, les musaraignes et les fourmis. Il supprime également les anfractuosités susceptibles d'échapper aux traitements de désinfection. Pour réaliser cet enduit, trois techniques sont employées : le jointement à la terre battue, les mortiers à base de chaux et le plâtre. Le jointement à la terre battue est la solution la plus économique. Un mélange d'argile, sable et gravillons, paille parfois, est introduit à la main entre les pierres. Il est peu lissé. L'inconvénient de ce type d'enduit est la poussière qu'il libère. Cette poussière finit par disparaître lorsqu'une croûte épaisse se forme sous l'effet des badigeonnages au lait de chaux. Les mortiers à base de chaux maigre et de sable sont les enduits les plus fréquents. Poreux et bon isolants, ils sont plus épais que les précédents en recouvrant les pierres sur 2 ou 3 cm. Ils sont en général lissés sommairement. Le plâtre est un enduit très rarement utilisé sauf sur la bordure sud-est où les gisements de gypse sont nombreux (Anduze, St-Jean-du-Gard) (17).
- les claies d'élevages sont grillagées avec des supports en bois équarris, c'est-à-dire taillés en angle droit. Elles étaient jusqu'alors en planches avec supports de bois non équarris.

- un four remplace le foyer nu. Ce four est muni d'un tuyau de fumée qui court le long du mur. Puis le chauffage électrique remplace le four.
- des bouches d'aération et un plafond sont ajoutés.
- une porte est dégagée sans toile empêchant l'aération.
- un sol cimenté remplace le plancher.

Toutes ces caractéristiques sont récapitulées dans la figure 23 (48).

Figure 23 : Différences entre magnaneries modernes et traditionnelles (48)



A partir de 1981, on a essayé de créer un nouveau concept de magnanerie, en s'éloignant des modèles classiques. Le premier essai fut celui de l'aménagement d'une magnanerie prévoyant l'utilisation de l'énergie solaire pour le chauffage des locaux ainsi que des murs capteurs (murs en parpaings remplis de sable) permettant d'accumuler la chaleur pour la restituer pendant les heures nocturnes et assurant également l'isolation des locaux. Elle fut construite de plain-pied pour faciliter le déchargement des feuilles de mûriers et leur distribution. Il s'agit une fois de plus de trouver des solutions techniques qui permettent de réduire les dépenses en énergie et main d'œuvre. Le projet ne fut pas mené à terme faute de moyens financiers.

La deuxième tentative fut la construction d'une serre. Le coût de fabrication d'un tel bâtiment est moins élevé que la construction d'un bâtiment en dur. Le problème majeur de ce type de structure est la régulation de la température qui passe par :

- en période froide, l'utilisation d'une bâche épaisse doublée de laine de verre, ce qui permet de maintenir une température convenable sans qu'il soit nécessaire de chauffer.
- en période chaude, l'arrosage de la terre battue, de façon à abaisser la température ambiante de quelques degrés et d'humidifier l'atmosphère, souvent très sèche.

Ce système de régulation des températures a toutefois des limites. Au moment des très fortes chaleurs du début de l'été, l'effet de serre ne peut plus être maîtrisé. La séricicultrice doit prévoir que son second élevage de printemps s'achève vers la mi-juin, les risques de touffe étant à craindre dès que l'on dépasse cette période.

Toutes ces tentatives innovantes ayant été des échecs, on retourna vers les magnaneries traditionnelles modernisées (16).

Dans toutes ces magnaneries modernes, on a cherché à mécaniser certaines opérations d'élevage.

Les premières tentatives de mécanisation de certaines opérations remontent au XIX<sup>e</sup> siècle lorsqu'on réalisa qu'il valait mieux faire défiler les claies devant un ouvrier immobile à son poste de travail, plutôt que d'obliger l'ouvrier à se déplacer dans la magnanerie. En se basant sur cette constatation, Napoleon Tettamanzi mit au point à la fin du XIX<sup>e</sup> une nouvelle installation constituée de structures d'élevage à deux niveaux et accrochée à un dispositif central rotatif. L'ouvrier demeure ainsi immobile à son poste et attend que les dix-huit plans de travail défilent au fur et à mesure devant lui, actionnés par l'axe central.

Une version moderne de cette méthode consiste en une structure soutenant des claies spéciales contenant des larves et qui les déplace d'avant en arrière au moyen de mécanismes à roues dentées actionnées par des moteurs électriques, jusqu'au plan de travail de l'ouvrier. Le travail est ensuite simplifié grâce à un distributeur de feuilles. Pour déliter, on utilise des feuilles perforées accrochées au dessus de la vieille litière et recouvertes de feuilles de mûrier. Lorsque les vers y ont grimpé, la vieille litière tombe sur un tapis roulant après que le fond de la claie se soit ouvert, puis elle est évacuée.

On assista à de nombreuses autres tentatives, puis Fioruzzi, en 1952, mit au point une structure complètement mécanisée divisée en :

- une installation fixe, constituée de soutiens métalliques pour des claies en plastiques aussi longues que le local et larges d'un mètre,
- un système mobile, formé d'un chariot sur rails se déplaçant le long des alignements de claies afin d'accomplir toutes les opérations d'élevage.

On élève les vers sur ces claies à partir de la fin du 3<sup>e</sup> âge et jusqu'au filage. Chaque claie ne contient qu'un nombre restreint de larves pour tenir compte de leur croissance qui leur fera ensuite occuper tout l'espace disponible. Le chariot sert à distribuer les feuilles, à poser les feuilles perforées et à évacuer les vieilles litières. Seule, la montée n'est pas encore complètement mise au point (14).

## 2) Paramètres d'ambiance

La magnanerie doit satisfaire à des conditions déterminées quant à son éclairage, à son aération et à son chauffage. Le contrôle de ces paramètres est délicat et ne peut être mené à bien que dans des bâtiments conçus pour l'élevage des vers et avec du matériel approprié (8).

### a) Chauffage

Le ver à soie est un animal poïkilotherme ; par conséquent, sa température corporelle varie avec la température du milieu ambiant. Quand la température de l'air augmente, la température corporelle du ver aussi. Cela active l'ensemble physiologique du ver : augmentation de la vitesse de circulation de l'hémolymphe, de la prise alimentaire, de la digestion, de l'assimilation des nutriments et de l'excrétion. Par conséquent, la croissance du ver est accélérée et la durée de la période larvaire se raccourcit. Cependant, une température excessive perturbe l'ensemble de la physiologie du ver. De même, si la température est basse, toute la physiologie du ver est ralentie. La durée de la période larvaire augmente et les vers affaiblis sont sujets aux maladies.

La température optimale se situe entre 23 et 28°C en évitant les fluctuations qui entraînent une différence de développement des vers au sein du même lot (tableau 7). On se trouve proche des 20°C pour les vers adultes, car leur métabolisme est plus élevé que celui des jeunes vers, ce qui entraîne que la température de ces premiers est supérieure à celle de ces derniers. Par conséquent, les vers adultes requièrent une température moins élevée que les jeunes vers (8, 7).

Tableau 7 : Températures et humidités requises pour l'élevage des vers (37, 40)

Age des vers	Température en °C	Humidité en %	
		D'après KRISHNASWAMI	D'après la Station séricicole de Montpellier
1 <sup>er</sup>	26-28	85	70
2 <sup>ème</sup>	26-28	85	70
3 <sup>ème</sup>	24-26	80	70
4 <sup>ème</sup>	24-25	75	60
5 <sup>ème</sup>	23-24	70	60

L'aménagement des magnaneries traditionnelles ne facilitait pas le chauffage. Dépourvues de plafond, elles étaient particulièrement exposées aux rigueurs extérieures ; la chaleur s'échappait en s'insinuant entre les tuiles ou les ardoises et la séricicultrice avait beau tisonner les feux pour activer les flammes, la température ne parvenait pas à s'élever. Les magnaneries étaient équipées de cheminées construites aux quatre angles, les fougierous. Lorsque le volume de la pièce était important, des foyers intermédiaires étaient édifiés latéralement pour une répartition plus homogène de la chaleur. Lorsque l'air extérieur était froid ou que le vent soufflait, la fumée était refoulée vers les tables d'élevage ce qui enfumait la magnanerie. En cas de grand froid, la séricicultrice utilisait des foyers mobiles, les braisiers. Les braisiers sont des récipients métalliques sur pied et munis d'une anse que la magnanière remplissait de braises incandescentes et déplaçait à travers la magnanerie. Ainsi la magnanière veillait nuit et jour sur ses feux et son thermomètre pour maintenir une température de 20 à 25°C (15).

Le chauffage, dans les magnaneries modernes, est facilité par la présence d'un plafond et de murs enduits qui diminuent, ainsi, les déperditions de chaleur et l'amélioration du système de chauffage, le four et les autres moyens de chauffage contemporains (radiateur électrique par exemple) remplaçant la cheminée.

#### b) Hygrométrie

Elle agit de façon indirecte sur la température corporelle des vers. Plus elle est élevée, moins il y a d'évaporation d'eau à la surface du corps des vers, et donc, de déperditions de chaleur. La température corporelle des vers augmente d'où les conséquences vues dans le paragraphe précédent.

Si l'humidité de la pièce est basse, l'évaporation de l'eau corporelle est importante et les vers se refroidissent. Dans une atmosphère trop sèche, l'évaporation corporelle est excessive et n'est plus compensée par l'apport des feuilles. Les vers se déshydratent et l'eau devient insuffisante pour permettre un métabolisme normal. Les vers restent petits et sont débilités.

L'humidité a également une action indirecte sur la prise alimentaire, car elle influence la durée de fraîcheur des feuilles. Si les feuilles ont perdu trop d'eau, elles ne sont plus consommées par les vers. Cependant, une humidité trop élevée favorise la multiplication des agents pathogènes sur la litière d'élevage des vers, ce qui augmente l'incidence des maladies. L'humidité optimale se trouve donc à la limite entre les deux effets contraires.

Les jeunes vers supportent une humidité plus élevée que les vers adultes. Cela permet de conserver les feuilles fraîches plus longtemps, surtout qu'il est nécessaire de les couper. Pour les jeunes vers, on augmente l'humidité en plaçant aux quatre coins de la litière des bandeaux de mousse mouillés ou en arrosant (8). Plus tard, l'abondance des litières, et souvent la saison pluvieuse, amènent au contraire un excès d'humidité. On doit alors déliter souvent, activer la ventilation et tenir la température un peu plus élevée (40).

Les valeurs à respecter sont regroupées dans le tableau 7.

#### c) Ventilation

L'air agit par sa qualité et sa vitesse de circulation sur la santé des vers. Une mauvaise aération peut décimer une chambrée en quelques instants.

Pour évaluer la qualité de l'air, il faut prendre en compte la proportion de dioxyde de carbone, d'ammoniac et d'autres gaz toxiques (monoxyde d'azote, dioxyde de soufre, etc.). Le dioxyde de carbone provient de la respiration des vers, de celle des individus qui travaillent dans la magnanerie, de la fermentation des litières (excréments et feuilles) et éventuellement du chauffage utilisé dans la pièce. L'ammoniac se dégage de la litière qui fermente. Les gaz toxiques peuvent provenir de l'extérieur (proximité des industries), de la fumée de cigarette, des désinfectants utilisés.

Comme le niveau respiratoire des jeunes vers est bas, ils supportent une concentration relativement élevée de dioxyde de carbone, mais ils sont très vite intoxiqués par les gaz toxiques. C'est le contraire pour les vers adultes dont le métabolisme est très élevé, donc le niveau respiratoire aussi.

Les limites à ne pas dépasser sont de 2% pour le dioxyde de carbone, 0,1% pour l'ammoniac et 0,02% pour le dioxyde de soufre (31).

Pour la vitesse de l'air, il faut trouver un compromis entre le renouvellement nécessaire de l'air de la magnanerie, pour évacuer les gaz toxiques, et les effets négatifs des courants d'air : refroidissement de la salle, dessèchement des feuilles et augmentation de l'évaporation corporelle des vers. Le renouvellement de l'air peut être peu fréquent pour les jeunes vers dont le niveau respiratoire est faible, par contre, il doit être permanent pour les adultes (8).

Souvent mal isolée, la magnanerie traditionnelle était naturellement aérée. L'air y pénétrait par les interstices entre les tuiles ou les ardoises et les feux qui y brûlaient quasi constamment activaient sa circulation (15). Le toit n'offrait qu'un débit d'air limité, peu modulable. Il comportait souvent de petits orifices, les « loubets ». Ces « loubets » étaient formés d'une simple tuile relevée ou de deux lauzes posées en triangle. Dans de rares cas, on pouvait voir sur le toit des éléments de terre cuite cylindriques ou demi cylindriques le traverser. Faciles à obturer de l'intérieur, ces ouvertures permettaient de régler la circulation de l'air à travers la couverture (17). Toutefois, les techniciens jugeaient cette aération naturelle insuffisante. Ils estimaient qu'une chambrée d'une once avait besoin de 1000 m<sup>3</sup> d'air en vingt-quatre heures, ce qui correspondait, pour un local d'une capacité de 100m<sup>3</sup>, à un renouvellement intégral de l'air dix fois par jour. A quoi bon chauffer la magnanerie si on aéraït constamment ? Les magnaneries préféraient privilégier le chauffage à une bonne aération.

Pour parfaire le chauffage et l'aération, certains agronomes et quelques sériciculteurs « éclairés » proposent des aménagements de la magnanerie à partir du XIXe siècle. Dandolo a été parmi les premiers à concevoir un système de ventilation élaboré (1825). Il reposait sur la multiplication des fenêtres – treize au total- et la construction de cheminées servant moins à chauffer le local, qu'à faire des flambées censées provoquer un appel d'air (15). Les fenêtres étaient réparties sur tous les murs. Par vent faible, on pouvait les ouvrir en diagonale, l'air extérieur entrant par le bas pouvait être filtré par des rideaux de toiles. Les fenêtres du haut jouaient un rôle analogue à celui du toit. Elles étaient souvent de taille réduite et rapprochées les unes des autres (17). D'Arcet, quant à lui, imagina une magnanerie à ventilation forcée, système sophistiqué de gaines d'évacuation de l'air vicié par le plafond et de captage d'un air « neuf » par le plancher. Ces innovations qui se sont multipliées durant le XIXe siècle ne remportèrent qu'un faible succès auprès des éducateurs à cause de leurs complexités et, surtout, de leurs coûts trop élevés. En revanche, la « magnanerie moderne » conçue à l'initiative des associations de professionnelles séricicoles dans les années 1940 a remporté un franc succès car elle était subventionnée au deux tiers et donc peu coûteuse pour l'éducateur. Le programme de modernisation prévoyait le remplacement des cheminées par des poêles, l'aménagement d'un faux plafond fait de chevrons et de lattis enduits de plâtre afin d'empêcher la chaleur de s'échapper par la toiture et un système de trappes. Les trappes, ouvertes au niveau du plancher et du plafond, permettaient un renouvellement constant de l'air.

La touffe se produit quand la ventilation de la magnanerie n'est plus assurée et que l'air se charge de l'humidité émanant des litières. Elle survient surtout lorsque les vers atteignent le quatrième ou le cinquième âge, période au cours de laquelle ils produisent une grande quantité d'excréments et transpirent abondamment ; c'est également une époque de fortes chaleurs où l'atmosphère de la magnanerie peut être une véritable fournaise. Elle

entraîne le relâchement des fibres de l'insecte. Les vers deviennent mous sous l'effet des émanations provenant de la fermentation de la litière et meurent. Comme il était difficile d'apprécier la qualité de l'air, pour détecter la touffe, il fallait avoir une bûche qui faisait de la fumée. Si la fumée montait, les vers avaient de l'air, si la fumée tombait, ils étaient en train de s'asphyxier. Il suffisait alors d'ouvrir toutes les portes et les fenêtres afin de créer une turbulence de l'air.

