16627

Institut d'Elevage et de Médecine
Vétérinaire des Pays Tropicaux
10, rue Pierre Curie
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Ecole Nationale Vétérinaire
d'Alfort
7, avenue du Général-de-Gaulle
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Institut National Agronomique
Paris-Grignon
16, rue Claude Bernard
75005 PARIS

Muséum National d'Histoire Naturelle
57, rue Cuvier
75005 PARIS

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

LA PRODUCTION DES GRAINES EN SERICICULTURE

par

Anne BRETON

année universitaire 1992-1993

BIBLIOTHÈQUE
CIRAD-EMVT
10, rue P. Curie
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

BIBLIOTHEQUE
C.I.R.A.D. - E.M.V.T.

RÉSUMÉ

La sériciculture est une production très répandue dans le monde, en particulier dans les pays en voie de développement. L'ensemble de la filière qui débute à la production des oeufs, encore appelés graine, et se termine par le produit confectionné en soie requière une grande diversité de connaissances et de techniques précises.

Cependant la clé de voûte de cette production est sans aucun doute la parfaite maîtrise de la production des graines. Cette dernière est le résultat de croisement judicieusement déterminés pour produire une soie d'aussi bonne qualité que possible tout en tenant compte des contraintes du milieu, notamment les condition rudimentaires d'élevage chez les fermiers.

La production des graines nécessite en outre, une connaissance très pointue de la physiologie de la graine afin de savoir à quel moment précis il faut intervenir pour influencer son développement, ceci pour pouvoir programmer son éclosion à la date désirée par l'éleveur. Seule une bonne manipulation des graines permet de planifier les élevages, qui ne peuvent avoir lieu que lorsque les mûriers sont en feuilles.

Enfin les graines vendues aux éleveurs doivent être indemnes de toute pathologie, en particulier de la pébrine, véritable fléau en sériciculture. Cette maladie due à un protozoaire est transmise de façon transovarienne. Seuls des tests systématiques de détection menés à chaque étape du cycle du ver à soie, et l'usage de la méthode cellulaire, mise au point par Pasteur peuvent garantir la production de pontes indemnes de pébrine.

MOTS CLÉS

Ver à soie, sériciculture, graines, grainages, pébrine

SOMMAIRE

RESUME
INTRODUCTION
I) LE CYCLE DE BOMBYX MORI.
    A) Description du cycle.
    B) La diapause: phénomène biologique et conséquence: le voltinisme.
    C) Caractéristiques des différentes races de vers.
II) LA PRODUCTION DES GRAINES.
    A) Schéma de production des graines et organisation à l'échelle des pays.
    B) Les opérations de grainage.
        1) Opérations menées sur les graines.
            a) Conservation.
                -Solutions adaptées au conditions des pays tempérés.
                -Méthode de conservation des graines hibernantes en région chaude.
            b) Eclosion artificielle des graines.
                -Manipulation de l'acide.
                -Traitement habituel à l'acide.
                -Traitement à l'acide après refroidissement.
            c) Incubation des graines.
        2) L'élevage des vers parentaux, opération propre aux grainages.
            a) L'alimentation des vers.
            b) L'ambiance d'élevage.
            c) Le coconage et la récolte des cocons.
        3) Les cocons: livraison, sélection, et conservation.
        4) La reproduction.
            a) Le sexage des cocons.
            b) La synchronisation de l'émergence des papillons.
            c) L'accouplement et la ponte.
        5) Le contrôle de la pébrine.
CONCLUSION.
BIBLIOGRAPHIE.
ANNEXES.

INTRODUCTION

La soie est une production millénaire dont la première industrie est apparue dans la province de Chantung en Chine du Nord, il y a près de 3000 ans.

Par la suite, elle s'est propagée en Corée, au Japon, puis au Tibet, en Inde et en Perse. D'aucuns disent que son existence en Inde est aussi vieille qu'en Chine; il y aurait donc eu deux pôles de découverte de la soie.

Dès le IVème siècle, l'Orient exportait de la soie grège et des soieries en Perse, et de là dans l'empire Romain.

Puis, au VIème siècle, des moines persans parvinrent a découvrir le secret de la soie et rapportèrent des graines de ver à soie cachées dans leur canne creuse.

Pendant quatre à cinq siècles, ce n'était que dans l'empire d'Orient que l'on élevait des vers puis des manufactures furent fondées dans l'empire grec à Constantinople, Thèbes et Athènes. On dit même qu'à cette époque on donna au Péloponèse le nom de Morée (pays du mûrier).

La production de soi apparait en France au XIIIème siècle, les manufactures sont alors surtout fondée par des réfugiés italiens. Louis XI, Henri II favorisent son essor mais c'est vers la fin du XVIIème siècle, sous Henri IV que Olivier de Serres, agronome convaincu que seule la sériciculture peut faire naître l'aisance dans les régions méridionales françaises, s'acharne auprès du roi contre Sully, pour installer définitivement la production en France. A cette période, la France importe annuellement d'Italie de la soie pour quatre millions d'écus d'or, dans les années 1860, elle exporte pour cette valeur et en produit le triple.

Cependant, en 1854, la production française chute du fait de la pébrine, maladie du ver à soie. Pasteur commence les recherches en 1865 et résout le problème en cinq ans. La sériciculture française semble alors sortie de la crise et la production repart, mais pour une courte durée: l'évolution du monde agricole, l'avènement des fibres artificielles et la deuxième guerre mondiale entraînent un déclin dans tout l'ensemble du bassin méditerranéen.

De nos jours, l'Europe produit une quantité mineure de soie sauf l'Italie et la Bulgarie.

En Asie, au contraire, à l'exception du Japon premier producteur mondial en 1938 et dont la production décroît rapidement depuis, en raison de l'industrialisation rapide du pays, la production séricicole tient une place importante et tend à se développer. C'est essentiellement une industrie villageoise qui permet de fournir du travail à une importante fraction de la population rurale. Pour l'économie du pays, elle est la source d'un revenu non négligeable de devises.

En Amérique Latine, le Brésil s'est lancé avec beaucoup de succès dans la production de soie puisqu'il se trouve actuellement au cinquième rang mondial et d'autres pays du continent américain ainsi que des pays africains débutent des projets de production de la soie.

Toutefois, la sériciculture requièrt des techniques très pointues de nos jours, si l'on veut produire une soie de qualité excellente, seule utilisable dans les métiers à tisser et autres machines de filature modernes. Ces techniques sont parfois très vielles, élaborées au cours des âges comme un art dans les pays à tradition séricicole (grainage, élevage, coconage). D'autres sont plus récentes, nées des progrès réalisés par la science (génie génétique, techniques agronomiques, technologie). Mais sur l'ensemble de la filière de production, la

plus importante est sans conteste celle qui permet la production des oeufs, ou graines.

Sans la maîtrise de la production des graines, il n'est pas possible d'intensifier la production séricicole. Les grands pays producteurs de soie l'ont parfaitement compris, et ont partiellement ou totalement nationalisé cette partie de la production: c'est le cas de la Chine (1er rang mondial), de l'Inde (2ème rang mondial), du Japon (3ème rang), de la Russie (4ème rang) et de la Corée du Sud (6ème rang).

Les pays novateurs n'ont pas tenté une telle entreprise et se contentent d'importer des graines du Japon ou d'Europe (Italie et France qui possèdent des centres de production des graines). Il s'agit du Brésil et des pays où la soie est une production récente.

Après un lège aperçu du cycle du ver à soie, nous présentons l'ensemble du procédé de fabrication des graines de ver à soie.

I) LE CYCLE DE *BOMBYX MORI:*

Bombyx mori est un ver entièrement domestiqué et il ne peut survivre sans l'aide de l'homme qui lui fournit les feuilles de mûrier dont il se nourrit.

Les recherches en génétiques permettent de supposer qu'il descend du ver sauvage *Bombyx mandarina Moore* en raison des nombreuses analogies chromosomiques des deux espèces.

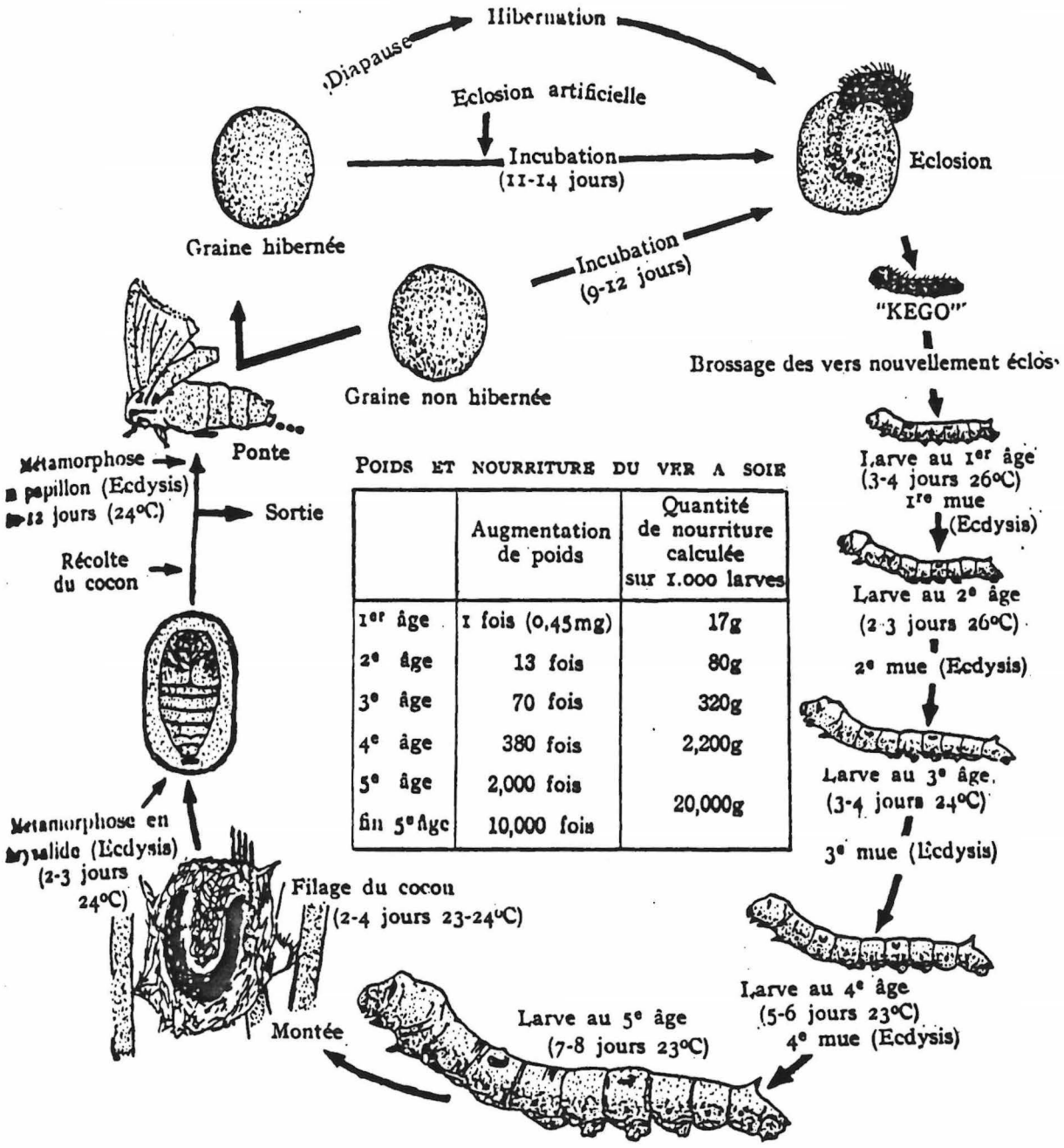
Selon son origine, on distingue des races Chinoises, Japonaises, Indiennes et Européennes.

