

UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN
FACULTE DES SCIENCES
LABORATOIRE D'ECOLOGIE GENERALE ET EXPERIMENTALE

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'ETHOLOGIE DE MAMESTRA BRASSICAE L.
(LEP:NOCTUIDAE) EN VUE DE LA MISE AU POINT D'UNE STRATEGIE
DE LUTTE A L'AIDE DE BACILLUS THURINGIENSIS B.

(Volume II)

Dissertation Doctorale présentée
en vue de l'obtention du Grade de
Docteur en Sciences Naturelles
Appliquées

par

Rafaël ESPINEL M.

LV
23018

V. - ASPECTS APPLIQUES, OU L'UTILISATION
DU BACILLUS THURINGIENSIS B. CONTRE
MAMESTRA BRASSICAE L.

A - ETUDE DE LA SENSIBILITE DE MAMESTRA BRASSICAE A CINQ
FORMULATIONS D'UN INSECTICIDE BACTERIEN, A BASE DE
BACILLUS THURINGIENSIS (S I, IIIa IIIb)

Dans le but d'augmenter l'efficacité d'un produit insecticide microbiologique sur les stades immatures de Mamestra brassicae L., nos études se rapportent d'abord à la connaissance de la réponse de l'espèce cible à des concentrations croissantes du produit. C'est sur base des réponses ainsi obtenues, qu'un plan sera mis au point pour mieux déceler et connaître les points faibles de l'insecte vis-à-vis de Bacillus thuringiensis.

Nous avons d'abord testé 5 formulations commerciales de Bacillus thuringiensis sur les six stades larvaires de Mamestra brassicae. D'après les résultats préliminaires, nous avons décidé de concentrer nos études sur les stades L1 à L4. Les stades L5 et L6 n'ont pas retenu notre attention pour trois raisons principales.

La première raison est la très faible sensibilité des chenilles L5 - L6 de Mamestra brassicae face au produit (voir Figure 32 en annexe d'après BENZ 1971) (74)(82)(105)(112)(105)(24). Ensuite, il y a la nécessité d'utilisation des concentrations trop élevées du produit (à des niveaux hors de toute utilité pratique et applicabilité de ces résultats au niveau commercial). Et finalement, pour des raisons d'ordre pratique concernant le comportement de l'espèce sur le terrain et qui échappe ainsi aux pulvérisations. Ce dernier point sera mieux expliqué dans les chapitres concernant l'étude du comportement alimentaire des chenilles et de leur distribution topologique dans la culture et au niveau de la plante-hôte.

Les produits , les formulations et les sérotypes objets de notre travail sont détaillés ci-contre (Tableau V-1)

TABLEAU V-1 - Liste des matériaux utilisés pour nos expériences
 (1) Bacillus thuringiensis var. thuringiensis
 (2) Bacillus thuringiensis var. Kurstaki
 (3) Bacillus thuringiensis synergise avec pyréthroides

PRODUIT	FORMULATION	PRODUCTEUR	SEROTYPES
BACTOSPEINE W.P. Poudre mouillable Batch-1255-5205(1) 16000 U.I.A.k/mg Lot 552- Souche 74-210 (2)		Roger Bellon (France)	I IIIa IIIb
DIPEL W.P. (2)	Poudre mouillable. 16000U.I.T.ni/mg	Abbott (USA)	IIIa IIIb
THURICIDE W.P. (2)	Poudre mouillable 16000 U.I.A.k/mg	Sandoz (Suisse)	IIIa IIIb
BTB - K - 10 (1)	Poudre mouillable	Nutrilite (USA)	I
BACTOSPEINE JARDIN Crème 6000 (1)(2)(3) U.I.A.k/mg		Roger Bellon	I IIIa IIIb

Le nombre de techniques à utiliser pour tester l'efficacité d'un produit insecticide peut être aussi varié que le nombre d'espèces cibles ou de produits à utiliser (12)(15)(24)(39).

En ce qui concerne le Bacillus thuringiensis, des méthodes développées pour mesurer l'efficacité des produits chimiques ont été adaptées et arrivent à mesurer de manière acceptable, l'efficacité du produit microbien en fonction de la mortalité de l'insecte cible et de la concentration utilisée.

C'est ainsi que la méthode analytique développée par FINNEY en 1947 (90) permet d'obtenir une estimation de l'efficacité d'un produit en reliant les doses ou les concentrations testées avec les mortalités (logarithme des doses en fonction du pourcentage de mortalité exprimée en probits).

Une autre technique, mise au point par BURGERJON en 1962 (41) permet d'estimer l'efficacité d'un produit en fonction de la réduction de la consommation par les chenilles..."basée sur l'utilisation d'une source lumineuse et d'une cellule photo-électrique. Elle mesure la surface de la plante-hôte et permet d'établir une courbe de réduction de consommation en tant qu'effet résultant de la libre ingestion de feuillage par des chenilles de Pieris brassicae L. sur des rondelles de feuilles de choux, celles-ci ayant préalablement reçu en pulvérisation ou en poudrage une préparation à base de Bacillus thuringiensis B. à des doses progressives"...

Des techniques similaires mais plus sophistiquées ont été développées aux Etats-Unis, particulièrement celles de YENDOL 1975 (324) avec Porthetria (Lymantria) dispar L. et R.L. JENSEN 1976 (134) sur le soja (Glicine sp.).

Toutes ces méthodes permettent d'estimer valablement l'efficacité d'un produit soit en fonction de la mortalité de l'insecte-cible, soit en fonction de la réduction de consommation. Néanmoins une certaine variabilité des résultats est observée d'un test à l'autre, variabilité qui peut être causée dans des conditions similaires, par des facteurs concernant l'espèce-cible surtout, mais aussi la formulation insecticide à base de Bacillus qui en tant qu'entité biologique, est constituée par un patrimoine génétique qui peut s'exprimer de façon variable sur l'insecte-cible.

L'élevage de l'insecte en laboratoire entraîne nécessairement la perte de variabilité de la souche. C'est pourquoi, l'équilibre juste doit être trouvé entre l'homogénéité recherchée pour la réalisation des expériences et la préservation du patrimoine

génétique de la souche du laboratoire. Dans le cas contraire, les réponses obtenues avec une souche trop sélectionnée n'auront aucune valeur sur le plan de l'interprétation des phénomènes tels qu'ils se présentent dans la nature.

- Méthode -

Pour chaque produit testé (tableau V-1), nous avons utilisé au moins 5 traitements ou concentrations y compris le témoin, allant dans un ordre croissant de 100 jusqu'à 128.000 ppm de concentration du produit commercial dans de l'eau déminéralisée. Cette dernière concentration étant pulvérisée avec un système d'agitation permanent pour faciliter le passage de la solution à travers les gliceurs.

Les concentrations ont été choisies pour chaque stade larvaire de façon à obtenir 0 à 100 % de mortalité de l'insecte-cible; ce qui explique la valeur si élevée de la concentration à 128.000. Pulvérisation réalisable seulement en conditions de laboratoire.

Au moins, 120 chenilles du même stade ont été traitées par concentration; le traitement comprend au moins 3 répétitions.

Pour l'étude de la mortalité chez les chenilles L1 et L2, nous avons utilisé des boîtes Multiwell Tissue Culture Plate[®] (82) ; et pour les stades L3 et L4, des boîtes de Petri à 9 cm $\varnothing$ répondent à nos besoins.

Cinq chenilles au stade L2 ou 10 chenilles au stade L1 selon le cas, ont été disposées dans chaque compartiment des boîtes.

Pour les chenilles L3 et L4, nous disposons 5 individus par boîte de Petri (8 boîtes par répétition et 3 répétitions au total, soit 120 chenilles).

Les boîtes remplies ont été couvertes de "Parafilm"[®] afin de conserver l'humidité des rondelles. Des orifices de ventilation

ont été pratiqués à l'aide d'une grosse aiguille afin de garantir une ventilation convenable.

Dans chaque "logette", nous avons disposé au préalable des rondelles de feuilles de choux ayant été traitées. Ce traitement avait été effectué par pulvérisation dans une tour de Potter (82), modifiée par Burgerjon (40). Le fond de chaque logette et chaque boîte de Pétri était tapissé d'une rondelle de papier buvard destiné à absorber l'eau de condensation.

Les boîtes ont été mises pendant 24, 48, 72 et 96 et 144 heures selon le cas, dans une cellule réglée à une photopériode de 16 heures et aux conditions microclimatiques de type B (d'après le Tableau III-5).

A la fin de chaque essai, nous avons relevé la mortalité totale. Les données ont été transformées en valeurs probit, et par la méthode de FINNEY (90), nous avons déterminé la concentration léthale moyenne (CL 50). La valeur de la pente "b" dans l'équation de la droite de régression $y = a + bx$ nous permet d'estimer la sensibilité des chenilles aux produits (Voir Tableaux V-2, 3, 4 et 5).

- Résultats -

Les Tableaux V-2 à V-5 montrent l'ensemble des résultats. Les Figures 33, 34, 35 et 36 illustrent quelques aspects importants concernant la sensibilité et le comportement des chenilles de Mamestra brassicae.

TABLEAU V-2- Résultats de la mortalité en probit et CL 50
estimée pour la BACTOSPEINE chez Mamestra Brassicae

BACTOSPEINE 16000 U.I. A.K./mg. S.I.

Stade larvaire et temps	Concentration du produit commercial		Mortalité en probit*	Equation de la droite de régression	
	ppm	Log.		Pente	CL50
L1	Témoin	-	-	1,09	
	1000	3	3,35	$y = 0,10 + 1,09 X$	
	2000	3,3	3,71		
	4000	3,6	4,07		31291 ppm
	8000	3,9	4,32		
	Témoin	-	-	2,68	
	1000	3	3,56	$y = 4,78 + 2,68 X$	
	2000	3,3	-		
	4000	3,6	3,96		4459 ppm
	8000	3,9	6,20		
	16000	4,2	6,50		
	Témoin	-	-	2,59	
L2	1000	3,0	4,1	$y = -4,048 + 2,59 X$	
	2000	3,3	4,28		
	4000	3,6	4,74		3092 ppm
	8000	3,9	6,33		
	16000	4,2	6,96		
	Témoin	-	-	1,466	
	2000	3,3	3,36	$y = -1,58 + 1,466 X$	
	4000	3,6	3,37		
	8000	3,9	4,37		30646 ppm
	16000	4,2	4,75		
	32000	4,5	4,87		
	Témoin	-	-	3,16	
L3	2000	3,3	3,66	$y = -6,68 + 3,16 X$	
	4000	3,6	4,54		
	8000	3,9	6,15		4968 ppm
	16000	4,2	6,28		
	32000	4,5	-		
	Témoin	-	-	2,9	
	2000	3,3	4,28	$y = -5,23 + 2,91 X$	
	4000	3,6	5,16		
	8000	3,9	6,64		3277 ppm
	16000	4,2	6,70		
	32000	4,5	-		
	Témoin	-	-	1,0	
L4	8000	3,9	-	$y = -0,59 +$	
	16000	4,2	3,62		
	32000	4,5	3,96		389045 ppm
	64000	4,8	4,15		
	128000	5,1	4,56		
	Témoin	-	-	1,04	
	8000	3,9	4,32	$y = 0,31 + 1,04 X$	
	16000	4,2	4,78		
	32000	4,5	5,0		32331 ppm
	64000	4,8	5,20		
	128000	5,1	5,67		
	Témoin	-	-	-	
L4	16000	4,2	-		
	32000	4,5	-		
	64000	4,8	-		
	128000	5,1	-		
	256000	5,4	4,16		256000 ppm

TABLEAU V-3- Résultats de la mortalité en probit et CL 50
estimée pour la BACTOSPEINE chez Mamestra brassicae

BACTOSPEINE P.M. Sérotype IIIa, IIIb

Stade larvaire et temps	Concentration du produit commercial		Mortalité en probit	Equation de la droite de régression Pente CL 50
	ppm	Log.		
L1 24 heures	Témoin	-	-	0,91 $y = 0,84 + 0,91 X$ 37276 ppm
	2000	3,3	3,76	
	4000	3,6	4,15	
	8000	3,9	4,47	
	16000	4,2	-	
	32000	4,5	4,87	
L2 24 heures	Témoin	-	-	1,16 $y = 0,47 + 1,16 X$ 51942 ppm
	2000	3,3	3,35	
	4000	3,6	3,71	
	8000	3,9	4,15	
	16000	4,2	-	
	32000	4,5	4,74	
L3 72 heures	Témoin	-	-	1,72 $y = - 4,74 + 1,72 X$ 460034 ppm
	8000	3,9	-	
	16000	4,2	-	
	32000	4,5	2,94	
	64000	4,8	3,71	
	128000	5,1	3,96	

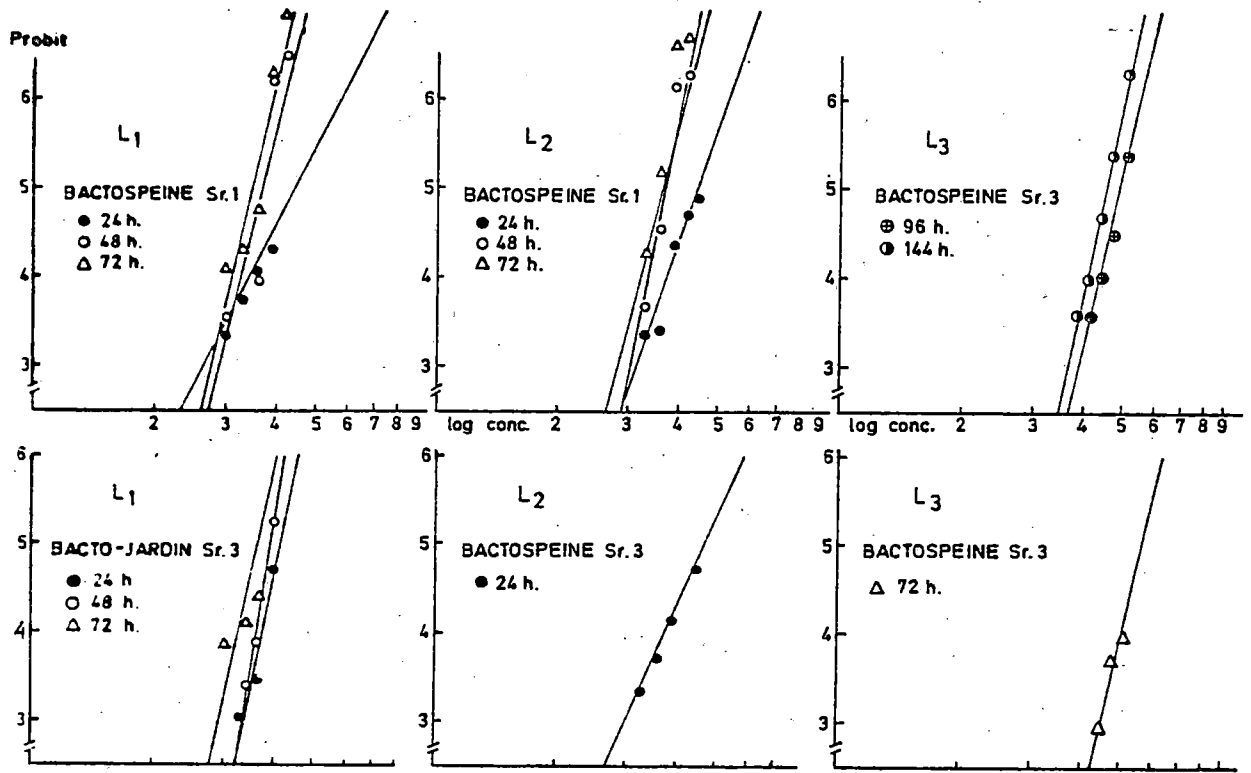
TABLEAU V-4- Résultats de la mortalité en probit et de la CL 50
estimées pour deux formulations de Bacillus
thuringiensis : Bactospeine Jardin S_I et S_{IIIab}
sur Mamestra brassicae L.