En cas de « touffe sèche » provoquée par un feu trop vif, on arrose les murs et le sol de la magnanerie de façon à augmenter le niveau hygrométrique tout en provoquant une baisse de température et l'on distribue un repas supplémentaire pour amener de l'eau au ver par la feuille de mûrier.

Il existe un dernier type de touffe : la touffe accidentelle. C'est le sériciculteur lui-même qui la provoque en bouchant trop hermétiquement toutes les ouvertures et en surchauffant sa magnanerie alors que la litière est épaisse et commence à fermenter. Elle n'arrive jamais chez soi mais toujours chez les autres car elle marque un manque de savoir-faire et d'hygiène de la part de l'éducateur (15).

#### d) Lumière

La lumière a peu d'influence sur la santé des vers, puisque dans la nature, vivant sur les mûriers, ils ne devaient certainement pas en être privés. Il faut éviter une luminosité trop intense que les vers fuient. Il est donc conseillé d'élever les vers dans une chambre éclairée par la lumière naturelle mais légèrement tamisée (8).

La lumière agit sur le voltinisme des graines pondues par la génération des vers considérés. Si elle est intense pendant le jeune âge, les graines pondues seront hivernantes. Si elle est intense pendant les âges adultes, les graines pondues seront en majorité non hibernantes. C'est aussi le cas si les vers sont élevés dans l'obscurité (61).

#### e) Assainissement

La perception olfactive ainsi que les odeurs jouent un rôle essentiel dans le dispositif technique.

L'odeur qui se dégage de la litière atteste de la santé, bonne ou mauvaise, de la chambrée. Une séricicultrice expérimentée sait, rien qu'à l'odeur, si sa magnanerie est saine ou pas. Une odeur boisée signale que la litière est changée régulièrement et que les débris de feuilles sont encore frais. A l'inverse, une odeur écoeurante indique que les vers, trop serrés, vivent sur une couche épaisse de déjections et de fragments végétaux pourrissants.

Les odeurs ne sont pas seulement signe, elles seraient aussi nuisance en elles-mêmes, cause directe d'une altération de la santé des vers. Les odeurs qui montent des litières agissent directement sur l'organisme des vers à soie, tandis que d'autres odeurs amenées de l'extérieur peuvent incommoder les vers (15). Selon Isnard, il en va ainsi de « l'alaine forte de ceux qui ont mangé des aulx, oignons, pourraux et de ceux qui ont mâché ou fumé du tabac » (29). De manière générale, les odeurs corporelles et notamment celles de la transpiration et de la menstruation féminine avaient la réputation de nuire au ver. Les femmes réglées étaient interdites de magnaneries car elles étaient considérées comme dangereuses pour le bon déroulement de l'élevage du fait de leurs émanations, considérées comme funestes aux jeunes vers. La transpiration était jugée responsable de la naissance irrégulière des vers, lorsque l'incubation de la graine était effectuée au nouet.

Enfin, les odeurs pourraient jouer un rôle prophylactique et curatif. Le recours aux

odeurs permet alors de lutter efficacement contre l'air vicié et de freiner le processus de putréfaction des litières. Les principaux aromates utilisés sont le thym, la lavande, le serpolet, le laurier et le genévrier. Ces « bonnes » senteurs ont la faculté de neutraliser ou d'atténuer les émanations nauséabondes tout en exaltant le ver (15).

La désinfection a pour but la destruction des germes microbiens susceptibles de vivre en parasite sur le ver à soie et d'engendrer des épidémies à l'éducation suivante. Pour qu'elle soit efficace, la désinfection doit éliminer les germes pathogènes partout où ils sont présents, c'est-à-dire, non seulement à la surface des parois latérales, sur le plancher et le plafond, mais aussi dans tous les interstices, les cavités où s'accumule la poussière. Quand on sait comment sont installées les magnaneries dans les pays séricicoles, cela rend la tâche ardue.

De nombreuses techniques de désinfection sont valables, et l'éleveur choisira celle qui lui convient le mieux en fonction de ce dont il dispose ou qu'il peut acquérir. Il existe des agents physiques ou chimiques de désinfection.

La chaleur sèche ou humide est le meilleur agent physique de destruction des microbes. La matière vivante est détruite à une température peu élevée. Il suffira de soumettre les objets à désinfecter pendant un temps plus ou moins long à l'action de la chaleur pour détruire la totalité des germes qui les souillent. Cette technique, bien que la plus efficace pour désinfecter le matériel d'élevage, est trop coûteuse et délicate à mettre en place pour qu'elle soit choisie par les sériciculteurs. Parmi les autres agents physiques, la lumière solaire joue un rôle très important dans la destruction des germes microbiens ; un objet souillé par des microbes peut être désinfecté complètement par une exposition prolongée à la lumière solaire. Concrètement, il suffit à l'éducateur d'exposer le plus longtemps possible au soleil son matériel d'élevage préalablement lavé au carbonate de soude et rincé à grande eau et de favoriser la pénétration de la lumière dans la magnanerie en ouvrant les fenêtres. Cette technique est peu coûteuse et facile à mettre en place.

Les produits chimiques employés, pour la désinfection des locaux sont très nombreux. Les plus actifs sont ceux qui agissent à l'état de vapeur. Pour obtenir une action microbicide suffisante, il est indispensable de prolonger l'action du produit chimique pendant plusieurs heures en oblitérant toutes les ouvertures par lesquelles les gaz peuvent s'échapper (50). En 1987, les désinfectants les plus couramment employés sont le formaldéhyde, l'anhydride sulfureux, le chlorure de chaux, l'antisapril et le lysoforme (14).

Le formaldéhyde est le seul procédé recommandable pour la désinfection des locaux d'après Besson et Erhinger (50). Il se présente sous la forme d'une solution aqueuse d'aldéhyde formique à 40%. Elle est utilisée concentrée soit à 4% par pulvérisation au moyen d'un pulvérisateur dans les locaux à désinfecter, soit à 40%. Dans le second cas, on en remplit une marmite placée au centre du local sur un fourneau électrique dont l'interrupteur se trouve à l'extérieur du local. Puis, on ferme les locaux et on branche le courant. En deux heures, 1 litre de formaldéhyde s'évapore et désinfecte 100 m<sup>3</sup> (14). Plus la température de la chambre est élevée, plus l'action du formaldéhyde est rapide et efficace. Aussi doit-on chauffer les locaux avant de faire agir le désinfectant. On a également constaté que l'humidité favorisait considérablement l'action microbicide. En conséquence, pour obtenir le maximum d'effet, il est nécessaire de faire bouillir de l'eau en même temps que les vapeurs d'aldéhyde (40). Le local doit être fermé pendant deux jours puis être bien aéré pendant deux autres jours afin d'éliminer les vapeurs toxiques. Malheureusement, les vapeurs ont un pouvoir de pénétration limité et si leur action est bonne en surface, elle est très insuffisante en profondeur.

L'anhydride sulfureux obtenu par combustion de soufre est très utilisé comme désinfectant dans tous les pays séricicoles. C'est un désinfectant prophylactique contre la muscardine. Pour 300m<sup>3</sup> de locaux, on utilise 4 kg de soufre émiétté que l'on mélange à la paille ou à des copeaux. Le tout est placé à l'intérieur d'un four en briques au centre de la

pièce. On met le feu aux copeaux, on place une bassine d'eau pour saturer l'atmosphère en vapeur d'eau puis on ferme hermétiquement le local. Les copeaux en feu entraînent la combustion du soufre qui libère de l'anhydride sulfureux dont les vapeurs ont une action désinfectante. Au bout de vingt-quatre heures, on aère pendant un jour afin d'éliminer l'odeur âcre susceptible d'irriter les muqueuses (14). A cette dose, certains auteurs, comme Maillot, affirme que le soufre a une action quasiment nulle. Lui, ainsi que Besson et Erhinger, préconise une dose de 60 grammes de soufre par mètre cube. A cette dose, il vaut mieux abandonner ce type de désinfectant en faveur du formaldéhyde, qui est plus énergétique (50).

Le chlorure de chaux est un bon désinfectant économique et un bon désodorisant que l'on pulvérise sur les murs et le matériel après avoir dilué dans de l'eau à 5% et l'avoir mélangé à de l'hydrate de chaux ou de l'acide sulfurique. On ferme ensuite les locaux pendant quarante-huit heures et ils sont désinfectés par les émanations de chlore. Le matériel est pulvérisé à l'extérieur du bâtiment, brossé puis enfin séché au soleil.

L'antisapril, à base d'oxychlorure libérant du chlore et de l'oxygène, et le lysoforme libérant des vapeurs d'aldéhyde formique sont deux agents désinfectants qui présentent les avantages d'être utilisés à de faibles concentrations (entre 3 et 4%) et de pouvoir être appliqués pour une éventuelle désinfection des locaux en présence des vers (14).

Pour les locaux d'habitation, on peut employer le formol ou le sublimé. Il ne doit pas être dilué à plus de 5%. La solution formolée dégage des vapeurs qui agissent désagréablement sur les muqueuses. Les gouttelettes de formol peuvent également occasionner un larmoiement très incommodant. Il est donc nécessaire d'utiliser un masque et des lunettes pour appliquer ce produit désinfectant (50).

On peut également utilisé, pour le lavage des locaux et du matériel d'élevage, de l'eau de Javel (9).

### III – LES MALADIES DU VER A SOIE

Ne seront abordées dans cette partie que les principales maladies dont peut souffrir le ver à soie à savoir : la pébrine, la muscardine blanche, la grasserie, la polyhédrose cytoplasmique, la flacherie, la gattine et les diarrhées non infectieuses. Il en existe bien d'autres telle que l'aspergillose, la muscardine verte, etc., mais nous nous contenterons d'étudier les plus fréquemment rencontrées en élevage.

#### A) Une protozoose : la pébrine

La pébrine est une maladie mortelle du ver à soie. Elle se caractérise par la présence de tâches noires sur les vers atteints. Cette pathologie fut dénommée pébrine par De Quatrefages en 1859 car les tâches retrouvées sur les vers lui faisaient penser à du poivre qui se dit pébrine dans le langage du midi.

C'est une microsporidiose du genre *Nosema*.

##### 1) Agent pathogène

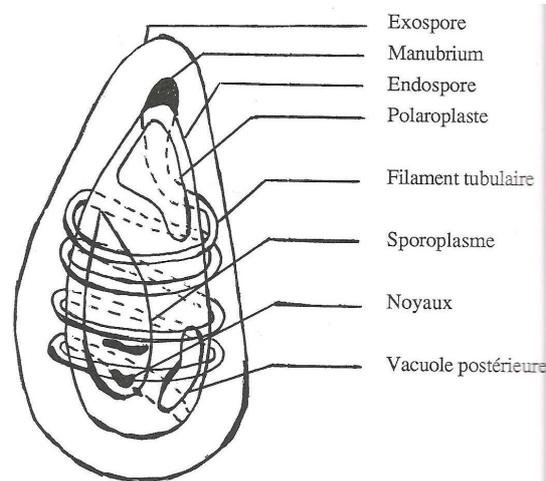
Cornalia fut le premier à établir une relation possible entre la maladie des papillons appelée hydropisie (maladie correspondant à la pébrine des chenilles) et la présence des corpuscules observées dans l'hémolymphe des vers contaminés (19). La véritable signification des corpuscules a été mise en évidence par Lebert et Frey en 1856 et 1858 ; ces deux auteurs les ont considérées comme des végétaux parasites et les ont baptisées du nom de *Panhistophyton ovatum*.

Au moment où Pasteur commence ses recherches sur la pébrine, en 1865, on admet d'une manière générale, que cette maladie est épidémique et contagieuse et qu'elle est caractérisée avant tout par la présence, dans l'hémolymphe et la plupart des tissus, de corpuscules de forme ovoïde, visibles au microscope sans coloration, grâce à leur très grande réfringence. Au début de ses recherches, Pasteur décrit ces corpuscules comme des organites, des éléments de l'hémolymphe, car il n'a pu découvrir aucun mode de reproduction de ces corpuscules. A force de recherches et d'observations, il constate que les corpuscules peuvent se diviser transversalement. Béchamp admet aussi la multiplication des corpuscules par scissiparité mais, pour lui, la division se faisait longitudinalement et il affirma, contrairement à Pasteur, que ces corpuscules sont des spores. En 1884, Balbiani admet que les corpuscules ovoïdes observés par les différents spécialistes représentent la forme de résistance du parasite de la pébrine ; ce sont de véritables spores comprenant une membrane d'enveloppe et un contenu cytoplasmique (50).

Les travaux de Stempell marquent une date dans l'histoire du parasite de la pébrine. D'après Stempell, le corpuscule, c'est-à-dire la forme sporulée du parasite, apparaît lorsque les conditions de vie deviennent défavorables. La spore se présente sous la forme d'une coque ovale à parois très épaisses, percée à l'un des pôles d'une ouverture minuscule ou micropyle (figure 24). A l'intérieur de cette coque, et disposé en anneau contre la paroi, se trouve le germe sporal dont l'unique noyau primitif donne naissance à quatre noyaux-fils par deux bipartitions successives. Le germe sporal ou sporoplasme entoure la capsule polaire axiale à l'intérieur de laquelle est enroulé en spirale un long et mince filament attachés près de

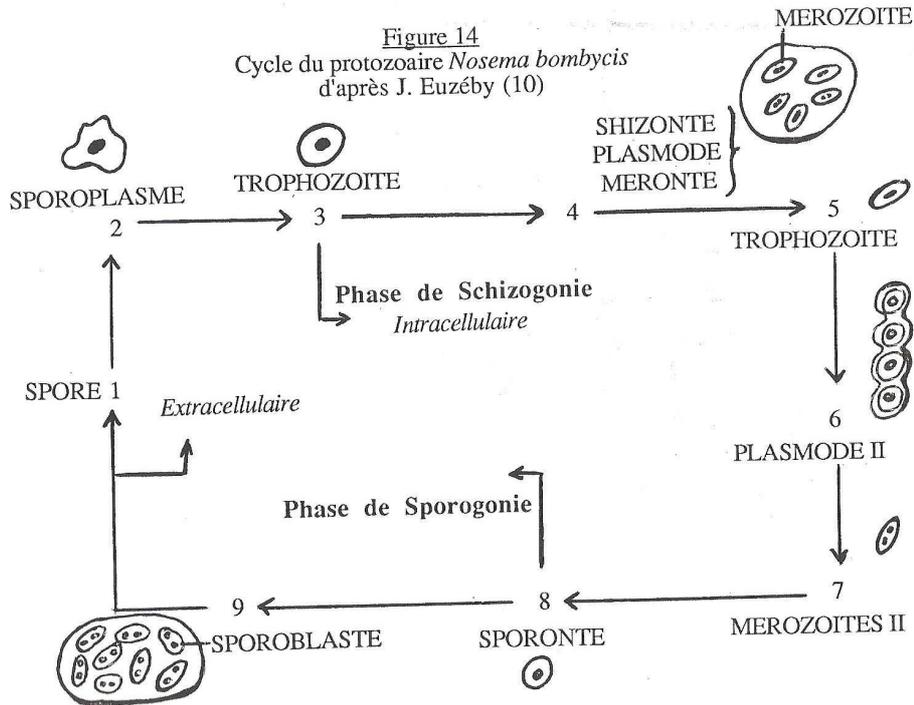
l'ouverture micropylaire : le filament tubulaire. Ce filament serait creux et le résultat de l'invagination de la paroi de la spore. La position des différents éléments dans la spore ne fait pas l'unanimité.