A) Description du cycle.

Les vers à soie sont des insectes à métamorphose complète, (holométaboles), c'est à dire que la larve et l'imago différent non seulement par la morphologie et l'anatomie interne, mais aussi par le mode de vie et les régimes alimentaires.

La larve subit une série de mues pendant lesquelles elle grandit sans changer beaucoup d'aspect. Puis une mue nymphale transforme la larve en une nymphe ressemblant plus ou moins à l'imago et possédant des fourreaux alaires, des yeux composés, des appendices et des organes génitaux rudimentaires. Une mue imaginale la transformera en imago capable de se reproduire.(1)

La figure N°1 présente le cycle du ver à soie.



POIDS ET NOURRITURE DU VER A SOIE

	Augmentation de poids	Quantité de nourriture calculée sur 1.000 larves
1er âge	1 fois (0,45mg)	17g
2e âge	13 fois	80g
3e âge	70 fois	320g
4e âge	380 fois	2,200g
5e âge	2,000 fois	20,000g
fin 5e âge	10,000 fois	

FIGURE N°1: LA VIE DU VER A SOIE

D'après S. OMURA.

L'oeuf de Bombyx mori, appelé graine est de très petite taille; il en faut environ 2000 pour faire un gramme.

De couleur jaune pâle ou foncé selon la race, la graine lorsqu'elle est fécondée peut entrer en diapause après un début de développement (elle prend alors une couleur marron clair 24 heures après la ponte à cause des pigments formés dans la séreuse) ou poursuivre son évolution jusqu'à l'éclosion. L'embryogenèse dure de neuf à dix jours. Elle se manifeste par un changement de couleur de la graine sur laquelle apparait un point bleu qui s'étend ensuite à toute la graine.

Cette couleur témoigne de la présence du petit ver à l'intérieur prêt à éclore dans les vingt-quatres heures.

Le ver nouvellement éclos est minuscule, (1-1,3 mm de longueur sur 0,9-1,2 mm de largeur), et noir du fait des nombreux poils qui le recouvrent. Il est surnommé "hairycaterpilar", chenille poilue, dans les pays anglophones et “kego” c'est à dire fourmi au Japon.

Le ver dévore les feuilles de mûrier; rapidement, du fait de sa grande voracité, il grandit et s'éclaircit. Il devient blanchâtre avec des variations selon les races. Il peut aussi exister un dimorphisme sexuel. Ces caractères sont recherchés et sélectionnés afin de faciliter la reconnaissance des vers lors de leur manipulation.

Généralement, la larve subit quatre mues qui déterminent cinq âges larvaires. Certaines races ne présentent que trois mues ou d'autres cinq et cette caractéristique est utilisée pour leur classification. Il arrive aussi quelquefois, que les vers à soie à quatre mues passent à trois ou cinq mues selon les conditions de milieu ambiant et de nourrissage.

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. De fait, le ver, prêt à muer, a une peau très brillante car très tendue; il s'arrête de manger et tient sa tête tendue vers le haut. La vieille peau se déchire antérieurement et laisse apparaître un ver nouvellement vêtu d'un manteau trop grand, plissé, et terne.

Cette période est une étape de grande vulnérabilité de la larve car la nouvelle peau encore molle est facilement sujette aux traumatismes et traversée par des agents pathogènes.

De sa naissance au dernier stade larvaire, le poids de la chenille connait un facteur d'accroissement considérable: il est multiplié par dix mille.

Quand le dernier stade larvaire à atteint son poids maximum, il arète de se nourrir, montre soudainement une frénésie remarquable. Il se balade partout à la recherche d'un lieu propice à l'installation de sa demeure. Une fois stabilisé, et après s'être vidé de ses excréments, ce qui lui donne un aspect fripé et jaunâtre facilement reconnaissable, le ver commence à filer.

Au début, le fil de soie est déposé de façon irrégulière et très lâche afin de délimiter grossièrement le pourtour du cocon et surtout de l'encrer sur le support. Cette partie à l'aspect du coton, est appelée la bourre.

Par la suite, les mouvements de la tête du ver dont s'échappe le fil de soie deviennent de plus en plus réguliers, et construisent le mur opaque du cocon au sein duquel le ver disparait.

Le travail se termine au bout de deux à quatre jours et le ver devenu ridiculement petit, (les glandes séricigènes représentent 41,97% du poids du corps du ver mûr), peut enfin s'endormir pour sa mue nymphale.

Au cours de cette période, le ver se métamorphose en chrysalide encore appelée nymphe ou pupe. La peau chitineuse de la jeune nymphe est claire et molle et il faut attendre qu'elle se durcisse et noircisse pour récolter les cocons sans les endommager.

Dix à douze jours après, au petit matin, on peut voir éclore le papillon blanc immaculé. Il perce un orifice à l'extrémité du cocon au moyen de sa salive alcaline capable de dissoudre la soie, puis, poussant de la tête la partie amollie, il se crée une ouverture par laquelle il sort.

La femelle, indolente et volumineuse, se laisse approcher par le mâle, petit et turbulent, attiré par les pherhormones de notre dame. L'accouplement peu alors commencer; il durera trois à quatre heures.

La ponte commence au début de l'après midi et se poursuit jusqu'au matin suivant. La femelle pond de quatre-cent à cinq-cent oeufs en moyenne selon la race.

La domestication sur plus de quatre mille ans a rendu l'imago incapable de voler. En outre, il ne se nourrit pas. La vie du papillon se poursuit au maximum jusqu'à dix jours.

La durée de l'ensemble du cycle de vie de *Bombyx mori*, ainsi que de chacun des stades est très variable selon les races. Les conditions d'élevage: température, humidité, luminosité et photopériode, hygiène et alimentation ont également une grande influence. Cependant, le facteur de variation le plus important est la diapause qui affecte la graine après sa ponte.

B) La diapause, phénomène biologique et conséquence, le voltinisme.

"La diapause correspond à une période caractérisée par un arrêt physiologique. Toute activité et tout développement sont alors stoppés. En général, elle coincide avec des conditions de milieu défavorables, (chute de température, qualité médiocre des aliments). Elle apparaît comme une adaptation à la vie hivernale sans nourriture." (1).

Chez le ver à soie, la diapause ne concerne que la graine. 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 races:

-les vers univoltins dont les oeufs rentrent systématiquement en diapause pour n'éclore que l'année d'après. Il n'y a qu'une génération par an.

-les vers bivoltins dont la première ponte de l'année se développe 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 phase de diapause.

La diapause de la graine est déterminée par l'action de l'hormone de diapause, sécrétée par les glandes suboesophagiennes, et 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 son développement.

L'activité de la glande suboesophagienne est sous le contrôle du cerveau: dans des conditions normales, chez les races des vers univoltins, le cerveau excite en permanence les glandes suboesophagiennes 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.

Enfin, chez les vers bivoltins, le cerveau stimule la sécrétion des glandes suboesophagiennes lorsque la graine parentale se trouve 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 fixé.

De façon secondaire, les conditions d'élevage des vers parentaux influencent aussi l'entrée en diapause de la graine, (cf tableau N°1).

C) Caractéristiques des différentes races de vers.

Selon leur voltinisme, les vers à soie présentent une grande différence dans la durée de leur cycle et de la constitution et la qualité de leur soie.

Généralement, les vers bivoltins ont une durée de développement plus courte que les vers univoltins 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 multivoltins qui ont la durée de cycle la plus courte et la qualité soyeuse de leurs cocons est très basse mais ils sont très robustes.
(cf tableau N°2)

Les races japonaises regroupent des vers univoltins et des vers bivoltins. Leurs cocons sont généralement blancs en forme de cacahuète.

Les races chinoises sont également uni ou bivoltines. La couleur du cocon est très variable (blanc, jaune, vert ou rose), et la forme est celle d'un oeuf.

Les races européennes sont toutes univoltines. Les cocons sont généralement plus gros que tous les autres, de couleur blanche ou peau.La forme est ovale ou parfois en cacahuète.

Enfin les races indiennes sont toutes multivoltines. Le cocon est très petit, en forme de fuseau. Les qualités de la soie sont très mauvaises.

TABLEAU N°1:INFLUENCE DE LA TEMPERATURE LORS DE L'ELEVAGE DES VERS PARENTAUX BIVOLTINS SUR LE VOLTINISME DES GRAINES.

incubation	stade larvaire	stade nynphal	voltinisme des oeufs pondus
température élevée (>25°C)	température élevée (>25°C)	température élevée (28°C)	graines hibernantes
	température basse (18°C)	température basse (20°C)	graine hibernante
température basse (<15°C)	température élevée (>25°C)	température élevée (28°C)	graine non hibernante
	température basse (18°C)	température basse (20°C)	graine non hibernante
température intermédiaire (+/- 20°C)	température élevée (>25°C)	température élevée (28°C)	graines majoritairement non hibernantes
	température basse (18°C)	température basse (20°C)	graines majoritairement hibernantes

D'après WANG SAN MING.

TABLEAU N°2: DUREE DU CYCLE DES RACES DE VERS UNIVOLTINS ET POLYVOLTINS

race	durée totale du cycle	graine	vers L1 L2 L3 L4 L5	filature du cocon	nynphose	chrysalide	papillon
UNIVOLTIN	52-65 jours sans la diapause	diapause: 4-10 mois	3 2 3 5 9-10 22-23 jours + 4 mues = 4 jours soit 26-27 jours.	2-3 jours	1-2 jours	8-10 jours	6-10 jours
POLYVOLTIN	45-56 jours	9-12 jours	3 2 3 4 6-7 18-19 jours + 4 mues = 4 jours soit 22-23 jours.	2-3 jours	1-2 jours	8-10 jours	3-6 jours

D'après FAO Manuel.

II) LA PRODUCTION DES GRAINES.

Cette étape est fondamentale en sériciculture car c'est elle qui détermine la qualité des cocons récoltés pour la filature. Elle doit assurer une production suffisante pour répondre à la demande des éleveurs.

Elle prend en compte plusieurs facteurs:

- La graine renferme le patrimoine génétique qu'exprimera le ver, puis le cocon. Elle est le résultat d'une sélection génétique rigoureuse et de croisements.

-De nombreux caractères du ver à soie, importants en sériciculture, (diapause, durée des stades du cycle, qualité des cocons,...) sont très sensibles aux variations des conditions de milieu et ce d'autant plus qu'il s'agit de races pures. D'autres, et notamment la diapause, représentent une entrave à l'exploitation optimale de la sériciculture à un niveau industriel. La production des graines nécessite par conséquent une connaissance et une maîtrise parfaite des facteurs qui influencent leur qualité, ainsi que l'application des techniques mises au point pour programmer et synchroniser l'éclosion des graines.

-La graine peut être porteuse de maladies qui vont affecter le ver au cours de son élevage et donner lieu à une mauvaise qualité de cocons voire même entraîner la perte de toute la récolte. Les graines obtenues doivent être exemptes d'agents pathogènes. Elles sont appelées Dfls (Disease free layings).

A) Schéma de production des graines et organisation à l'échelle des pays.

La production des graines industrielles, ainsi appelées parce qu'elles donneront les cocons utilisés en filature, 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 les hybrides F1 destinés à l'industrie.

La première opération est réalisée par des instituts de recherche séricicole ou des centres de génétique expérimentale.

Elle consiste à créer des races synthétiques par croisement entre deux ou trois races pures reconnues pour certaines de leurs qualités.