Stade larvaire et temps	Concentration du produit		Mortalité en probit	Equation de la droite de régression Pente CL50
	ppm	Log.		
Sr.I				
L1 24 heures	Témoin	-	-	3,62
	625	2,79	-	$y = -9,08 + 3,62 X$
	1250	3,09	-	
	2500	3,39	3,04	
	5000	3,69	4,568	7754 ppm
	10000	4,00	5,253	
48 heures	Témoin	-	-	2,64
	625	2,79	3,493	$y = -4,02 + 2,64 X$
	1250	3,09	3,887	
	2500	3,39	-	
	5000	3,69	5,841	2610 ppm
	10000	4,00	6,498	
72 heures	Témoin	-	-	0,83
	625	2,79	3,887	$y = 1,66 + 0,83 X$
	1250	3,09	4,375	
	2500	3,39	4,375	
	5000	3,69	-	10570 ppm
	10000	4,00	-	
Sr.III a.b.				
L1 24 heures	Témoin	-	-	2,73
	625	2,79	-	$y = -6,33 + 2,73 X$
	1250	3,09	-	
	2500	3,39	3,04	
	5000	3,69	3,49	14131 ppm
	10000	4,00	4,7	
48 heures	Témoin	-	-	2,89
	625	2,79	-	$y = -6,48 + 2,89 X$
	1250	3,09	-	
	2500	3,39	3,49	
	5000	3,69	3,88	9382 ppm
	10000	4,00	5,25	
72 heures	Témoin	-	-	2,67
	625	2,79	-	$y = -4,73 + 2,67 X$
	1250	3,09	3,88	
	2500	3,39	4,15	
	5000	3,69	4,37	4408 ppm
	10000	4,00	6,49	

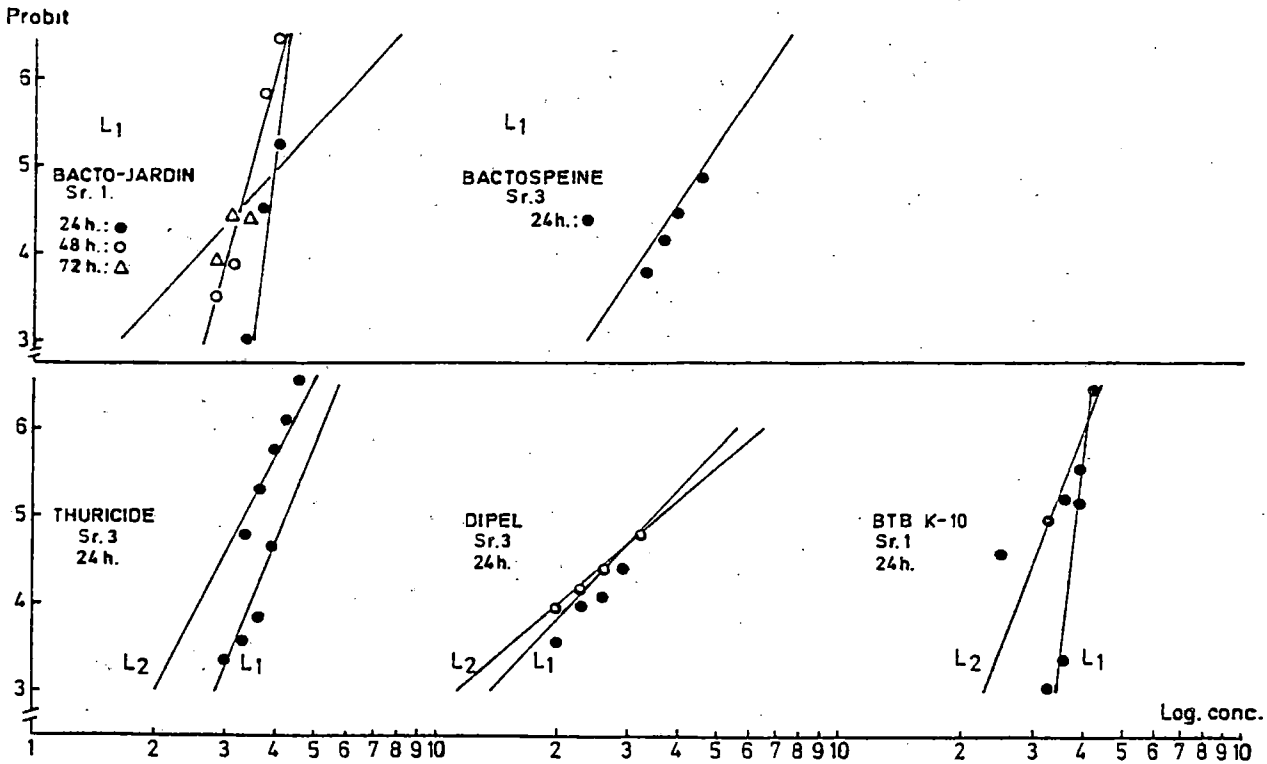
TABLEAU V-5- Résultats de la mortalité en probit et CL 50 estimées pour Thuricide , Dipel , BTK-10 chez Mamestra brassicae L.

Stade larvaire et temps	Concentration du produit		Mortalité en probit	Equation de la droite de régression Pente CL50
	ppm	Log.		
THURICIDE <u>Sr IIIa IIIb</u>				
L1 24 heures	Témoin	-	-	1,422 $y = -1,056 + 1,422 X$ 18118 ppm.
	1000	3	3,35	
	2000	3,3	3,56	
	4000	3,6	3,84	
	8000	3,9	4,68	
L2 24 heures	Témoin	-	-	1,45 $y = 0,07 + 1,45 X$ 2512 ppm.
	2000	3,3	4,77	
	4000	3,6	5,33	
	8000	3,9	5,76	
	16000	4,2	6,18	
	32000	4,5	6,53	
<u>DIPEL SrIII</u>				
L1 24 heures	Témoin	-	-	0,933 $y = 1,7133 + 0,933 X$ 3322 ppm.
	100	2,0	3,56	
	200	2,3	3,96	
	400	2,6	4,06	
	800	2,9	4,40	
	1600	3,2	4,74	
L2 24 heures	Témoin	-	-	0,63 $y = 2,7 + 0,63 X$ 4475 ppm.
	100	2	3,96	
	200	2,3	4,15	
	400	2,6	4,32	
	800	2,9	4,47	
	1600	3,2	4,74	
<u>BTB K-10 SrI</u>				
L1 24 heures	Témoin	-	-	4,22 $y = -11,49 + 4,22 X$ 8083 ppm.
	1000	3	-	
	2000	3,3	3,04	
	4000	3,6	3,35	
	8000	3,9	5,12	
L2 24 heures	Témoin	-	-	1,61 $y = -0,49 + 1,61 X$ 2570 ppm.
	2000	3,3	4,95	
	4000	3,6	5,29	
	8000	3,9	5,51	
	16000	4,2	6,49	
	32000	4,51	-	

33.



34.



Figures 33-34-

Sensibilité de *Mamestra brassicae* L. face aux différentes formulations du *Bacillus thuringiensis* B. Droites de régression de la mortalité (probits) d'après la concentration du produit (log.).

Une analyse des Tableaux V-2 à V-5 permet de constater que:

La formulation (Bacillus thuringiensis S.I.) BACTOSPEINE P.M. 16.000 U.I montre un effet supérieur aux autres formulations sur les stades larvaires testés. Nous pouvons observer que la CL 50 obtenue pour les chenilles L1 à 24 heures est 7 fois plus grande que celle à 48 heures et 10,12 fois plus élevée que celle à 72 heures. Cela veut dire que pendant les premières 24 heures, les chenilles sont bien plus difficiles à contrôler et cela s'exprime très bien par les valeurs des coefficients "b" dans l'équation de régression $y=a+bx$. C'est à l'aide des valeurs obtenues pour "b" que nous pouvons comparer :

d'une part, l'efficacité d'une formulation par rapport à une autre et d'autre part, la susceptibilité d'un stade larvaire par rapport à un autre, mais aussi d'élucider de manière graphique l'effet de choc des nouvelles formulations, ce que nous pouvons comprendre à l'aide de la Figure 35 où l'on peut remarquer l'écart entre les ordonnées à 24 heures dans les 4 cas représentés. Cet écart se réduit très fort à 48 heures et se maintient plus ou moins constant à 72 heures pour 3 des 4 cas.

Les différences des valeurs de "b" observées entre BACTOSPEINE P.M. et BACTO JARDIN à 24 heures, peuvent être sans doute attribuées à l'effet de choc occasionné par les pyréthroides des formulations BACTO JARDIN. De plus, on peut suivre l'évolution de cet effet de choc, qui diminue pour 48 heures chez le sérotype I et qui reste plus ou moins stable pour le sérotype IIIa, IIIb, ce qui peut nous indiquer un meilleur effet synergique entre le sérotype IIIa-IIIb et les pyréthroides et en tout cas, un effet de choc stable pendant longtemps.

En d'autres termes, le comportement de la formulation BACTO JARDIN Sr. IIIa, IIIb est idéale du point de vue "effet de choc" dans le temps, mais on peut penser que cette formulation est susceptible d'être améliorée jusqu'au niveau de l'efficacité montrée par la formulation BACTO JARDIN sérotype I à 24 heures. Un mélange des deux formulations par exemple, pourrait nous donner l'effet combiné de choc et de persistance.

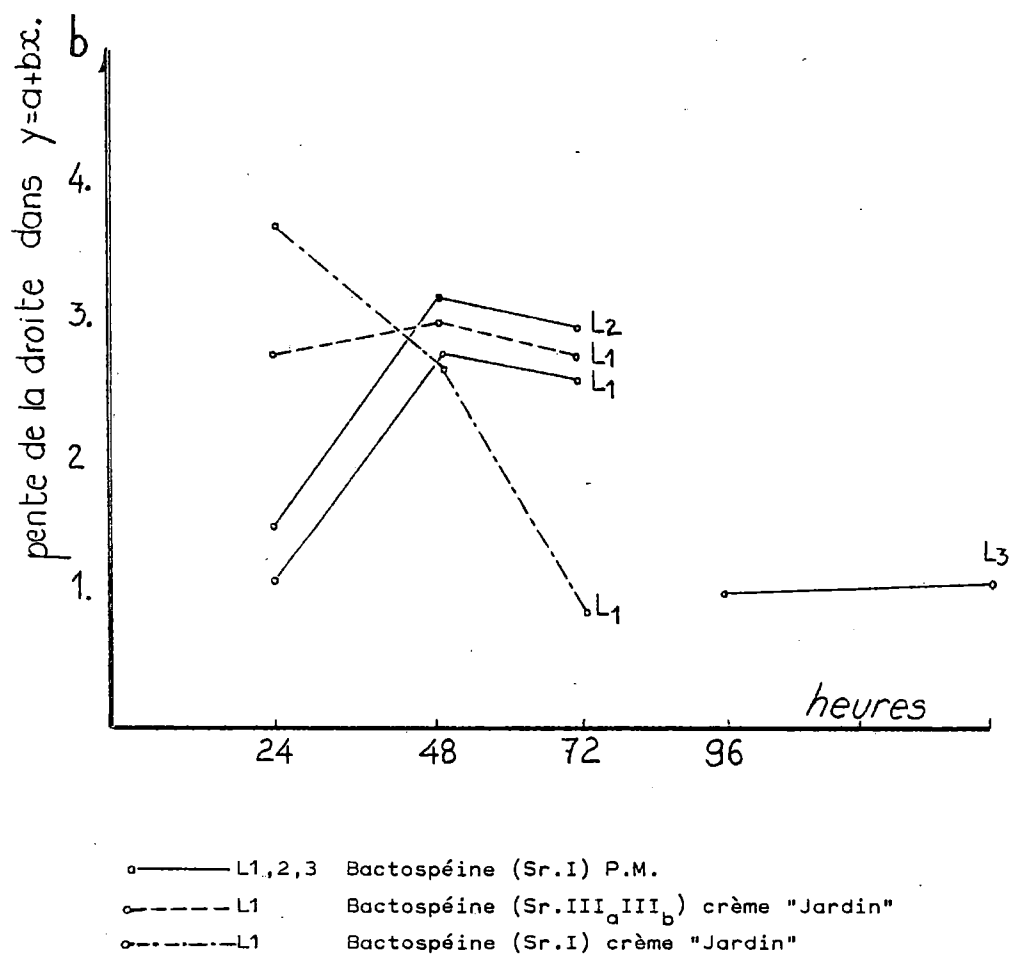


FIGURE 35 - Représentation graphique de l'évolution dans le temps (b) de sensibilité des chenilles L1-2 de Mamestra brassicae L. face à trois formulations de Bacillus thuringiensis B.

Globalement, nos résultats nous permettent de constater que les chenilles L1 sont moins susceptibles au Bacillus thuringiensis SI et SIII_a III_b seul que les stades L2 et L3.

Il est difficile de donner une seule réponse pour expliquer cette moindre susceptibilité des stades L1 au Bacille ; en effet, plusieurs facteurs sont à considérer et à étudier. Parmi eux, il faut signaler que les stades L1 venant d'éclore sont peu mobiles et cela peut jouer dans la diminution des risques de contamination. D'autre part, les chenilles néonates peuvent vivre de leurs réserves pendant plus de 24 heures comme nous l'avons constaté et dans le cas d'une éventuelle répulsion de la nourriture contaminée, ceci pourrait expliquer cette moindre sensibilité.

Finalement, nous ne pouvons pas perdre de vue que même dans des tests concernant les insecticides chimiques, une variabilité de réponse due à la variabilité génétique de l'insecte-cible est très fréquent. Dans les cas des résultats trouvés ici, la variabilité est double : de la part du cible et de la part de l'insecticide microbiologique. Ajoutons à cela que la nature des ingrédients non actifs de la formulation ainsi que leur proportion dans le produit peuvent varier.