Figure 24 : Spore de *Nosema bombycis* (24)



Le ver à soie se contamine en ingérant des spores mûres. Dans l'intestin moyen, on observe la libération des sporoplasmes de façon active par l'un des deux procédés suivants : soit le sporoplasme est projeté sous l'action du filament tubulaire et injecté par celui-ci dans la cellule de la paroi intestinale ; soit le sporoplasme est déposé à la surface de la cellule hôte, dans laquelle il pénètre par endocytose. Le cycle de *Nosema bombycis* se poursuit par la phase de schizogonie (figure 25). Le sporoplasme devient alors trophozoïte et son noyau subit plusieurs divisions. Ensuite, le cytoplasme du trophozoïte se condense autour de chaque noyau pour former des cellules filles appelées mérozoïtes. L'ensemble porte le nom de méronte, schizonte ou plasmode et engendre de nouveaux trophozoïtes. Ces trophozoïtes donnent naissance à des plasmodes de seconde génération qui, à leur tour, libèrent des mérozoïtes de seconde génération binucléés comme le sporoplasme. Lorsque les conditions de vie deviennent défavorables à l'intérieur des cellules parasitées, la phase de schizogonie laisse place à la phase de sporulation. Un sporonte uninucléé naît d'un mérozoïte de seconde génération après fusion des noyaux. En microscopie électronique, on observe deux membranes chez le sporonte contre une pour le mérozoïte. Le noyau du sporonte se divise pour en former 2 à 16, regroupés en paires. Autour de ces paires de noyaux se condense du cytoplasme pour former des sporoblastes, qui chacun engendre une seule spore. Ces spores peuvent naître dans les ovaires et contaminer les œufs (9).

Figure 25 : Cycle du protozoaire *Nosema bombycis* (24)



Le *Nosema* du ver à soie ne peut se multiplier qu'à l'intérieur des cellules vivantes. Malgré le parasitisme, les cellules conservent longtemps leur vitalité ; cette résistance est due à ce que les parasites n'élaborent pas de produits toxiques pour la cellule. A mesure que les mérontes se multiplient dans la couche protoplastique, le cytoplasme disparaît petit à petit. Lorsque la multiplication cesse et que naissent les spores, on ne distingue plus que des grains de chondriome provenant de la fragmentation des chondriocontes entre les éléments du parasite (50). En général, les cellules parasitées sont plus volumineuses que les cellules saines et forment une masse pseudotumorale appelée xénome. Ce xénome, dans un premier temps, protège les parasites puis, lorsque la réaction de défense se produit, les leucocytes pénètrent dans le xénome et phagocytent les spores. Lorsque cette réaction ne se produit pas, il se forme un foyer de nécrose. Selon l'espèce de *Nosema*, les spores naissent 24 à 48h heures après l'infection (58).

Le parasite se développe dans l'intestin moyen et l'ovaire de l'imago alors qu'il est présent dans les glandes séricigènes du ver à soie. L'imago est peu sensible à la maladie alors que la larve de 5<sup>ème</sup> âge, lorsqu'elle est atteinte, est incapable de filer son cocon (9).

## 2) Epidémiologie

La pébrine est une maladie chronique, endémique et contagieuse. Le pouvoir pathogène de *Nosema bombycis* diminue lorsque la température est élevée et l'humidité basse.

### a) Transmission de la maladie d'individu à individu

La transmission d'individu à individu de la pébrine a lieu par voie buccale suite à

l'ingestion de feuilles de mûrier souillées par les excréments virulents, riches en spores, des vers malades (50).

Deux auteurs italiens, Pigorini et Teodoro, pensent que les spores peuvent être transportées mécaniquement par les pattes des mouches domestiques ou par l'intermédiaire de leur contenu digestif parasité. Teodoro a pu démontrer expérimentalement que les excréments des mouches nourries avec du pâté de vers pébrinés sont riches en spores et que celles-ci pénètrent dans le tube digestif des vers sains (60). Les mouches qui se sont nourries naturellement de cadavres de vers pébrinés peuvent ainsi contaminer par excréments des éducations saines et être à l'origine d'épidémies.

#### b) Transmission de la maladie de génération en génération

Les spores ne conservent pas leur vitalité d'une année sur l'autre. Celles qui se trouvent dans les poussières de magnanerie sont donc incapables d'engendrer, l'année suivante, une nouvelle épidémie de pébrine.

La transmission d'une génération à l'autre se fait uniquement par l'intermédiaire de l'œuf pondu par les papillons atteints de pébrine (50). On parle de transmission transovariale, c'est-à-dire que les graines émises par des papillons infectés sont contaminées dans l'appareil reproducteur. Si la contamination est importante les graines meurent avant l'éclosion. C'est donc la seule pathologie qui se transmet in ovo.

### 3) Symptômes

#### a) Œufs pondus par les femelles malades

Les œufs pondus par les femelles malades sont peu nombreux et leur pourcentage d'éclosion est faible et irrégulier. Ils sont posés en tas et nombreux sont ceux qui ne sont pas fécondés, ou morts. Ils sont petits et de poids inférieur à la normale (9).

#### b) Larves

De façon générale, la maladie évolue plus rapidement chez les jeunes larves que chez les vers adultes. Les larves malades présentent de l'inappétence, une croissance irrégulière, une teinte pâle, des mues irrégulières. Elles ont la tête pendante. Du fait de l'anorexie, les larves rétrécissent pour finalement mourir. La mort de la larve résulte de la dissociation mécanique des tissus et de la perte de nutriments au sein des cellules envahies par les schizontes.

Le symptôme caractéristique de cette affection est la tache noirâtre proéminente que l'on retrouve, tardivement, sur le corps de la chenille (photo 29). Cette pigmentation du corps du ver n'est d'abord qu'une teinte jaunâtre obscurcissant légèrement la transparence hyaline des tissus. Puis, cette teinte fonce et devient légèrement brunâtre ; plus tard, le brun domine de plus en plus, et bientôt toute transparence disparaît. On observe autour de la tâche noirâtre une auréole jaunâtre annonçant l'invasion des tissus voisins. En effet, la tâche s'étend peu à peu, envahit et désorganise tout ce qui l'entoure jusqu'au moment où les progrès sont arrêtés soit par la mort de l'insecte, soit par une mue. À chacune des mues, le ver malade dépose ses téguments tachés et reparaît avec une apparence de santé, mais au bout de deux ou trois jours la nouvelle peau est atteinte comme la première.

Photo 29 : Tâche caractéristique d'un ver atteint de pébrine (75)



Le cocon, éventuellement filé par les larves malades, est médiocre (9).

#### c) Pupes

Des tâches noires apparaissent près des rudiments d'ailes et sur l'abdomen. Les pupes gravement atteintes n'achèvent pas leur métamorphose en adulte (9).

#### d) Papillons

Ils sont peu actifs, la ponte des femelles est irrégulière et peu importante. Les ailes des papillons malades sont déformées et leurs antennes sont tordues. On peut éventuellement noter des tâches noires sur l'abdomen et sur les ailes. Les papillons perdent les écailles adhérentes aux ailes (9).

Les lobules des trachées et du tissu graisseux sont durcis, hypertrophiés et présentent l'aspect de masses cancéreuses. Cela est plus particulièrement vrai autour des orifices de l'intestin et de l'ovaire (22).

### 4) Diagnostic

#### a) Examen des jeunes larves et des oeufs

On utilise des œufs ou des larves toutes jeunes que l'on broie et auxquelles on ajoute quelques gouttes d'une solution de potasse à 2%. L'ensemble est centrifugé pendant deux minutes. L'examen porte sur le culot de centrifugation. Si on identifie des spores au microscope, les larves nouvellement écloses sont détruites (9).

#### b) Examens des larves mortes, des pupes, des exuvies ou des matières fécales

Ce test porte sur les larves ayant des mues tardives, les exuvies, les larves mortes, les matières fécales ou les pupes. L'examen se déroule comme pour celui des œufs sauf pour les matières fécales. Dans ce cas, on mélange les excréments à de l'acide chlorhydrique, puis ils sont coagulés par ajout d'alcool à 98%. Après centrifugation, on examine le culot pour identifier d'éventuellement spores (9).

### c) Examen de la poussière des magnaneries

La poussière recueillie dans la chambre d'élevage est mise dans une solution de potasse à 0,1 ou 0,2% ou dans une solution de carbonate de potassium à 0,5%. Ce mélange est homogénéisé pendant 3 à 5 minutes puis filtré sur du coton. Le filtrat obtenu est centrifugé et le culot de centrifugation est examiné au microscope (9).

### d) Test de l'émergence forcée

Certains cocons au sein d'un lot sont exposés à une température de 32°C en vue de faciliter l'émergence. Les papillons qui sortent les premiers sont examinés et toute trace de pébrine entraîne l'élimination de tout le lot (9).

### e) Recherche des papillons femelles atteints

On prélève le thorax et l'abdomen de papillons femelles, on homogénéise le prélèvement dans 2 ml d'une solution de potasse à 2%. On dépose sur une lame une goutte de mélange à laquelle on ajoute une goutte de solution de carbonate de potassium à 10%, pour dissoudre les globules gras, et une goutte d'encre de Chine pour permettre une observation sur fond noir. Les pontes issues de femelles malades sont détruites (51).

## 5) Moyens de lutte

La transmission de la pébrine au ver à soie se faisant selon deux modes, par voie orale et par voie transovarienne, les moyens de lutte consistent donc d'une part à prévenir toute source de contamination extérieure des vers par une hygiène stricte des chambres d'élevage, du matériel et du personnel et, d'autre part, à s'assurer que les graines produites sont bien indemnes de pébrine (8).

### a) Mesures d'hygiène

Les mesures d'hygiène sont les suivantes :

- Désinfection des locaux de conservation et d'incubation des graines, d'élevage des vers d'encabanage, de reproduction etc. ainsi que de tout le matériel au moyen d'une solution à base de formol, de formaldéhyde, de chlorure de chaux ou d'hypochlorite de sodium (8). Le formol est utilisé sous forme d'une solution aqueuse de formaldéhyde (35 à 38% dans le commerce). Cette solution a une action fongicide, bactéricide et détruit les spores de *Nosema bombycis*. Son pouvoir désinfectant diminue lorsque la température est inférieure à 20°C. Elle est utilisée en spray ou en fumigations mais il convient de prendre garde à son action irritante sur les muqueuses. L'hypochlorite de sodium (eau de javel) est employé pour le lavage des locaux et du matériel (9).
- Hygiène personnelle des manipulateurs, qui constituent un risque important d'apport des spores du milieu extérieur : lavage des mains, port de vêtements et de chaussures exclusivement réservés à la chambre d'élevage, régulièrement désinfectés.
- Hygiène du lit d'élevage des vers en respectant les dates recommandées de nettoyage.

- Désinfection des œufs avant l'incubation au moyen d'une solution de formol à 2%, dans laquelle on trempe les œufs pendant 10 minutes. Ceci permet de stériliser la surface des œufs qui peut être souillée par des spores qui contamineront les vers nouvellement éclos (8).

La prévention de la pébrine passe par une bonne technique d'élevage. L'entrée de la chambre d'élevage doit être réservée à un petit nombre de personnes. Le sol est nettoyé à l'aide d'une solution de formol à 2%. Les larves mortes sont détruites et les malades isolés dans un local désinfecté à l'aide d'une solution de formol. Un récipient spécial doit être réservé à la collecte des litières usagées et être désinfecté régulièrement. Il faut éviter de répandre la litière sur le sol qui doit être lisse, sans trou ni fissure. Les plateaux ayant transportés les larves malades doivent être désinfectés. Les différents locaux doivent être séparés les uns des autres. Il faut éviter l'expansion de la maladie à d'autres élevages, pour cela, il convient de ne pas prêter le matériel d'élevage (32).

Outre ces techniques purement prophylactiques, d'autres méthodes sont mises en œuvre pour s'assurer que les graines produites sont bien indemnes de pébrine, grâce à une série de tests (8).

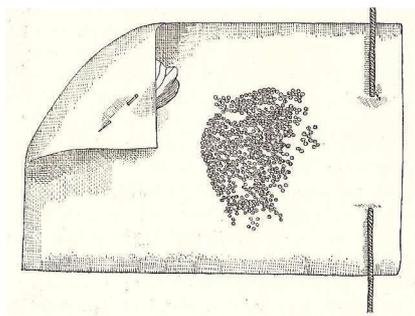
#### b) Grainage cellulaire

Il n'existe pas de méthode efficace curative de lutte contre la pébrine, par contre, il est facile d'éviter la maladie grâce au grainage cellulaire.

C'est à Pasteur que revient le mérite d'avoir mis au point la méthode de sélection des reproducteurs par grainage cellulaire. Le principe de la méthode repose sur l'isolement des femelles et de leur ponte et sur l'élimination de toutes les pontes dont les femelles présentent les signes d'infection à l'examen microscopique. L'examen des femelles peut être fait longtemps après leur mort : il suffit de broyer le corps desséché des femelles dans un mortier avec un peu d'eau ou de potasse à 2%, d'examiner au microscope, entre lame et lamelle, une goutte de liquide de broyage. La présence de corpuscules, à l'examen microscopique, témoigne de la contamination des femelles par la pébrine et entraîne la destruction automatique des œufs issus de sa ponte. L'examen des femelles seules suffit pour déterminer si la ponte est saine ou contaminée, le mâle ayant un pouvoir quasi nul dans la contamination de la graine (50). D'après Acqua, il ne serait pas nécessaire de prendre le corps entier des papillons femelles, mais de limiter l'examen microscopique à celui d'un fragment d'aile. Il a été démontré que les résultats de cet examen concordent avec ceux de la méthode pastorienne. Cette méthode ne fut que peu employée car fortement décriée en dépit de ses bons résultats (1).

Pour réaliser la méthode pastorienne, selon le procédé original de Pasteur, il faut tendre d'un mur à l'autre des ficelles passées dans des rangées de petits morceaux de toile. Dans une pièce voisine, on dispose verticalement les filanes des cocons que l'on destine au grainage. Il faut compter 100 carrés de tissu pour une once. On laisse l'accouplement se faire. On porte séparément tous les couples sur les linges et on les désaccouple en jetant le mâle. Après la ponte, les femelles vivantes sont épinglées par leurs ailes sur le carré de tissu pour que le papillon ne puisse voyager (figure 26). On réunit ensuite les extrémités de chaque ficelle et, à temps perdu, pendant l'automne ou l'hiver, on examine au microscope chacune des femelles, en rejetant au fur et à mesure, les pontes de toutes celles qui montrent des corpuscules. Dans beaucoup d'établissements de grainage, on utilise, au lieu de carrés de toile, des sachets de tarlatane ou de papier perforé. Les couples sont enfermés dans ces sachets (50).

