L'action antagoniste entre les Champignons entomophages et certains *cereus* cristallophores entomopathogènes

Par C. TOUMANOFF (†) *

Dans une série de publications antérieures, nous avons relaté les faits utiles concernant les bactéries aérobies sporogènes, notamment celles appartenant au genre *Bacillus*, et plus spécialement *Bacillus cereus* Frank et Frank.

Nous avons établi tout d'abord que la plupart des bactéries aérobies sporogènes incriminées ou reconnues être agents pathogènes des maladies infectieuses des larves de *Lépidoptères* et utilisées dans le passé pour la lutte contre les ennemis des cultures par Métalnikov et ses collaborateurs appartenaient à l'espèce *Bacillus cereus* (13).

Nous avons précisé l'action des divers antibiotiques sur ces bactéries, et établi ainsi le moyen de distinguer les *Cereus* entomopathogènes de *B. anthracis*, et reconnu le comportement à l'égard des antibiotiques des divers *cereus* entomophages.

L'étude des caractères biochimiques de ces diverses souches nous a permis d'affirmer leur individualité et d'établir l'existence au sein de l'espèce parasitant les insectes des variétés pouvant être différenciées les unes des autres, grâce à des caractères spécifiques.

Nos recherches ont permis de faire ressortir que la mort des vers à soie infectés par *Bacillus cereus* var. *alesti* était due à une substance toxique qui pouvait être éliminée d'une culture de cette bactérie sporogène (*B. cereus*) par les passages successifs sur les milieux fortement alcalins (pH 9-9,5), donc d'une toxine alcalino-sensible, dont le siège restait à établir (13).

La mise en évidence chez les bactéries aérobies sporogènes des inclusions cristallines alcalino-solubles (5), a confirmé nos constatations, a permis de localiser le principe toxique dans ces bactéries, et a offert une voie nouvelle pour l'étude des souches pathogènes pour les insectes que nous avons dénommées « cristallophores ».

La localisation du principe toxique dans les inclusions protéiques cristallines permit de distinguer du point de vue morphologique les souches bactériennes pathogènes des non pathogènes, et aussi, par la suite, de différencier les diverses variétés de ces bactéries les unes des autres.

* Au cours de l'impression de ce travail, nous avons appris avec une grande tristesse le décès de son auteur. — A. B.

Il était suggéré antérieurement que la toxicité des *cereus* entomophages ne réside pas uniquement dans ces inclusions protéiques.

C'est ainsi qu'il fut démontré que la lécithinase produite par ces bactéries est toxique pour les insectes, et aussi, comme le démontrèrent d'autres auteurs, que ces germes produisent des exo- et endotoxines (9, 10, 11, 22).

L'expérimentation sur les vers à soie et autres *Lépidoptères* infectés par *cereus* cristallophore en utilisant des suspensions bactériennes pourvues de spores et de cristaux, et aussi d'inclusions cristallines protéiques isolées de bactéries et purifiées, nous a permis de faire ressortir la spécificité d'action de diverses variétés sur les vers à soie (4, 24).

Donc, il apparut dès le début, et il convient de le répéter, que les bactéries sporogènes cristallophores, pathogènes pour les *Lépidoptères*, attestent une individualité indéniable.

Notons aussi que Fitz-James et Young, qui ont apporté un critère fort important pour la distinction des espèces et variétés du genre *Bacillus*, ont démontré que les bactéries groupées sous la désignation de *B. thuringiensis* ne sont pas aussi semblables les unes des autres, comme on pouvait le penser en se référant aux assertions de certains auteurs (5).

Sur ce plan, les recherches nouvelles, entreprises il y a quelques années pour établir la classification biochimique et surtout sérologique des diverses souches de bactéries cristallophores, présentent un intérêt certain (de Barjac et Bonnefoi, 1962). La méthode sérologique utilisée par ces auteurs est venue dans l'ensemble préciser et appuyer certaines constatations antérieures concernant la différenciation des diverses souches. Le procédé sérologique a permis notamment de confirmer la synonymie d'une souche de *B. cereus* cristallophore arbitrairement et dans des buts pratiques, décrite sous le nom de *B. cereus* var. *anduzei* (3), qui fut, en réalité, comme nous l'avons signalé et comme l'avaient confirmé par la suite d'autres auteurs (Krieg, Heimpel et Angus, de Barjac et Bonnefoi), *B. cereus* var. *alesti*. (7, 10).