On peut de la même manière penser que les différences observées entre les réponses des chenilles face aux produits testés, doivent être aussi influencées par les ingrédients non actifs de la formulation dans chaque produit en particulier. Ainsi, nous pourrions expliquer certains comportements de consommation différentielle des chenilles face aux produits, notamment lors de l'utilisation des concentrations très élevées de l'insecticide, des "grignotements" (Voir Figure 36 en annexe) ou des morsures moins nettes sont observées. Nous pouvons émettre une hypothèse de comportement de répulsion des chenilles face à la nourriture traitée au moment de l'initiation de la consommation. Ce point sera abordé et développé plus tard. Dans ce sens, on ne peut pas perdre de vue qu'en général, les ingrédients non actifs constituent près de 96 à 98 % du poids de la formulation.

Nous pouvons aussi signaler que l'activité ou le pouvoir de pathogénicité d'une souche peut être légèrement altéré par les conditions de production au niveau industriel. Ces conditions sont toujours standardisées au niveau du producteur, mais elles ne sont pas identiques pour tous les fabricants. Même avec l'usage de l'étalon E-61 qui donne une référence de l'efficacité des produits contre un insecte-test, il faudra toujours s'attendre à des réponses de sensibilité variables comme celles que nous avons relevées dans nos expériences.

En ce qui concerne les stades L3 et L4 de Mamestra brassicae L. nous avons trouvé des CL 50 tellement élevées (CL 50 250.000 ppm.) que l'avenir commercial du Bacillus thuringiensis non synergisé serait compromis dans la lutte contre la noctuelle du chou.

L'espoir d'une augmentation de l'efficacité du Bacillus thuringiensis contre les insectes-cibles peu susceptibles est possible d'envisager sur le plan du synergisme, dans lequel, l'effet de choc doit jouer un rôle très important aussi bien sur l'image des produits que sur leur efficacité.

Finalement, les causes des réponses variables de Mamestra brassicae face au Bacillus thuringiensis doivent être étudiées dans le cadre d'une bonne connaissance préalable de l'insecte, espèce très étudiée sur des aspects très divers, mais négligée sur le plan comportemental.

MESURE DE LA CONSOMMATION DE MAMESTRA BRASSICAE L.- PREALABLE -

Afin de pouvoir accomplir nos études sur le comportement alimentaire et la croissance des larves de Mamestra brassicae avec nourriture naturelle ou semi-naturelle, contaminée ou non par Bacillus thuringiensis, nous avons d'abord mis au point une technique permettant de mesurer la consommation précise du matériel offert aux chenilles.

Etant donné le grand nombre de chenilles nécessaires pour mener à bien nos recherches sur le sujet, la difficulté pour trouver une telle méthode résidait à réduire au maximum le nombre de manipulations sans que pour autant la précision de la méthode en soit diminuée.

Dans les expériences précédentes consacrées à l'étude de la sensibilité de Mamestra brassicae aux préparations du Bacillus thuringiensis, nous avons déjà fait la remarque sur la nécessité d'élucider la variabilité des réponses de l'insecte-cible face au Bacillus thuringiensis. L'un des problèmes à y résoudre était celui de déterminer exactement dans quelle mesure le produit toxique est consommé, ce qui vu d'un autre angle, veut dire, pouvoir mesurer aussi l'effet du Bacillus thuringiensis sur la consommation de Mamestra brassicae de manière à compléter les résultats "ponctuels" obtenus avec les CL 50 sur les L1, L2, L3 et remplir le vide ou l'absence d'information sur la réponse des stades L4, L5 et L6 au Bacillus thuringiensis, stades dont on connaît la faible sensibilité mais pour lesquels on n' a jamais trouvé une méthode, autre que la CL 50, pour mesurer le "stress" que subissent les larves après l'ingestion de nourriture contaminée au Bacillus thuringiensis.

La méthode que nous allons décrire doit permettre de mieux évaluer, lors des tests d'efficacité du Bacillus thuringiensis, le rapport "concentration insecticide - réponse" ou dose consommée / réponse observée. A cette technique, un complément sur l'étude de la consommation d'oxygène suite à l'ingestion du Bacillus thuringiensis sera réalisé.

B - METHODE DE MESURE DE LA CONSOMMATION DE LARVES D'INSECTES PHYTOPHAGES

Introduction

Comme il a été démontré pour Pieris brassicae L. (42), et suite à nos expériences pour Mamestra brassicae, la réduction de consommation de larves traitées par des préparations à base de Bacillus thuringiensis Berliner est proportionnelle à la dose.

Cependant, à moins de disposer de l'appareillage adéquat, souvent coûteux, il n'est pas toujours aisé d'estimer la consommation de larves phytophages. De plus, la mesure des consommations réelles (poids de matière sèche consommée) devient beaucoup plus complexe lorsqu'il s'agit de comparer les effets de doses sub-léthales et de doses proches d'une même biopréparation. Nous avons été confronté à ce problème lors de bio-essais avec la noctuelle du chou Mamestra (Barathra) brassicae L.

Selon BURGERJON (39), la réduction de consommation est une caractéristique rapidement décelable et due exclusivement à l'intoxication bactérienne, ce qui nous permet de comparer l'efficacité relative de sérotypes ou de souches différentes de Bacillus thuringiensis.

La mesure précise de la consommation foliaire pour des chenilles phytophages est essentielle quand il s'agit de déterminer l'efficacité-réelle d'un produit insecticide. Pour arriver à ce but, on peut recourir à des techniques fort variées décrites dans la littérature. Il s'agit soit de la détermination du poids frais (238)(231), soit celle du poids sec (231), soit de la mesure de l'aire foliaire (100)(155)(238), soit de l'utilisation de facteurs correctifs (133)(149), soit enfin, de la lecture et de l'estimation visuelle de la consommation (39)(100).

Ces méthodes ne donnent des résultats acceptables que dans certains cas, mais jamais quand il s'agit de comparer l'efficacité de doses subléthales ou de doses très proches de plusieurs prépa-

rations insecticides ; la très grande variation journalière de la teneur en eau des végétaux serait le facteur responsable de cette variabilité (127).

Nous avons alors cherché à standardiser les paramètres foliaires concernés, c'est-à-dire en uniformisant et en prédéterminant les conditions hydriques du feuillage utilisé tout au long de chaque expérience.

Notre objectif principal a été de mettre au point une méthode simple et aussi précise que possible pour mesurer la consommation de feuillage par des larves de Lépidoptères après traitement. Cette consommation est le résultat de la libre ingestion d'un substrat végétal (Brassica oleracea).

Notre méthode est basée sur la constatation préalable d'un rapport constant entre le poids frais et le poids de matière végétale sèche durant le temps de consommation, c'est pourquoi nous avons dû d'abord vérifier l'hypothèse de la stabilité du rapport, poids frais / poids sec, durant le temps du test de consommation, c'est-à-dire, 3 jours. Les mesures sont faites après 24, 48 et 72 heures.

Matériel et méthodes

Notre démarche est inspirée de celle de BAILEY (16) qui permet de mesurer la consommation de Mamestra configurata (Lep:Noct.) sur plusieurs plantes-hôtes.

Afin d'étudier l'évolution du poids des feuilles, on a utilisé des rondelles découpées dans des feuilles de choux (choux à 3 et 5 mois) (Brassica oleracea) fréquemment utilisés pour nos élevages permanents (159).

On dispose dans des boîtes en polystyrène les rondelles de feuille, à raison d'une rondelle par boîte et placée sur un papier filtre type S & S Co. N° 591 à 90 mm. de diamètre. Le papier buvard est destiné à maintenir une humidité relative proche de 100 % dans la boîte, lorsqu'on y dépose quotidiennement 1,5 cc d'eau déminéralisée. Chaque boîte est munie d'un couvercle percé de petits orifices assurant l'aération.

On effectue la pesée de chaque rondelle toutes les 24 heures. Le Tableau V-6 montre la distribution expérimentale d'une série de 12 rondelles. Le poids sec du feuillage est déterminé après passage à l'étuve (110°C pendant 24 h.).

Ainsi nous avons suivi l'évolution pondérale des feuilles (rondelles de 5 cm de diamètre) de chou cabus blanc et ce, dans des conditions utilisées habituellement pour les tests "insecticides" (photopériode 18h.; 24 $\pm$ 2°C). Cette étude a été réalisée sur des feuilles de choux de 2 âges

L'observation du poids s'est poursuivie pendant 5 journées donc 6 lectures, durée largement suffisante pour vérifier l'hypothèse stabilité pondérale étant donné que lors des tests de consommation, les rondelles des feuilles ne restent que 3 jours à la disposition des larves.

Résultats et discussion

- Evolution du poids des feuilles -

Le Tableau V-6 montre l'évolution pondérale des rondelles au cours des 5 jours. On remarquera pour les rondelles mises dans les boîtes humidifiées une légère augmentation du poids frais entre 0 et 24 h. Cette prise de poids correspond à l'absorption d'eau par la feuille qui tend vers son potentiel hydrique maximum (127). Ce poids frais à saturation est atteint pour les rondelles ayant été humidifiées après 24 heures dans les conditions de l'expérience.

La cause des variations de poids observées entre 72 et 96 heures (Tableau V-6) pour les rondelles 6 et 10 n'a pas été étudiée. On pourrait penser à des pertes spontanées d'eau du tissu spongieux. Cependant, les résultats de l'analyse statistique n'ont pas montré un biais pour ce motif (Voir Tableaux V-9 et V-10). Les Figures 37 et 38 donnent la représentation graphique de nos observations. La Figure 37 montre l'évolution de la moyenne du poids frais des rondelles. La Figure 38 quant à elle, montre les valeurs de h_f (teneur en eau) exprimées en pourcentage du poids (ou H) total par rapport à la matière sèche selon : (127)

$$h_f = \frac{p_f - p_s}{p_f} \times 100$$

où h_f = teneur en eau de matériel frais

p_f = poids frais

p_s = poids sec

TABLEAU V-7 - Comparaison des valeurs de consommation estimées et observées pour 40 rondelles de chou (g), rondelle entière.

Rondelle N°	f ¹ 0	P.F. ²	P.S. ³	H. ⁴	(x) P.S.C. ⁵	(y) C.O. ⁶
1	1,8264	1,0860	0,1152	89,39	0,0785	0,0704
2	1,2529	0,9658	0,0927	90,40	0,0275	0,0239
3	2,8877	1,3927	0,1097	92,12	0,1178	0,1091
4	1,9081	0,8822	0,0876	88,93	0,1136	0,0980
5	1,7991	0,2377	0,0276	88,38	0,1814	0,1584
6	1,7481	0,8088	0,0722	91,07	0,0839	0,0849
7	1,5997	1,1408	0,1250	89,04	0,0503	0,0488
8	2,2103	1,0680	1,0950	91,26	0,0981	0,1004
9	1,9428	1,1379	0,1148	89,91	0,0812	0,0737
10	1,6703	0,9315	0,0893	90,41	0,0708	0,0747
11	1,7136	1,1782	0,1293	89,02	0,05885	0,0508
12	1,7341	0,7003	0,0747	89,33	0,1103	0,1039
13	1,6451	0,2747	0,0257	90,64	0,1283	0,1444
14	1,5995	0,3297	0,0341	89,65	0,1314	0,1385
15	1,7797	0,2212	0,0210	90,51	0,1478	0,1545
16	1,7746	1,4189	0,1404	90,11	0,0351	0,0307
17	3,2827	1,3781	0,1210	91,21	0,1675	0,1547
18	1,8525	0,8453	0,1011	88,03	0,1206	0,1023
19	1,8073	1,2985	0,1227	90,55	0,0408	0,0406
20	1,6673	0,4429	0,0365	91,75	0,1010	0,1044
21	2,0327	0,4628	0,0476	90,14	0,1528	0,1618
22	1,5803	0,3369	0,0400	88,12	0,1477	0,1503
23	1,9081	1,3042	0,1324	89,85	0,0593	0,0580
24	1,8749	0,8033	0,0846	89,46	0,1093	0,1109
25	1,5675	1,1278	0,1399	87,59	0,0546	0,0531
26	1,2883	0,3168	0,0306	90,34	0,0938	0,0949
27	1,5538	0,8260	0,1022	87,62	0,0901	0,0887
28	1,7693	0,7208	0,0768	89,34	0,1118	0,1004
29	2,0032	1,2994	0,1480	88,61	0,0801	0,0665
30	2,0633	0,8711	0,0935	89,26	0,1280	0,1248
31	1,9317	1,5019	0,1560	89,61	0,0447	0,0429
32	1,9910	1,5089	0,1524	89,89	0,0488	0,0386
33	1,6681	1,1464	0,1157	89,89	0,0527	0,0481
34	2,0227	1,5115	0,1533	89,85	0,0520	0,0443
35	1,8875	0,4875	0,0469	90,37	0,1346	0,1400
36	1,7780	0,8578	0,0986	88,50	0,1058	0,1114
37	1,5920	0,7567	0,0980	87,04	0,1005	0,1005
38	2,0742	1,0100	0,1025	89,85	0,1080	0,0998
39	1,4092	0,7226	0,0775	89,27	0,0737	0,0726
40	1,6801	1,2789	0,1420	88,89	0,0446	0,0427

1 Poids frais maximal ; 2 Poids frais final ; 3 Poids sec ;
4 % hydratation ; 5 Consommation estimée ; 6 Consommation observée.

Comme il apparaît des figures 37 et 38, l'âge des feuilles utilisées (3 ou 5 mois) ne semble pas induire de différence quant à la stabilité pondérale.