Figure 26 : Ponte sur toile avec femelle épinglée dans un des côtés (d'après Pasteur) (50)



De nos jours, on a toujours recours à l'examen individuel selon la méthode pastorienne. Cet examen est obligatoire lorsque les œufs sont destinés à la reproduction. Chaque papillon portant le même numéro que sa ponte est broyé dans un mortier avec un pilon, ou dans une machine conçue à cet effet. Chaque femelle trouvée infectée voit sa ponte écartée (9). Lors de production industrielle d'œufs à grande échelle, on a recours à un examen de masse. Les graines industrielles sont toujours préparées en grande quantité, et un testage de tous les papillons est laborieux et prend beaucoup de temps. Par conséquent une méthode d'échantillonnage systématique a été mise au point pour améliorer l'efficacité, la simplicité et la standardisation de la technique. Les normes sont données dans le tableau 8. Les échantillons de femelles sont collectés en fonction du nombre de femelles présentes dans le lot. Si le nombre de femelles dépasse 700, un deuxième échantillon est collecté. Les femelles sont testées, et si elles sont exemptes de pébrine, tous les œufs sont qualifiés pour l'élevage. Si le nombre de broyats pébrinés est inférieur au nombre indiqué dans le tableau, le deuxième échantillon est testé. Tous les œufs sont rejetés si le nombre total de broyats infectés est supérieur au nombre donné dans la dernière colonne. En adoptant cette méthode d'échantillonnage, 99,5% des lots contaminés par la pébrine à une incidence de 0,5% et 100% des lots contaminés à une incidence de plus 0,8% peuvent être détectés et exclus de la production (32).

Tableau 8 : Echantillonnage pour l'inspection de masse des femelles (32)

Nombre de femelles dans le lot	Première inspection		Seconde inspection		Nombre total max. de broyats pébrinés avant rejet des oeufs
	Nombre de femelles à inspecter	Nombre max. de broyats pébrinés avant rejet des oeufs	Nombre de femelles à inspecter	Nombre max. de broyats pébrinés avant rejet des oeufs	
390 ou moins	Toutes	1	-	-	1
391-500	390	1	-	-	1
501-600	450	1	-	-	1
601-700	480	1	-	-	1
701-800	565	2	105	2	2
801-1000	620	2	130	2	2
1001-2000	755	2	195	2	2
2001-3000	865	3	500	3	3
3001-4000	915	4	815	4	4
4001-6000	955	5	1140	5	5
6001-10 000	990	6	1500	6	6
10 001-30 000	1030	6	1620	6	6
30 001 et plus	1060	6	1730	6	6

## B) Une mycose : la muscardine blanche

Il existe plusieurs types de muscardines dont les agents pathogènes sont parfaitement connus : *Beauveria bassiana*, *Methahizium anisopliae*, *Nomurae rileyi*, *Spicaria prasina*... L'agent pathogène, le plus important et le plus fréquemment rencontré, est *Beauveria bassiana*. Il est responsable de la muscardine blanche, seule muscardine que nous étudierons.

La muscardine blanche du ver à soie est une des maladies les plus faciles à reconnaître : les cadavres de vers muscardinés se transforment rapidement en momies blanches qui durcissent sans se décomposer. Les vers prennent alors l'aspect de dragées dont la dénomination en langue provençale ou languedocienne (muscardin) a servi à désigner la maladie.

### 1) Agent pathogène

Jusqu'en 1835, on croyait que la muscardine n'était pas une maladie contagieuse et qu'elle avait pour cause les facteurs les plus divers comme un problème d'atmosphère (la touffe) pour Boissier des Sauvages, ou encore une négligence dans l'entretien et la propreté des magnaneries, dans la distribution des feuilles ou dans les moyens de renouveler l'air pour Nysten.

Dandolo déclara en 1818 que la muscardine résultait de conditions physiologiques anormales. L'efflorescence blanche qui se développe sur le cadavre serait, d'après lui d'origine minérale (50).

C'est à Bassi de Lodi que revient le mérite d'avoir mis en évidence le caractère contagieux de la muscardine et d'avoir démontré que la maladie est causée par un champignon se multipliant dans le corps même du ver à soie. Le champignon a été décrit par Balsamo qui lui donna le nom de *Botryis bassiana*.

Audouin démontra, au cours de ses expériences, que l'efflorescence blanche qui recouvre les vers muscardinés peut reproduire la maladie lorsqu'elle est inoculée dans la cavité générale de vers à soie normaux. Il montra que les vers peuvent contracter cette maladie à tous ses stades de développement, qu'une certaine humidité était nécessaire pour assurer le développement de l'efflorescence blanche et que celle-ci n'apparaît qu'après la mort de l'insecte (4).

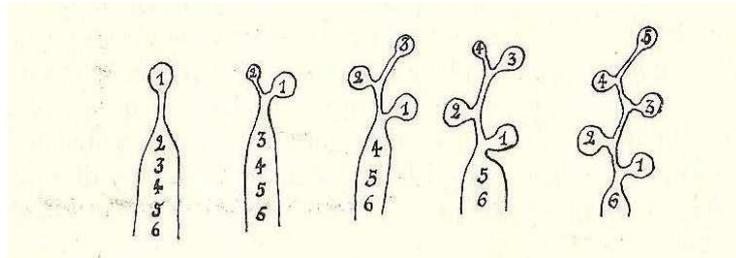
Johanys, en 1839, montra que le champignon de la muscardine peut se multiplier sur milieu organique non vivant d'où l'apparition soudaine, sans cause apparente, de la maladie dans les magnaneries (30).

En 1911, Beauverie, étudiant le champignon de la muscardine, comparativement avec une autre espèce voisine également rencontrée chez le ver à soie, montra que les deux espèces possédaient des caractères communs. Il créa à leur intention un nouveau groupe : les Hyphomycètes. Peu après, Vuillemin, qui s'était occupé de modifier la classification des Hyphomycètes, créa le genre *Beauveria* dont l'espèce *bassiana* devenait le type.

La muscardine blanche est donc due à un champignon du nom de *Beauveria bassiana*.

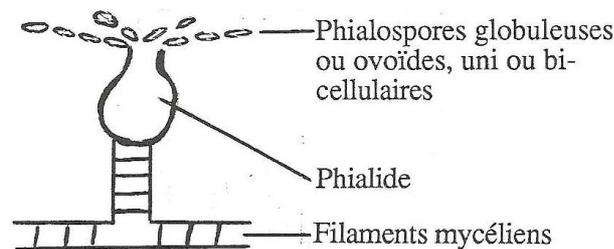
Le genre *Beauveria* se caractérise par la formation sympodique de conidies à l'extrémité de filaments mycéliens différenciés dont la forme en flacon est très caractéristique, d'où le nom de phialide par lequel on désigne ces filaments conidifères. La formation des conidies se fait selon un mode basipète représenté par la figure 27. Le *Beauveria bassiana* se cultive bien sur les pommes de terres, les carottes, le moût de bière et sur milieu sucré de Sabouraud.

Figure 27 : Mode de formation sympodique des conidies de *Beauveria bassiana* (50)



Il est facile de suivre sous le microscope toutes les phases de son développement. La conidie bourgeonne en poussant des prolongements en tous sens. Il se forme ainsi un lacs de filaments enchevêtrés qui forme un feutrage plus ou moins épais auquel on donne le nom de thalle. Lorsque le milieu nutritif est épuisé, les filaments conidifères ou phialides apparaissent. A leur extrémité se forment les phialospores (figure 28). L'ensemble phialides et phialospores forme le sclérote (50).

Figure 28 : Représentation schématique des Céphalosporiées (sous-famille de *Beauveria bassiana*) (24)



*Beauveria bassiana* est un hyphomycète saprophyte des végétaux ; ses spores sont peu résistantes contrairement aux sclérotés que l'on retrouve dans le corps des larves mortes et momifiées. Le sclérote représente la forme de survie du champignon pendant plusieurs mois (9).

La contamination du ver par le champignon s'effectue par pénétration des filaments mycéliens (hyphes) dans la couche chitineuse du ver grâce à l'action dissolvante d'une diastase. Le champignon détruit l'hypoderme de l'insecte. Trois jours après avoir pénétré dans l'organisme du ver, le champignon se multiplie dans l'hémolymphe sous forme de filaments courts. A mesure que la maladie évolue, le volume sanguin diminue et les globules sanguins sont progressivement détruits. En même temps, l'acidité du milieu sanguin diminue et se rapproche de la neutralité ; des cristaux se forment. La circulation se ralentit, puis s'arrête et la consistance du corps devient pâteuse. Après la mort, il prend une teinte rouge vineuse et durcit de plus en plus. 24 à 48 heures après la mort, le cadavre se recouvre d'un feutrage blanc qui prend ensuite un aspect farineux après la formation des conidies. En même temps, il apparaît une inflorescence blanche de nature cristalline (50).

## 2) Epidémiologie

Tous les stades larvaires sont réceptifs mais la maladie apparaît plus souvent au moment de la quatrième mue.

Il existe deux modes de transmission de la maladie : la transmission d'individu à individu et la transmission de génération en génération.

### a) Transmission d'individu à individu

La transmission d'individu à individu peut avoir lieu soit par la voie cutanée, par passage de conidies d'un ver à soie atteint à un sain, soit par la voie digestive. Les vers se contaminent par voie orale en ingérant des feuilles de mûrier souillées par des spores de muscardine. Les conidies germent en 6 à 8 heures (9).

Certaines conditions extérieures peuvent faciliter ou rendre plus difficile la contamination des vers. En 1927, Arnaud a montré que l'infection des vers était facilitée par un séjour de quelques heures en atmosphère humide au début de la contamination ; la vapeur d'eau favorise vraisemblablement la germination des conidies. Au contraire, lorsque le séjour se prolonge plus de vingt-quatre heures, l'infection serait retardée (3).

### b) Transmission de la maladie de génération en génération

Les conidies de *Beauveria bassiana* ayant souillé les poussières de la magnanerie sont suffisamment résistantes dans l'environnement pour déclencher une nouvelle épidémie l'année suivante. Lambert a montré que les conidies conservées à l'air sec ne perdent leur vitalité qu'au bout de trois ans environ ; en atmosphère humide, cette durée est considérablement réduite.

De nombreux spécialistes se sont demandés si la muscardine était transmissible par l'intermédiaire de l'œuf. Depuis longtemps, on sait que les papillons peuvent être atteints de la muscardine par contamination par le milieu ambiant souillé de conidies. Vittadini a montré que les processus infectieux étaient plus rapides chez le papillon que chez la chenille. Les conidies, d'après lui, ne pourraient pas contaminer l'intérieur de l'œuf mais elles en souilleraient sa surface, si bien que les chenilles, en sortant de cet œuf souillé, se contamineraient en naissant. On admet aujourd'hui que le rôle des conidies adhérentes sur l'œuf, dans la transmission de la maladie, est réduit et que les conséquences pratiques peuvent être considérées comme nulles (50).

## 3) Symptômes

Les symptômes apparaissent selon une chronologie bien précise.

Douze à quatorze heures après l'infection, les larves présentent une diminution de la prise alimentaire. Puis elles sont totalement inactives et souvent courbées. Le corps du ver devient de plus en plus pâteux à la palpation et prend progressivement une teinte rosée. Les jeunes larves contaminées meurent en 2 à 3 jours alors que les plus âgées décèdent en 3 à 7 jours. La durée d'évolution de la maladie varie selon la température et la quantité de spores formées.

Huit heures après la mort, on observe une compression latérale du corps et une réduction marquée de la quantité de fluide corporel. La peau devient fragile.

Seize à dix huit heures après la mort, des taches blanches apparaissent autour de chaque partie intersegmentaire. La compression latérale s'accroît.

Vingt quatre heures après la mort, les taches s'étendent à tout le corps, l'hémolymphe s'échappe rendant le ver à soie moite. Puis le corps se recouvre d'une fine poussière blanche. Cette fine poudre blanche est constituée de mycéliums, de filaments conidiophores, de conidies en grand nombre et de cristaux d'oxalate de magnésium et d'ammonium (photo 31). Puis les larves rétrécissent, s'incurvent et durcissent, comme momifiées. (photo 30)

Les mêmes symptômes s'observent sur les chrysalides (9).

Photo 30 : Larves mortes atteintes de *Beauveria bassiana* (74)



Photo 31 : Inflorescence blanche liée à *Beauveria bassiana* (74)



#### 4) Moyens de lutte

On ne peut espérer enrayer la maladie lorsque le champignon de la muscardine est parvenu dans la cavité générale, mais on peut la prévenir en empêchant la production de germes de propagation ou en les détruisant où ils se trouvent.

##### a) Mesures à prendre en cours d'éducation

Lorsque la muscardine se manifeste en cours d'éducation, les vers malades doivent être enlevés et brûlés avant l'apparition des conidies ; nous avons vu précédemment que celles-ci se formaient 24 à 48 heures après la mort de l'insecte. La difficulté consiste à dépister les vers muscardinés avant l'apparition du feutrage blanc caractéristique. Pour se faire, il faut déliter fréquemment en employant le papier perforé ; les vers malades sont

incapables de passer au travers des papiers perforés, ils restent sur les litières. Par ce moyen, on opère une véritable séparation mécanique des vers sains et malades. Les litières et les vers malades sont ensuite brûlés.

Pendant longtemps, on a recommandé de brûler du soufre dans les magnaneries où régnaient des épidémies de muscardine. La dose efficace diverge d'un spécialiste à l'autre. D'après Vittadini, les conidies sont détruites en trente minutes dans une chambre où l'on a fait brûler du soufre à la dose de 100 grammes par mètre cube. A cette dose, les vers souffrent gravement de la présence du gaz sulfureux en 5 minutes. En dessous de cette dose, il est nécessaire de répéter l'intervention plusieurs jours consécutifs. Selon Vernon, il faut brûler 7 grammes de soufre par mètre cube pour détruire les conidies ; or, à cette dose, l'air est irrespirable. Dans les deux cas, le recours aux fumigations de soufre est à proscrire comme moyen de lutte efficace contre la muscardine (50).

On peut utiliser le formol à 0,7% à 27°C ou à 1% à 21°C sous forme de bain dans lequel on trempe les larves pendant 30 secondes à 1 minute, ou sous forme de pulvérisations. Sur les larves très jeunes, on emploie de préférence une solution à 0,3 ou 0,5% dont on imbibe des tampons de ouate que l'on place dans les coins de la boîte d'élevage.

On peut avoir recours à un mélange de son de riz et d'une solution de formol à 0,4 ou 0,8% (selon l'âge des larves). Pour se faire, on saupoudre le plateau d'élevage à l'aide de ce mélange, une fois par jour pendant deux jours. Cette méthode est la plus efficace entre le deuxième et le cinquième stade larvaire. On peut utiliser ce mélange juste après le repas suivant la mue pour désinfecter les plateaux. Ces plateaux sont ensuite recouverts de papier journal durant 30 minutes avant de nourrir les larves. Il convient également de stériliser les pontes à l'aide d'une solution de formol à 1 ou 2% (9).

En Italie, on préconise l'emploi du lysoform, produit commercial qui dégage lentement des vapeurs de formaldéhyde. A la dose de 3%, le lysoform est sans danger pour les vers et agit sur l'agent pathogène de la muscardine et contre les bactéries intestinales jouant un rôle dans la flacherie. Il permet également la désinfection des locaux et la désinfection partielle de la nourriture.