Ils ont décrit, en effet, que : « d'après le contenu des spores en ADN et en résidu de phosphore, il apparaît que *B. cereus* var. *alesti* et *B. sotto* ne peuvent pas être aussi étroitement liés à *B. thuringiensis*, comme le pensaient antérieurement d'autres auteurs (Delaporte et Beguin, 1955 ; Heimpel et Angus, 1958). Pour la commodité et la comparaison de ce type, nous considérons tous les porteurs de cristaux et les formes n'ayant pas de cristaux comme variants de *B. cereus*, fait suggéré antérieurement par Smith et al. (1952). D'autre part, la possession par *B. cereus* d'un exosporium, et, comme le montrent les cultures de cet organisme sur la gélose jaune d'œuf, la réaction de lécithinase est positive (Colmer, 1948) ».

Ces conclusions, basées sur l'étude biochimique approfondie tenant compte de la teneur moyenne en ADN des spores des représentants du groupe de *B. cereus*, ont confirmé notre manière de voir, exposée antérieurement.

Comme nous l'avons déjà suggéré, la présence chez les *cereus* pathogènes d'inclusions cristallines interprète l'adaptation au parasitisme, adaptation qui peut se manifester aussi chez d'autres espèces bactériennes. Il n'est pas à exclure que les formes décrites par Heimpel et Angus (8) sous le nom de *Bacillus entomocidus* et *Bacillus entomocidus*

subtoxicus soient des bactéries aérobies déjà connues, ayant acquis l'aptitude de former des inclusions cristallines toxiques par les passages successifs sur les insectes.

Malgré les grands progrès réalisés en ce qui concerne les possibilités de distinction des diverses variétés cristallophores de bactéries aérobies sporogènes, toute indication nouvelle concernant les caractéristiques biologiques de ces diverses souches offre un grand intérêt, et les résultats progressivement acquis auront l'avantage d'être ajoutés à des faits connus.

C'est ainsi que les interactions entre les bactéries sporogènes entomopathogènes et les champignons entomophages présentent un grand intérêt à plusieurs points de vue.

Tout d'abord cette interaction peut peut-être inhiber la croissance des bactéries pathogènes pour les insectes nuisibles, et par ce fait entraver leur effet sur ces insectes.

Les connaissances acquises dans ce domaine donneront donc une idée de l'effet antagoniste des divers champignons entomophages sur *cereus* cristallophores. D'autre part, et cela n'est pas moins important, l'étude de l'interaction entre le champignon et les bactéries permettrait de voir si les différentes variétés de *cereus* cristallophores se comportent différemment à l'égard de ces champignons, et si ce comportement permet de distinguer les différentes variétés. Dans les cas positifs, les différences d'interaction pourraient alors servir de test de différenciation des diverses variétés de *cereus*, et être retenues dans l'ensemble des caractères propres à telle ou telle variété.

Pratiquement, lorsqu'on envisage l'utilisation simultanée d'un produit fongique et bactérien, il est utile de connaître l'effet réciproque des deux germes utilisés. Les modalités de ces interactions ont un intérêt sur le plan strictement biologique en nous révélant la spécificité de l'action antagoniste des diverses souches de la même espèce du champignon provenant des différents hôtes.

Matériel et technique d'étude.

Les souches de champignons que nous avons utilisées provenaient de Hollande, de l'U.R.S.S. et de Tchécoslovaquie, et les bactéries, de notre collection de l'Institut Pasteur. L'âge des cultures utilisées est indiqué sur le tableaux où sont représentées également les espèces de champignons entomophages.

Nous commencerons l'exposé de nos observations dans l'ordre de la présentation des *cereus* cristallophores et sporogènes sur nos tableaux.