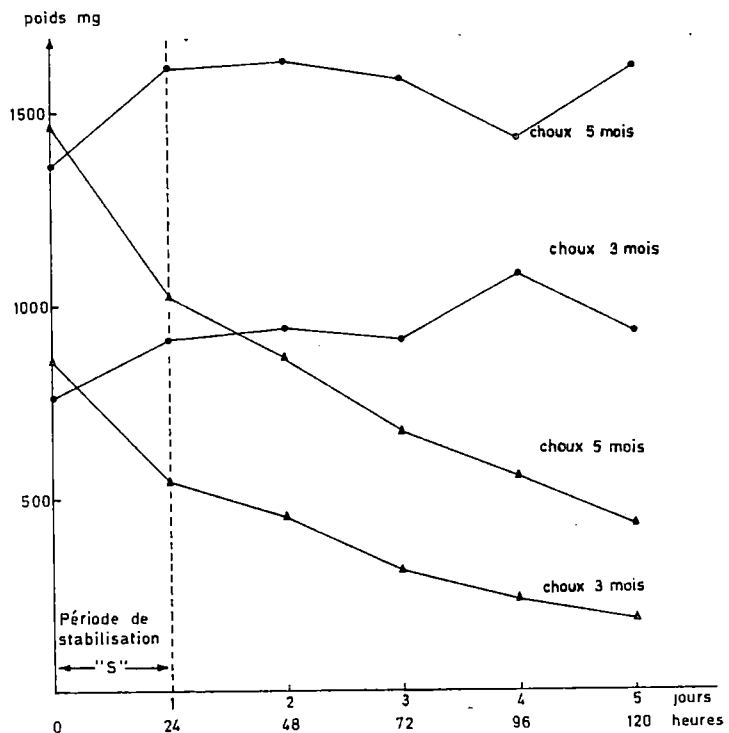


Fig 37 Evolution du poids moyen ($\bar{x}$) des rondelles de chou mises dans des conditions de laboratoire pendant 5 jours avec : ● et sans : ▲ adjonction d'eau (1,5cc/jour/boite). -

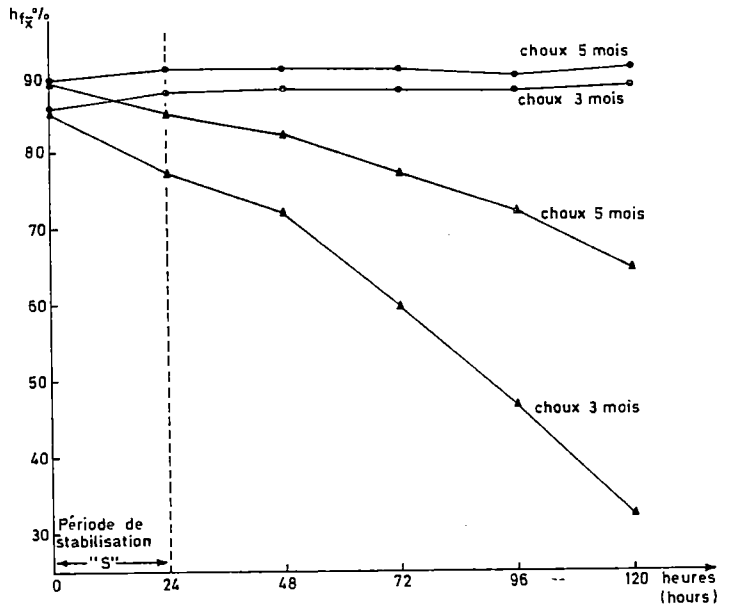


Fig 38 Variation de la teneur en eau au cours de 120 heures: rondelles de chou de 5-cm de Ø avec ●, et sans ▲ adjonction d'eau

$$h_{fx} = \frac{P_{fx} - P_{sx}}{P_{fx}} \cdot 100$$

- Vérification et fiabilité de la méthode -

Si notre méthode est valable, le poids de la matière sèche (C.O.) de la fraction retirée d'une rondelle (en simulant les dégâts des larves) doit coïncider avec le poids de matière sèche de la même fraction mais calculée à partir des valeurs mesurées sur la partie non endommagée des rondelles en utilisant les formules suivantes :

f_o : Poids frais maximal des rondelles avant contamination, poids frais à saturation ou encore poids frais potentiel obtenu artificiellement par une technique de saturation en eau du matériel examiné.

PF : Poids frais maximal de la fraction des rondelles non consommées.

PS : Poids sec de la fraction non consommée après passage à l'étuve à 110°C durant 24 heures.

H : Pourcentage d'hydratation par rapport au poids frais final

$$h_f \text{ ou } H \% = \frac{PF - PS}{PF} \quad 100$$

Cette valeur restera constante tout au long de l'expérience ; donc elle est valable pour déterminer le pourcentage d'hydratation avec les valeurs de f_o aussi bien qu'avec celles de PF.

TABLEAU V-8 - Comparaison des valeurs de consommation estimées et observées pour 11 rondelles de chou (g), rondelles aléatoirement découpées.

Rondelle N°	f_0^*	P.F.*	P.S.*	H.*	X P.S.C.*	Y C.O.*
1	1,6767	1,1681	0,1036	90,40	0,06	0,05
2	1,7133	0,5720	0,0530	90,20	0,12	0,12
3	1,6593	0,7050	0,0653	90,38	0,09	0,10
4	1,8978	0,9974	0,0834	90,47	0,09	0,09
5	1,8062	1,4420	0,1426	89,30	0,05	0,05
6	1,8904	0,8800	0,0863	89,43	0,11	0,11
7	1,9400	1,0934	0,0961	90,38	0,09	0,08
8	1,6152	1,1392	0,0674	90,61	0,08	0,05
9	1,5741	1,2900	0,1150	89,94	0,04	0,03
10	1,6089	1,1265	0,1059	89,36	0,06	0,06
11	1,9931	1,4918	0,1395	90,11	0,06	0,06

* Voir tableau V-7

MST : Matière sèche totale offerte aux larves

$$MST = f_0 \frac{(100 - H)}{100}$$

PSC : Consommation estimée ou différence entre MST et PS,

PSC = MST - PS . Valeurs estimées d'après les formules.

CO : Valeurs obtenues par pesée de la matière sèche supposée consommée et découpée des rondelles dont on connaît les valeurs de f_0 .

Afin de démontrer la fiabilité de la méthode, nous avons comparé statistiquement les résultats du PSC obtenus à partir de la formule avec les valeurs de CO.

Le Tableau V-7 met en évidence les résultats obtenus pour 40 rondelles et le Tableau V-8 pour 11 rondelles, sur lesquelles on a effectué aléatoirement des découpes allant de 25 % à 75 % de la surface. Nous avons donc pesé et conservé les dégâts pour faire la comparaison des valeurs ainsi obtenues avec celles fournies par la formule (Voir colonnes PSC et CO au Tableaux V-7 et V-8).

Nous avons effectué un test de χ^2 permettant de rejeter ou non l'hypothèse de concordance entre les colonnes PSC et CO. Les calculs sont repris aux Tableaux V-9 et V-10.

TABLEAU V-9 - Comparaison des valeurs de consommation estimées et observées , pour 40 rondelles de chou

Rondelle N°	Consommation Estimée (calculated) X	(grammes) Réelle (observed) Y	Différence X - Y
1	0,08	0,07	0,01
2	0,03	0,02	0,01
3	0,12	0,11	0,01
4	0,11	0,10	0,01
5	0,18	0,16	0,02
6	0,08	0,08	- 0,01
7	0,05	0,05	0
8	0,10	0,10	0
9	0,08	0,07	0,01
10	0,07	0,07	0
11	0,06	0,05	0,01
12	0,11	0,10	0,01
13	0,13	0,14	- 0,01
14	0,13	0,14	- 0,01
15	0,15	0,15	- 0,01
16	0,04	0,03	0,01
17	0,17	0,16	0,01
18	0,12	0,10	0,02
19	0,05	0,04	0,01
20	0,10	0,10	0
21	0,15	0,16	- 0,01
22	0,15	0,15	0
23	0,06	0,06	0
24	0,11	0,11	0
25	0,05	0,05	0
26	0,09	0,09	0
27	0,09	0,09	0
28	0,11	0,10	0,01
29	0,08	0,07	0,01
30	0,12	0,12	0
31	0,04	0,04	0
32	0,04	0,04	0
33	0,05	0,05	0
34	0,05	0,04	0
35	0,13	0,14	- 0,01
36	0,11	0,11	0
37	0,10	0,10	0
38	0,10	0,10	0
39	0,07	0,07	0
40	0,04	0,04	0

Données statistiques:

$$\chi^2 = \sum \frac{(x - y)^2}{y} = 0,1920 \quad n - 1 = 39 \text{ d.l.} : \chi^2(0,005 \% 30 \text{ d.l.}) = 13,79$$

TABLEAU V-10 - Comparaison des valeurs de consommation estimées et observées pour 11 rondelles de chou, rondelles aléatoirement découpées

Rondelle N°	Consommation (grammes x 10 ⁻²)		Différence x - y
	y	x	
1	5	6	1
2	12	12	0
3	10	9	- 1
4	9	9	0
5	5	5	0
6	11	11	0
7	8	9	1
8	5	8	3
9	3	4	1
10	6	6	0
11	6	6	0

Données statistiques:

$$\chi^2 = \sum \frac{(x-y)^2}{y} = 2,55$$

$$n - 1 = 10 \text{ d.l. } \chi^2 0,001 \% = 29,58$$

donc on accepte la concordance entre la série estimée Y et la série observée ou réelle X.

Conclusion

Les différences entre les valeurs estimées et les valeurs observées n'étant pas significatives, la méthode s'avère fiable au seuil 0,01.

La précision de méthode a été fixée au centigramme (10⁻² g). La méthode décrite permettant la mesure de la consommation de feuillage exprimée en poids sec, s'avère fiable et aisée puisqu'elle ne nécessite dans son application qu'une balance analytique et une étuve.

Etant donné que la similitude des valeurs estimées et observées est maintenue, même pour différentes surfaces de coupe, on peut supposer l'indépendance vis-à-vis du périmètre ou de la surface de coupe lorsqu'on travaille dans nos conditions.

A partir du moment où l'on connaît l'évolution pondérale des feuilles au cours d'un test, il est possible d'étendre l'application de cette méthode à divers substrats et pour diverses espèces phytophages.

C - APPROCHE NUTRITIONNELLE QUANTITATIVE CHEZ MAMESTRA BRASSICAE VIS-A-VIS DE BRASSICA OLERACEA

Introduction

Les résultats des études du comportement de ponte de Mamestra brassicae sur 3 variétés de chou, ainsi que les études sur l'influence des odeurs chez les chenilles et imagos de la noctuelle, nous ont permis de constater la préférence de Mamestra brassicae vis-à-vis des variétés frisées et cabus blanc de Brassica oleracea. La variété rouge par contre, a toujours été moins recherchée pour la ponte et pour la consommation.

Nos tests sur l'influence de la texture et de l'odeur de ces variétés sur Mamestra brassicae ont aussi permis de mettre en évidence le même phénomène.

Cependant, une question restait à résoudre : Comment se fait-il que dans des conditions et des niveaux d'infestations similaires, les ravages sur les choux rouges ne sont pas aussi graves que sur les autres variétés ?

Nous avons songé qu'en plus d'un facteur de "préférence" de Mamestra brassicae, vis-à-vis des vars. cabus et frisé, à l'existence d'un facteur de "résistance variétale", du type "antibiosis" dans le sens de la définition de PAINTER (210).

Cette hypothèse semble intéressante à être vérifiée étant donné les exigences du marché des produits maraîchers en ce qui concerne la qualité dans la présentation du produit.

En plus, la détection d'un tel phénomène pourrait nous permettre de proposer un nouvel outil de lutte contre les noctuelles du chou par l'utilisation de variétés résistantes.

Notre objectif est double ; d'abord, compléter l'information sur le comportement de Mamestra brassicae vis-à-vis de Brassica oleracea et ensuite, proposer une possibilité de lutte variétale dans le cadre de la lutte intégrée contre cette noctuelle.

Nous avons donc décidé de comparer quelques paramètres, les plus utiles pour juger de la meilleure utilisation de la nourriture par les chenilles, c'est donc une approche nutritionnelle du type quantitatif, celle que nous avons entreprise en mesurant la quantité de nourriture ingérée par les chenilles ; la fraction digérée et la partie excrétée ou métabolisée et convertie en biomasse (245).

D'après WALDBAUER (311), FRAENKEL et SOO-HOO (270) et récemment SCRIBER (245), les paramètres les plus utiles pour juger de la meilleure utilisation de la nourriture des chenilles sont : 1- la digestibilité de la nourriture ; 2- la conversion de la nourriture ingérée et assimilée sous forme de biomasse et 3- l'indice de consommation.

Nous avons donc choisi les paramètres suivants pour la réalisation de notre étude :

CD : Coefficient de digestibilité , aussi appelé AD.
(approximate digestibility) ou digestibilité approximative.

$$\text{Défini comme } CD = \frac{Q_i \text{ M.S.} - Q_E \text{ M.S.}}{Q_i \text{ M.S.}} \quad (I)$$

où $Q_{i \text{ M.S.}}$ = Quantité de nourriture ingérée en poids sec
 $Q_{E \text{ M.S.}}$ = Quantité déféquée en poids sec.

ECD : Efficacité de la conversion de la matière digérée en biomasse (Efficiency of Conversion of Digested food)

$$\text{Définie par } ECD = \frac{P_{\text{M.S.}}}{Q_{i \text{ M.S.}} - Q_E \text{ M.S.}} \quad (II)$$

où $P_{\text{M.S.}}$ = l'augmentation du poids (mg) sec durant la période considérée (jours).

ECI : Efficacité de la conversion en biomasse de la nourriture ingérée (Efficiency of conversion of ingested food in body matter)

$$ECI = \frac{P_{M.S.}}{Q_{iM.S.}} \times 100 \quad (III)$$

C.I. : Index de consommation (consumption index) défini selon

$$CI = \frac{Q_i}{T \cdot P_{\bar{X}}} \quad (IV)$$

où Q_i = nourriture ingérée en poids sec ou en poids frais selon les besoins

T = temps de la période considérée en jours

$P_{\bar{X}}$ = poids moyen des chenilles pendant la période T (en poids sec ou frais selon Q_i).

G.R. : Index de la croissance relative (relative growth rate/stade).

$$GR = \frac{P}{T \cdot P_{\bar{X}}} \quad (V)$$

où P = définie selon (II)

T et $P_{\bar{X}}$ = définis selon (IV).

Matériel et méthodes

Les chenilles utilisées ont été celles de notre élevage permanent (82)(83) (F_7 régénérée en 1979). Le poids des chenilles et de leurs excréments ont été obtenus à l'aide d'une balance analytique SARTORIUS Model 2400, avec une précision au 0,1 mg.

Aux stades L1 et L2, on a travaillé avec 20 groupes de 20 chenilles ; 20 groupes de 10 chenilles chez L3 et L4 ; et 20 groupes de 5 chenilles pour les stades L5 et L6. Dans un premier temps, nous avons essayé de travailler avec des individus isolés, mais nous avons constaté un effet de groupe chez Mamestra brassicae qui fait qu'il était très difficile à maintenir des chenilles isolées en bonnes conditions de santé et de croissance. D'autre part, la taille des chenilles et celle des excréments chez les jeunes stades, sont très difficiles à manipuler. Les quantités de chenilles utilisées par groupe d'étude ont été choisies après plusieurs tentatives pour déterminer leur nombre. D'autre part, du fait de la nécessité de prélever une certaine quantité de chenilles chaque jour pour établir les valeurs de poids sec, il nous a fallu travailler avec une vingtaine de groupes de chenilles de même âge afin de pouvoir mener à terme les études tout au long de la période larvaire, notamment dans le cas des mesures de la croissance et du développement à basse température (15°C).