Pendant les trois ou quatres 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 sont conservées dans un état de forte productivité et de pureté génétique. Ce sont les stocks de reproducteurs.

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 parentales. Elles sont généralement gouvernementales.

L'utilisation exclusive d'hybrides pour la production des cocons de filature suppose de pouvoir multiplier en quantité suffisante et sans altération qualitative les races pures afin, dans un dernier temps, de les accoupler et produire les graines industrielles pour répondre à la demande des fermiers.

Cependant, comme une reproduction à une grande échelle et sur de nombreuses générations entraîne très rapidement une détérioration de la qualité des cocons (dérive génétique?), la multiplication des races pures est limitée à deux ou trois générations, la première étant celle effectuée dans les centres de recherche. Le système sur deux générations est considéré comme meilleur.

En outre, "dans la mesure où le papillon femelle pond en moyenne de 400 à 500 oeufs, il serait théoriquement possible, compte tenu de la proportion mâles/femelles d'obtenir un facteur multiplicateur d'une génération à l'autre de l'ordre de 200 à 250. Mais, en raison des pertes et de la sélection rigide menée sur la qualité des cocons, afin de conserver la pureté des caractères de la race, et sur la salubrité des pontes, la multiplication d'une génération à l'autre n'est que de l'ordre de 100".(3),(cf tableau N°3)

TABLEAU N°3: MODELE DE MULTIPLICATION DES GRAINES SUR TROIS ETAGES, (INDE).

	10 lakh Bivoltin x Bivoltin	100 lakh Polyvoltin x Bivoltin
Quantité de Dfls P3 à faire éclore	250	200
Bons cocons obtenus: 360 cocons par ponte.	90 000	65 000
Pression de sélection: 20 %	18 000	26 000
Quantité de pontes P2 qui peuvent être préparées y compris le tampon (3 cocons pour chaque ponte).	6000	8660
Quantité de Dfls P2 à faire éclore	4700	7000
Bons cocons obtenus 300 cocons par ponte.	14,1 lakh	16,45 lakh
Préssion de sélection: 40%	5,64 lakh	9,87 lakh
Quantité de pontes P1 qui peuvent être préparées y compris le tampon (3 cocons pour chaque ponte).	1,88 lakh	3,29 lakh
Quantité de Dfls P1 à faire éclore	1,65 lakh	3,00 lakh
Bons cocons obtenus 200 cocons par ponte	330,00 lakh	525,00 lakh
Besoin actuel de concons à graines	250,00 lakh	400,00 lakh
Tampon	80,00 lakh	125,00 lakh
ratio de multiplication P3 à P2 P2 à P1	 1/24 1/40	 1/43 1/47

1 lakh = 100 000, D'après M. S. JOLLY.

La dernière opération qui consiste à croiser entre elles les races pures est également réalisée dans des fermes spécialisées, appelées grainages industrielles tout comme les graines qui y sont produites. Elles sont gouvernementales ou privées. Souvent même, la première partie du cycle , c'est à dire l'élevage des vers parentaux P1 est réalisé par des fermiers sélectionnés pour leur bonne connaissance des pratiques d'élevages, à qui les grainages industrielles rachètent par la suite les cocons.

Le croisement permet d'obtenir une génération hybride qui réunit les caractères parentaux et bénéficie en outre, de la vigueur hybride.

Les principaux avantages de l'utilisation d'hybrides sont les suivants (3):

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

Les hybrides utilisés peuvent être obtenus par simple croisement entre races pures, mais on réalise aussi des croisement à trois ou quatre voies.

Le système de multiplication sur trois étages est utilisé au Japon, en Chine et en Russie. Le schéma est le suivant:

Les races pures obtenues dans les centres de recherche, et appelées Parental 3 (P3) au Japon, Arrières grands-parents en Chine, et Stocks de

reproducteurs en Russie, permettent la production des graines Parental 2 (P2, Grands-parents, et Super élites) au sein de ces mêmes centres.

Elles sont ensuite distribuées aux grainages gouvernementales qui assurent un nouveau cycle dont les produits sont les graines Parental 1 (P1) Parents ou Elites.

L'élevage des vers parentaux peut à nouveau être réalisé par les grainages industrielles gouvernementales ou privées qui effectuent les croisements et distribuent les graines industrielles aux éleveurs. Un autre système consiste à distribuer les graines P1 à des éleveurs regroupés dans des zones déterminées pour n'élever qu'une seule race. Ils les élèvent jusqu'au stade de cocons, rachetés par les grainages qui réalisent le croisement.

En Inde, la multiplication des graines de races pures comprend une étape supplémentaire. C'est le système à quatre étages: P4, P3, P2, P1 avant la réalisation du croisement hybride. Les vers parentaux P1 sont également élevés par des fermiers regroupés dans les aires spécialisées.

B) Les opérations de grainages

Elles couvrent l'ensemble du cycle du ver à soie dans les grainages parentales et sont réalisées avec la méthode cellulaire, c'est-à-dire que chaque ponte est traitée de façon individuelle afin de permettre son élimination si elle ne répond pas aux critères de qualités fixés.

Par contre, dans les grainages industrielles, dans la mesure où la première partie du cycle jusqu'au stade des cocons est souvent accomplie par des fermiers privés, ces opérations portent sur les stades suivants. De plus, l'analyse ne s'opère plus sur chacune des pontes mais sur un

échantillon prélevé sur les lots formés soit par l'ensemble des cocons d'un éleveur, soit par les cocons issus d'une chambrée lorsque l'élevage est réalisé à la ferme de grainage.

1) Opérations menées sur les graines.

Comme nous l'avons vu, il existe deux types de graines: les graines hibernantes et les graines non hibernantes.

Ces dernières ne posent guère de problèmes pour l'élevage puisque leur développement se poursuit sans interruption jusqu'à l'éclosion des vers. Il est donc possible d'obtenir des cocons toute l'année.

Cependant, afin de compenser les qualités très médiocres de leurs cocons, les races de vers tropicales sont croisées avec des races de vers à graines hibernantes (uni ou bivoltins).

Que ce soit dans les régions tempérées ou les régions tropicales, la sériciculture se heurte donc au problème de la diapause.

Deux techniques permettent de le résoudre: la première consiste à créer l'atmosphère idéale pour une parfaite conservation de la graine d'une année sur l'autre; c'est la conservation.

La seconde est l'éclosion artificielle des graines qui a été mise au point dès le XIXème siècle en Chine et en Europe. Elle permet de briser la diapause en la stimulant la graine par des agents physiques ou chimiques à un stade déterminé de son développement embryonnaire.

Ces deux opérations doivent débuter peu après la ponte, aussi sont-elles réalisées dans la ferme de naissance des graines.

On se reportera aux annexes N°1 et N°2 pour les stades de développement de l'embryon.

a) La conservation

Elle vise à reproduire l'évolution du climat des régions tempérées à laquelle est normalement soumise la graine hibernante 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 _c'est l'estivation qui garanti son entrée en diapause stable_ le refroidissement progressif de l'automne, puis les températures froides de l'hiver. "L'hibernation correspond en réalité 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 peu à peu détruite par les basses températures".(3).

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, d'où un pourcentage élevé de mortalité, une éclosion non uniforme et des larves parfois très affaiblies. 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 température très basse afin d'inhiber le développement de l'embryon réveillé de la diapause.

La conservation permet donc de prévenir les aléas climatiques qui affectent la qualité de la graine et de programmer son éclosion à la date voulue.

"Pour atteindre son but, la méthode de conservation doit être parfaitement adaptée au climat local. En effet chaque région a son propre climat et l'époque de la ponte diffère avec chacune d'elles, en sorte qu'il ne sert à rien de traiter les graines en partant du principe rigide qu'il y a une température fixe pour chacun des mois."(6).

Par contre, il est nécessaire de conserver un certain équilibre entre la durée de chacune des périodes et de respecter le temps d'hibernation minimal nécessaire pour lever la diapause.

Dans les pays tempérés, il existe trois périodes de ponte possible: printemps, été et automne pour lesquelles nous présenterons les solutions adoptées au Japon. Dans les pays tropicaux, la ponte peut avoir lieu toute l'année et seules comptent les durées relatives de chacune des périodes.

-*Solutions adaptées aux conditions des pays tempérés:*

. Conservation des graines hibernantes produites au printemps:

Au Japon, la ponte de printemps a lieu vers la mi juin et les graines doivent être préservées jusqu'à leur éclosion au début du mois de mai suivant soit sur une période de 300 jours environ.

**Mi juin à mi août*:

-60 jours à 23-25°C

-La graine rentre en diapause stable.

-Une température trop élevée (>30°C) est très néfaste à l'activité physiologique de la graine tandis qu'une température trop basse (<20°C) ne lui permet pas d'entrer

dans une diapause stable et donc de supporter un stockage à froid ultérieur.

-Une durée supérieure entraîne une diapause plus intense et donc une levée de sommeil plus lente, permettant un stockage à froid plus prolongé, mais, au delà de 90 jours, la durée de conservation possible à froid se raccourcit, et l'éclosion des oeufs devient médiocre.

**Mi août à début/mi octobre:*

-45-60 jours à la température naturelle qui diminue progressivement jusqu'à 20°C. Si la température naturelle reste plus élevée elle doit être baisée artificiellement.

**Début/mi octobre à début/mi décembre:*

-60 jours à la température naturelle qui diminue jusqu'à 5°C. Si ce n'est pas le cas , cela est fait artificiellement.

-A partir de 15°C l'état de la graine commence à évoluer vers le réveil.

**Début/mi décembre à début/mi février:*

-Conservation 50-60 jours à 5°C.

-Cette température est idéale car elle stoppe le développement embryonnaire des graines déjà réveillées et, elle stimule le réveil des graines attardées, ce qui permet 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.

-Au delà de 60 jours, les graines s'affaiblissent, il faut donc

passer à une température inférieure pour les préserver plus longtemps.

**Début/mi février jusqu'à l'incubation:*

-Conservation à 2,5°C interrompu après 40-60 jours (début/ mi avril) par une période intermédiaire: 4-5 jours à 10-15°C permettant une conservation prolongée de la graine avec un maximum de 80 jours après ce dernier traitement.

-La température à 2,5°C stoppe totalement le développement embryonnaire de la graine et permet une conservation de plus longue durée.

-Les graines qui ont atteint la limite de stockage peuvent recouvrer leur résistance à une conservation plus prolongée au froid si elles sont sorties du réfrigérateur afin de permettre le développement de l'embryon jusqu'au stade N (C1-C2),(6). Il est nécessaire de disséquer les graines chaque jour afin d'en contrôler l'évolution pour ne pas dépasser ce stade critique à partir duquel la résistance au stockage au froid s'amoindrit rapidement.

. Conservation des graines hibernantes produites en début d'automne:

Ces graines sont pondues à la fin du mois d'août et leur éclosion est attendue 8 mois plus tard, au début du mois de mai suivant soit 240 jours après. Il faut les conserver de la façon suivante:

**Fin août à fin septembre:*

-30 jours à 23-25°C.

-Cette période est plus courte que pour les graines de

printemps puisque l'on désire une diapause moins intense pour une durée de stockage plus courte.

**Fin septembre à mi octobre:*

-15 jours à 20°C.

**Mi octobre à début décembre:*

-La température naturelle diminue progressivement jusqu'à 5°C.

**Début décembre jusqu'à mai:*

-Mêmes étapes que pour les graines de printemps.