I. — *Bacillus cereus* var. *euxoae* (Toum. et Le Corroller).

Cette souche, isolée par Krieg de l'*Euxoa sagetum*, est très intéressante. Elle forme un pigment rouge sur le jaune d'œuf coagulé ; elle est très virulente pour les vers à soie.

Son comportement à l'égard de l'effet antagoniste des divers champignons est assez particulier. Elle n'est, comme on le voit par nos tableaux, que faiblement inhibée par *Paecilomyces javanicus* (1) *, *Beauveria bassiana* (Petch) (4), *Beauveria bassiana* (Cos-sus) (2), *Beauveria bassiana* (isolée de *Hylurgos*) (8), *Metarrhizium anisopliae* Met. Sorok (souche de Hollande) (5), *Metarrhizium brunneum* (5), *Paecilomyces fumoso-*

* Les chiffres se trouvant entre parenthèses indiquent, pour la facilité de lecture, les zones d'inhibition exprimées en millimètres.

roseus (souche Vuillemin) (4) ; plus fortement (zone d'inhibition de 10 à 12 mm) par *Beauveria bassiana* (Vuill.) (10) ; *Paecilomyces fumoso-roseus* (souche Nicot, Hollande) (10) et *Spicaria farinosa* (souche U.R.S.S.) (12), et totalement par *Beauveria tenella* (Göbler) (I.T.) et *Beauveria bassiana* de l'U.R.S.S. (I.T.). Tous les autres champignons ont été sans action sur la croissance de cette forme de *cereus*.

II. — *Bacillus cereus* var. *sotto*.

Lorsqu'on examine le tableau, on voit que var. *Sotto* est légèrement inhibé par *Beauveria bassiana* (souche Petch) (Hollande) (3), *Beauveria bassiana* isolé de *Hylurgos* (Hollande) (6), *Beauveria globulifera* (2), *Metarrhizium brunneum* (4), *Paecilomyces fumoso-roseus* (3), *Metarrhizium anisopliae* (souche de Tchécoslovaquie) (1), *Spicaria fumoso-rosea* (U.R.S.S.) (3), *Spicaria farinosa* (U.R.S.S.) (9) et fortement par *Beauveria bassiana* (Hollande) (formant le pigment), *Beauveria bassiana* (souche U.R.S.S.) (16) et *Metarrhizium anisopliae* (U.R.S.S.) (10). Le comportement de cette souche est différent de *B. cereus* var. *euxoae*.

III. — *Bacillus thuringiensis* (souche reçue de Hannay, vraisemblablement celle de Mattes).

Cette bactérie présente également des caractères particuliers à l'égard des champignons entomophages. Les entomophages suivants n'exercent qu'une faible action sur *B. cereus thuringiensis* : *B. bassiana* (sans indication d'origine) (2), *B. bassiana* (de Petch) (6), *B. bassiana* (isolée de Cossus) (0), *Metarrhizium anisopliae* (2) (souche de Hollande), *Paecilomyces fumoso-roseus* (deux souches) (5 et 6), *Cephalosporium* (3), *Metarrhizium anisopliae* (souche de Tchécoslovaquie) (8), *Spicaria fumoso-rosea* (souche de l'U.R.S.S.) (6), assez ou très sensible à *Spicaria farinosa* (souche de l'U.R.S.S.) (17), *Metarrhizium anisopliae* (souche de l'U.R.S.S.) (13), *Paecilomyces javanicus* (10), *Dela-croixia coronata* (20), *Beauveria tenella* (18), *Paecilomyces marquandii* (16).

La croissance de ce germe a été inhibée par une souche de *B. bassiana* (souche de Hollande) (I.T.), *B. bassiana* (isolée de *Hylurgos*) également de Hollande (I.T.) et *B. bassiana* (souche de l'U.R.S.S.) (I.T.).

Elle fut, par contre, insensible à certaines souches, comme on peut le voir dans notre tableau n° 1. Comparée aux deux souches précédentes, elle se comporte d'une manière toute particulière, étant beaucoup plus sensible à l'action antagoniste des divers champignons entomophages.