Nous avons travaillé avec les poids secs afin de diminuer la variabilité des résultats qu'on observe, quand on travaille sur des poids frais. Nous avons utilisé notre technique mise au point (83) pour mesurer la consommation du matériel frais et calculer les poids secs.

Les poids secs des chenilles et des défécations des larves ont été déterminés après dessiccation pendant 24 heures à 100°C. On a prélevé chaque jour, de 2 à 5 chenilles par groupe afin d'obtenir une estimation du poids sec tout au long de la période larvaire.

La nourriture comparée a été celle de 2 variétés de Brassica oleracea , var. rouge et var. cabus blanc.

D'abord, nous avons suivi l'évolution du poids frais des chenilles à 3 températures : 15° - 20° - 25° C sur ces 2 variétés et ensuite, nous avons fait l'étude comparative de l'efficacité nutritionnelle des 2 variétés chez Mamestra brassicae.

Les 3 températures ont été choisies pour mieux respecter les conditions que l'on peut trouver normalement entre mai et septembre, période de culture en champ des choux B; oleracea. Nos chambres climatisées ont été réglées à 75 % H.R. et 16 heures de photopériode.

Etant donné les résultats de préférence par Mamestra brassicae des variétés frisées, nous avons estimé inutile d'étudier l'effet de telles variétés sur la nutrition de Mamestra brassicae. Nous l'avons supposée optimale. Par contre, nous avons essayé de déceler des différences entre la variété cabus blanc et la variété rouge, plus prometteuse sur le plan de résistance vis-à-vis de Mamestra brassicae. De cette manière, on travaille sur la supposition que la variété frisée est également supérieure aux autres variétés du point de vue nutritionnel. Cela ressortait de nos observations sur terrain (quantité et poids supérieurs des chenilles récoltées sur la variété frisée). Aussi, nous avons gagné du temps en étudiant les 2 variétés entre lesquelles il n'y avait apparemment que des différences dans la quantité de pontes de Mamestra brassicae récoltées et dont la comparaison du point de vue nutritionnel de Mamestra brassicae n'était pas faite auparavant.

D'autre part, nous avons préféré les variétés rouge et cabus blanc pour leurs caractéristiques de texture lisse et la facilité de maintenir leur poids frais constant dans nos tests ; la récolte des chenilles et des excréments plus aisée a aussi été considérée pour notre choix.

Finalement, on doit souligner que si la variété frisée est toujours très recherchée (infestations très élevées) par les femelles pondeuses, la mise en évidence des différences nutritives possibles entre les 2 variétés moins préférées par Mamestra brassicae parleront toujours en faveur des liens entre Mamestra brassicae et les variétés frisées, en renforçant ainsi nos hypothèses de choix de Mamestra brassicae vis-à-vis de la var. frisée et l'hypothèse de résistance des variétés moins préférées.

Résultats et discussion

Les Tableaux V-11,12,13,15 et 17 montrent l'évolution du poids moyen des chenilles sur les variétés cabus blanc et rouge en laboratoire à température de 15°, 20° et 25°C. Les figures 39 et 40 illustrent ce résultat.

Les Tableaux V-14,16,18 nous permettent d'établir les valeurs nécessaires pour le calcul des index proposés comme critères de comparaison. Les Figures 41 et 42 sont l'expression des droites de régression calculées pour les coefficients proposés afin de mieux comparer l'effet des variétés sur la nutrition, la croissance et la digestion des chenilles.

Les résultats observés sur l'évolution du poids des chenilles et de la consommation pendant leur développement, ont suivi des modèles classiques de croissance et se situent assez bien dans l'ensemble des comparaisons faites récemment par SCRIBER -1981 (245) sur la nutrition des Lépidoptères. On peut constater trois étapes dans la croissance des chenilles. D'abord, une croissance lente du type arithmétique (stades L1-L2), ensuite, une phase exponentielle à pente croissante (stades L3-L4) et finalement, la phase exponentielle à pente décroissante (L5 et L6).

Nous observons à la Figure 39 des différences en ce qui concerne le poids final frais des chenilles peu avant la pupaison nourries avec les 2 variétés. L'étude particulière des coefficients proposés nous donneront une explication des résultats.

TABLEAU V-11 - Evolution du poids des chenilles de Mamestra brassicae L.
(en grammes de poids frais) nourries avec Brassicaceae oleracea
var cabus blanc en laboratoire à 25°C de température
18 heures de photopériode et 75 $\pm$ 5% d'humidité relative (1)

Jour	I	II	III	IV	V	Moyenne
0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
1	0,0002	0,0001	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
2	0,0004	0,0004	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005
3	0,0010	0,0012	0,0014	0,0016	0,0008	0,0012
4	0,0015	0,0020	0,0019	0,0023	0,0020	0,0019
5	0,0020	0,0030	0,0028	0,0032	0,0029	0,0028
6	0,0060	0,0058	0,0056	0,0050	0,0048	0,0054
7	0,0083	0,0110	0,0105	0,0090	0,0120	0,0102
8	0,0095	0,0128	0,0118	0,0109	0,0134	0,0117
9	0,0183	0,0191	0,0164	0,0150	0,0200	0,0178
10	0,0227	0,0207	0,0214	0,0199	0,0246	0,0219
11	0,0307	0,0283	0,0225	0,0272	0,0323	0,0282
12	0,0350	0,0382	0,0291	0,0344	0,0393	0,0352
13	0,0453	0,0484	0,0397	0,0437	0,0492	0,0453
14	0,0593	0,0607	0,0513	0,0570	0,0670	0,0591
15	0,0763	0,0795	0,0692	0,0720	0,0794	0,0753
16	0,1041	0,1163	0,0987	0,1010	0,1181	0,1076
17	0,1146	0,1302	0,1024	0,1086	0,1701	0,1252
18	0,1807	0,1961	0,1552	0,1343	0,2143	0,1761
19	0,2156	0,2183	0,2093	0,1999	0,2274	0,2141
20	0,2701	0,2894	0,2690	0,2595	0,2903	0,2757
21	0,4212	0,4021	0,3875	0,4003	0,4098	0,4042
22	0,5311	0,5131	0,4993	0,5108	0,5180	0,5145
23	0,5600	0,5315	0,5011	0,5212	0,5496	0,5327
24	0,5900	0,5501	0,5250	0,5390	0,5780	0,5564
25	0,6121	0,5703	0,5301	0,5632	0,5820	* 0,5715
26	0,6120	0,5703	0,5280	0,5600	0,5802	0,5701
27	0,6016	0,5520	0,4917	0,5432	0,5609	0,5499
28	0,5584	0,5101	0,4508	0,4796	0,5112	0,5020
29	0,4932	0,4650	0,4310	0,4510	0,4811	0,4643
30	0,4930	0,4532	0,4300	0,4510	0,4601	0,4575

(1) Chaque répétition représente la moyenne de 20 chenilles jours 1 à 11.

* Début du stade de prépupe.

TABLEAU V-12 - Évolution du poids des chenilles de *Mamestra brassicae* L.
 (grammes poids frais) nourries avec *Brassica oleracea*
 var. cabus blanc en laboratoire à 20°C de température ,
 18 heures de photopériode et 75 ± 15% d'humidité relative

Jour	I	II	III	IV	V	Moyenne	S ² par stade * S = mg
0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
1	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0002	0,0002	
2	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	L1 0,34
3	0,0003	0,0003	0,0004	0,0004	0,0005	0,0004	0,58
4	0,0006	0,0009	0,0009	0,0009	0,0007	0,0008	
5	0,0008	0,0020	0,0019	0,0023	0,0010	0,0016	
6	0,0018	0,0023	0,0029	0,0030	0,0020	0,0024	
7	0,0025	0,0059	0,0070	0,0068	0,0029	0,0050	L2 18,56
8	0,0058	0,0120	0,0131	0,0100	0,0050	0,0092	4,31
9	0,0058	0,0130	0,0161	0,0100	0,0050	0,0100	
10	0,0083	0,0150	0,0170	0,0115	0,0072	0,0118	
11	0,0150	0,0195	0,0260	0,0189	0,0130	0,0185	L3 187,27
12	0,0217	0,0281	0,0320	0,0231	0,0207	0,0251	13,68
13	0,0235	0,0357	0,0380	0,0300	0,0231	0,0301	
14	0,0342	0,0387	0,0462	0,0447	0,0312	0,0390	
15	0,0426	0,0497	0,0577	0,0541	0,0408	0,0490	
16	0,0431	0,0568	0,0768	0,0731	0,0503	0,0600	
17	0,0503	0,0687	0,0802	0,0796	0,0611	0,0680	L4 1266,27
18	0,0597	0,0911	0,1024	0,0987	0,0786	0,0881	35,58
19	0,0801	0,1293	0,1201	0,1251	0,0874	0,1084	
20	0,1164	0,1426	0,1398	0,1301	0,1121	0,1282	
21	0,1307	0,1698	0,1519	0,1527	0,1470	0,1504	
22	0,1411	0,1887	0,1796	0,1780	0,1526	0,1680	
23	0,1698	0,2305	0,1840	0,1943	0,1714	0,1900	L5 10092,55
24	0,1877	0,2703	0,2298	0,2516	0,2106	0,2300	± 100,46
25	0,2486	0,3501	0,2613	0,3254	0,2501	0,2871	
26	0,3124	0,4312	0,3212	0,4379	0,3108	0,3627	
27	0,3919	0,4614	0,3909	0,4811	0,3807	0,4212	
28	0,4782	0,5361	0,4624	0,5412	0,4321	0,4900	
29	0,5129	0,5106	0,5211	0,5791	0,4763	0,5200	
30	0,5214	0,5307	0,5321	0,5932	0,4916	0,5338	
31	0,5419	0,5329	0,5321	0,6116	0,5084	0,5454	L6 2169,91
32	0,5592	0,5466	0,5619	0,6297	0,5125	0,5620	± 46,58
33	0,5602	0,5614	0,5804	0,6301	0,5129	0,5690	
34	0,5710	0,5621	0,5850	0,6301	0,5218	0,5740	
35	0,5812	0,5704	0,5912	0,6282	0,5280	0,5798	
36	0,5811	0,5734	0,5911	0,6012	0,5217	0,5740	
37	0,5610	0,5612	0,5801	0,6299	0,5120	0,5681	
38	0,5500	0,5380	0,5602	0,6210	0,5105	0,5540	
39	0,5216	0,5309	0,5323	0,5934	0,4918	0,5400	
40	0,5128	0,5107	0,5213	0,5789	0,4763	0,5200	
41	0,4939	0,5001	0,4911	0,5531	0,4686	0,5020	
42	0,4782	0,4983	0,4624	0,5361	0,4321	0,4840	

* S²: variance.
 S=√S²

TABLEAU V-13 - Evolution du poids des chenilles de *Mamestra brassicae* L.
(grammes poids frais) nourries avec *Brassica oleracea* L.
var. cabus blanc en laboratoire à $15^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ de température,
18 heures de photopériode et $75 \pm 15\%$ d'humidité relative

Jour	I	II	III	IV	V	Moyenne
0	0,0001	0,00010	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
1	0,0002	0,00019	0,0002	0,00018	0,0002	0,0002
2	0,0003	0,0003	0,00029	0,00029	0,0003	0,0003
3	0,0004	0,0004	0,0004	0,00041	0,00041	0,0004
4	0,0004	0,0004	0,0005	0,0006	0,0006	0,0005
5	0,0006	0,0006	0,0006	0,0007	0,0008	0,0007
6	0,0011	0,0011	0,0010	0,0012	0,0013	0,0011
7	0,0016	0,0021	0,0020	0,0024	0,0022	0,0021
8	0,0037	0,0043	0,0038	0,0048	0,0033	0,0040
9	0,0058	0,0065	0,0060	0,0079	0,0041	0,0061
10	0,0080	0,0087	0,0080	0,0096	0,0059	0,0080
11	0,0081	0,0108	0,0103	0,0098	0,0118	0,0100
12	0,0099	0,0141	0,0128	0,0122	0,0154	0,0129
13	0,0134	0,0171	0,0159	0,0144	0,0192	0,0160
14	0,0162	0,0196	0,0183	0,0191	0,0218	0,0190
15	0,0228	0,0209	0,0216	0,0202	0,0248	0,0221
16	0,0305	0,0281	0,0270	0,0223	0,0321	0,0280
17	0,0320	0,0304	0,0319	0,0283	0,0374	0,0320
18	0,0369	0,0417	0,0380	0,0329	0,0406	0,0380
19	0,0388	0,0488	0,0446	0,0399	0,0499	0,0444
20	0,0434	0,0503	0,0492	0,0450	0,0572	0,0490
21	0,0541	0,0541	0,0514	0,0503	0,0604	0,0541
22	0,0602	0,0616	0,0522	0,0579	0,0679	0,0600
23	0,0723	0,0678	0,0621	0,0643	0,0737	0,0680
24	0,0801	0,0728	0,0640	0,0729	0,0802	0,0740
25	0,0867	0,0804	0,0699	0,0801	0,0901	0,0814
26	0,0941	0,0907	0,0804	0,0866	0,0982	0,0900
27	0,1051	0,0989	0,0922	0,0952	0,1096	0,1002
28	0,1065	0,1187	0,1010	0,1035	0,1206	0,1101
29	0,1198	0,1551	0,1239	0,1296	0,1589	0,1375
30	0,1416	0,1709	0,1418	0,1316	0,1791	0,1530
31	0,1796	0,1950	0,1541	0,1332	0,2132	0,1750
32	0,1940	0,2051	0,1732	0,1627	0,2199	0,1910
33	0,2115	0,2142	0,2052	0,1958	0,2233	0,2100
34	0,2420	0,2426	0,2340	0,2105	0,2323	0,2323
35	0,2611	0,2508	0,2516	0,2341	0,2517	0,2499
36	0,2640	0,2711	0,2803	0,2714	0,2611	0,2696
37	0,3316	0,3091	0,2889	0,2940	0,3005	0,3048
38	0,3633	0,3307	0,2909	0,3021	0,3218	0,3218
39	0,3807	0,3611	0,3291	0,3401	0,3509	0,3524
40	0,4192	0,3821	0,3517	0,3673	0,3816	0,3804
41	0,4270	0,4079	0,3933	0,4061	0,4156	0,4100
42	0,4791	0,4431	0,4408	0,4337	0,4521	0,4498
43	0,5123	0,4833	0,4573	0,4418	0,4912	0,4772
44	0,5789	0,5128	0,4763	0,5107	0,5213	0,5200
45	0,5891	0,5390	0,5000	0,5276	0,5673	0,5400
46	0,6299	0,5612	0,5120	0,5610	0,5801	0,5600
47	0,6012	0,5811	0,5217	0,5734	0,5911	0,5730
48	0,6220	0,5902	0,5760	0,5902	0,5803	0,5820
49	0,6320	0,6002	0,5480	0,5907	0,5800	0,5870
50	0,6335	0,6067	0,5490	0,5917	0,5812	0,5880
51	0,6222	0,5905	0,5707	0,5907	0,5807	0,5825
52	0,6017	0,5879	0,5701	0,5811	0,5754	0,5800