#### b) Désinfection des locaux et du matériel d'élevage

Depuis très longtemps, on recommande l'emploi des fumigations de gaz sulfureux pour la désinfection des magnaneries pendant le repos hivernal. Pour que l'action de ce gaz soit suffisante, il est indispensable de le faire agir en présence de vapeur d'eau. Il faut donc faire évaporer de l'eau pendant que l'on fait brûler le soufre à raison de 100 grammes d'eau pour 300 grammes de soufre brûlé. La dose de soufre classiquement utilisée est de 4 à 6 kg de soufre par 100 mètres cubes pour les magnaneries individuelles et de 14 kg dans les locaux d'habitation. La fumigation doit durer 24 heures au moins en s'assurant de la bonne fermeture de tous les orifices.

On peut utiliser une solution de sulfate de cuivre à 5% pour désinfecter les magnaneries. A la sortie de l'hiver, on pulvérise la solution sur les parois des locaux à désinfecter et sur le matériel d'élevage à l'aide d'un pulvérisateur à dos. Malheureusement, le sulfate de cuivre mouille mal les poussières et pénètre difficilement les interstices où se logent les conidies ; ce qui en fait un produit peu recommandé.

Le produit de choix est le formaldéhyde sous forme de vapeurs. Il s'utilise à la dose de 4 grammes de formaldéhyde par mètre cube. Plus la température de la chambre est élevée,

plus l'action du formaldéhyde est rapide et efficace ; il est donc préférable de chauffer les locaux avant de faire agir le désinfectant. L'humidité est un facteur favorisant l'action microbicide du formaldéhyde ; en conséquence, pour obtenir le maximum d'effet, il est nécessaire de faire évaporer de l'eau en même temps que se dégagent les vapeurs de formaldéhyde. La durée de contact nécessaire est de sept heures en moyenne.

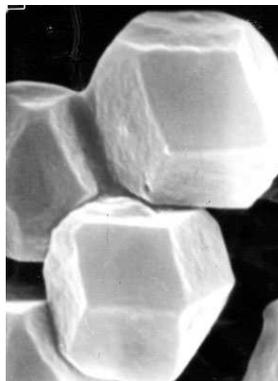
Pratiquement, l'aldogène se présente en boîtes métalliques renfermant dans un sac le paraformaldéhyde et dans l'autre l'hypochlorite. Pour s'en servir, on vide dans la boîte le contenu des deux sacs en papier paraffiné en commençant par le chlorure de chaux. On mélange bien avec une baguette de bois, on rajoute de l'eau en quantité suffisante pour remplir ou presque la boîte et on continue l'agitation pour déclencher la réaction. Le gros point noir de cette méthode en est le coût. D'après Besson et Ehringer, la désinfection revient à 15 francs par mètre cubes. Pour en limiter le coût, on peut se contenter de faire évaporer à chaud la solution de formol du commerce, en chauffant la solution à l'aide d'une lampe à alcool, à raison de 10 centimètres cubes de solution par mètre cube (50).

### **C) Deux maladies virales : la grasserie et la polyhédrose cytoplasmique**

#### 1) La grasserie ou polyhédrose nucléaire

La grasserie est une maladie du vers à soie caractérisée par la présence de corpuscules hexaédriques dans les cellules contaminées (photo 32).

Photo 32 : Corpuscules hexahédriques (74)



C'est une maladie très contagieuse : à partir d'une quantité infinitésimale de produit virulent, on peut créer des épidémies qui se propagent d'elles-mêmes.

La maladie est due au virus de la polyhédrose nucléaire du *Bombyx mori*.

#### a) Agent pathogène et facteurs favorisants

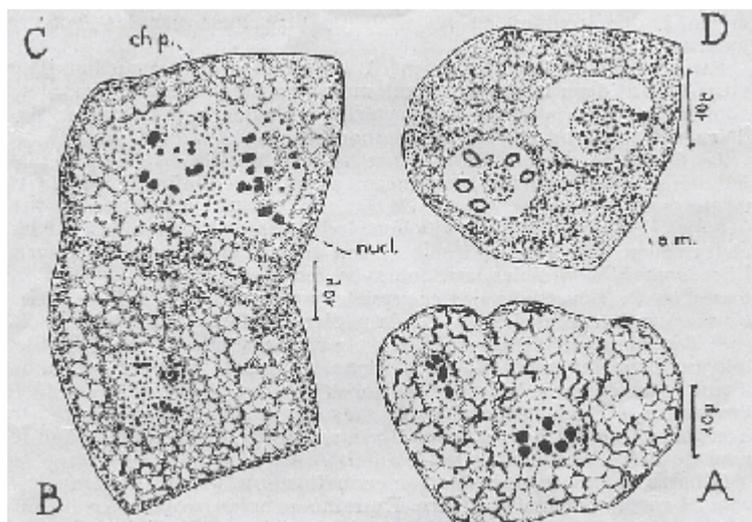
Cette maladie a été identifiée pour la première fois en 1527 (9). Dès 1907, Prowazek émet l'hypothèse d'une étiologie virale. Ayant filtré plusieurs fois sur papier une émulsion obtenue par broyage de ver malade dans de l'eau physiologique, puis centrifugé, il constata que la partie claire surnageante, qui ne renferme pas de corpuscule, est néanmoins très virulente pour le ver à soie. De ces expériences, l'auteur allemand conclut que l'agent pathogène de la grasserie est en suspension dans les liquides, comme l'hémolymphe, et que

les dimensions de cet agent sont inférieures à celles des bactéries ordinaires puisqu'il peut passer à travers les filtres bactériens et qu'il est non visible au microscope. Les expériences de filtration et de centrifugation ont démontré l'existence, dans le plasma sanguin des vers à soie atteints de grasserie, d'un virus susceptible de reproduire la même maladie avec tous ses processus morbides lorsqu'il est introduit dans la cavité générale de vers sains.

En 1930, l'examen sur fond noir avec des oculaires à fort grossissement de plasma de vers contaminés permet de mettre en évidence de minuscules granules, faiblement éclairés, animés de mouvements vibratoires : les virions. Ces mêmes virions se retrouvent dans l'hémolymphe des vers en début d'infection avant la formation des corpuscules polyédriques. Ils mesurent moins de  $100\mu$ .

Dans l'hémolymphe des vers infectés par injection de matière virulente, moins de 24 heures après l'inoculation, on y rencontre des virions. Deux jours après l'inoculation, on observe les virions à l'intérieur des noyaux de certaines cellules sanguines. Le troisième jour, les cellules sanguines sont en cours de dégradation. C'est l'altération de la substance nucléaire qui est à l'origine de la formation des corpuscules hexaédriques caractéristiques de la maladie. Le même processus s'opère dans les autres cellules de l'insecte comme représenté en figure 29, dans une cellule adipeuse. En A, la cellule adipeuse est normale. Elle présente un chondriome filamenteux et un noyau avec des grains de chromatine uniformément répartis et des nucléoles. En B, c'est le début de l'altération : le chondriome et les nucléoles présentent de nombreux grains. En C, le noyau s'hypertrophie. Il apparaît des espaces clairs dépourvus de chromatine autour de magmas nucléolaires irréguliers (nucl.) et, à un pôle, on observe une masse de chromatine poussiéreuse (ch. p.). En D, le cytoplasme de la cellule est plus dense, moins vacuolaire. Le noyau est centré et sous forme d'un amas de chromatine poussiéreuse mouchetée de débris nucléolaires fuchsinophiles. L'anneau miroitant (a.m.) est une zone périphérique du noyau en apparence vide présentant à l'état frais, « en fond noir », un mouvement vibratoire caractéristique dû à l'agitation des particules brillantes du virus, visibles aux plus forts grossissements. Dans la deuxième cellule, les polyèdres sont apparus dans cet anneau, d'abord minuscules et légèrement teintés par les colorants nucléaires (50). Ces polyèdres possèdent une enzyme protéique, activée en milieu alcalin. Cette enzyme dégrade les protéines structurales majeures du ver à soie en protéines de poids moléculaire inférieur. C'est cette dernière qui serait responsable des lésions observées au cours de l'évolution de la grasserie (45).

Figure 29 : Lésions des cellules adipeuses atteintes de grasserie (50)



Par ses caractères pathogéniques et étiologiques, la grasserie est une maladie due au virus de la polyhédrose nucléaire du *Bombyx mori*. Ce virus fait partie de la famille des baculovirus, famille la plus fréquemment rencontrée dans les maladies des vers à soie, et de la sous-famille des Eubaculovirinae (35). Les baculovirus sont des virus en forme de bâtonnet mesurant en moyenne  $35\mu\text{m} \pm 3\mu\text{m}$  de large sur  $300\mu\text{m} \pm 4\mu\text{m}$  de long, constitué d'ADN bicaténaire, circulaire (9). Les virions sont constitués d'un corps central formant une nucléocapside entouré d'une enveloppe trilamellaire (35).

Une des caractéristiques les plus importantes du virus de la polyhédrose nucléaire du *Bombyx mori* est son affinité pour la cellule vivante, en mitose de préférence. Dans la grasserie, c'est à la sortie des mues que les vers malades sont les plus nombreux. D'après la durée d'évolution normale de la maladie, l'origine de l'infection remonte à la mue précédente. On sait que la mue est caractérisée par une multiplication active des cellules de certains tissus ; les mitoses sont particulièrement abondantes dans l'hypoderme, le tissu adipeux, le sang. Or, ces différents tissus sont précisément ceux pour lesquels l'affinité du virus est la plus grande. Un autre caractère commun aux baculovirus de la sous-famille des Eubaculovirinae est l'existence d'inclusions cellulaires caractéristiques dans les éléments infestés. Leurs caractères morphologiques sont des plus constants. Chez le ver à soie, ces inclusions sont de forme hexaédrique.

Ces virus sont toujours beaucoup plus résistants que les bactéries à l'action des agents extérieurs. Ils sont adsorbés par certaines substances. Dans le cas de la grasserie, le virus est adsorbé par les corpuscules hexaédriques et ne peut en être séparé par lavages (50).

La grasserie est une pathologie influencée par les facteurs environnementaux, comme l'a montré Matsubara, en 1984. Ce dernier a soumis des larves de 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> âges soit à des températures basses (5°C et 10°C), soit à des températures élevées (33, 35 et 37°C), cela pendant des durées variables. La sensibilité des larves augmente à la suite d'une exposition à très basse (5°C) ou très haute température (37°C). Le quatrième stade larvaire est plus rapidement sensible à une température de 5°C que le cinquième stade larvaire. Lorsque l'exposition dure 12 à 24 heures, la sensibilité des deux stades est identique. Les hautes températures doivent être appliquées pendant au moins 12 heures pour accroître la mortalité des larves. Ces résultats montrent l'importance qu'il faut accorder au maintien d'une température correcte dans les chambrées d'élevage (41).

## b) Epidémiologie

### b.1) Transmission de la maladie d'individu à individu

La transmission de la maladie d'individu à individu peut se faire par ingestion des corpuscules hexaédriques, renfermant les virions responsables de la maladie, ou par contact direct de plaie à plaie, par l'intermédiaire de l'hémolymphe. Lorsqu'on inocule des vers à soie avec de l'hémolymphe de vers malades, tous contractent la maladie. Lorsque la larve ingère des corpuscules hexaédriques, ces derniers sont dissous par le suc intestinal du ver ; les virions sont alors libérés puis pénètrent dans les cellules intestinales par endocytose. Après leur passage dans l'épithélium intestinal, ces virus infectent les hémocytes et les tissus adipeux de leur hôte où ils se multiplient (38).

La température influence l'évolution de la maladie. Plus la température est élevée, plus les vers développent la grasserie. Ainsi, à une température de 25°C, après inoculation de la maladie avec de l'hémolymphe de ver infecté, tous les vers inoculés sont atteints de grasserie avancée 6 jours après l'inoculation. Un même lot de vers, placé à une température de 16 à 17°C, ne présente aucun symptôme 15 jours après l'inoculation. Les mêmes constatations ont

été observées dans les élevages.

La contagion est assurée par le virus mis en liberté avec l'hémolymphe qui s'écoule des vers malades à la suite de blessures de l'épiderme. L'épiderme des vers atteints est très fragile et peut même, dans les stades les plus avancés se déchirer spontanément. Il faut donc débarrasser les claies d'élevage de tous les vers malades, principalement à la sortie des mues et les détruire immédiatement soit en les jetant au feu, soit en les immergeant dans un liquide antiseptique. Le délitage manuel est à proscrire pour éviter de léser les vers contaminés et ainsi multiplier les risques d'infection (50).

#### b.2) Transmission de la grasserie de génération à génération

La question de la transmission de la grasserie d'une génération à la suivante a été l'occasion de controverses très vives. On admet que les épidémies massives se manifestant dans certaines éducations ont pour origine le virus de l'année précédente. Y a-t-il conservation du virus dans les poussières de magnanerie ou passage de ce dernier dans l'œuf ? La démonstration du passage du virus dans l'œuf a été réalisée expérimentalement en inoculant des femelles papillonnes avec une goutte d'hémolymphe de ver atteint, mais il n'a pas été possible de réaliser expérimentalement le cycle complet de l'évolution du virus d'une année sur l'autre. Néanmoins, la possibilité d'une transmission d'une génération à l'autre de la grasserie, par l'intermédiaire de l'œuf, ne fait aucun doute.

Si cette transmission est indéniable, il n'en reste pas moins que dans beaucoup de cas, le virus existant dans les poussières de magnanerie suffit pour engendrer la maladie et déclencher des épidémies (50).

#### c) Symptômes

Les symptômes externes de la maladie ne sont bien apparents que peu de temps avant la mort de l'animal. L'appétit des larves diminue, leur peau devient flasque, moins tendue, luisante. On peut observer sur la peau la présence de tâches jaunes plus ou moins étendues chez les vers à soie de race colorée. Cette dernière se déchire très facilement et laisse sourdre un sang laiteux qui souille les feuilles de mûriers sur lesquels les vers se déplacent. Le trouble laiteux a pour cause la présence, dans l'hémolymphe, d'innombrables corpuscules réfringents de forme hexaédrique, mesurant en moyenne  $5\mu$  de diamètre. Leur présence dans l'hémolymphe est le signe le plus caractéristique de la maladie.

Le corps apparaît gonflé et présente quelque ressemblance avec celui des vers normaux après la mue (photo 33). La larve prend l'aspect d'une tige de bambou et semble agité, « impatiente », elle tourne en rond.

L'infection peut empêcher la mue. Après la mort, les cadavres noircissent rapidement (9, 50).

Photo 33 : Ver à soie atteint de grasserie (76)



#### d) Moyen de lutte

La qualité de la graine est toujours fonction de celle des reproducteurs et de celle des vers dont ils tirent leur origine. Une éducation indemne de grasserie doit donner naissance à des reproducteurs dont la graine sera parfaitement saine. La surveillance des éducations de reproduction est donc le point central de la lutte contre la grasserie. Cette surveillance doit s'exercer pendant tout le cours de l'élevage, mais principalement à la sortie des mues, c'est-à-dire au moment où les vers atteints sont les plus nombreux. Dans ce but, ont été préconisées les mesures suivantes :

- obligation de déclarer les éducations dont les cocons sont destinés au grainage.
- obligation pour les éleveurs dont les éducations sont faites en vue de la reproduction de se soumettre aux prescriptions d'un règlement sur les conditions d'élevage et d'hygiène les plus essentielles à appliquer.
- contrôle de toutes ces éducations au premier stade, par les agents assermentés de l'Union syndicale des graineurs.
- contrôle par sondage au deuxième degré, par les contrôleurs de l'Etat.
- contrôle au troisième degré des contrôleurs de l'Etat et des contrôleurs de l'Union syndicale des graineurs, par le Directeur de la station expérimentale de Draguignan.
- remise aux éleveurs, dont les éducations ont donné satisfaction au contrôle, d'un bon de reproduction, qui sera suivi d'une prime de reproduction.
- obligation pour le graineur d'éliminer du grainage les cocons non accompagnés d'un bon de reproduction, sanctions pour les graineurs qui ne se conforment pas à cette prescription.
- prélèvement par les contrôleurs de l'Etat d'un échantillon de chaque lot de graines en vue de leur examen et, en cas d'acceptation des graines, remise au graineur d'une banderole de contrôle officiel de l'Etat.