IV. — *Bacillus cereus* var. *alesti*.

Cette souche est très différente des autres *cereus* cristallophores. Elle n'a présenté qu'une faible sensibilité envers deux champignons seulement : *Paecilomyces marquandii* (7) et *Beauveria tenella* (souche Le Mout) (6) et est complètement insensible à onze champignons qu'on trouvera sur les tableaux.

Par contre, elle est sensible, et parfois fortement, à de nombreux champignons, et notamment : *Paecilomyces javanicus* (1), *Beauveria tenella* (H.) (21), *Beauveria bassiana* (Patay) (10), *Beauveria bassiana* (H.) (Guill.) (11), *Beauveria bassiana* (Petch) (11), *Metarrhizium anisopliae* (Metch. et Sor. H.) (12), *Beauveria globulifera* (12), *Metarrhizium brunneum* (12), *Paecilomyces fumoso-roseus* (souche Vuill.) (11), *Metarrhizium anisopliae* (Tchécoslovaquie) (12), *Beauveria bassiana* (U.R.S.S.) (23), *Spicaria fumoso-rosea* (U.R.S.S.) (10), *Spicaria farinosa* (U.R.S.S.) (19), *Metarrhizium anisopliae* (U.R.S.S.) (12).

V. — *Bacillus cereus* var. *dendrolimi*.

Cette souche, de provenance sibérienne, s'est montrée faiblement inhibée par *Delacroixia coronata* (1), *Beauveria bassiana* (souche Patay) (8), *Paecilomyces marquandii* (2), *Beauveria bassiana* (Vuill.) (9), *Beauveria bassiana* (isolée de Cossus) (2), *Beauveria bassiana* (Hylurgos) (7), *Metarrhizium anisopliae* (8), *Beauveria globulifera* (7), *Metarrhizium brunneum* (7), *Paecilomyces fumoso-roseus* (souche Nicot) (2), *Metarrhizium anisopliae* (souche de Tchécoslovaquie) (4), *Spicaria fumoso-roseus* (5), *Metarrhizium anisopliae* (U.R.S.S.) (6).

Par contre, *Paecilomyces javanicus* (10), *Beauveria tenella* (15), *Beauveria bassiana* (Petch) (10), *Beauveria bassiana* (U.R.S.S.) (16), *Spicaria farinosa* (U.R.S.S.) (15) l'ont inhibée d'une manière plus marquée, mais aucun champignon n'a entravé totalement la croissance de cette bactérie.

VI. — *Bacillus cereus* de *Galleria mellonella* (souche d'Allemagne).

Cette souche nous a été donnée par le D^r Krieg. Sa description se trouve dans un travail antérieur, où nous concluons qu'elle se rapproche le plus de *Bacillus cereus Thuringiensis thuringiensis*.

L'inhibition faible n'a été enregistrée, en l'occurrence, qu'avec huit souches que voici : *Beauveria bassiana* de Hollande (sans mention d'origine) (6), *Metarrhizium anisopliae* (sans mention d'origine) (3), également reçue de Hollande, *Beauveria globulifera* (8), *Metarrhizium brunneum* (9), *Paecilomyces fumoso-roseus* (souche Vuillemin) (2), *Cephalosporium* (Tchécoslovaquie) (3), *Metarrhizium anisopliae* (Tchécoslovaquie) (3), *Metarrhizium anisopliae* (Tchécoslovaquie) (8), *Spicaria fumoso-roseus* (U.R.S.S.) (5).

Une action inhibitrice manifeste était enregistrée avec : *Beauveria bassiana* (Petch) (15), *Beauveria bassiana* de Hylurgos (12), *Spicaria farinosa* (16) et *Metarrhizium anisopliae* (U.R.S.S.) (12), *Paecilomyces fumoso-roseus* (souche Nicot) (12).

L'inhibition, apparemment totale, fut observée avec *Delacroixia coronata* (I.T.), provoquant également une forte inhibition de *B. cereus Thuringiensis* var. *thuringiensis* (20).