. Conservation des graines hibernantes produites en fin d'automne:

La ponte a lieu fin octobre et comme l'éclosion est prévue au début du mois de mai, ces graines ne seront conservées que 6 mois (180 jours) comme suit:

**Mi octobre à début novembre:*

-20 jours à 23-25°C.

**Puis:*

-La température est diminuée de 2,5°C tous les trois jours jusqu'à ce que la température naturelle soit atteinte.

**Par la suite:*

-Ces oeufs doivent suivre le même traitement que les graines de printemps exception faite du traitement intermédiaire (4-5 jours à 10-15°C) qui est inutile puisque la période de stockage à froid est courte.

-Si l'éclosion de ces graines n'est pas uniforme, on peut leur

faire subir, juste avant l'éclosion, le traitement à l'acide habituel envisagé dans le paragraphe suivant.

Dans la mesure où la durée de conservation des graines d'automne est plus courte, la qualité de ces graines est supérieure à celle des graines de printemps car l'utilisation des réserves de l'oeuf est moindre. "Plus court est le stade de graine, meilleure est l'éclosion et plus saines sont les larves écloses",(6). Il est donc toujours préférable de réserver les graines d'automne pour l'élevage de printemps et d'utiliser la même année celles de printemps grâce au procédé d'éclosion artificielle.

-*Méthode de conservation des graines hibernantes en région tropicale.*

Elles permettent de programmer l'éclosion des graines hibernantes sur une période de 100 à 300 jours après leur ponte.

Pour chacun des traitements proposés dans le tableau N°4, il est possible d'utiliser les oeufs 10 jours avant ou après la date présentée. Toutefois, il est toujours nécessaire de procéder à des test d'éclosabilité afin de s'assurer de l'aptitude à éclore des graines prélevées.

L'humidité convenable pour la conservation des graines est de 80%.

TABLEAU N°4: PLAN DE CONSERVATION DES PONTES EN FONCTION DE LA DUREE DE PRESERVATION CHOISIE.

Nombre de jours de préservation	différentes températures								
	Période d'estivation				Période d'hivernation				Incubation
	25°C	20°C	15°C	10°C	5°C	2,5°C	15°C	2,5°C	25°C
100-120	3 jours		6-12 heures		90 jours		6-12 heures		10 jours
120-140	10 jours	2 jours	2 jours	3 jours	50 jours	50 jours	1 heure		10 jours
180-200	20 jours	15 jours	10 jours	10 jours	50 jours	60 jours	1 heure		10 jours
300	50 jours	40 jours	25 jours	25 jours	60 jours	55 jours	4-5 jours	30-40 jours	10 jours

D'après M. S. JOLLY

Remarque: Comme les graines de vers polyvoltins poursuivent inexorablement leur développement en dix jours, il est parfois nécessaire de retarder leur éclosion; pour cela, on les conserve à 5°C pendant un maximum de trois semaines deux jours après leur ponte.

Le procédé de conservation permet donc de faire éclore les graines dans un minimum de 100 jours après la ponte. Cependant, afin d'accroître le rendement de la production des cocons industriels dans les pays tempérés il est nécessaire de faire se succéder plusieurs cycles au cours de la belle saison et donc de réduire le temps entre la ponte et l'éclosion des graines hibernantes. C'est également le cas dans les pays tropicaux où plus l'intervalle ponte/éclosion est court et plus est élevé le nombre d'élevages dans une année. Cela est rendu possible grâce à la technique d'éclosion artificielle.

b) L'éclosion artificielle des graines.

"Eclosion artificielle": cette expression désigne les traitements qui empêchent artificiellement les graines hibernantes d'entrer en diapause ou qui les réveillent aussi artificiellement de la diapause pour les faire éclore. Maintes méthodes d'éclosion artificielle ont été expérimentées,(6) ;

On peut les classer selon deux grands groupes:

-les méthodes physiques:

*hivernage artificiel

*traitement à l'eau chaude

*stimulation par friction

*stimulation par températures élevées

*stimulation par températures basses

*stimulation par haute pression

*exposition aux rayons du soleil

*induction électrique

-les méthodes chimiques:

*traitement à l'acide chlorhydrique

*traitement à l'acide nitrique

*traitement à l'acide sulfurique

*traitement à l'aqua regia (proportion 3/1 d'ac. chlorhydrique 35% et d'ac. nitrique 65%).

*traitement au chlorure de sodium

Cependant, parmi ces nombreuses méthodes, la plus sûre et la plus couramment pratiquée de nos jours, est le traitement à l'acide.

Dans les pays tempérés, le traitement à l'acide est grandement appliqué pour les élevages d'été et d'automne qui utilisent les oeufs du printemps de la même année. Cela permet de rentabiliser les nouvelles feuilles de mûrier qui sont disponibles en ces saisons. "Au Japon, 60% de la production des cocons industriels est obtenue en été et automne, c'est donc que le même pourcentage de graines industrielles subissent le traitement à l'acide. Cela illustre clairement le rôle fondamental de l'éclosion artificielle dans l'industrie de la soie".(3)

En région tropicale où la production de feuilles de mûrier est abondante et continue toute l'année, la production de soie est accrue par l'utilisation des races bivoltines dont on peut mener cinq à six élevages par an grâce à l'éclosion artificielle des graines hibernantes.

Avant le traitement à l'acide, il faut soit fixer les graines sur leur carton de ponte si elles sont vendues tel quel, soit les détacher du carton et les conditionner sous forme libre dans les boites prévues à cet effet.

L'adhésion aux cartons de ponte est renforcée par leur immersion dans une solution de formaldéhyde à 2% qui durcit, après séchage, la substance gluante qui y attache les oeufs, tandis que pour détacher les graines afin de les présenter sous forme séparée, il suffit de laver les cartons à l'eau qui dissout la gomme, puis de faire sécher les oeufs avant de les traiter à l'acide.

-*Manipulation de l'acide:*

La concentration de l'acide chlorhydrique pur est donnée par sa densité et elle varie avec la température. Plus celle ci est élevée, plus la densité de la solution diminue.

La solution du commerce a généralement une densité de 1,160 à 1,180 évaluée à 15°C, et il est nécessaire de la diluer pour obtenir la densité désirée à la température voulue. Pour cela, on se sert du tableau N°5 qui donne les différentes valeurs de la densité de la solution d'acide en fonction de la température. Il permet de trouver à quelle densité serait la solution utilisée pour le traitement si la manipulation se faisait à 15°C. Par exemple, pour le traitement habituel à l'acide chaud qui utilise une solution de densité 1,064 à 46°C, la densité équivalente à 15°C est de 1,075.

TABLEAU N°5: DENSITE DE L'ACIDE EN FONCTION DE LA TEMPERATURE.

températures en °C	**15°C**	**20°C**	**23°C**	**25°C**	**27°C**	**29°C**	**31°C**	**34°C**	**46°C**	**48°C**
températures en°F	**59°F**	**68°F**	**73°F**	**77°F**	**81°F**	**84°F**	**88°F**	**93°F**	**115°F**	**118°F**
densités	1,0750	1,0732	1,0722	1,0715	1,0708	1,0701	1,0691	1,0683	1,0642	1,0635
	1,1000	1,0977	1,0964	1,0955	1,0946	1,0937	1,0928	1,0915	1,0861	1,0853

D'après M. S. JOLLY.

Ensuite, on utilise la formule suivante pour calculer la quantité d'acide à diluer; elle n'est valable que pour une température donnée:

$$\text{Vol d'ac. nécessaire} = \frac{\text{(densité désirée-1)}}{\text{(densité disponible-1)}} * \text{vol. de la solution finale}$$

Pour obtenir un litre de solution de densité 1,075 à partir d'une solution de densité 1,180, il est donc nécessaire d'utiliser:

$$\frac{1{,}075-1{,}000}{1{,}180-1{,}000} * 1000 = 416 \text{ ml de la solution d'acide à 1,180 de densité.}$$

La stimulation par l'acide chlorhydrique est due à l'action conjuguée de 3 facteurs:

-la concentration en HCL

-la température

-la durée du traitement

Chacun d'entre eux doit être parfaitement respecté, aussi est-il nécessaire de prendre les précautions suivantes:

La solution utilisée doit être exempte d'impuretés et il est nécessaire de réajuster périodiquement sa concentration. "En effet, même si le poids spécifique est correct, la concentration de HCL décroît car la pâte des cartons de ponte, la substance collante des graines ...etc, se dissolvent peu à peu dans la solution".(6)

Pour le traitement à l'acide chaud, la température de la solution doit rester stable et homogène.

Or, lorsque l'on y trempe les graines, elle se refroidi. Pour palier à cet inconvénient, on utilise au Japon une solution préliminaire à la même concentration que la solution principale et chauffée à 40°C, dans laquelle

on trempe les graines plusieurs dixièmes de seconde avant de les transférer dans la solution principale. En Chine, la température de la solution principale est simplement rehaussée de 0,3 à 0,5°C afin de tenir compte du refroidissement provoqué par le trempage des graines. Lorsqu'il s'agit de graines séparées, le procédé japonais semble meilleur puisqu'il permet, en outre, d'éviter la dilution de la solution principale par l'humidité conservée à l'intérieur des graines suite au lavage à l'eau.

Il est également nécessaire de vérifier la température au cours du traitement: cela peut être fait en trois fois: le premier test sera réalisé une minute après l'immersion, puis les suivants toutes les deux minutes. "Au cas où la température serait inférieure à celle prévue, il est préférable de prolonger le temps de trempage que de chauffer l'acide. On peut considérer que pour une variation de 0,5°C par minute, il faut prolonger la durée de traitement de 5 secondes".(8)

Afin de conserver l'homogénéité de la température de la solution pour que le traitement des graines soit uniforme, les cartons de ponte seront remués de temps à autre dans la solution.

La quantité de solution d'acide utilisée par carton est de l'ordre de 25 cm3.

Après le traitement, les graines sont soigneusement rincées a l'eau courante à 20°C environ. "Si la température de l'eau est trop basse, cela a un effet préjudiciable sur les graines". (6) On vérifiera que l'acide chlorhydrique est parfaitement retiré au moyen d'un papier pH ou en s'assurant de l'absence d'amertume des graines.

L'éclosion artificielle permet de programmer l'éclosion des graines de 10 à 75 jours après leur ponte.

Si l'on souhaite les faire éclore de 10 à 30 jours après la ponte, on utilise la technique appelée "traitement habituel à l'acide", tandis que pour la période allant de 30 à 75 jours, on applique le traitement à l'acide après refroidissement.

-Le traitement habituel à l'acide .

Il est particulièrement important de traiter les graines au bon moment. La période la plus appropriée est juste entre la fusion des feuillets amniotiques et l'isolement de l'embryon c'est à dire au stade D. "Si les graines sont plus jeunes, elles peuvent être endommagées par le traitement. De même, si elles ont dépassé le stade D, elles ont de la difficulté à éclore".(6)

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. De façon générale, plus la température est élevée, plus le traitement doit être précoce. Le tableau N°6 indique les valeurs à respecter, mais il faut savoir que c'est à 25°C que les résultats sont les meilleurs.

En outre, comme la ponte débute activement vers 18-20 heure et se poursuit jusqu'au lendemain matin, seules les pontes qui ont lieu avant 20 heure sont traitées, les autres seront utilisées comme graines hibernantes l'année suivante. Par conséquent, afin de les différencier, on transfère les papillons sur de nouveaux cartons à partir de 20 heure.

TABLEAU N°6: PERIODE ADEQUATE POUR LE TRAITEMENT A L'ACIDE:

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

D'après M. S. JOLLY, S. KRISHNASWAMI et S. OMURA.