Ces mesures ont été valables pendant la première moitié du vingtième siècle. Elles ont été abandonnées parallèlement à la disparition des organismes dévoués aux contrôles des élevages de vers à soie.

Les méthodes de prophylaxie sont en de nombreux points semblables à celles mises en œuvre dans les autres maladies du ver à soie. Elles consistent en des mesures d'hygiène. Le délitage à la main est à proscrire pour éviter de léser la peau du ver à soie. Il faut donc avoir recours à un délitage à l'aide de papier perforé ou de filet de délitage. Les magnaneries doivent être chauffées avec modération pour limiter l'extension de la maladie. Cette recommandation n'est valable que pour les éducations non destinées à la reproduction. Les élevages destinés à la reproduction doivent à l'inverse surchauffer un peu leur magnanerie afin de rendre le repérage des vers à soie plus facile et ainsi garantir la bonne santé de son éducation (50).

Les polyèdres sont détruits en 30 minutes à 70°C et en 3 minutes à 100°C. La stérilisation du matériel d'élevage se fera donc à la vapeur d'eau ou à l'eau chaude chaque année ou entre chaque éducation. Le formol est également efficace pour désinfecter la chambre d'élevage ainsi que pour stériliser la surface des œufs. Les cartes à graines seront trempées deux minutes dans une solution de formol à 2% puis rincées à l'eau pendant quelques minutes (46).

## 2) La polyhédrose cytoplasmique

La polyhédrose cytoplasmique est une maladie caractérisée par la présence de polyèdres hexagonaux dans le cytoplasme des cellules intestinales. Elle survient fréquemment en automne et son incidence est augmentée lorsqu'il existe une infection bactérienne concomitante.

### a) Agent pathogène

Tout comme la grasserie, le virus en cause est un baculovirus. Il est à l'origine de la formation de polyèdres hexagonaux ou tétragonaux de taille variable, dans le cytoplasme des cellules cylindriques de l'intestin. Ces polyèdres renferment des particules virales de forme sphérique : les virions.

### b) Epidémiologie

La larve se contamine en ingérant des polyèdres. Les larves malades rejettent des polyèdres virulents et des virions dans ses excréments. Ces excréments souillent la litière et contaminent les aliments du ver à soie.

### c) Symptômes

Les symptômes apparaissent 4 à 5 jours après l'ingestion du virus et atteignent un maximum d'intensité à la fin du 5<sup>ème</sup> âge. L'aspect extérieur des larves ressemble à celui des larves atteintes de flacherie (nous étudierons cette maladie ultérieurement). Les larves sont anorexiques et émettent des excréments blanchâtres et mous. On observe quelquefois une protrusion du rectum tout comme dans les maladies bactériennes.

Au niveau lésionnel, on observe des tâches blanches sur l'intestin moyen (9).

### d) Moyens de lutte

Ils sont en tous points identiques à ceux de la grasserie.

Watanabe a préconisé de mélanger à l'aliment des antibiotiques. En effet, lorsqu'on ajoute du chloramphénicol à l'aliment artificiel distribué aux larves de *Bombyx mori*, la sensibilité de ces larves à la polyhédrose cytoplasmique diminue, et le temps d'évolution est plus long. Grâce à cet antibiotique, la prolifération bactérienne est limitée dans le tube digestif et elle n'aggrave pas les symptômes dus à l'action pathogène du virus (62).

Zhong a montré que l'on peut induire une résistance au virus de la polyhédrose cytoplasmique en administrant aux vers à soie, par ingestion ou injection, des glycoprotéines : le poly Inosine : Cytidine et le 2'5' oligo issu de la transformation de l'ATP par la 2,5 A polymérase. L'état actuel des connaissances ne permet pas de dire si le poly Inosine : Cytidine et le 2'5' oligo induisent la production d'interféron. Cependant, on constate l'apparition de nouvelles protéines dans l'hémolymphe des vers en même temps qu'une certaine résistance à la maladie. Les recherches actuelles s'orientent donc, vers l'utilisation du poly Inosine : Cytidine et du 2'5' oligo dans la lutte antivirale chez le ver à soie, au niveau expérimental, pour le moment (65).

## D) Maladies bactériennes du tube digestif (9)

Il ne sera pas question ici de l'intoxication à *Bacillus thurigiensis*, sporadique.

### 1) Agents pathogènes

Les bactéries les plus souvent rencontrées sont :

- *Streptococcus faecalis*,
- *Escherichia coli*,
- *Proteus*.

Elles agissent souvent conjointement.

Le premier germe qui intervient est généralement *Streptococcus faecalis*. C'est un coque de la famille des Streptococcaceae. Il est ubiquiste et anaérobie facultatif. Il appartient au groupe D de la classification de Lancefield (hémolyse alpha, bêta ou gamma).

En deuxième lieu, c'est la bactérie *Escherichia coli* qui exerce son pouvoir pathogène. Elle fait partie de la famille des Enterobacteriaceae. C'est un bacille aéro-anaérobie, très répandu dans le milieu extérieur ce qui explique la facilité avec laquelle le ver à soie se contamine. Cette bactérie est lactose positif, indole positif et urée négatif. Sa croissance est rapide sur milieux ordinaires. Les colonies peuvent être soit lisses ou S (pour Smooth), quand leurs bords sont réguliers, ou rugueuses ou R (Rough), quand leurs bords sont finement dentelés. *Escherichia coli* est une bactérie mobile grâce à une ciliature péritriche.

En dernier lieu, c'est *Proteus* qui intervient. Il fait partie de la famille des Enterobacteriaceae. C'est un bacille aéro-anaérobie. Il présente un important polymorphisme. Il peut être reconnu par la mise en évidence d'une activité tryptophane désaminase et d'un envahissement constant de la gélose nutritive à 10 p. 1000 d'agar par les formes mobiles à 22°C.

Le ver à soie atteint présente une faiblesse à l'éclosion puis un ralentissement du métabolisme entraînant des perturbations des fonctions vitales de la larve. Le pouvoir stérilisant du suc digestif diminue, favorisant ainsi la multiplication des bactéries qui envahissent le corps du ver.

### 2) Symptômes

On observe une prédominance des signes digestifs.

Douze heures après le début de la maladie, la larve devient inactive et son appétit diminue. Elle expulse alors par l'anus une matière colorée, gluante, semi-solide qui prend en masse au contact de l'air ce qui provoque une soudure des lèvres de l'anus. A ce stade, la larve est immobile, mince, molle et allongée. Lorsque la maladie a évolué depuis 24 heures, une substance peu épaisse est excrétée avec les fèces ce qui provoque l'élimination d'excréments en chaîne et l'apparition d'une protrusion rectale. L'inappétence se transforme alors en anorexie et la mort survient en 12 heures. Quatre jours après la mort, les organes se liquéfient sous l'action de la putréfaction, le tégument brunit alors.

Dans certains cas, on peut également observer une diarrhée. Elle apparaît au 4<sup>ème</sup> et surtout au 5<sup>ème</sup> âge. Les déjections sont molles et contiennent des fragments de membrane intestinale. La diarrhée peut être associée à des régurgitations.

Dans la plupart des cas, la larve noircit. Elle se teinte de rouge lorsque *Serratia marcescens* intervient ou de vert lorsque *Bacillus pyocyaneus* intervient.

### 3) Moyens de lutte

Aucun traitement n'est connu et la seule issue consiste à pratiquer un vide sanitaire. Seules les mesures prophylactiques présentent un intérêt. Il faut avant tout élever des larves saines et robustes car une des causes prédisposantes de la maladie est la faiblesse des larves. La conduite correcte de l'élevage est donc un élément essentiel de la prophylaxie, notamment en garantissant des bonnes conditions d'incubation et des feuilles de mûriers de qualité.

### **E) Maladies multifactorielles (virales et bactériennes) : la flacherie et la gattine**

Les maladies multifactorielles regroupent la flacherie et la gattine. Ces deux affections ont pour siège le mésointestin et sont à l'origine d'une diarrhée. Dans les deux cas, l'agent pathogène primaire est un virus. En cas de surinfection bactérienne par un *Streptococcus bombycis*, on parle de gattine. On parle de flacherie quand l'infection secondaire est causée par *Serratia marcescens* et *Streptococcus faecalis*.

#### 1) La flacherie

##### a) Agent pathogène

Cette maladie a longtemps été confondue avec la pébrine. L'agent étiologique a été identifié par Jolly en 1958. Deux éléments interviennent en synergie : un picornavirus et des bactéries *Serratia marcescens* et *Streptococcus faecalis*.

##### b) Epidémiologie

La contamination se fait par ingestion d'excréments émis par les larves malades ou par des poussières contaminées par le virus, présentes dans les magnaneries (9). C'est une maladie très contagieuse et épidémique.

Le picornavirus de la flacherie peut infecter l'œuf et assurer la transmission de la maladie d'une génération à l'autre.

Les causes externes d'ambiance et d'éducation ne jouent pas sur la dangerosité de cette pathologie.

##### c) Symptômes et lésions histopathologiques

Lorsque l'on pénètre dans une magnanerie dont les vers souffrent de flacherie, on perçoit une odeur aigre, désagréable due aux acides gras volatiles qui se dégagent des vers malades. Ces acides gras sont issus de la fermentation des matières fécales contenues dans le tube intestinal. Les vers morts noircissent (50).

#### d) Diagnostic

Les lésions histopathologiques, observées au niveau des cellules et des microvillosités intestinales, sont spécifiques de la flacherie. Au microscope, on constate la présence de vésicules dans le cytoplasme cellulaire, entourées de particules virales sphériques (34).

Le diagnostic peut également se baser sur la recherche d'antigènes par la technique ELISA (59).

#### e) Moyen de lutte

Un certain nombre de substances chimiques a été étudié dans le but de prévenir la flacherie. L'incidence de cette maladie est fortement diminuée lorsqu'on donne aux larves, une solution aqueuse à 0,01% de chlorhydrate de guanidine. Cet effet disparaît lorsque les larves sont nourries avec un aliment artificiel. L'aliment artificiel contient de l'acide gallique qui a le pouvoir de neutraliser l'action du chlorhydrate de guanidine (43).

Il n'existe pas de méthode de lutte permettant d'obtenir des graines saines. La méthode la plus rigoureuse pour éviter de produire des graines contaminées est la surveillance des éducations dont les cocons sont destinés à la reproduction (50).

Il existe des larves résistantes au virus et ce caractère semble héritable ; ainsi, on peut procéder à des croisements en vue de conserver cette résistance au virus de la flacherie (33).

Les bactéries de la flacherie conservent leur vitalité pendant des années. Il est donc nécessaire, pour éviter la transmission de la maladie, de désinfecter tout local ayant contenu des vers atteints. Pour la destruction de ces organismes, le chlore paraît la meilleure substance.

La désinfection par le chlore d'une magnanerie et de son mobilier comprendra :

- le mouillage des murs et du matériel à l'eau chaude ou à une eau à 15°C ; cette étape a pour d'humidifier les spores.
- le mouillage des murs et du matériel avec la solution de chlore
- l'émission d'un volume suffisant de chlore dans l'intérieur de la magnanerie après avoir clos tous les orifices de cette dernière, pendant une durée d'au moins trois heures.

La désinfection par le chlore à l'état gazeux ne sera entreprise que si l'on peut garantir un degré suffisant d'étanchéité, ce qui est très difficile dans la plupart des magnaneries et donc rarement effectuée (39).

### 2) La gattine ou « maladie des têtes blanches »

#### a) Agent pathogène

Cette maladie est connue depuis 1929. Elle est due à l'action pathogène d'un virus, non identifié, et de *Streptococcus bombycis*.

*Streptococcus bombycis* est une bactérie du genre des coques, Gram+. Il est formé par de petits cocci ronds ou légèrement ovoïdes. Il mesure en moyenne 0,9µ de diamètre. Il se multiplie que dans une seule direction, ce qui forme des chaînettes plus ou moins longues. Il

pousse rapidement sur tous les milieux de culture employés en bactériologie mais ne donne jamais de culture très abondante. Le streptocoque est à l'origine :

- d'une altération du chondriome,
- d'une hyperréactivité fonctionnelle, particulièrement marquée dans la région antérieure de l'intestin moyen. Cette hyperréactivité est accompagnée d'une destruction plus ou moins active des cellules de la paroi intestinale. Le liquide glaireux qui remplit rapidement et gonfle la partie antérieure du mésointestin est formé de cellules épithéliales détachées de la paroi et de boules de sécrétion en suspension dans un liquide presque débarrassé de fragments de feuilles.

Le streptocoque joue un rôle important, mais il ne peut déclencher les lésions nucléaires du mésointestin postérieur classiquement rencontrées lors de gattine. Des vers à soie, ayant ingéré une goutte de contenu intestinal de ver gattiné conservé un an en tube scellé après avoir été centrifugé, ont tous contracté la gattine après une incubation de 6 à 7 jours. Les gouttes ingérées ne renfermaient pas de streptocoques vivants. L'examen sur fond noir du contenu intestinal centrifugé révèle la présence de granules en suspension. L'agent morbide de la gattine est un virus, tout comme pour la grasserie, qui en se multipliant dans les cellules épithéliales du mésointestin postérieur provoque des altérations caractéristiques du noyau de ces éléments. Ainsi, la gattine se présente comme une double infection : l'une causée par un virus et l'autre par une bactérie *Streptococcus bombycis* dont l'action est conditionnée par la première.

Il existe un facteur déclenchant primordial : une mauvaise alimentation. Une alimentation de mauvaise qualité entraîne des troubles du fonctionnement de la paroi intestinale. Elle produit, alors, un suc digestif anormal. La modification du milieu intestinal est à l'origine de la prolifération des agents pathogènes responsables de la maladie (9).

#### b) Epidémiologie

C'est une maladie très contagieuse et épidémique.

Le virus de la gattine peut infecter l'œuf et assurer la transmission de la maladie d'une génération à l'autre (50).

#### c) Symptômes

La gattine se caractérise par le gonflement de la partie antérieure du corps de l'animal qui devient plus ou moins translucide voire jaune. Cette modification de la coloration des vers est le reflet du contenu digestif du ver ; ce dernier ne contient plus que des sécrétions de suc digestif (9).

Les vers ne mangent plus ou n'absorbent plus qu'une quantité de nourriture insignifiante. Le plus souvent, ils rejettent un liquide clair et filant par la bouche (50). Ils émettent des excréments presque liquides.

Après 7 à 8 jours d'évolution de la maladie, on observe une momification de la larve qui consomme ses propres réserves.

#### d) Moyen de lutte

L'hygiène de l'élevage est un élément primordial. On détruit par le feu les individus atteints. Quelquefois, il faut éliminer l'ensemble des vers à soie d'un élevage et désinfecter locaux et matériel d'élevage à l'aide de formol (9).