D'autre part, la croissance de cette souche n'a pas été observée avec *Beauveria bassiana* (souche Vuillemin) (I.T.), ni avec *Beauveria bassiana* (U.R.S.S.), ces deux

CEREUS Cultures de 24 h (numéro de collection I.P.)	CHAMPIGNONS ENTOMOPHAGES										
	<i>Myrothecium verrucaria</i> 6 j.	<i>Paeclomyces javanicus</i> 6 j.	<i>Delacroixia coronata</i> 6 j.	<i>Beauveria tenella</i> (Göbel) à pigment rouge diffus dans le milieu	<i>Beauveria bassiana</i> (Patay) 6 j.	<i>Paeclomyces marginandii</i> 6 j.	<i>Beauveria tenella</i> (Le Moulh) 6 j.	<i>Penicillium lilacinum</i> 6 j.	<i>Spicaria prasina</i> 6 j.	<i>Paeclomyces carneus</i> (cbs) (Duché et Heim) 6 j.	<i>Beauveria bassiana</i> Tchécoslovaquie 8 j.
<i>B. cereus</i> var. <i>euxoa</i> * Toum. & Durand, R. 210 (Krieg)	0	1	0	I. T.	6	0	0	0	0	0	0
<i>B. cereus</i> var. <i>sotto</i> *, R. 213 .	0	1	0	16	7	0	0	0	0	3	3
<i>B. C. thuringiensis</i> * Amérique (souche Hannay), R. 219	0	10	20	18	10	16	0	0	0	0	0
<i>B. cereus</i> var. <i>alesti</i> *, R. 229 .	0	12	0	21	10	7	6	0	0	0	0
<i>B. C. dendrolimi</i> * Talatalieff, R. 230	0	10	1	15	8	2	0	0	0	0	0
<i>B. cereus</i> var. <i>galleriae</i> * (sou- che Allemagne), R. 231	0	10	I. T.	16	11	10	0	0	0	0	0

I.T. = inhibition totale.

* = souche cristallogène et toxigène.

CEREUS cultures de 24 h (numéro de collection I.P.)	CHAMPIGNONS ENTOMOPHAGES											
	<i>Beauveria bassiana</i> 6 j.	<i>Beauveria bassiana</i> (Vuill.) 6 j. pigment rouge diffus dans le milieu	<i>Beauveria bassiana</i> (Petch) 6 j.	<i>Beauveria bassiana</i> (Cossus) 6 j.	<i>Beauveria bassiana</i> (Hyllurgos) 6 j.	<i>Metarrhizium anisopliae</i> (Mets. Sorok) 6 j.	<i>Beauveria globulifera</i> 6 j.	<i>Metarrhizium brunneum</i> 6 j.	<i>Paecilomyces carneus</i> 6 j.	<i>Paecilomyces elegans</i> 6 j.	<i>Paecilomyces fumoso-roseus</i> 6 j. Holl. souche Nicot	<i>Paecilomyces fumoso-roseus</i> 6 j. souche Vuillemin 6 j.
<i>B. cereus euxoae</i> * Toum & Durand R. 210 (Krieg)	0	10	4	2	8	5	0	5	0	0	10	4
<i>C. cereus sotto</i> *, R. 213	0	11	3	0	6	0	2	4	0	0	0	3
<i>B. C. thuringiensis</i> * Amérique (souche Hannay), R. 219	0	I.T.	6	0	I.T.	2	10	12	0	0	6	5
<i>B. cereus alesti</i> *, R. 229	2 mm	11	11	7	11	12	12	12	0	0	I.T.	11
<i>B. C. dendrolimi</i> * Talalaïeff, R. 230	6 mm	9	10	2	7	8	7	7	0	0	2	8
<i>B. cereus galleriae</i> * (souche Allemagne), R. 231	6 mm	I.T.	15	0	12	3	8	9	0	0	12	2

I.T. = inhibition totale.

* = souche cristallophore et toxigène.