Il existe deux types de traitement; le plus utilisé est celui à **l'acide chaud** qui requièrt une solution d'acide chlorhydrique de densité 1,064 à 46,1°C et 15% de HCL.

Le temps de trempage des graines est fonction de leur race:

-Japonaises et apparentées: 5-6 mn.

-Chinoises et apparentées: 4-5 mn.

-Européennes et apparentées: 6-7 mn.

Les races monovoltines nécessitent un peu plus de temps que les races bivoltines.(6).

La seconde méthode dite **"méthode à la température habituelle"** 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. (cf tableau N°7). "Cette méthode n'est pas autant prisée que la méthode à chaud". (6)

L'embryon de la graine traitée atteint le stade F ou un état légèrement plus avancé en 20 heures à 25°C. (6) Son éclosion a lieu 10 jours après.

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:

*Un stockage à froid après le traitement à l'acide:
Il ne peut débuter que si l'embryon a atteint le stade F, et il permet de conserver la graine un maximum de 20 jours à 2,5°C et 80% d'humidité. Les graines doivent être bien sèches avant de les réfrigérer. Puis, lorsque l'on souhaite les incuber, il est nécessaire de les laisser pendant plusieurs heures à une température intermédiaire de 15°C.

TABLEAU N°7: DUREE DU TRAITEMENT A L'ACIDE A TEMPERATURE HABITUELLE

date du traitement à l'acide		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 préservation 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

D'après S. KRISHNASWMI

***Un stockage à froid avant le traitement à l'acide:**

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 oeufs 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.

Pour programmer une éclosion au delà de 30 jours, aucune des techniques précédemment citées ne peuvent être utilisées. On dispose alors de la méthode de traitement à l'acide après refroidissement.

-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. 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 de réfrigération 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.

-races européennes: 6-7 mn.

-races japonaises monovoltines: 6-7 mn.

-races japonaises bivoltines: 5-6 mn.

-races chinoises mono. et bivoltines: 5-6 mn.

Le traitement à l'acide après refroidissement court permet de fournir des oeufs 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. A leur sortie du réfrigérateur elles sont traitées de la même façon que pour la technique précédente.

Remarque: Dans la province de Guangdong en Chine, l'éclosion artificielle des graines hibernantes de vers multivoltins est réalisée par immersion dans l'eau chaude dont la température est déterminée en fonction de celle de la ponte.

Grâce aux techniques conjuguées de la conservation et de l'éclosion artificielle, les graines hibernantes peuvent servir à l'élevage quelle que soit l'époque de l'année, dès lors que les mûriers sont suffisamment feuillus pour mener à bien l'élevage des vers. Ces deux techniques sont pour une grande part à l'origine du grand essor de la sériciculture dans les pays producteurs de soie.

Cependant, "la conservation, les traitements et l'éclosion artificielle des graines de ver à soie, tels que décrits ci-dessus, 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" (6).

c) L'incubation.

L'incubation consiste à placer les graines dans une atmosphère parfaitement contrôlée afin de permettre un développement uniforme des embryon et donc l'éclosion de la majorité des graines à la date fixée.

Elle concerne tous les types de graines qu'elles soient hibernantes ou pas.

Elle est réalisée dans la ferme parentale où seront élevée les vers, ou chez les éleveurs ou les coopératives d'éleveurs quand il s'agit des graines industrielles F1.

Elle est fondamentale pour ces derniers car elle conditionne la réussite de leur travail: bien menée, elle fournit de jeunes vers vigoureux et robustes ainsi qu'une récolte de cocons abondante et de bonne qualité.

Pour les grainages, outre les avantages cités pour les fermiers, elle vise à stabiliser les caractères hibernants de la graine, et à synchroniser l'élevage des différentes races afin d'obtenir à la même époque les imagos pour les accoupler.

L'incubation est une technique très précise qui nécessite du matériel approprié, chambre à incubation ou incubateur, que ne peuvent généralement pas supporter les petits fermiers. Ceux-ci utilisent alors des substituts tel que papier paraffiné, rubans de mousse humectée, toile de jute humide, pots en terre cuite, ...etc.

La chambre à incubation dispose de radiateurs, rafraîchisseurs, humidificateurs, appareils d'éclairage, thermomètres et hygromètres. L'incubateur est une boite à double paroi métallique entre lesquelles on verse de l'eau chaude pour maintenir la température intérieure de la chambre. 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 régulièrement répartie dans l'ensemble de la pièce. La bonne disposition des radiateurs et 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%.

-**l'éclairement**: il faut seize heures de lumière par jour d'une

puissance supérieure à cinq lux.

-**le volume d'air et sa qualité:** "on compte en moyenne 500 grammes de graines par m3 mais cela varie selon la disposition de la ventilation".(6) 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, ammoniaque, fréon du réfrigérateur, mercure des thermomètres) ou des désinfectants utilisés (il est indispensable de vérifier lors du chauffage de la chambre d'incubation ou de l'incubateur 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).

Une désinfection méticuleuse devra porter sur les graines et l'ensemble du matériel d'incubation avant le début des opérations afin d'éliminer tout risque de contamination des vers nouvellement éclos par les agents pathogènes pour *Bombyx mori:* il s'agit de virus de bactéries de moisissures et surtout du protozoaire responsable de la pébrine.

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 à l'air libre.

La désinfection de la chambre à incubation ou de l'incubateur et du matériel doit être réalisée dix 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 0,5%, cette dernière permettant de renforcer le pouvoir viricide médiocre du formol.

On les vaporise sur les parois de la chambre et de l'incubateur et on y laisse tremper les outils.

Avant de procéder à l'incubation de l'ensemble des graines, on prélève un échantillon représentatif de chacun des lots dont on dissèque les graines pour étudier pour étudier le stade de développement de l'embryon. Cela permet de déterminer un protocole adapté d'incubation. Une autre technique utilisée au Japon consiste à effectuer des "incubations préliminaires 20 à 30 jours auparavant sur un échantillon de graines afin d'étudier la durée d'incubation nécessaire, l'uniformité de l'éclosion, son pourcentage pratique, ...etc".(6)

Au cours de l'incubation, on vérifie également par dissection des graines le bon développement de l'embryon pour adapter éventuellement l'ambiance de la chambre d'incubation.

En fonction du mode de conservation antérieurement pratiqué sur les graines, les étapes de l'incubation diffèrent. L'idéal est d'adapter le planning d'incubation au stade de développement de la graine en sachant que la température surtout, la lumière et l'humidité secondairement ont une action bien définie sur chacune des étapes du développement de l'embryon. On se reportera au tableau N°8 pour les différents stades de l'embryon.

La température:

Au stade C1, le développement de l'embryon est rapide à la température de 15°C, au delà de 20°C, il se ralentit.

Au stade C2, au contraire, une température de 20°C favorise un développement rapide tandis qu'à 15°C il est grandement freiné.

Par conséquent, si l'on constate une grande irrégularité de développement au sein des pontes (ce qui est fréquent pour les graines conservées à froid puis directement transférées à la température ambiante, ou celles qui ont eut à subir un transport aux heures chaudes supérieures à 20°C), il est conseillé de les conserver à 15°C afin que les graines au stade C1 rattrapent leur retard tandis que celles au stade C2 ne se développent pas d'avantage. Dans la pratique on applique les recommandations suivantes:

-les oeufs seront transportés au plus tôt cinq jours après leur sortie du réfrigérateur afin de les soumettre à une température intermédiaire après leur conservation au froid pour uniformiser leur niveau de développement.

-les graines hibernantes qui ont été conservées à froid sont progressivement amenées à la température d'incubation au moyen d'un stockage intermédiaire à 15°C pendant trois jours.

-Celles qui ont été conservées au froid après un traitement à l'acide et celles qui ne sont pas hibernantes (races polyvoltines), mais que l'on a momentanément gardé à basse température ne demeureront que 12 heures à 15°C.

-Les graines traitées à l'acide sont elles, directement placées à la température d'incubation.

D'autre part, la température lors de l'incubation influence considérablement le caractère hibernant de la race. La période sensible se situe entre le stade E3 (P) et celui de "l'oeil bleu" c'est-à-dire F4 (T). Afin de fixer ce caractère, il faut que la température pendant cette période soit supérieure à 20°C pour les races univoltines et supérieure à 25°C pour les races bivoltines (cf tableau N°1), d'où la nécessité d'élever la température d'incubation à partir du stade E3. En dessous de 15°C, les papillons issus de

cette génération de graines produiront des graines non hibernantes, alors qu'entre 15°C et 25°C, ce sont la lumière puis l'humidité qui déterminent ce caractère.

La lumière:

Le second paramètre important lors de l'incubation est la lumière.

La vitesse de développement de l'embryon est accélérée par la lumière jusqu'au stade de "l'oeil bleu" (F4), puis elle a une action inhibitrice jusqu'au stade de la "graine bleue" (F5). Lors de l'éclosion, la lumière redevient stimulante. En d'autres termes, l'obscurité empêche l'éclosion mais jusqu'à une durée maximale de neuf heures, après quoi, les graines écloront en dépit de l'absence de lumière. En outre l'obscurité doit être profonde car le moindre rayon lumineux déclenche l'éclosion.

Ces caractéristiques permettent de synchroniser la naissance des vers en plongeant les pontes dans une obscurité profonde dès que 20 à 30% d'entre elles ont atteint le stade de "l'oeil bleu" (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.

L'influence de la lumière sur le voltinisme se situe également entre les stades E3 et F4 mais elle n'a de réelle conséquence que lorsque la température se situe dans l'intervalle peu déterminant de 15 à 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:

Enfin, il est un dernier paramètre à savoir moduler lors de l'incubation, c'est l'humidité.

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 élevée (>90°C) fournit une éclosion uniforme et des larves de grosse taille mais elles sont très affaiblies.

L'optimum se situe donc entre 70 et 75% avant le stade E3 et à 85% au delà.

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

Dans la pratique les planning d'incubation des graines sont plus ou moins précis selon les régions.

Au Japon où seules les races hibernantes sont utilisées, le tableau N°8 présente les normes d'incubation utilisées.

En Chine, on dissocie l'incubation des graines de printemps de celle des graines d'automne. (cf tableaux N°9 et N°10).

Enfin, les graines de races polyvoltines sont incubées sur le modèle des graines hibernantes traitées à l'acide.

TABLEAU N°8: NORMES POUR L'INCUBATION DES GRAINES DE RACES HIBERNANTES.

Sortes de graines	températures			humidité
	15°C	23-24°C	25-26°C	
graines ayant passé l'hiver	3 jours*	4 jours	jusqu'à l'éclosion	75-85%
graines en non hibernation artificielle	---	---	pour toute la durée de l'incubation	75-85%

* immédiatement après la sortie du réfrigérateur.

D'après S. OMURA.

TABLEAU N°9: CRITERES D'INCUBATION DES VERS BIVOLTINS AU PRINTEMPS.

date	stade du développement embryonnaire	température adéquate en °C	humidité adéquate en %	lumière adéquate
jour de sortie du stockage à froid	C1: stade avant celui du très long embryon C2: stade de l'embryon très long	17	80	lumière naturelle
1	C2: stade de l'embryon très long	20	80	
2	D1: stade de la croissance en éppaisseur de l'embryon	22	75	
3	D1: stade du développement des appendices E1:stade de formation des appendices précoces	22	75	
4	E2: stade de formation des appendices terdifs	24	75	18 heures par jour de lumière artificielle
5	E3: stade du racourcissement	25-25,5	80	
6	F1: stade d'involution	25-25,5	80	
7	F2: stade final de l'involution	26	80	
8	F3: stade d'apparition de la trachée	26	80	
9	F4: stade de l'oeil bleu	26	80	
10	F5: stade de la graine bleu	26	80	obscurité
11	éclosion	26	80	lumière

Remarque: pour les races bivoltines qui ont une origine partielle avec une race polyvoltine, il est nécéssaire d'augmenter de 0,5°C la température après le stade E3.