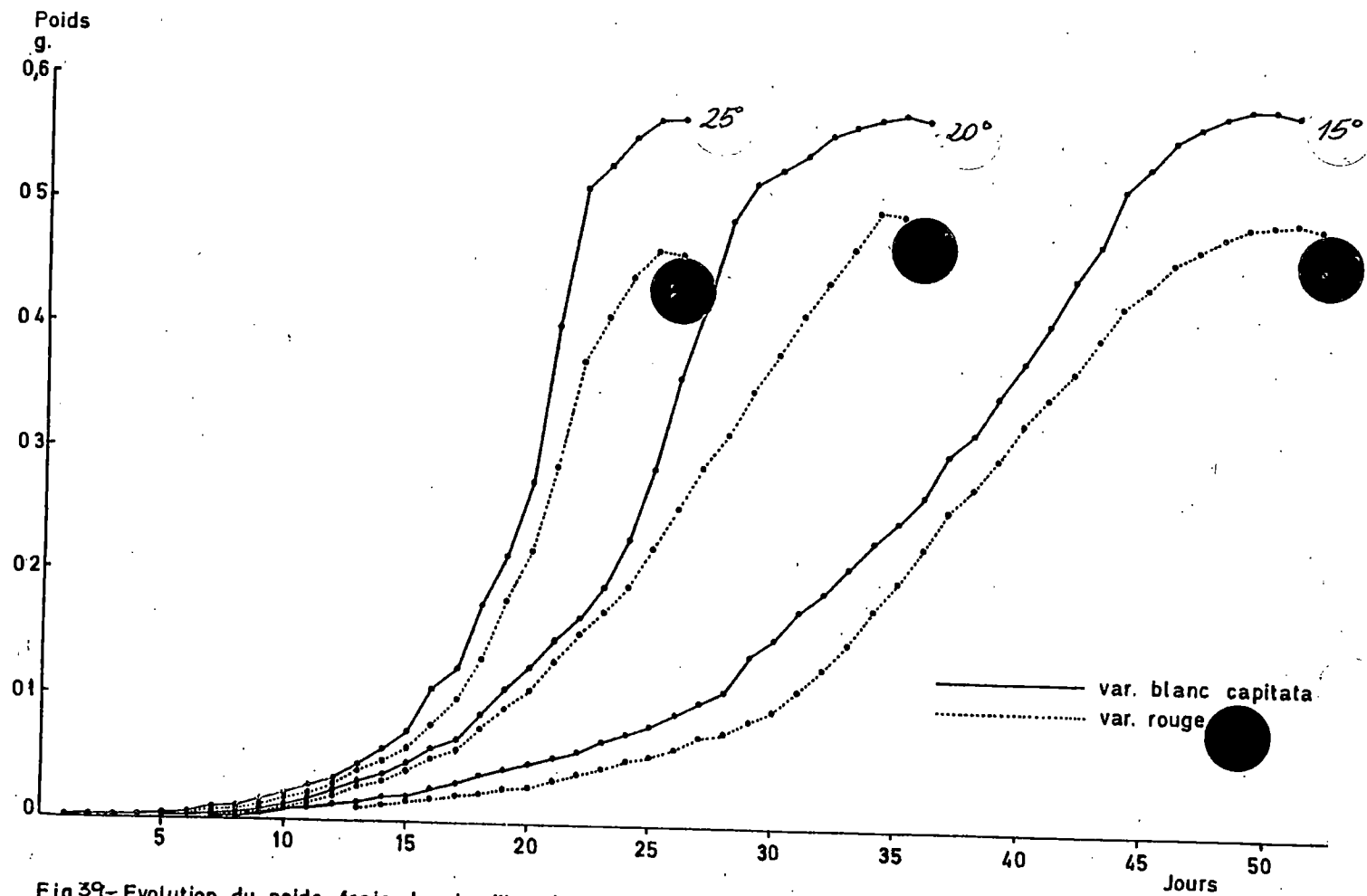


Fig.39- Evolution du poids frais de chenilles de *Mamestra brassicae* L, élevées à trois températures et avec deux variétés différentes de *Brassica oleracea* L.

TABLEAU V-14- Données brutes du temps de consommation, d'excrétion pour le calcul des différents paramètres de la digestion et la croissance de *Mamestra brassicae* nourrie avec *B. oleracea* var. cabu blanc en laboratoire à 25°C de température (1ère partie)

Jour	Stade	Poids vif en grammes	Moyenne en mili-grammes par stade	Durée par stade (jours)	Poids sec moyen par chen. mili-grammes	Poids sec/stade mili-gramme	% de poids sec	Variation du poids vif/jour grammes	Variation du poids sec/jour mili-grammes	Q _i sèche ingérée mg	Q _E sèche excrétée mg	Q _i - Q _E
0		0,0001			0,01		10					
1		0,0002			0,02		10					
2	L1	0,0005	3,9	5	0,04	0,07	8	0,0001	0,01	0,05	0,024	0,026
3		0,0012			0,11		9,2	0,0007	0,07	0,14	0,072	0,070
4		0,0019			0,18		9,5	0,0007	0,07	0,31	0,141	0,170
5		0,0028			0,30		10,7	0,0009	0,12	0,40	0,197	0,200
6	L2	0,0054	18,4	3	0,60	0,64	11,1	0,0026	0,30	0,58	0,307	0,270
7		0,0102			1,02		10	0,0048	0,42	1,45	0,730	0,680
8		0,0117			1,20		10,3	0,0015	0,18	2,16	0,091	1,070
9		0,0178			1,90		10,7	0,0061	0,70	1,14	0,669	0,470
10	L3	0,0219	79,6	4	2,30	2,80	10,5	0,0041	0,40	4,05	2,300	1,750
11		0,0282			2,90		10,3	0,0063	0,60	2,36	1,318	1,042
12		0,0352			4,10		11,7	0,0070	1,20	3,87	2,290	1,580
13		0,0453			5,40		11,9	0,0101	1,30	5,74	2,910	2,830
14	L4	0,0591	214,9	4	6,40	6,0	10,8	0,0138	1,00	6,52	3,497	3,020
15		0,0753			8,10		10,8	0,0162	1,70	4,96	2,698	2,262
16		0,1076			13,3		12,4	0,0323	5,20	8,21	4,441	3,770
17		0,1252			17,0		13,6	0,0176	3,70	25,51	14,106	11,400
18	L5	0,1761	898,7	5	24,8	25,9	14,1	0,0509	7,80	16,25	8,395	7,860
19		0,2141			31,9		14,9	0,0380	7,10	33,19	17,095	16,100
20		0,2757			42,5		15,4	0,0616	10,60	34,10	19,370	14,730
21		0,4042			63,9		15,8	0,1285	21,40	51,65	28,510	23,140
22		0,5145			79,2		15,4	0,1103	15,30	102,93	61,140	41,790
23	L6	0,5327	2579,3	5	80,0	77,30	15,0	0,182	0,80	65,27	34,920	30,350
24		0,5564			81,7		14,7	0,237	1,70	3,62	2,100	1,520
25		0,5715			81,7		14,3	0,0151	-	8,18	4,720	3,460
26		0,5701			89,5		15,7	-	7,80	-	-	-
27		0,5499										
28	pp	0,5020										
29		0,4643										
30		0,4575										

Colonne	(1)	t	(2)	(2bis)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Opération réalisée			$\frac{(2)}{(1)}$		$\frac{(2)}{(1)}$	$\frac{P_1 - P_0}{en(1)}$				$=(6)-(7)$

TABLEAU V-14- Tableau pour le calcul des différents paramètres de la digestion et la croissance de Mamestra brassicae nourries en laboratoire avec B. oleracea var cabus blanc à 25°C de température (2ème partie)

Stade	Jour	C.D.	ECD	ECI par jour	ECI $\bar{X}$ Stade	I Cr.S.	I.D.	I.C.	G.R.
	x	y	y						
L1	0	51,2							
	1	50,5	38,46	20,00					
	2	54,1	28,57	14,29	18,59	0,05 = 0,20 1/4	0,25	4,23	0,49
	3	50,3	41,18	22,58					
L2	4	47,3	35,00	17,50					
	5	48,2	44,44	20,69					
	6	49,6	44,12	21,28	20,47	0,27 = 0,82 1/3	0,33	2,45	0,38
	7	41,4	39,25	19,44					
L3	8	43,2	38,30	15,79					
	9	44,1	40,00	17,28					
	10	40,8	38,39	16,95	16,38	0,41 = 1,64 1/4	0,25	1,93	0,20
	11	49,3	37,97	15,50					
L4	12	46,4	42,88	20,91					
	13	45,6	43,05	19,94					
	14	45,9	44,21	20,16	20,43	0,47 = 1,88 1/4	0,25	1,88	0,17
	15	44,7	45,10	20,71					
L5	16	48,3	45,61	20,38					
	17	48,5	47,10	22,77					
	18	43,2	48,46	23,50	21,60	0,39 = 1,95 1/5	0,20	1,84	0,23
	19	44,8	48,20	20,82					
L6	20	40,6	45,81	20,52					
	21	46,5	51,21	20,79					
	22	42,0	50,41	23,44	21,78	0,71 = 3,55 1/5	0,25	0,47	0,05
	23	42,3	52,63	22,10					
	24	-	49,13	20,78					
	25	-	-	-					

Colonne	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Opération réalisée	$\frac{(8)}{(6)} \times 100$	$\frac{(5)}{(8)} \times 100$	$\frac{(5)}{(6)} \times 100$	IC/ID	I/t	$\frac{(6)}{(2bis) \times t}$	$\frac{\text{Variation P.S./Stade}}{t_{\text{stade}} \times \bar{P}_{\bar{X} \text{ stade}}}$

C.D. : Coefficient de digestibilité ; ECD : efficacité de la conversion de la matière digérée en biomasse
 ECI : Efficacité de la conversion en biomasse de la nourriture ingérée ; I.Cr.S. : Index de croissance par stade ; I.D. = Index de développement ; I.C. = Index de consommation par stade.

TABLEAU V-15- Evolution du poids des chenilles de Mamestra brassicae L. (grammes poids frais) (1) nourries avec Brassica oleracea L. var. Rouge en laboratoire à 15, 20 et 25°C de température, 18 heures de photopériode et $75 \pm 5^\circ$ d'humidité relative

Jour	25°C $\pm 1^\circ$	20°C $\pm 1^\circ$	15°C $\pm 1^\circ$
0	0,0001	0,0001	0,0001
1	0,0002	0,0002	0,0002
L1 2	0,0004	0,0004	0,0004
3	0,0010	0,0008	0,0005
4	0,0012	0,0010	0,0008
5	0,0016	0,0020	0,0010
6	0,0020	0,0030	0,0012
7	0,0080	0,0060	0,0020
8	0,0100	0,0070	0,0030
9	0,0139	0,0080	0,0040
10	0,0178	0,0090	0,0050
11	0,0240	0,0150	0,0070
12	0,0310	0,0210	0,0090
13	0,0400	0,0280	0,0110
14	0,0530	0,0330	0,0130
15	0,0602	0,0410	0,0150
16	0,0789	0,0590	0,0220
17	0,1070	0,0590	0,0220
18	0,1338	0,0760	0,0230
19	0,1798	0,0920	0,0290
20	0,2210	0,1190	0,0300
21	0,2900	0,1330	0,0380
22	0,3742	0,1540	0,0410
23	0,4120	0,1820	0,0460
24	0,4430	0,1930	0,0515
25	0,4650	0,2280	0,0580
26	0,4620	0,2578	0,0630
27		0,2900	0,0720
28		0,3190	0,0788
29		0,3508	0,0875
30	0,3842	0,3842	0,0950
31		0,4150	0,1130
32		0,4430	0,1280
33		0,4700	0,1550
34		0,5000	0,1780
35		0,4965	0,2011
36			0,2280
37			0,2590
38			0,2799
39			0,3050
40			0,3290
41			0,3520
42			0,3742
43			0,4013
44			0,4260
45			0,4408
46			0,4627
47			0,4731
48			0,4815
49			0,4910
50			0,4943
51			0,4959
52			0,4920

(1) Poids moyen de 4 groupes par température et chaque groupe à 20 (L1), 10 (L2-L4), 5 (L5-L6) chenilles.

TABLEAU V-16- Données brutes du temps de consommation et d'excrétion, pour le calcul des différents paramètres de la digestion et de la croissance de Mamestra brassicae nourrie avec B. oleracea var. Rouge en laboratoire à 25°C de température (1ère partie)

Jour	Poids vif en gramme par chenille	Moyenne en m.g. par stade	Poids sec en m.g. par chenil.	Moyenne par stade	Poids sec en % du total	Variation du poids vif/jour grammes	Variation du poids sec/jour mili- grammes	Q ₁ M. sèche ingérée mg	Q ₂ M. sèche excrétée mg	(Q ₁ -Q _E)
0	0,0001		0,01		10,0					
1	0,0002		0,02		10,0	0,0001	0,01	0,16	0,12	0,04
2	0,0004	3,9	0,03	0,06	7,5	0,0002	0,01	0,16	0,12	0,04
3	0,0010		0,10		10,0	0,0006	0,07	1,27	0,97	0,30
4	0,0012		0,12		10,0	0,0002	0,02	0,41	0,32	0,09
5	0,0016		0,16		10,0	0,0004	0,04	0,79	0,61	0,18
6	0,0020	11,6	0,20	0,39	10,0	0,0004	0,04	0,65	0,49	0,16
7	0,0080		0,81		10,13	0,0060	0,61	7,57	5,42	2,15
8	0,0100		1,05		10,5	0,0020	0,24	2,60	1,81	0,79
9	0,0139		1,50		10,8	0,0039	0,45	4,60	3,16	1,44
10	0,0178	65,7	1,90	1,76	10,7	0,0039	0,40	4,30	2,99	1,31
11	0,0240		2,60		10,8	0,0062	0,70	6,29	4,19	2,10
12	0,0310		3,50		11,3	0,0070	0,90	7,22	4,67	2,55
13	0,0400		4,50		11,3	0,0090	1,00	7,77	4,98	2,79
14	0,0530	184,2	6,10	5,30	11,5	0,0130	1,60	12,21	7,79	4,42
15	0,0602		7,10		11,8	0,0072	1,00	7,01	4,36	2,65
16	0,0789		9,40		11,9	0,0187	2,30	15,69	9,68	6,01
17	0,1070		12,50		11,7	0,0281	3,10	20,28	12,35	7,93
18	0,1338	720,5	15,40	17,4	11,5	0,0268	2,90	19,08	11,64	7,44
19	0,1798		22,10		12,3	0,0460	6,70	44,05	26,87	17,18
20	0,2210		27,60		12,5	0,0412	5,50	31,78	18,56	13,22
21	0,2900		37,10		12,8	0,0690	9,50	50,44	28,55	21,89
22	0,3742		48,60		13,0	0,0842	11,50	58,87	32,85	26,02
23	0,4120	1984,2	54,80	51,9	13,3	0,0378	6,20	33,39	19,00	14,39
24	0,4430		57,60		13,0	0,0310	2,8	14,00	7,74	6,26
25	0,4650		61,40		13,2	0,0220	3,8	-	0,44	-0,44
26	0,4620		64,20		13,9	-0,0030	2,8	-	-	-

Colonne	(1)	(2)	(2bis)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Opération réalisée				= (2)/(1)	= P ₁ -P ₀ en (1)				= (6)-(7)

TABLEAU V-16 (Suite) - Calcul des paramètres

ECI = Efficacité de la conversion en biomasse de la nourriture intégrée
CD = Coefficient de digestibilité
ECD = Efficacité de la conversion de la matière digérée en biomasse
IC = Index de consommation par stade - GR = Index de croissance par stade
pour Mamestra brassicae en laboratoire à 25°C de température sur la
variété rouge de Brassica oleracea L.