CEREUS Cultures de 24 h (numéro de collection I. P.)	CHAMPIGNONS ENTOMOPHAGES							
	<i>Cephalosporium</i> (Tchécoslova- quie) 6 j.	<i>Entomophthora</i> (Tchécoslo- vaquie) 6 j.	<i>Metarrhizium</i> <i>anisopliae</i> (Tchécoslo- vaquie) 6 j.	<i>Beauveria</i> <i>bassiana</i> (U.R.S.S.) 5 j.	<i>Spicaria</i> <i>fumoso-rosea</i> (U.R.S.S.) 8 j.	<i>Spicaria</i> <i>farinosa</i> (U.R.S.S.) 8 j.	<i>Metarrhizium</i> <i>anisopliae</i> (U.R.S.S.) 4 j.	<i>Cephalosporium</i> (U.R.S.S.) 15 j.
<i>B. cereus euxoae</i> * Toum. & Durand R. 210 (Krieg)	0	0	1	I.T.	1	12	0	0
<i>C. cereus sotto</i> * R. 213	0	0	1	16	3	9	10	0
<i>B. C. thuringiensis</i> * Amérique (souche Hannay) R. 219	3	0	8	I.T.	6	17	13	0
<i>B. cereus alesti</i> *, R. 229	0	0	12	23	10	19	12	0
<i>B. C. dendrolimi</i> * Talalaïeff R. 230	0	0	4	16	5	15	6	0
<i>B. cereus galleriae</i> * (souche Allemagne) R. 231	3	0	8	I.T.	5	16	12	0

I.T. = inhibition totale.

* = souche cristallogène et toxigène.

FIG. 1. — Action des différents *cereus* sur *Paecilomyces fumoso-roseus*

FIG. 2. — Action des différents *cereus* sur *Beauveria globulifera*

FIG. 3. — Action des différents *cereus* sur *Beauveria bassiana* (Hylurgos)

FIG. 4. — Action des différents *cereus* sur *Metarrhizium brunneum*

G = B.C. var. *galleriae*.
D = B.C. *dendrolimi* Talalaïeff.
A = B.C. var. *alesti*.

T = B.C. *thuringiensis* (Amérique).
S = B.C. var. *sotto*.
E = B.C. var. *euxoae*.

FIG. 5. — Action des différents *cereus* sur *Beauveria bassiana* (Cossus)

FIG. 6. — Action des différents *cereus* sur *Beauveria tenella*

FIG. 7. — Action des différents *cereus* sur *Delacroixia coronata*

FIG. 8. — Action des différents *cereus* sur *Beauveria bassiana* (Petch)

T = B.C. *thuringiensis* (Amérique).
 S = B.C. var. *sotto*.
 E = B.C. var. *euxoae*.

G = B.C. var. *galleriae*.
 D = B.C. *dendrolimi* Talalaïeff.
 A = B.C. var. *alesti*.

FIG. 9. — Action des différents *cereus* sur *Paecilomyces javanicus*

FIG. 10. — Action des différents *cereus* sur *Beauveria bassiana* (Vuill.)

champignons ayant empêché également la croissance de *B. cereus* *Thuringiensis* var. *thuringiensis* (souche Hannay). A tous les autres points de vue, c'est-à-dire le comportement à l'égard d'autres champignons entomophages, les deux souches attestaient une similitude remarquable, confirmant notre rapprochement de *B. cereus thuringiensis* du Dr Krieg avec l'espèce type de cette bactérie.

Résumé et conclusions

Il résulte de nos observations que divers champignons entomophages exercent une action inhibitrice sur les bactéries aérobies sporogènes et cristallophores de l'espèce *cereus*.

Nous avons constaté qu'on ne doit pas généraliser l'action spécifique de certains champignons. C'est ainsi que, par exemple, parmi les souches différentes de *Beauveria bassiana*, certaines sont actives contre une forme de *cereus*, et sont sans action sur une autre.