D'après WANG SAN-MING.

TABLEAU N°10: CRITERES D'INCUBATION DES VERS BIVOLTINS EN AUTOMNE.

	stades précoces	stades tardifs
nombre de jours	4	5-6
stade embryonnaire	avant E3	de E3 à F5
température	25°C	26-27°C
humidité	70-80%	80-85%
lumière	naturelle	augmentation de la durée d'exposition lumineuse de 6 heures par jour.

D'après WANG SAN-MING.

Il est à nouveau possible lors de cette opération, de retarder son échéance. Mais on n'aura recours à ces méthodes que occasionnellement pour résoudre un imprévu ponctuel car les vers les plus vigoureux sont obtenus lorsque le développement se fait dans les plus cours délais. On veillera donc à minimiser ce type d'opération ou à en réduire au maximum la durée.

L'interruption peut avoir lieu à trois niveaux:

-lors du deuxième ou troisième jour d'incubation, avant le stade de renversement de l'embryon: les graines peuvent être placées au maximum huit jours à 5°C et 80% d'humidité.

-les graines parvenues jusqu'au stade du corps bleu même si certaines ont déjà commencé à éclore seront conservées une jusqu'à une semaine à 5°C et 80% d'humidité. S'il s'agit de graines non hibernantes on utilisera une température de 2,5°C au maximum trois jours.

-les larves nouvellement écloses peuvent être préservées trois jours à 7,5-10°C et 80% d'humidité.

Remarque: On procède a un test de recherche des spores de pébrine sur les coques vides des graines nouvellement écloses. S'il se révèle positif, les larves issues de cette ponte seront entièrement détruites.

2) L'élevage des vers parentaux: opérations propres aux grainages.

Nous ne développeront ici que les caractères propres aux fermes de grainages parentales qui ont pour fonction de multiplier en quantité suffisante les races pures destinées aux croisement.

Les races pures de ver à soie sont beaucoup sensibles aux conditions d'élevage que les hybrides. En outre, les conditions d'élevage peuvent encore, dans une faible mesure influencer les caractères hibernants de la race. Enfin le contrôle des pathologies et particulièrement de la pébrine, doit être rigoureux à tous les âges du ver.

L'élevage des vers au sein des grainages parentales demande donc beaucoup plus de soin que celui effectué par les fermiers: l'alimentation, les conditions environnementales, et les manipulations des vers doivent faire l'objet de nombreuses précautions. Ceci est d'autant plus vrai qu'une sélection des standards est menée à chaque stade du cycle du ver à soie. Par conséquent, un choix judicieux ne peut avoir lieu que lorsque l'on a fournit aux animaux toutes les conditions aptes à valoriser leurs caractères génétiques.

a) L'alimentation.

La qualité des feuilles de mûrier influence les conditions physiques des vers (robustesse, santé, croissance, ...), la qualité des cocons; celle des graines ainsi que le voltinisme.

Du premier au troisième age larvaire, le corps de la larve connait une croissance considérable. L'alimentation doit donc être suffisante en

quantité et en qualité pour éviter tout retard de croissance qui ne pourra pas être rattrapé par la suite.

Les quatrième et cinquième age larvaire sont des périodes ou l'animal accumule des réserves pour la croissance des cellules reproductrices et séricigènes. Si les larves sont mal nourries, le papillon pond des oeufs en moins grand nombre, de plus petite taille et très peu résistants aux conditions climatiques adverses.

Le contrôle de la qualité des feuilles passe par un choix approprié de la variété des mûriers, une bonne maintenance du jardin (amélioration du sol, fertilisation, irrigation, taille des mûriers à la bonne époque ...etc...) ainsi que par une récolte sélective, un transport rapide et une conservation adéquate des feuilles.

La figure N°2 présente les feuilles à choisir selon l'age des vers, le tableau N°11, les quantités à distribuer.

b) L'ambiance d'élevage.

La température, l'humidité, la qualité de l'air, la lumière, l'espace et l'hygiène sont tous très importants lors de l'élevage du ver à soie.

La température a une action directe sur la physiologie du ver: prise alimentaire, digestion, circulation sanguine et respiration.

L'humidité a une influence indirecte en raison de ses conséquences sur la période au cours de laquelle les feuilles restent fraîches et l'hygiène du lit d'élevage dont la litière fermente rapidement.

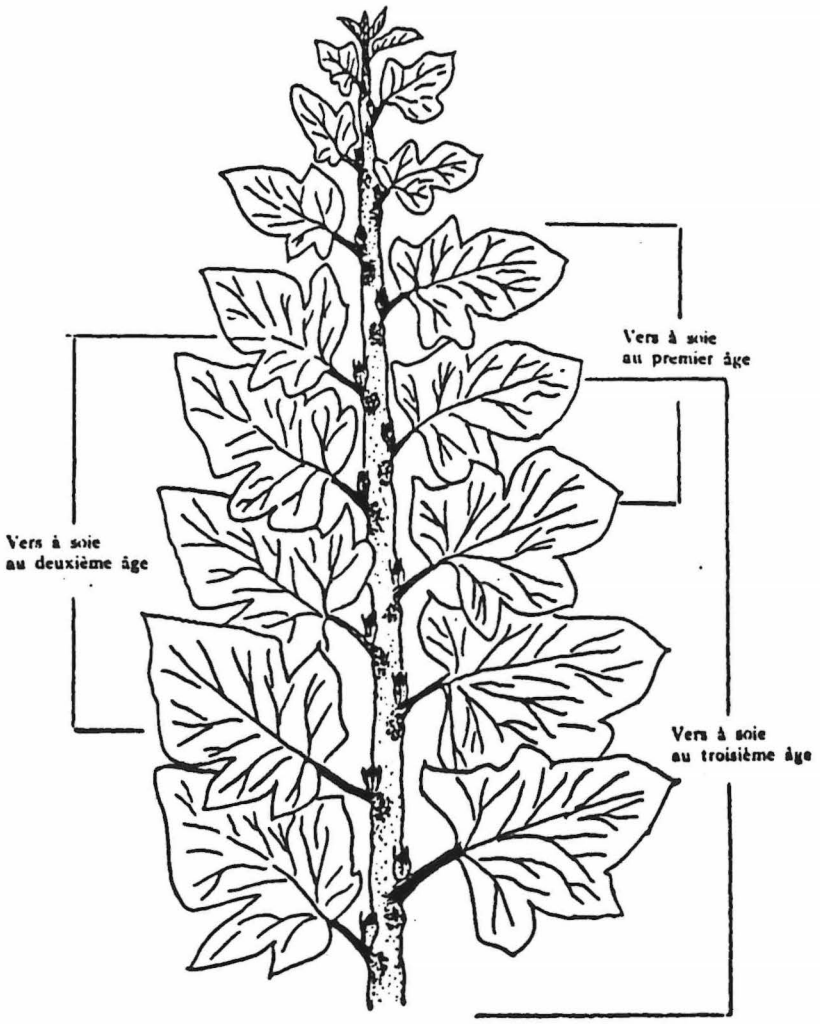


FIGURE N°2: RECOLTE DES FEUILLES DE MURIER POUR LES JEUNES VERS A SOIE

D'après S. OMURA.

TABLEAU N°11: POIDS ET NOURRITURE DU VER A SOIE.

	Augmentation de poids par rapport au poids de la larve nouvellement née.	Quantité de nourriture calculée sur 1000 larves
1er âge	1 fois (0,45 mg)	17 g
2ème âge	13 fois	80 g
3ème âge	70 fois	320 g
4ème âge	380 fois	2 200 g
5ème âge	2 000 fois	20 000 g
Fin 5ème âge	10 000 fois	

D'après S. OMURA.

Les gaz à éviter lors de l'élevage des vers sont ceux dégagés par les vers et les manipulateurs c'est à dire le dioxyde de carbone et l'ammoniac, ce dernier provenant de la fermentation des refus de feuilles et des fèces.

D'autres, tout aussi préjudiciables, et auquels il faudra penser, sont ceux produits par les moyens installés pour réchauffer la température de la pièce, comme le chauffage au pétrole ou au charbon. Il s'agit du monoxyde d'azote et du dioxyde de soufre.

Les jeunes ages larvaires (premier au troisième), ont un niveau respiratoire très bas et supportent donc plus facilement une concentration en dioxyde de carbone élevée. Par contre il sont très sensibles aux gaz toxiques. C'est l'inverse pour les quatrièmes et cinquième ages qui ont un niveau respiratoire beaucoup plus élevé et consomment beaucoup de feuilles. On veillera donc à ventiler suffisamment la pièce pour préserver la santé des vers.

La surface du lit d'élevage doit croître à mesure que les vers grandissent afin d'éviter une surpopulation qui affecte leur croissance et leur santé.

On veillera également à respecter l'hygiène du lit par un nettoyage au dates indiquées.

L'ensemble des normes d'élevage sont regroupées dans le tableau N°12.

Remarque: Il est nécessaire de surveiller le développement des larves afin de changer les conditions d'élevage si l'on constate la moindre différence avec les critères de la race en question. Notamment il est possible de jouer sur la température afin de modifier la vitesse de croissance des vers: une augmentation de température permet d'accélérer la croissance, une diminution, de la ralentir.

TABLEAU N°12:NORMES A RESPECTER POUR L'ELEVAGE DES VERS

Poids et taille	Stade larvaire	Température °C	Humidité %	Feuilles kg pour 20 000 oeufs	Nombre de repas quotidiens	Surface nécessaire pour l'entretien de 20 000 larves (en m^2)	
						Début âge	Fin âge
0,5 mg 2,5 à 3 mm	I	26 - 28	85	1 . 2	8 . 10	0,20	0,8
	II	26 - 28	85	5 . 6	8	1	2
	III	24 - 26	80	20 . 25	6 . 7	2	4,5
	IV	24 - 25	75	80 . 90	6 . 7	5	10
5 g 90 mm	V	23 - 24	70	450 . 475	4 . 5	10	20

D'après S. KRISHNASWAMI.

c) Le coconage et la récolte des cocons.

Pour obtenir un bon coconage, il est nécessaire de récolter les vers de cinquième age lorsqu'ils ont atteind le stade dit de "maturité" facilement reconnaissable par l'apparence translucide de la partie antérieure de la larve. Il est préférable de prélever les vers un peu trop tard que trop tôt, car des vers immatures, en raison de l'insuffisance de leur prise alimentaire, filent leurs cocons avec retard et pondent une quantité moindre de graines. De même, une récolte trop tardive augmente les risques de cocons doubles et déformés.

La répartition des vers sur le montage doit être assez espacée pour éviter une surpopulation responsable d'une récolte de mauvaise qualité: cocons doubles, déformés, tachés... L'atmosphère de la pièce n'excédera pas 24,5°C pour les vers bivoltins et 26,5°C pour les vers multivoltins, et la lumière sera tamisée pour conserver les montages dans la semi pénombre.

La récolte des cocons des vers bivoltins débute six jours après la coconage, et trois à quatre jours pour les vers multivoltins.

3) Les cocons: livraison, sélection et conservation.

De la qualité des cocons dépend la qualité des graines obtenues dans les fermes de grainage, et donc, le succès de l'élevage des vers industriels par les éleveurs.