Stade	Jour	ECI	ECI moyen par stade	CD	ECD	IC	GR
L1	0	6,25	5,59	46,1	25,1	9,3	0,37
	1	6,25		44,6	24,3		
	2	5,51		46,2	23,6		
	3	4,88		46,0	22,2		
	4	5,06		45,7	22,7		
L2	5	6,15	7,81	43,1	24,5	9,25	0,56
	6	8,06		45,4	28,4		
	7	9,23		44,8	30,4		
L3	8	9,78	10,67	43,0	31,3	3,18	0,22
	9	9,30		40,0	30,5		
	10	11,13		41,2	33,4		
	11	12,47		40,8	35,3		
L4	12	12,87	13,73	41,9	35,9	2,01	0,17
	13	13,10		42,6	36,2		
	14	14,27		40,16	37,8		
	15	14,66		39,4	38,3		
	16	15,29		39,1	39,1		
	17	15,20		41,3	39,0		
L5	18	15,21	16,37	40,2	39,0	1,90	0,21
	19	17,31		40,3	41,6		
	20	18,83		40,6	43,4		
	21	19,53		37,5	44,2		
L6	22	18,57	19,37	37,5	43,1	0,41	0,09
	23	20,00		39,5	44,7		
	24	-		-	-		
	25	-					
	26	-					

Colonne (9) (10) (11) (12) (13) (14)

Opération réalisée

$$\frac{(5)}{(6)}$$

$$\frac{(8)}{(6)} \times 100$$

$$\frac{(5)}{(8)} \times 100$$

$$\frac{(6) \text{ par stade}}{(2\text{bis}) \times t}$$

$$\left[\frac{\text{Variation poids} \times \text{stade}}{t_{\text{stade}} \times \text{Poids } \bar{X}_{\text{stade}}} \right]$$

TABLEAU V-17- Résultats comparatifs du poids des chenilles et des excréments des Mamestra brassicae sur deux variétés (blanc et rouge) de Brassica oleracea L. en laboratoire à 250°C de température

Jour	Poids des chenilles sur la variété cabus blanc				Poids des chenilles sur la variété rouge			
	P.frais cumulatif		Poids sec cumulatif	Excréments Poids sec	Poids frais cumulatif		Poids sec cumulatif	Excréments poids sec
	mg	log	mg	mg	mg	log	mg	mg
0	0,1	- 1	0,01	0,024	0,1	- 1	0,01	0,12
1	0,3	- 0,5	0,03	0,10	0,3	- 0,52	0,03	0,24
2	0,8	- 0,1	0,07	0,24	0,7	- 0,15	0,06	1,21
3	2,0	0,3	0,18	0,44	1,7	0,23	0,16	1,53
4	3,9	0,59	0,36	0,74	2,9	0,46	0,28	2,14
5	6,7	0,83	0,66	1,47	4,5	0,65	0,44	2,63
6	12,1	1,08	1,26	1,56	6,5	0,81	0,64	8,05
7	22,3	1,35	2,28	2,23	14,5	1,16	1,45	9,86
8	34,0	1,53	3,48	4,53	24,5	1,39	2,50	13,02
9	51,8	1,71	5,38	5,85	38,4	1,58	4,00	16,01
10	73,7	1,87	7,68	8,14	56,2	1,75	5,9	20,20
11	101,9	2,01	10,58	11,05	80,2	1,9	8,5	24,87
12	137,1	2,14	14,68	14,55	111,2	2,05	12	29,85
13	182,4	2,26	20,08	17,25	151,2	2,18	16,5	37,64
14	241,5	2,38	26,48	21,69	204,2	2,31	22,6	42
15	316,8	2,50	34,58	35,79	264,4	2,42	29,7	51,68
16	424,4	2,63	47,88	44,19	343,3	2,54	39,1	64,03
17	549,6	2,74	64,88	61,28	450,3	2,65	51,6	75,67
18	725,7	2,86	89,68	80,65	584,1	2,77	67	102,54
19	939,8	2,97	121,58	109,16	763,9	2,88	89,1	121,1
20	1215,5	3,08	164,08	170,3	984,9	2,99	116,7	149,65
21	1619,7	3,21	227,98	205,22	1274,9	3,11	153,8	182,5
22	2134,2	3,33	307,18	207,32	1649,1	3,22	202,4	201,5
23	2666,9	3,43	387,18	212,04	2061,1	3,31	257,2	209,24
24	3223,3	3,51	468,88	212,04	2504,1	3,4	314,8	209,68
pp 25	3794,8	3,58	550,58	212,04	2969,1	3,47	376,2	209,68

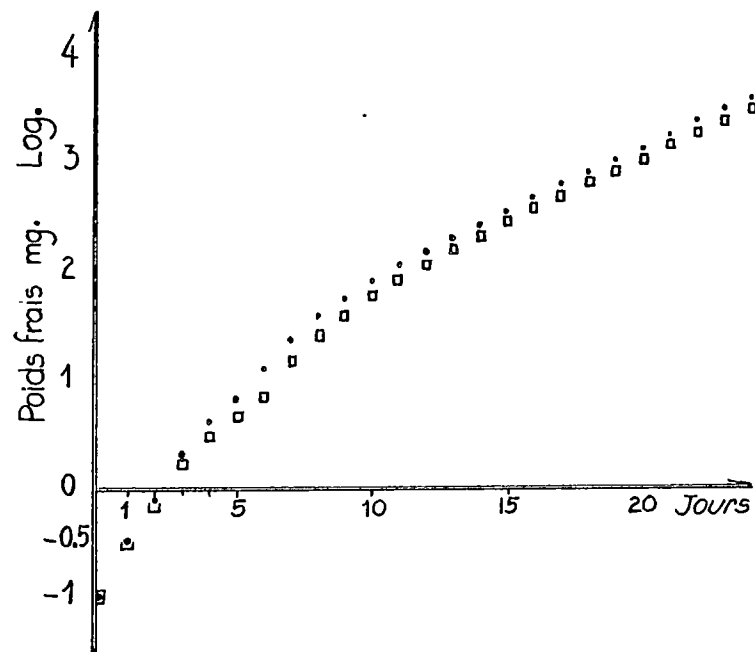


FIGURE 40 A- Evolution du poids frais (mg) des chenilles au long du développement sur 2 variétés de B. oleracea à 25°C.

.... Var. blanc cabus
 Var. rouge

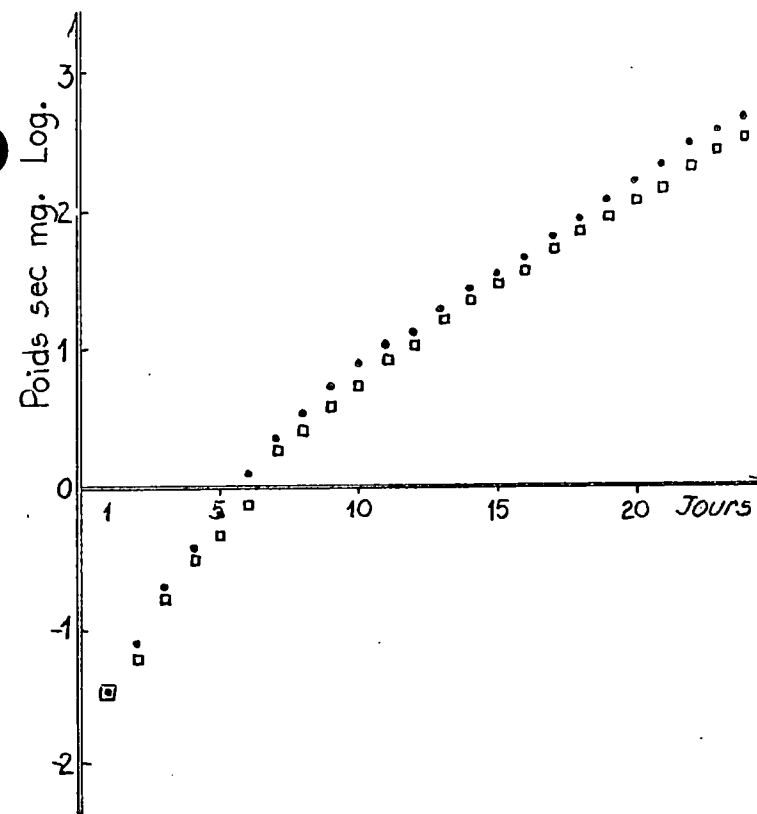


FIGURE 40 B- Evolution du poids sec (mg) cumulatif des chenilles de Mamestra brassicae au long du développement sur 2 variétés de B. oleracea à 25°C

.... Var. cabus blanc
 Var. rouge

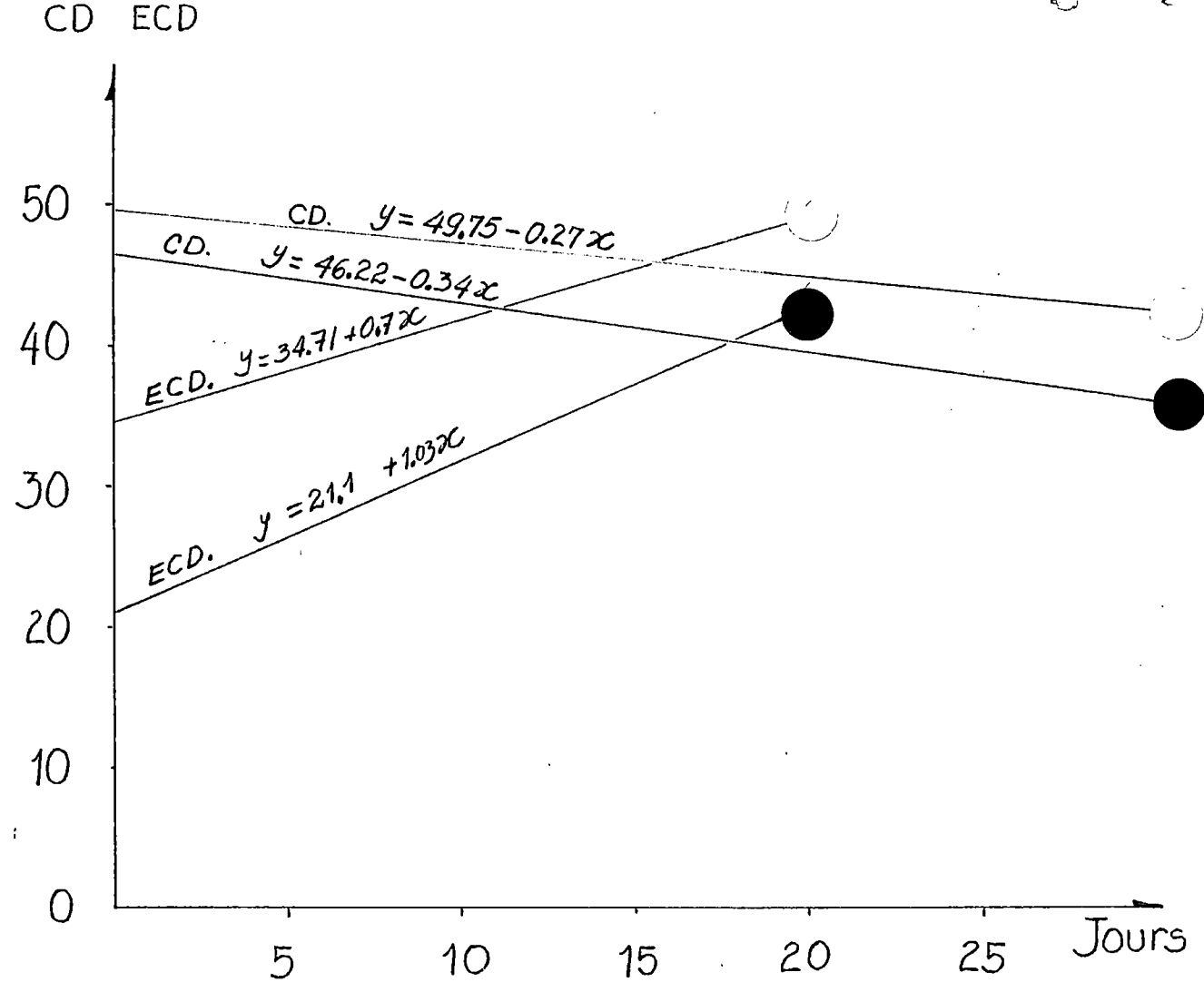


FIGURE 41 - Droites de régression pour les coefficients CD et ECD chez Mamestra brassicae nourries sur 2 variétés de B. oleracea

● rouge et ○ blanc cabus.