#### **F) Les diarrhées non infectieuses (50)**

En dehors des maladies infectieuses, qui sont de loin les plus fréquentes en France, il existe un certain nombre de diarrhées non infectieuses dites amicrobiennes. Nous aborderons successivement et de manière succincte ce type de diarrhée. Elles sont au nombre de trois :

- la dysenterie des filatures.
- la dysenterie flaccidiforme.
- la fausse flacherie.

La dysenterie des filatures a pour cause un poison organique accompagnant les produits normaux de sécrétion et d'excrétion du ver à soie. On incrimine surtout comme poison organique la bave, dont la sécrétion précède celle de la soie proprement dite et qui constitue la bourre qui entoure les cocons. Cette forme de dysenterie est quasi exclusivement rencontrée dans les filatures où l'on fait de l'élevage de vers à soie. Dans les filatures, les vers à soie sont élevés dans une pièce voisine à celle de la salle de manipulation des cocons. La salle de manipulation des cocons fonctionne toute l'année. Elle est destinée à débarrasser les cocons de la bourre (la blaze) qui les entourent. Lors de cette manipulation, il se forme des poussières très riches en débris soyeux et ce sont, en autres, ces poussières qui sont à l'origine de la dysenterie des filatures. Ces débris, très volatils au moindre courant d'air, se déplacent jusqu'à la salle d'éducation des chenilles et se déposent sur les feuilles de mûriers. Les vers éprouvent d'abord une répulsion pour sa nourriture, ils n'en absorbent qu'une faible quantité. Moins de vingt-quatre heures après l'ingestion de feuilles souillées, les vers ont la diarrhée. L'ingestion de poussières de filature entraîne des troubles graves de la fonction digestive qui sont consécutifs à une altération profonde de la paroi épithéliale de l'intestin moyen consécutivement à la présence d'un ou plusieurs produits cytotoxiques. Les lésions tissulaires apparaissent rapidement. Elles provoquent une modification de la sécrétion intestinale d'où la diarrhée.

Cette pathologie a une faible incidence mais on a intérêt à mettre les vers à l'abri de l'influence de ces poussières toxiques. Il est nécessaire d'éviter avec le plus grand soin les balayages à sec qui déplacent la poussière et souillent les aliments. Les litières doivent être enlevées et emportées loin de la filature.

La dysenterie flaccidiforme n'est pas contagieuse. Elle résulte de modifications brusques des conditions d'élevage pendant une période critique de la vie larvaire, en particulier pendant la mue et le début du retour à la lie larvaire active. Ces modifications des conditions d'élevage déterminent des troubles du métabolisme dont les conséquences se manifestent généralement à la mue suivante, au moment de la reprise de la vie active. Il semble que le cycle normal des processus qui se déroulent pendant la mue, dans la plupart des cellules de l'organisme, ne puisse se développer normalement et que l'insecte soit incapable de reprendre son activité physiologique normale.

Les vers qui souffrent de dysenterie flaccidiforme meurent en présentant les symptômes d'une flacherie ; les cadavres noircissent rapidement, mais ne dégagent pas cette odeur aigre si caractéristique de la flacherie à *Bacillus bombycis*. L'examen du contenu intestinal des vers

atteints montre que la flore microbienne est remarquablement pauvre. Les lésions internes peuvent être considérées comme une conséquence physiologique de troubles du métabolisme (arrêt dans le développement normale des processus de la mue). Tout se passe comme si les vers étaient incapables de finir leur mue.

La dysenterie flaccidiforme peut être due à de nombreux facteurs externes comme une élévation de la température au moment des mues, une disproportion entre la température et le nombre de repas quotidiens, une influence des poussières de la magnanerie, une insuffisance d'aération, etc. La dysenterie flaccidiforme est considérée comme un véritable accident d'éducation. Elle peut donc être évitée en mettant en pratique des méthodes rationnelles d'élevage. Il faut :

- employer des incubateurs bien réglés aussi bien d'un point de vue calorifique qu'hygrométrique,
- lever les jeunes vers en trois jours maximum,
- veiller à ce que les vers d'une même éducation soient tous au même âge,
- proportionner le nombre de repas à la température ambiante,
- surveiller de près l'époque des mues et éviter les changements des conditions extérieures pendant cette période, la température notamment,
- tenir les magnaneries et le matériel d'élevage propres,
- éviter de déplacer les poussières de la magnanerie,
- déliter avec le papier perforé,
- espacer suffisamment les vers et bien aérer.

La pseudo-flacherie désigne une forme de dysenterie amicrobienne caractérisée par la rapidité de son évolution. Le transit s'arrête, l'absence de mouvements péristaltiques entraîne une stase des aliments qui favorise la prolifération des bactéries intestinales. Elle est assez rare en France. C'est une maladie généralement mortelle qui se manifeste essentiellement au cinquième âge.

Les vers atteints de pseudo-flacherie présentent des symptômes qui rappellent beaucoup ceux de la flacherie. Ils se reconnaissent à la diarrhée dont ils souffrent et à leur immobilité quasi complète. Leurs cadavres se distinguent à peine des vers normaux.

A l'autopsie, le tube digestif est anormal. Il paraît distendu et de couleur vert-pâle au lieu de vert-bouteille chez les vers normaux. Le pH du contenu digestif est plus acide qu'à la normale, ce qui diffère très nettement de la flacherie vraie ; le pH, en cas de flacherie est au contraire basique. Le volume de sang est considérablement réduit et plus visqueux qu'à la normale.

A l'examen bactériologique, le contenu digestif est extrêmement riche et diversifié en microbes, plus que dans n'importe quelle autre pathologie digestive. Les microbes se multiplient plus rapidement chez les vers atteints de pseudo-flacherie que dans celui des vers atteints d'une autre pathologie digestive. La population est plus riche dans la partie antérieure et moyenne de l'intestin que dans sa partie terminale. Lorsqu'on inocule dans la cavité abdominale les germes issus de vers contaminés, les vers inoculés ne développent pas de pseudo-flacherie. Ce ne sont donc pas ces bactéries à elles seules qui déclenchent la pseudo-flacherie.

D'un point de vue tissulaire, tous les tissus de la partie antérieure et moyenne du ver à soie, présente une fragmentation des chondriocotes ; ils apparaissent sous forme de files de grains mitochondriaux. C'est cette fragmentation des chondriocotes qui est caractéristique de la pseudo-flacherie.

## CONCLUSION

L'élevage du ver à soie est une activité aujourd'hui à l'agonie, pratiquée uniquement par quelques particuliers désireux de perpétuer ce qui fut un fleuron de notre pays. Tous les centres de recherches, d'informations ont été fermés à l'exception de la Commission Séricicole Internationale dont le siège social est à Lyon. La Commission Séricicole Internationale a pour objet d'encourager et de favoriser le développement et l'amélioration, sur les plans technique, scientifique et économique, de toutes les activités qui concernent la sériciculture en général (y compris la moriculture, le grainage, la sériciculture et la filature de la soie grège) dans le monde. Elle regroupe 13 états membres dont la France.

De nombreux facteurs expliquent l'impossibilité qu'à la France de relancer une production séricicole forte et capable de rivaliser avec les gros pays producteurs telle que la Chine et l'Inde. En premier lieu, le coût de la main d'œuvre française est trop élevé par rapport à ces pays. Le prix des cocons ne peut être de ce fait que très élevé par rapport à ces gros pays producteurs. Ensuite, les agriculteurs et l'état français ne souhaitent pas se relancer dans la production de soie, préférant transformer les flottes de grès importées, à coût réduit, en beaux textiles revendus à prix d'or. Enfin, les quelques amateurs encore en activité ont beaucoup de mal à se fournir en feuilles de mûrier indemnes de pesticides. Il faut dire que lors du traitement d'une culture quelconque avec un pesticide, il n'est pas rare que les molécules toxiques se retrouvent à des kilomètres à la ronde par rapport au site originel traité. Il suffit de quelques particules toxiques, présentes sur les feuilles de mûrier, pour décimer une éducation de vers à soie. L'alternative passe par l'achat d'un aliment artificiel.

L'avenir de la soie, en matière d'élevage, semble s'orienter vers sa disparition à moins que certaines compagnies telles qu'Hermès ou Magnarelle (firme produisant des produits de beauté à base de soie) ne mettent en place des éducations françaises afin d'obtenir une soie de bonne qualité à proximité de leur site de production de textiles ou de produits de beauté. L'avenir nous le dira.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1- ACQUA C. L'esame delle ali e sufficiente per la ricerca dell'infezione di pebrina ? *Boll. Del R. Staz. Sper. Di Ascoli Piceno*. Anno II, 1923, p39.
- 2- ARBOUSSET L. *Cours de sériciculture*, 1893, p277.
- 3- ARNAUD M. Recherches préliminaires sur les Champignons entomophytes. *Ann. des Epiphytes*, t **XIII**, 1927, p1-30.
- 4- AUDOUIN J. V. Nouvelles expériences sur la nature contagieuse qui attaque les Vers à soie et qu'on désigne sous le nom de muscardine. *Ann. Sc. Nat. Zool.*, 2<sup>e</sup> série, t. VIII, 1837, p257-270.
- 5- BARBOTIN L. Le ver à soie, usine à protéines. *L'Expansion.com*, [[http://www.lexpansion.com/economie/le-ver-a-soie-usine-a-proteines\\_20352.html](http://www.lexpansion.com/economie/le-ver-a-soie-usine-a-proteines_20352.html)], 2003, consulté le 01 avril 2011.
- 6- BELOT C. [<http://soie.chez.com/>], consulté le 07 juin 2011.
- 7- BLAIS N. Les maladies des vers à soie : Revue synthétique et pratique. Thèse Méd. Vét., Lyon, 1989, n°29, 114p.
- 8- BRETON A. La production des graines en sériciculture. Thèse Méd. Vét., Alfort, 1994, n°78. 119p.
- 9- BREY P. T. Le ver à soie, [<http://www.larecherche.fr/content/recherche/article?id=15199>], consulté le 05 avril 2011.
- 10- BRUNES J. *La Géographie humaine*, Paris, Alcan, in-8, 28p.
- 11- CENTRE DU COMMERCE INTERNATIONAL CNUCED/GATT. *La soie : examens des tendances internationales de la production et du commerce*. Genève, CCI, 1990, 68p.
- 12- CENTRE DU COMMERCE INTERNATIONAL CNUCED/GATT. *Etude de la soie : examens des tendances internationales de la production et du commerce*. Genève, CCI, 1992, 66p.

- 13- CHANCRIN E., DUMONT R. *Larousse agricole*,  **tome 2**, article sur la magnanerie et le ver à soie, Paris, 1922, 109-111, 755-763.
- 14- CHERUBINI R. *L'élevage rentable du ver à soie*. Paris, Editions De Vecchi, 1996, 144p.
- 15- CLAVAIROLLE F. *Le magnan et l'arbre d'or, regards anthropologiques sur la dynamique des savoirs et de la production, Cévennes 1800-1960*. Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, 2003, 317p.
- 16- CLAVAIROLLE F. *Le renouveau de la production de la soie en Cévennes (1972-1998)*, Perspectives Villes et Territoires n°17. Tours, Presses Universitaires François-Rabelais, 2008, 255p.
- 17- COLLECTIF. *Architecture et paysages de la soie : le fil de la mémoire*. Revue du parc National des Cévennes, 1997, N°53-54.
- 18- COMPTE-RENDU DU CONSEIL DE COMMUNAUTE DE LYON. Finances et programmation + développement économique et grands projets – La Mulatière – Extension de l'Unité nationale séricicole – Subvention à l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) – Direction des finances et du contrôle de gestion – Service des gestions externes – Direction des affaires économiques et internationales, 23 avril 1996, N°96-0674).
- 19- CORNALIA E. Monografia des bombyce des gelso. *Memoirs d. R. Istit. Lombardo d. Sc. Lett. E Arte*, **Vol VI**, 1956.
- 20- COSSALTER E., BLACHE J.-M. *Au fil de la soie*. Editeur Didier Richard, 1996, 122 p.
- 21- CUENOT J. *Les sentiers de la soie*. Editeur Cuenot Joël, Collection Sentiers Imagin, 2002, 108p.
- 22- DE QUATREFAGES A. Les animaux utiles – Le ver à soie, *Revue des 2 mondes* **T 26**. 1860, p208-209.
- 23- DUMURIER F. *L'Odyssée de la soie cévenole*. Editeur Le plein des sens, 2006.
- 24- EUZEBY J. Protozoologie médicale comparée. **Vol. II** : 34-52, Collection Fondation Marcel Mérieux, 1987, 475p.
- 25- FRAISSE R. L'évolution des techniques séricicoles dans les Cévennes. *Bulletin de la Société d'agriculture d'Ales*, 4<sup>ième</sup> trimestre, 1953.

- 26- FRAISSINET C. Le Guide du magnanguier, Nismes. 1835, p 54.
- 27- GREENHALGH P. *The world market for silk*. London, Tropical Development and Research Institute, 1986. 117p.
- 28- HUGUES J.C. Etudes des conditions de rentabilité et de l'intérêt d'une production séricicole modernisée en France. Alès, *Coopérative séricicole et lavandicole d'Alès et des Cévennes*, 1978, 50p.
- 29- ISNARD C. *Mémoires et instructions pour les plants de meuriers blancs, nourriture des vers à soie*. 1765.
- 30- JOHANYS M. De la muscardine. Des moyens de la développer artificiellement, de modifier ou de détruire les effets de la contagion. *Ann. Sc. Nat. Zool.*, 2<sup>e</sup> série, t 11, 1839, p 65-80.
- 31- JOLLY M. S. Appropriate Sericulture Techniques. Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, India, 1987, 176p.
- 32- JOLLY M. S. La Pébrine et son contrôle. Central Sericultural research and training institute, Mysore, India, 1986, 34p.
- 33- KIM K. Y., LEA H. Z., KANG S. K. Héritabilité de la résistance au virus de la flacherie chez le ver à soie *Bombyx mori*. *Seri. J. Korea*, 1982, 24 : 28-31.
- 34- KIM K. Y., KANG S. K. Multiplication des virus de la flacherie et de la denonucléose chez le ver à soie *Bombyx mori*. *Seri. J. Korea*, 1984, 25 : 1-31.
- 35- KOUASSI K. Thèse sur l'Etude du génome des Densovirus de lépidoptères ravageurs de cultures : *Casphalia extraneae* en Côte d'Ivoire et *Diatraea sacchalis* au Brésil, application du diagnostic par sonde nucléique, Université Montpellier II, Sciences et techniques du Langedoc, , Spécialité : biochimie, biologie cellulaire et moléculaire, 1993, 163p.
- 36- KRAATS A., RISSELIN-STEENEBRUGEN M., PIRAZZOLI-T'SERSTEVENS M., PAUL-DAVID M. Tissus d'art, *Encyclopedia Universalis*, 2006.
- 37- KRISHNASWAMI S., NARASIMHANNA M. N., SURYANARAYAN S. K., et KUMARARAJ S. Sericulture manual, 2-Silkworm Rearing. Rome, FAO, Agricultural

Services Bulletin 15/2, 1974. 121p.