Les cocons font donc l'objet d'un soin tout particulier lors de leur acheminement à la ferme de grainage industriel (lorsque les vers parentaux P1 ont été élevés par les fermiers agrées pour ce travail), et de

leur stockage. En outre, une sélection très stricte permet de ne retenir que ceux qui sont conformes au standard voulu pour la production ultérieure des graines.

Pour éviter de tuer la chrysalide qui se trouve à l'intérieur du cocon par un échauffement excessif, dégagé par l'activité physiologique de cette dernière, les cocons sont emballée de façon très espacée dans des boites perforées, lors de leur transport. Ce dernier ne doit avoir lieu qu'aux heures fraîches de la journée afin de toujours conserver une température optimale de 24°C à 26°C et une humidité de 70-80%.

Dès leur arrivée à la ferme de grainage, les lots de différente provenance sont soumis à un test de recherche de la 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 retenus 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 peuvent être dues à une mauvaise manipulation des vers lors de l'élevage, elles peuvent aussi être la conséquence d'une anomalie génétique qui sera transmise à la descendance.

La conservation des cocons est particulièrement importante car lorsqu'elle est défectueuse, cela se répercute sur les taux d'éclosabilité, de fécondité et de viabilité qui sont alors abaissés.

Il est donc indispensable de conserver les cocons dans une pièce suffisamment aérée pour drainer les gaz toxiques dégagés par l'activité physiologique de la chrysalide ainsi que ceux provenant de la décomposition des matières mortes. On veillera à l'absence de poussière et au maintien de l'obscurité. La température doit être maintenue à 24°C-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'oeufs. En outre, les mâles sont souvent stériles. Au contraire, une température trop basse ralentit le développement et provoque une irrégularité de l'émergence des papillons.

4) La reproduction.

Elle 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) Le sexage des cocons.

La première opération consiste à sexer le nymphes. Pour cela, on ouvre le cocon au moyen d'une lame, à l'une de ses extrémités, afin d'en extraire la pupe et d'observer le dimorphisme sexuel.

Les 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.

Cette technique du sexage des nymphes présente trois effets bénéfiques sur la suite de opérations.

-Pour les grainages industriels productrices d'hybride, elle permet de séparer les mâles des femelles afin d'éviter tout accouplement intra - -racial lors de l'émergence des papillons.

-Elle garantit l'obtention de papillons plus robustes, car dégagés de l'effort à fournir pour s'extirper de leur cocon lors de leur émergence.

-Elle permet, en les plaçant dans des conditions d'ambiance différentes, de combler l'écart qui existe entre l'éclosion des papillons mâles et celle des papillons femelles, ces derniers ayant tendance à éclore en dernier.

b) La synchronisation de l'émergence des papillons.

Cette technique permet d'obtenir une éclosion le même jour des papillons mâles et femelles de race différente afin de les accoupler immédiatement, lorsqu'ils sont encore bien vigoureux.

Pour cela, la durée exacte de chacune des étapes du cycle des différentes races de vers doit être parfaitement connue, et la synchronisation débute en fait dès la naissance des vers parentaux, en fixant le jour de l'éclosion de chacune des races grâce au traitement des graines. Par la suite, la maîtrise des conditions d'ambiance permet d'influencer le développement des vers, et donc de respecter la durée théorique de chaque étape du développement pour la race en question.

Enfin, si en dépit de ces précautions, l'éclosion des papillons ne s'annonce pas à la date prévu par le planning, il est possible de recourir à la réfrigération des cocons ou des pupes.

Les durées maximales supportables sont présentées dans le tableau N°13.

La réfrigération des cocons doit de préférence avoir lieu le septième ou le huitième jour après le coconage 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 détériorée.

On respectera aussi les règles suivantes:

-la réfrigération ne doit porter que sur un seul stage.

-il faut maintenir une humidité suffisante lors du stockage au froid.

-ne recourir à la réfrigération des femelles que dans les cas extrêmes.

Selon la race de ver à soie et la température, l'émergence des papillons a lieu en moyenne neuf à quatorze jours après le début de la filature du cocon.. Les vers de race polyvoltins émergent généralement plus tôt, suivis par les vers de race bivoltines .

On peut prévoir la date d'émergence des papillons grâce aux transformations qui affectent la nymphe: les yeux noircissent, les ailes se démarquent d'avantage et le corps se ramolli. La salle de préservation des chrysalides doit rester dans l'obscurité un jour avant la date prévu de

TABLEAU N°13: DUREE MAXIMALE ACCEPTABLE DE STOCKAGE A FROID DES CHRYSALIDES POUR SYNCHRONISER L'EMERGENCE DES PAPILLONS.

Stade	durée maximale de conservation au froid
Lot entier de cocons	2-3 jours
cocons ou pupes mâles	7 jours
cocons ou pupes femelles	2-3 jours
papillons mâles	7 jours
papillons femelles	2-3 jours

D'après M. S. JOLLY.

l'émergence, car comme les papillons sont très réceptifs à une lumière de forte intensité, lorsque l'on allume la lumière très tôt, à quatre heures du matin, le jour de l'éclosion, l'ensemble des papillon émergent en même temps.

Après huit heures du matin, on éteint à nouveau la lumière pour éviter une éclosion trop dispercéedans le temps des papillons. On l'allume à nouveau le lendemain très tôt, et ainsi pendant trois à quatre jours, pour que l'ensemble du lot ait éclos.

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

Les papillons difformes, anormaux, faibles ou mort sont conservés pour un test de recherche de la pébrine.

c) L'accouplement et la ponte.

Les papillons femelles sont collectés et éparpillés sur une claie, puis on dépose à coté de chacun d'eux, et en léger excès, les mâles de la race avec laquelle ont 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 se 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.

L'accouplement dure environ trois heures au cour duquel deux éjaculations ont lieu. 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 à trois accouplements en le conservant entre chaque opération, au frais à 5°C.

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

Les oeufs récoltés vont alors subir l'ensemble des traitements présentés au début de cet ouvrage.

5) Le contrôle de la pébrine.

La pébrine est une maladie du ver à soie due à un protozoaire, *Noséma bombycis.* Ce parasite appartient à l'ordre des microsporidies ce qui indique que cette espèce forme des spores de très petites taille.

Les spores de *Noséma bombycis* se trouvent partout dans le milieu ambiant et peuvent contaminer le matériel d'élevage, les feuilles de mûrier, ...etc... Certains insectes sauvages sont également porteurs sains de la maladie. La spore, est particulièrement résistante dans la milieu extérieur.et peut survivre plusieurs années dans les conditions habituelles de température et d'humidité des chambres.

La transmission au ver à soie se fait selon deux modes, per os et par voie transovarienne. Le contrôle de la pébrine consiste 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,...etc, et, d'autre part, à s'assurer que les graines produite sont bien indemnes de pébrine.

Les mesures d'hygiène sont les suivantes:

-désinfection des locaux de conservation et d'incubation des graines, d'élevage des vers, de coconage, de reproduction ...etc ainsi que de tout le matériel au moyen d'une solution à bases de formol, de paraformaldéhyde, de chlorure de chaux ou d'hypochlorite de sodium.

-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 et régulièrement désinfectés, ...etc.

-Hygiène du lit d'élevage des vers en respectant les dates recommandées de nettoyage.

-Désinfection des oeufs avant l'incubation au moyen d'une solution de formol à 2%, dans laquelle on trempe les oeufs pendant dix minutes. Ceci permet de stériliser la surface des oeuf qui peut être souillée par des germes qui contamineront les ver nouvellement éclos.

Outre ces techniques purement prophylactiques qui, du reste, ne sont pas spécifique des fermes de grainages mais devraient aussi être appliquées par les éleveurs, d'autres méthodes sont mises en oeuvre pour s'assurer que les graines produites sont bien indemnes de pébrine. Cela se traduit par une série de test réalisés à chaque stade du cycle des vers parentaux.

Les test portent sur:

-les coques des graines écloses

- les vers qui présentent une anomalie de développement (retard de

mue, petite taille ...etc) et ceux malades ou morts.

-les vers tombés du montage lors du coconage et tout ceux qui ne filent pas.

-les pupes anormales ou mortes.

-les papillons anormaux ou morts.

-les papillons femelles après la ponte.

Le test est réalisé en broyant les matières organiques à examiner dans une solution d'hydroxyde de sodium à 2%. Une goutte de broyat est déposée sur une lame, couverte par une lamelle, et examinée au microscope. La présence de spore indique que l'échantillon est contaminé et entraîne le rejet du lot d'origine de ce dernier.

Pour le contrôle rétrospectif des papillons femelles, étape fondamentale pour la prévention de la pébrine puisque ce sont eux qui transmettent le germe à la descendance, on à recours à deux types d'examen.

-L'examen individuel: il est obligatoire lorsque les oeuf sont destinés à la reproduction. Chaque papillon est broyé dans un mortier de céramique avec un pilon, tous numérotés, ou dans une machine conçue à cet effet. Chaque femelle trouvée infectée voit sa ponte écartée.

-L'examen de masse: utilisé lors de la production industrielle d'oeufs à grande échelle, ce procédé convient bien pour une inspection rapide et efficace des papillons frais ou secs.

En effet, 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 n°14.

Les échantillons de femelles sont collectés en fonction du nombre de femelles présentes dans le lot. Si le nombre de femelles excède 700, un deuxième échantillon est collecté. Les femelles sont testées, et si elles sont exemptes de pébrine, tous les oeufs sont qualifiés pour l'élevage. Si le nombre de broyat pébriné est inférieur au nombre indiqué dans le tableau, le deuxième échantillon est testé. Tous les oeufs sont rejetés si le nombre total de broyat infecté 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 de 0,8% peuvent être détectés et exclus de la production.

TABLEAU N°14: ECHANTILLONNAGE POUR L'INSPECTION DE MASSE DES FEMELLES.

Nombre de femelles dans le lot	Première inspection		Seconde inspection		Nombre total maxi de broyats pébrinés avant rejet des œufs
	Nombre de femelles à inspecter	Nombre maxi de broyats pébrinés avant rejet des œufs	Nombre de femelles à inspecter	Nombre maxi de broyats pébrinés avant rejet des œufs	
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
801-1 000	620	2	130	2	2
1 001-2 000	755	2	195	2	2
2 001-3 000	865	3	500	3	3
3 001-4 000	915	4	815	4	4
4 001-6 000	955	5	1 140	5	5
6 001-10 000	990	6	1 500	6	6
10 001-30 000	1 030	6	1 620	6	6
30 001 ou plus	1 060	6	1 730	6	6

D'après M.S. JOLLY.

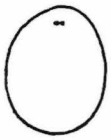
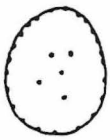
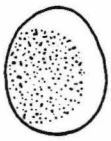
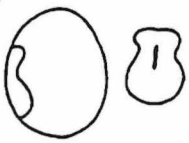
CONCLUSON

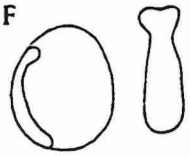
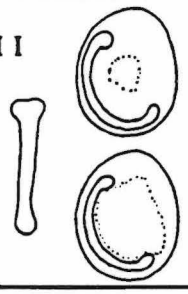
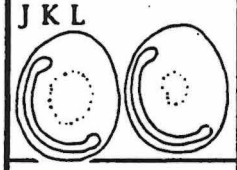
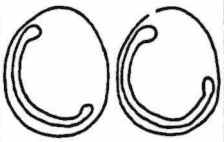
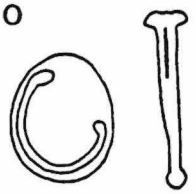
La production des graine est une technique très élaborée de nos jours. Elle repose sur la multiplication des races pures de vers à soie retenues pour leur qualités soyeuses et de robustesse puis leur croisement qui donne un produit F1, dont la vigueur hybride est très élevée. Seuls ces derniers sont vendus aux éleveurs pour la production de cocons industriels, c'est à dire ceux qui seront utilisés en filature pour la production de soie.