Il est ressorti que certains *cereus* ne sont inhibés que par quelques champignons qui sont sans action ou ont une action différente sur les autres (cas de *Paecilomyces fumoso-roseus* souche de Nicot et de *Bacillus cereus* var. *alesti* et celui de *Delacroixia coronata* et de *Bacillus cereus* var. *thuringiensis* isolé de *Galleria* [Krieg]). Ces champignons provoquent, en effet, l'inhibition totale de deux variétés respectives de *cereus* et se comportent différemment à l'égard des diverses autres variétés de *cereus*.

Certains champignons agissent d'une manière très efficace et totale sur diverses souches de *cereus* entomophages, tels sont les cas d'action de *Beauveria bassiana* de

l'U.R.S.S. qui inhibe entièrement *Bacillus cereus* var. *euxoae*, *Bacillus cereus* var. *thuringiensis* (souche Hannay, reçue d'Amérique) et *Bacillus cereus thuringiensis* isolé de *Galleria mellonella* par Krieg.

Nous avons noté, d'autre part, que certaines bactéries ne sont entièrement inhibées par aucun champignon, tels sont les cas de *Bacillus cereus* var. *sotto* et *Bacillus cereus* var. *dendrolimi*.

Certains champignons enfin, notamment : *Paecilomyces carneus*, *P. elegans*, *Cephalosporium* sp. (reçu de l'U.R.S.S.), *Entomophthora* sp. (originaire de Tchécoslovaquie) n'ont montré aucune action antagoniste contre aucun *cereus* entomophage, parmi ceux que nous avons étudiés.

Le travail que nous avons amorcé a l'intérêt d'être poursuivi et étendu sur diverses souches de bactéries aérobies sporogènes pathogènes pour les insectes et divers champignons entomophages, afin d'apporter des faits nouveaux utiles concernant l'interaction de ces organismes si importants sur le plan de la pathologie des insectes.

Bibliographie

1. ANGUS (T. A.), 1954. — A bacterial toxin paralysing silkworm larve. *Nature*, 173, 545-546.
2. BARJAC de (H.) et BONNEFOI (A.), 1962. — Essai de classification biochimique de 24 souches de *Bacillus* du type *B. thuringiensis*. *Entomophaga*, 7, 5-31.
3. DELAPORTE (B.) et BÉGUIN, 1955. — Etude d'une souche de *Bacillus* pathogène pour certains insectes identifiables à *Bacillus thuringiensis* Berliner. *Ann. Inst. Pasteur*, 89, 632-643.
4. FITZ-JAMES (P. C.), TOUMANOFF (C.) et YOUNG (E. I.), 1958. — Localization of a toxicity for silkworm larvae in the parasporal inclusion of *Bacillus cereus* var. *alesti*. *Canad. J. Microb.*, 4, 385-392.
5. FITZ-JAMES (P. C.) et YOUNG (E. I.), 1959. — Comparison of species and varieties of the genus *Bacillus*. Structure and nucleic acid content of spores. *J. Bact. Baltimore*, 78, 743-754.
6. HANNAY (C. L.), 1956. — Inclusions in bacteria. *Bact. Anatomy Sym. Soc. Gen. Microb.*, 6, 1004.
7. HEIMPEL (A. M.) et ANGUS (T. A.), 1958 a. — Recent advances in our knowledge of some bacterial pathogens of insects. *Proc. 10th inter. Congr. Ent. Montréal*, 4 (1956) 711-722.
8. HEIMPEL (A. M.) et ANGUS (T. A.), 1958 b. — The taxonomy of insects pathogens related to *Bacillus cereus* Frankland and Frankland *Canad. J. Microb.*, 4, 531-541.
9. HEIMPEL (A. M.) et ANGUS (T. A.), 1960 b. — On the taxonomy of certain entomogenous crystalliferous bacteria. *J. Insect. Path.*, 2, 311-319.
10. KRIEG (A.), 1961. — *Bacillus thuringiensis* Berliner. Über seine Biologie Pathogenie und Anwendung in der biologischen Schädlingsbekämpfung. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft Berlin Dahlem*, 103, 1-79.
11. KRIEG (A.) et HERFS (W.). — Empfindlichkeit verschiedener Insektenarten gegenüber den « Exotoxinen » von *Bacillus thuringiensis*, Berliner.