38- LALEYE W. D. Interaction de Baculovirus MaviNPV et du Parasitoïde (*Apanteles taragamae* (Viereck)) (Hymenoptera : Braconidae) pour le contrôle de *Maruca vitrata* Fabricius (Lepidoptera : Pyralidae), Université d'Abomey Calavi, [[http://www.memoireonline.com/Interaction de Baculovirus MaviNPV et du Parasitoïde pour le contrôle de Maruca vitrata Fabricius, 2007](http://www.memoireonline.com/Interaction%20de%20Baculovirus%20MaviNPV%20et%20du%20Parasitoïde%20pour%20le%20contrôle%20de%20Maruca%20vitrata%20Fabricius)], consulté le 01 avril 2011.

39- LAMBERT F. *Désinfection des magnaneries et de leur mobilier*. Montpellier, Edition Coulet, 1986, 26p.

40- MAILLOT E. De l'Art d'élever des vers à soie, *Station séricicole Montpellier, mémoires et doc sur la sériciculture première partie*, 1875, p 1-34.

41- MATSUBARA F., WU Y. L., MORI H. Et al. Changes in the resistance to the infection with nuclear polyhedrosis virus induced by low and high temperature treatment in the germ free *Bombyx mori*. *J. Sericult. Sci. Japan*, 1984, **53** : 538-542.

42- MAZEL L. *La sériciculture moderne*. Editeur Dubois et Poulain, 1924, p81.

43- MIYAJIMA S., WASHIDA S., KAWASE S., Inhibitory effect of guanidine on the incidence of infectious flacherie in silkworm *Bombyx mori* reared on artificial diet, *J. Sericult. Sci. Japan*, 1983, **52** : 390-393.

44- MOZZICONACCI J.-F. L'industrie séricicole, in Nîmes et le Gard. *Nîmes, Coopérative « La Laborieuse »*, 1912, t. II : 65-107).

45- NITTA M., MAEDA S., KAWAI T., Characterization of a protease in the nuclear polyhedra of a silkworm *Bombyx mori*. *J. Sericult. Sci. Japan*, 1982, 51 : 430-434.

46- NITTA M., WATANABE H., Effects of formalin on characteristics of nuclear polyhedra of a silkworm *Bombyx mori*. *J. Sericult. Sci. Japan*, 1984, 53 : 146-150.

47- OMURA S. Introduction à l'élevage du ver à soie. Tokyo, *The Japan Silk Association*, 1986, 130p.

48- OZIL H. *Magnaneries et vers à soie, La sériciculture en pays vivarois et cévenol*. Edition de Candide, 1986, 175p.

- 49- PADAMWAR M. N., PAWAR A. P. Silk sericin and its applications : A review. *Journal of Scientific and Industrial Research*, **Vol. 63**, April 2004, p 323-329
- 50- PAILLOT A. *Traité des maladies du ver à soie*. Editeur DOIN G. et compagnie, Paris, 1930, 270p.
- 51- PATIL C., GEETHA BAI M., KASTURI A. R. Une nouvelle méthode pour détecter facilement les spores de Pébrine. *Sericologia*, 1985, **25** : 297-300.
- 52- REYNAUD, J.-B. *Des vers à soie et de leur éducation selon la pratique des Cévennes*. Paris. 1812, p141.
- 53- REYNIER E. *La Soie en Vivarais, Etude d'histoire et de géographie économiques*. Edition Laffite Reprints, Marseille, 1981, 246p.
- 54- ROMAN L. *Manuel du magnanier : Application des théories de M. Pasteur à l'éducation des vers à soie*. Ed. Gauthier-Villars, 1876, 136p.
- 55- ROSTAND J. *La vie des vers à soie*. Collection Histoires naturelles, Ed. Gallimard, 1943 145p.
- 56- ROYER C. L'envol du ver à soie transgénique dans le champ des biotechnologies, Enjeux en recherche fondamentale appliquée. [[www.academie-agriculture.fr](http://www.academie-agriculture.fr)], consulté le 5 avril 2011.
- 57- SASAKI M., KATO N., WATANABE H., YAMADA H., Silk protein, sericin, suppresses colon carcinogenesis induced by 1,2-dimethylhydrazine in mice. Technology Department, *Oncol Rep.* ;**7** (5):1049-52.
- 58- SATO R. Pathways of oral infection with four microsporidiae in the silkworm *Bombyx mor*. *J. Sericult. Sci. Japan*, 1986, **55** : 17-22.
- 59- SHIMIZU S. Effect of some factors on the latex agglutination test for the diagnosis of virus infectious larvae in the silkworm *Bombyx mor*. *J. Sericult. Sci. Japan*, 1986, **55** : 384-387.
- 60- TEODORO R. Le mosche e la trasmissione della pebrina. *Boll. De Sericolt.*, **n° 28**, 1926.

61- WANG S.-M. Silkworm egg production. Rome, FAO, Bulletin des services agricoles 73/3, **Vol. n°3**, 1989, 64 p.

62- WATANABE Y. Effect of an antibiotic on polyhedrosis virus infection in the silkworm, reared on artificial diet. *J. Sericult Sci.* Japan, 1984, **53** : 160-164.

63- WIKIPEDIA. Histoire de la soie. [[http://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire\\_de\\_la\\_soie](http://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_de_la_soie)], consulté le 05 avril 2011.

64- WIKIPEDIA. Sériciculture. [<http://fr.wikipedia.org/wiki/S%C3%A9riciculture>], consulté le 05 avril 2011.

65- ZHONG W., HUANG Z., et LIU X., Poly I : C, 2'5' – oligo (A) and their application in the antiviral experiment of silkworm *Bomby mori*. *Sericologia*, 1988, **28** : 361-378.

## **WEBGRAPHIE sans auteur**

66- [<http://aquariusite.free.fr/bombyx/verasoie.html>], consulté le 07 juin 2011.

67- [<http://imagesvt.free.fr>], consulté le 07 juin 2011.

68- [<http://museedesvalleescevenoles.pagesperso-orange.fr/themes/thematique.html>], consulté le 07 juin 2011.

69- [<http://notrenature.cowblog.fr/172-le-ver-a-soie>], consulté le 07 juin 2011.

70- [<http://www.signe-chinois.com/soie-chinoise.php>], consulté le 14 mars 2011.

71- [[www.auversoie.com/autour-de-la-soie](http://www.auversoie.com/autour-de-la-soie)], consulté le 14 mars 2011.

72- [[www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/IMG/pdf/CycleBmori.pdf](http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/IMG/pdf/CycleBmori.pdf), Cycle de développement de *Bombyx mori*], consulté le 01 avril 2011.

73- [[www.ac-nice.fr/svt/nouvelle2de/mps/cosmetologie/cosmetologie.pdf](http://www.ac-nice.fr/svt/nouvelle2de/mps/cosmetologie/cosmetologie.pdf). Science et Cosmétologie], consulté le 14 mars 2011.

74- [[www.csrtimys.res.in](http://www.csrtimys.res.in)], consulté le 07 juin 2011.

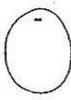
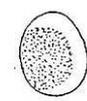
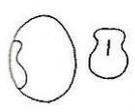
75- [[www.seri.ap.gov.in](http://www.seri.ap.gov.in)], consulté le 07 juin 2011.

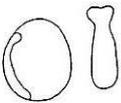
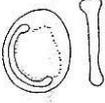
76- [[www.wormspit.com](http://www.wormspit.com)], consulté le 07 juin 2011.

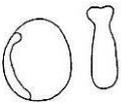
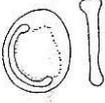
# ANNEXE

## ANNEXE 1 :

### Développement embryonnaire de la graine hibernante (47)

Schémas	Stades	Caractéristiques
A 	Fécondation. t0+1,5 à 2 h.	Fusion entre les pronucléi mâle et femelle après la division et la maturation de l'ovocyte.
B 	Formation du blastoderme et des vitellophages.	Division du noyau résultant de la fécondation. Migration de certains noyaux dans le périplasm où ils constituent le blastoderme. Les noyaux qui restent dans le jaune constituent les vitellophages.
C 	Formation de la région embryonnaire. t0+15 h.	Epaississement du blastoderme face ventrale qui forme la région embryonnaire (futur embryon).
D 	Formation de la bande germinative. t0 ≅ 20 h.	Contraction de la région embryonnaire en bande germinative. Segmentation du jaune en vitellophages. Formation de la séreuse qui tapisse l'intérieur de la membrane vitelline, et de l'amnios qui recouvre l'embryon, à partir de la région extra embryonnaire.
t0 +24 h : divergence d'évolution entre la graine hibernante et la graine non hibernante ; la graine hibernante se colore en brun en raison de la formation de pigments dans la séreuse, sa respiration se ralentit et son développement prend du retard par rapport à la graine non hibernante.		
E 	Apparition des lobes céphalique et caudal. <b>Graine non hibernante :</b> t0+25 h. <b>Graine hibernante :</b> t0+30 h	Contraction de la bande germinative. Compression au deux extrémités de l'embryon fait apparaître les lobes céphalique et caudal.

<p>F</p> 	<p>Allongement de l'embryon. <b>Graine hibernante :</b> t0+35 h</p>	
<p>G</p> 	<p>Décollement de l'embryon. t0+3 j</p>	<p>L'embryon entouré de l'amnios se décolle de la séreuse. <b>Graine hibernante :</b> plus que très peu de division cellulaires qui s'arrêtent au quatrième jour; <b>Graine non hibernante:</b> poursuite du développement cf. Stade N.</p>
<p>H</p>  <p>I</p> 	<p>Stade de diapause (été-automne).</p>	<p>Progression vers la périphérie des granules vitellins qui adhèrent à la séreuse et à l'embryon jusqu'à t0+10 j. Cela entraîne l'apparition d'une région dépourvue de vitellus. La couleur de la graine s'assombrit.</p>
<p>J</p>  <p>K</p>  <p>L</p> 	<p>Stade d'hibernation (décembre à février).</p>	<p>Terminaison graduelle de la diapause. Réapparition de l'aptitude à se séparer des granules vitellins. Allongement de l'embryon.</p>
<p>M</p>  <p>N</p> 	<p>Stade critique (fin février-début mars).</p>	<p>L'embryon est réveillé de la diapause et s'allonge considérablement. Segmentation en 18 anneaux. Répartition homogène des granules vitellins.</p>

<p>F</p> 	<p>Allongement de l'embryon. <b>Graine hibernante :</b> t0+35 h</p>	
<p>G</p> 	<p>Décollement de l'embryon. t0+3 j</p>	<p>L'embryon entouré de l'amnios se décolle de la séreuse. <b>Graine hibernante :</b> plus que très peu de division cellulaires qui s'arrêtent au quatrième jour; <b>Graine non hibernante:</b> poursuite du développement cf. Stade N.</p>
<p>H</p>  <p>I</p> 	<p>Stade de diapause (été-automne).</p>	<p>Progression vers la périphérie des granules vitellins qui adhèrent à la séreuse et à l'embryon jusqu'à t0+10 j. Cela entraîne l'apparition d'une région dépourvue de vitellus. La couleur de la graine s'assombrit.</p>
<p>J</p>  <p>K</p>  <p>L</p> 	<p>Stade d'hibernation (décembre à février).</p>	<p>Terminaison graduelle de la diapause. Réapparition de l'aptitude à se séparer des granules vitellins. Allongement de l'embryon.</p>
<p>M</p>  <p>N</p> 	<p>Stade critique (fin février-début mars).</p>	<p>L'embryon est réveillé de la diapause et s'allonge considérablement. Segmentation en 18 anneaux. Répartition homogène des granules vitellins.</p>

# L'ÉLEVAGE DU VER A SOIE (*Bombyx mori*) EN FRANCE, DE SON INTRODUCTION AUX PRATIQUES ACTUELLES

**NOM et Prénom** : BLACHÈRE Audrey

## **Résumé** :

Ce travail bibliographique a pour but d'étudier la sériciculture en France de son introduction jusqu'à sa quasi-disparition dans les années 1990. La sériciculture représente l'élevage des vers à soie. Le ver à soie est une chenille de lépidoptère possédant la capacité de produire de la soie à un moment donné de son cycle (lors de la formation du cocon). Seule, l'espèce *Bombyx mori* et ses races seront étudiées ici. La chenille du *Bombyx mori* est monophage, se nourrissant exclusivement de feuilles de mûriers.

L'art d'élever des vers à soie et de dévider leurs cocons vient de Chine où on le pratique depuis la plus haute antiquité. La sériciculture a été introduite en France au XIII<sup>e</sup> siècle. Elle connut son apogée dans les années 1850 avant de décliner à partir des années 1860, consécutivement à une épidémie de pébrine.

La réussite d'un élevage de vers à soie passe nécessairement par une bonne connaissance du cycle évolutif de cet insecte. De l'œuf au cocon, il y a de nombreuses étapes à franchir allant de la culture du mûrier jusqu'au décoconnage et au sexage des cocons. L'ensemble de ces étapes se déroule dans des locaux d'élevage que l'on nomme magnanerie. Les magnaneries sont des espaces dans lesquels on peut maîtriser au mieux les paramètres d'ambiance (température, humidité, ventilation, lumière, assainissement) afin de garantir une bonne conduite d'élevage.

La maîtrise des différentes étapes de l'élevage du ver à soie permet de diminuer de façon significative la fréquence des maladies au sein d'une éducation (élevage). Les maladies les plus fréquemment rencontrées sont la pébrine (protozoose), la muscardine blanche (maladie fongique), la grasserie (maladie virale), le groupe des maladies bactériennes du tube digestif, la gattine et la flacherie (maladies multifactorielles virales et bactériennes) et les dysenteries non infectieuses.

**Mots clés** : HISTOIRE / SERICICULTURE / ELEVAGE / MÛRIER / MAGNANERIE / PEBRINE / VER A SOIE / BOMBYX MORI / FRANCE.

## **Jury** :

Président : Pr

Directeur : Pr. Courreau

Assesseur : Dr. Mailhac

# **SILKWORM BREEDING IN FRANCE, AN INTRODUCTION TO USUAL PRACTICES**

**SURNAME and given name** : BLACHÈRE Audrey

## **Summary** :

This bibliographical thesis aims at studying silkworm breeding in France from its beginning to its near extinction. A silkworm is a lepidopterous caterpillar which is able to produce silk at a precise moment of its cycle that is to say when winding up ( building) its cocoon. We will only study the *Bombyx mori* species which exclusively feeds on mulberry tree leaves.

The art of breeding silkworm and unwinding the cocoons comes from China and it has been practised since the Antiquity. It was introduced in France in the thirteenth century. It was at its best in the eighteen fifties but it was on the decline from the eighteen sixties because of an attack by pebrina ( a pebrina epidemic).

Breeding silkworm successfully requires a good knowledge of the life cycle of this insect and good breeding conditions. From the egg to the cocoon, there are many stages to get over from the culture of mulberry trees to the feeding of the worms and finally, the unwinding of the cocoons. All these operations take place in a special building called magnanerie. In this place, the atmosphere (heat, humidity, ventilation, light, cleaning) has to be under control in order to provide a good running of the breeding .

The skill in mastering these various stages decreases the incidence of diseases among the silkworms. The most frequent pathologies are pebrina (protozoan disease), white muscardine (fungal disease), grasserie ( viral disease), the group of bacterial diseases of the digestive tract, gatinne and flacherie ( multifactorial viral and bacterial diseases) and non infectious dysenteries.

**Keywords** : HISTORY / SERICICULTURE / BREEDING / MULBERRY TREE / MAGNANERIE / PEBRINA / SILKWORM / BOMBYX MORI / FRANCE.

## **Jury** :

President : Pr

Director : Pr. Courreau

Assessor : Dr. Mailhac