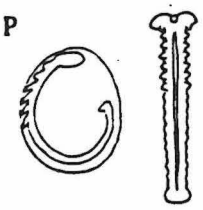
Dans la mesure ou les races à graines hibernantes présentent des qualités soyeuses bien supérieures au races à graine non hibernantes, celles là participent toujours pour partie, ou en totalité, à l'élaboration des graines industrielles. La graine obtenue présente donc le caractère hibernant, qui ne permettrait qu'une à deux récoltes par an, s'il ne pouvait être modifié grâce à l'ensemble des procédés de traitement de la graine. Ces techniques, très précises, permettent d'obtenir, qu'elle que soit l'époque de l'année, des graines prêtes à éclore, et offrent ainsi la possibilité de planifier l'élevage des vers pour la période désirée.

Enfin, la production des graines nécessite l'application de mesures d'hygiène et de prophylaxie rigoureuses afin de fournir des graines indemnes de tout agent pathogène. Ce sont les "disease free layings" ou Dfls" Ceci est particulièrement important afin de lutter contre la pébrine, puisque cette maladie qui ravage les élevages, se transmet par la voie transovariène.

ANNEXE N°1: DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE DE LA GRAINE HIBERNANTE.

Schéma	Stade	Caractéristiques
A 	fécondation t0 + 1,5 à 2 h	Fusion entre les pronucleus mâle et femelle (fécondation) après division de maturation de l'oocyte femelle.
B 	formation du blastoderme et du vitellophage t0 + 10 h.	Division du noyau résultant de la fécondation Migration de certains des noyaux filles dans le périplasme où ils constituent une couche de cellules, le blastoderme. Le reste des noyaux qui demeure à l'intérieur de la graine forme le vitellophage
C 	formation de la région embryonnaire t0 + 15h	Epaississement du blastoderme face ventrale; cette région qui va constituer l'embryon est appelée région embryonnaire.
D	formation de la bande germinative t0 +/- 20h	Contraction de la région embryonnaire en bande germinative Segmentation en petites parties du jaune, chacune d'elles contenant des vitellophages Les cellules de la région extra-embryonnaire forment une membrane qui tapisse l'intérieur de la membrane vitelline, la séreuse, et l'amnios qui recouvre la bande germinative.
	coloration de la graine hibernante t0 + 24h	L'oeuf devient marron claire à cause des pigments formés dans les cellules séreuses. La respiration de la graine se ralentit rapidement à partir de ce stade et la croissance prend du retard sur celle de la graine non hibernante.
E 	apparition de la tête et de la queue t0 + 25h: graine non hibernante t0 + 30 h: graine hibernante	La contraction de la bande germinative progresse Comprime aux deux extrémités de l'embryon et apparition de la tête et la queue.

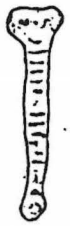
F 	allongement de l'embryon tO + 35h: graine hibernante.	
G	décollement de l'embryon t0 + 3j	L'embryon entouré par l'amnios se décolle de la séreuse et continue de se développer dans le vitellus **Graine hibernante:** Trois jours après la ponte, quelques cellules de la graine effectuent encore des divisions cellulaires, mais le quatrième jour, aucune division cellulaire n'est plus constatée. Ceci est en rapport avec la période de ralentissement respiratoire. **Graine non hibernante:** Le développement se poursuit normalement sans ralentissement respiratoire; se reporter au stade des 18 anneaux.
H I 	Stade de diapause Eté-automne.	Progression vers la périphérie des sphérules vitellines et adhésion à la séreuse et l'embryon jusqu'à t0 + 10j. Apparition d'une région dépourvue de vitellus translucide lorsqu'elle est éclairée de dessous, qui s'acroit par migration des sphérules vitellines puis par leur concentration. Assombrissement de la couleur de la graine.
J K L 	Stade d'hibernation. Décembre à février.	Terminaison graduelle de la diapause. Réapparition de l'aptitude à se séparer des sphérulles vitellines. Allongement de l'embryon.
M N 	Stade critique fin février- début mars.	L'embryon est complètement réveillé de la diapause et s'allonge considérablement. Le lobe céphalique s'ouvre Segmentation en 18 anneaux Répartition homogène des sphérulles vitellines.
O 		Apparition du cordon neural sur la ligne médiane de l'embryon.

P 		Apparition des appendices
Q		Epaississement et raccourcissement du corps de l'embryon.
R	Stade du renversement embryonnaire	L'embryon jusqu'alors incurvé le long de la face ventrale de l'oeuf, sa partie ventrale vers l'extérieur, se déplace vers la face dorsale de l'oeuf et se retourne pour présenter son dos à l'extérieur.
S	Stade de la tête bleue. Eclosion-2j ours	L'embryon avale le vitellus et la membrane séreuse donc sa tête devenue noire apparaît bleuâtre par transparence à travers à travers le chorion.
T	Stade du corps bleu Eclosion-1 jour.	Le corps s'assombrit et donne une couleur bleuâtre à toute la graine.
U	Eclosion.	

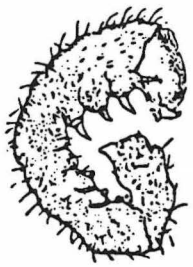
Remarque: l'embryon de la graine non hibernante se développe en un temps plus court, sautant les stades H à L. La migration des sphérules vitellines n'a pas lieu et la membrane séreuse n'est pas colorée.

D'après S. OMURA.

ANNEXE N°2: CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTS STADES DU DEVELOPPEMENT ~~EMBRYO~~NNAIRE DE L'EMBRYON DE LA GRAINE HIBERNANTE.

Schéma	Stade	Caractéristiques
A-(L)	Période tardive de la diapause	Corps court Le lobe céphalique est plus gros que le lobe caudal Les segments sont peu apparents
B1	Période après le stade de diapause	Le corps commence à se développer et s'allonge Les lobes céphaliques et caudaux grossissent Les segments deviennent progressivement plus prononcés.
B2-(M)	Elongation	Le corps s'allonge progressivement Les lobes céphaliques et caudaux s'élargissent davantage Un sillon primitif apparait dans la ligne médiane du lobe céphalique Les segments s'accentuent Le corps a une forme d'échelle
C1-(N) 	Période avant le stade de très grand embryon	Le corps continue à s'allonger Les lobes céphalique et caudaux grossissent 18 segments sont facilement visibles.
C2-(O)	Stade du très grand embryon	Le corps atteind sa longueur maximale Le lobe céphalique est bien développé Les 18 segments apparaissent clairement Un sillon longitudinal se creuse du 2nd au 4ème segment Les segments 5 à 7 s'enflent Le lobe caudal est oblong
D1-(O)	Croissance en épaisseur de l'embryon	Le corps grossit Le bord du lobe céphalique prend une forme carrée Le sillon se creuse et est plus visible Les 18 segments deviennent plus visibles

D2-(P)	Développement des appendices	Le corps s'allonge Le sillon se creuse d'avantage au niveau du lobe céphalique Les appendices apparaissent du 2nd au 7ème segment
E1-(P)	Développement des appendices précoces	Une paire de lobes pour le labre se développe à partir du lobe céphalique Les antennes font saillie Le stomodeum est formé dans la partie centrale du lobe céphalique Les appendices du 2nd au 7ème segment se développent d'avantage
E2-(P)	Développement des appendices tardifs	Le corps se rétrécie et sa largeur augmente Les deux derniers segments se contractent et fusionnent pour former la queue Le proctodeum apparait à l'extrémité postérieure Le lobe céphalique et les appendices du 2nd au 7ème segment se développent encore Sur les segments postérieurs au 8ème se forme une paire d'appendices ronds Une paire de spiracles apparait de chaque côté des segments 5 à 17
E3-(Q)	Raccourcissement	Le corps se raccourcit et s'élargi beaucoup Les quatres premiers segments fusionnent pour former la tête Les appendices du 10ème au 13ème segment se développent en proleg. Les autres appendices de l'abdomen disparaissent
F1-(R)	Involution	Le corps de l'embryon prend la forme d'un S Il ne reste plus qu'un ombilic sur le dos du 2nd segment. L'embryon commence à avoir des mouvements de va et vient d'abord au niveau de l'abdomen puis au niveau de la tête et du thorax Il se déplace vers le côté opposé et forme un S quand parvient au centre de l'oeuf
F2 -(R)	Stade final de l'involution	L'embryon qui était en position de supination, l'abdomen en face de la paroi de l'oeuf se retourne et migre vers le côté opposé de l'oeuf, sa partie ventrale du côté interne de l'oeuf. L'ombilic est maintenant fermé et le canal alimentaire est formé

F3	Apparition de la trachée	La trachée se colore Les ocelles prennent une couleur rose L'embryon avale le jaune autour de sa bouche Les ouvertures naturelles et le tube digestif communiquent entre eux Les poils de commencent à pousser sur la surface du corps; ceux de la queue poussent en forme de gerbe Le corps prend l'apparence d'une fourmi
F4-(S)	"Eye-spot" "tête bleue"	La tête se colore en brun foncé et un point noir peut se voir à travers la coquille de l'oeuf L'amnios, la séreuse et la membrane vitelline se séparent et sont toutes avalées par l'embryon avec le jaune ce qui entraîne la présence des pigments de la séreuse dans l' intestin antérieur de l'embryon, mais la surface de l'embryon n'est pas encore colorée
F5-(T) 	"Blue-egg" "corps bleu"	La fourmi est formée Le corps entier de l'embryon est coloré La surface de l'oeuf est gris-verdâtre
	Eclosion.	

D'après WU PANG-CHUAN.

Remarque: nous avons fait coincider les stades du développement de l'embryon avec ceux donnés dans le tableau de S. OMURA.

BIBLIOGRAPHIE

1 GRASSE P.P., TETRY A. Zoologie 2, Les Arthropodes. Tours, Gallimard, 1963. 1038 pages (Encyclopédie de la Pléiade).

2 JOLLY M. S. Appropriate Sericulture Techniques. Mysore, Central Sericultural Research and Training Institute, 1987, 176 pages.

3 KRISHNASWAMI S. et al. Manuel de sériciculture, volume n°2. Rome, FAO, 1974; 121 pages (Bulletin des services agricoles, 15).

4 LEBLANC E. La pébrine: histoire d'une pathologie modèle. Maisons-Alfort, E.N.V.A., 1991. 182 pages. (Thèse de Doctorat Vétérinaire, Maisons-Alfort, 1991, N° 108).

5 MAHESH M. NANAVATY. Silk Production Processing and Marketing.New Delhy, Wiley Eastern Limited, 1990. 175 pages.

6 OMURA S. Introduction à l'élevage du ver à soie. The Japan Silk Association, Inc. Tokyo, 1986, 130 Pages.

7 SENGUPTA K., PRADIP KUMAR. The African Continent: A prospective area for sericultural development. in XIII^{ème} Conférence de la Commission Séricicole Internationale, Séricologia, 1991. 31: 159-165.

8 WANG SAN-MING. Sikworm egg production, Volume N°3. Rome, FAO, 1989, 64 pages. (bulletin des services agricoles, 73/3).

9 WU PANG-CHUAN, CHEN DA-CHUANG. Silkworm rearing. Volume N°2, FAO, Rome, 1988, 83 pages. (bulletin des services agricoles, 73/2.)