12. KRIEG (A.), 1956. — Bioassay and standardization of *Bacillus thuringiensis*. Preparation : Spore-endotoxine-complex. *Entomophaga*, 10 (1), 49-54.
13. METALNIKOV (S.) et METALNIKOV (S.), 1935. — Utilisation des microbes dans la lutte contre les insectes nuisibles. *Ann. Inst. Pasteur*, 55, 709-760. (On trouvera dans ce travail la bibliographie complète des plus importants travaux de cet auteur).
14. TOUMANOFF (C.) et VAGO (C.), 1952. — L'effet de l'alcalinité du milieu de culture sur la virulence de *Bacillus cereus* var. *alesti* Toum. et Vago sur les vers à soie. *C.R. Acad. Sciences*, 235, 1715-1717.
15. TOUMANOFF (C.), 1953. — Description de quelques souches entomophages de *Bacillus cereus* Frank. et Frank. avec remarques sur leur action et celle d'autres bacilles sur le jaune d'œuf. *Ann. Inst. Pasteur*, 85, 90-98.
16. TOUMANOFF (C.), 1954 a. — L'action de *Bacillus cereus* var. *alesti* Toum. et Vago sur les chenilles de *Galleria melonella* L. et *Hyponomoeuta* Hb. *cognatella*. *Ann. Inst. Pasteur*, 86, 570-579.
17. TOUMANOFF (C.), 1954. — L'effet des antibiotiques sur les souches entomophytes ou non de *Bacillus cereus* Frank. et Frank. *Ann. Inst. Pasteur*, 87, 370.
18. TOUMANOFF (C.), 1954 b. — A propos d'un caractère différentiel de *Bacillus cereus* var. *alesti* Toum. et Vago agent pathogène de la flacherie infectieuse des vers à soie. *Ann. Inst. Pasteur*, 87, 486-493.
19. TOUMANOFF (C.), 1955 b. — Etude comparative de la souche toxigène de *Bacillus cereus* var. *sotto* Ischiwata agent pathogène de la flacherie des vers à soie au Japon. *Ann. Inst. Pasteur*, 88, 384.
20. TOUMANOFF (C.), 1955. — Au sujet de souches cristallophores entomophytes de *cereus*. *Ann. Inst. Pasteur*, 89, 644-653.
21. TOUMANOFF (C.) et VIRAT (B.), 1955. — Action des antibiotiques et des sulfamides *in vitro* sur les bactéries aérobies sporogènes. *Ann. Inst. Pasteur*, 88, 563-575.
22. TOUMANOFF (C.), VAGO (C.) et GLADILINE (C.), 1954. — Recherches sur l'effet toxique de *Bacillus cereus* var. *alesti* vis-à-vis des vers à soie. *Ann. Inst. Pasteur*, 86, 438-445.
23. TOUMANOFF (C.) et LE CORROLLER (Y.), 1959. — Contribution à l'étude de *Bacillus cereus* Frank. et Frank. cristallophores et pathogènes pour les larves de *Lépidoptères*. *Ann. Inst. Pasteur*, 96, 680-688.
24. TOUMANOFF (C.) et DURAND (J.), 1961. — Virulence comparée pour les vers à soie (*Bombix mori* L.) de quelques variétés de *Bacillus* Frank. et Frank. entomophages et cristallophores et de leurs inclusions cristallines. *Ann. Inst. Pasteur*, 100, 290-306.
25. TOUMANOFF (C.), 1963. — Description de *Bacillus cereus* cristallophore du tube digestif de l'abeille normale. *Ann. de l'Abeille* (4), 6, 257-266.
26. YOUNG (E. I.) et FRITZ-JAMES (P. C.), 1959 a. — Chemical and morphological studies of bacterial spores formation. II. Spore and parasporal protein formation in *Bacillus cereus* var. *alesti*. *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 6, 483-498.