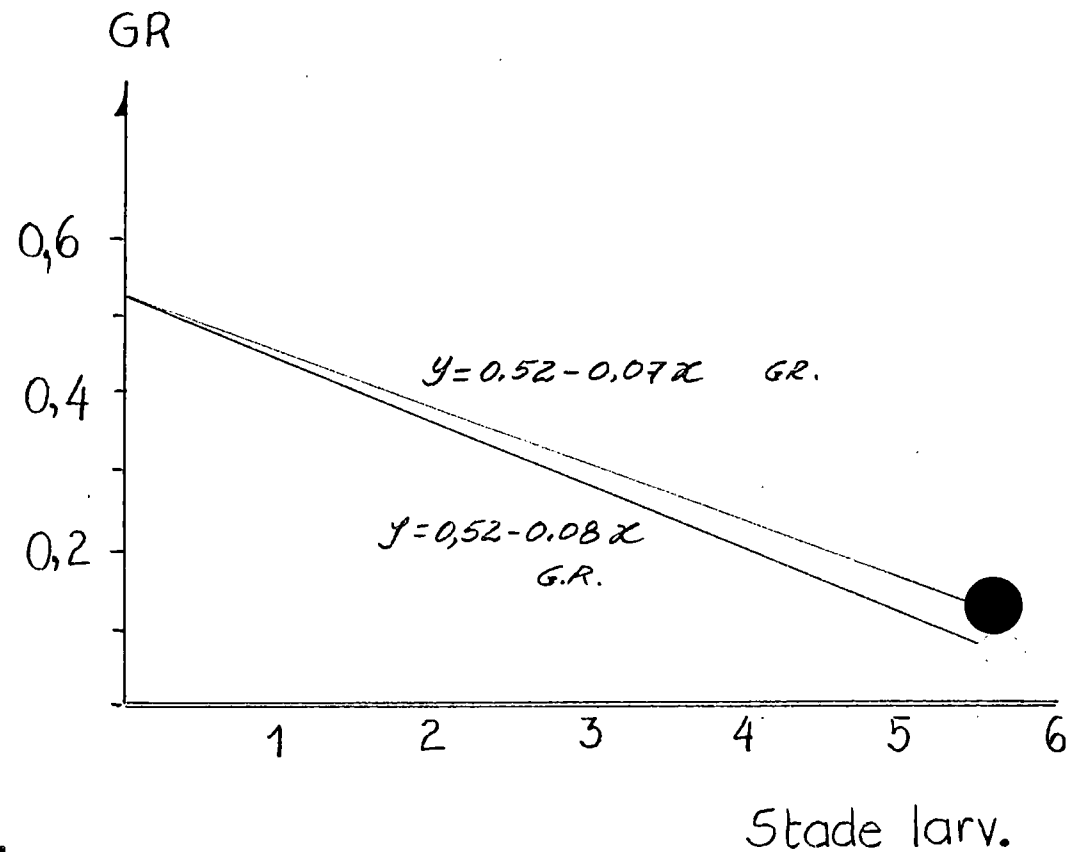
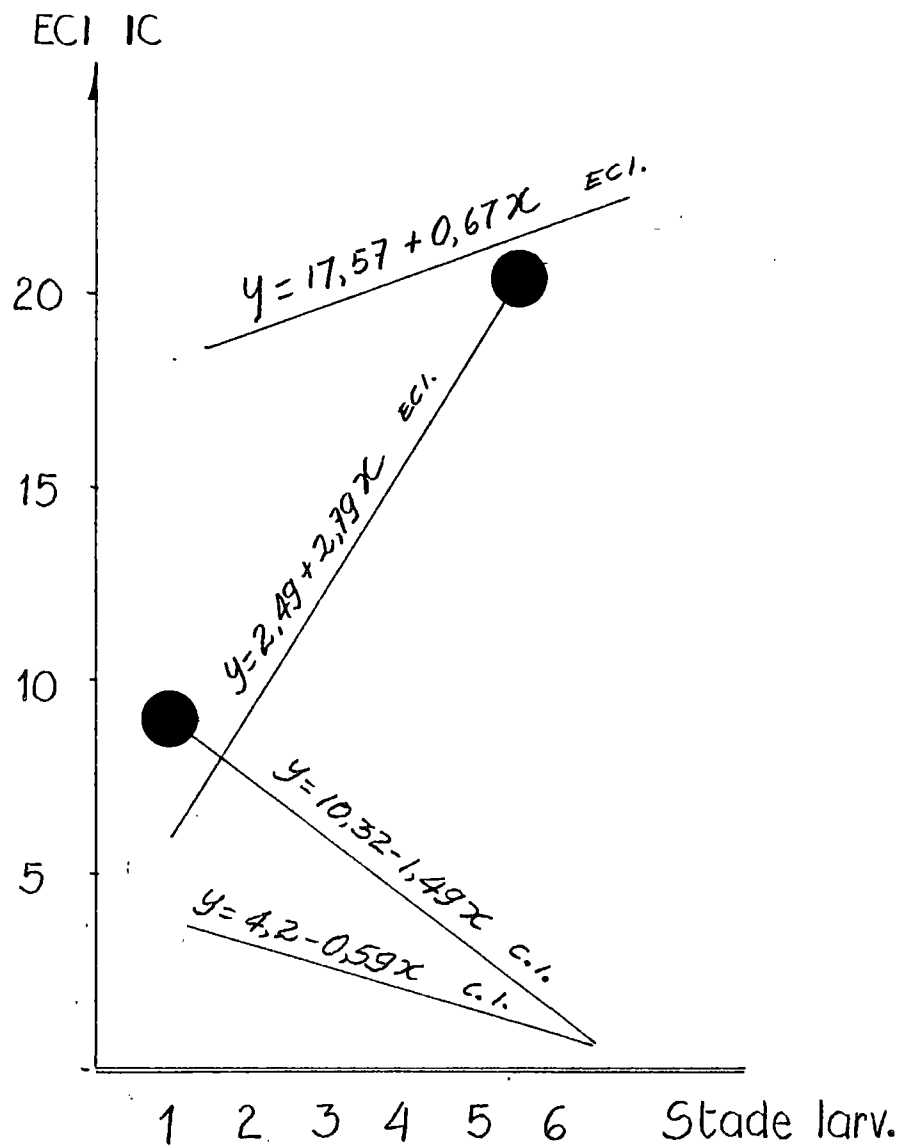


FIGURE 42 - Droites de régression pour les coefficients ECI - IC - GR chez Mamestra brassicae nourries sur 2 variétés de chou B. oleracea en laboratoire à 25°C de Température ;



rouge ;



chou cabus blanc

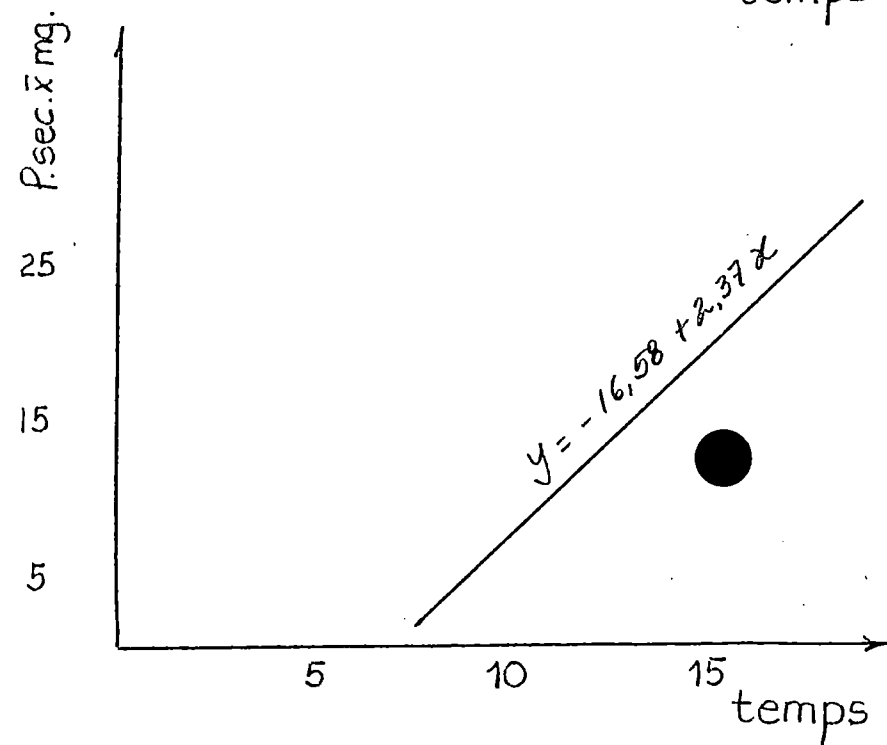
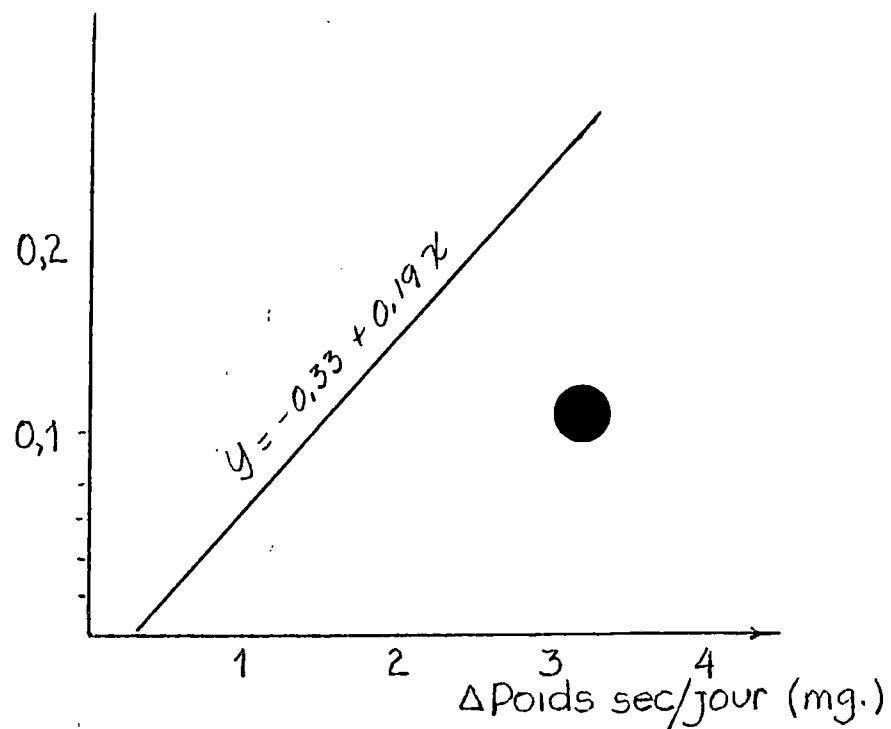
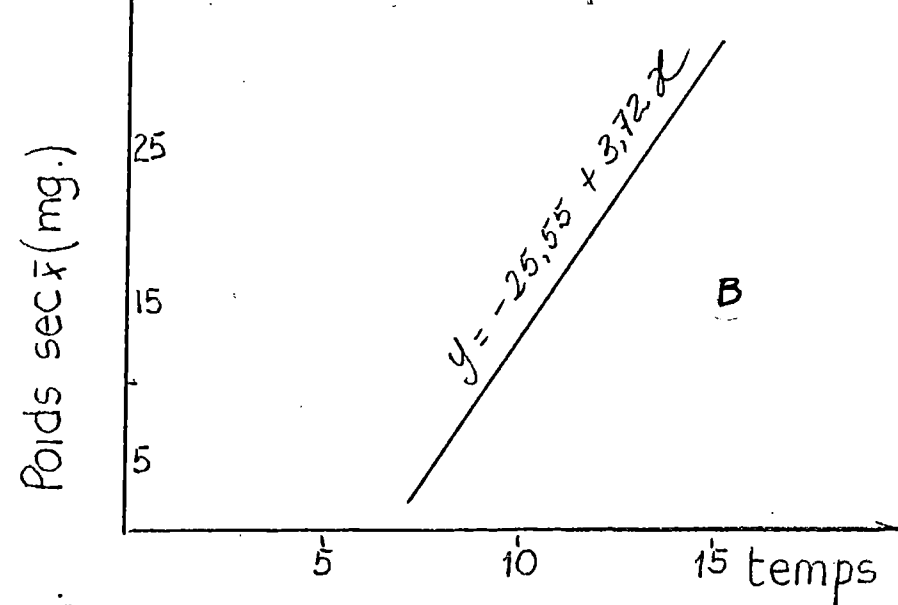
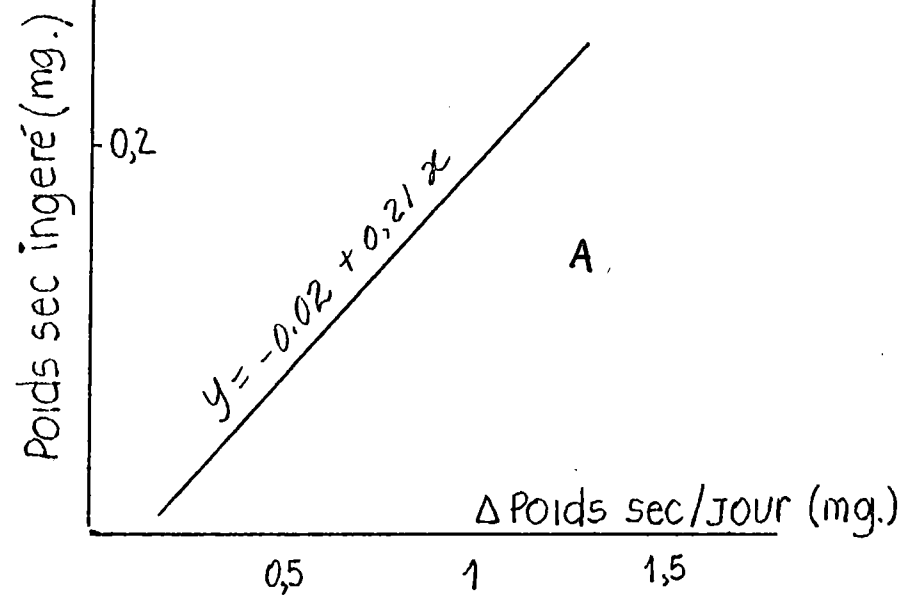


Figure 43 - Régression de la consommation de poids sec (Y) en fonction du temps (X) jours et de l'augmentation du poids/jour chez Mamestra brassicae avec A et B: var. cabus blanc ; C et D : var. rouge.

Aux 3 températures testées, ces différences se maintiennent chez les variétés comparées . C'est-à-dire que les chenilles répondent également au facteur température , mais à 2 niveaux différents de croissance. On peut remarquer la prolongation de la durée du stade larvaire de 24 à plus de 50 jours lorsqu'on compare les courbes d'évolution du poids frais des chenilles élevées à 15° avec celles du développement à 25 °. D'après cette figure , nous pouvons croire à une supériorité nutritive de la variété cabus blanc par rapport à la variété rouge. Ceci ressortira plus clairement de l'analyse des coefficients suivants.

Coefficient de digestibilité C.A. -

Le coefficient de digestibilité a été calculé aux Tableaux V-14 et V-16 et illustré à la Figure 41.. On observe qu'il a varié entre 54 et 40 % avec une faible tendance décroissante ($b = -0,27$ var. blanc ; $b = -0,34$ var. rouge) selon ce qu'il ressort des droites de régression calculées (Voir Figure 41).

Plusieurs éléments sont à considérer pour l'explication de ces résultats. D'abord, il y aurait une digestibilité supérieure chez les jeunes larves, KOGAN et COPE (148), soit par des conditions physiologiques inhérentes à l'espèce, soit par la taille beaucoup plus petite des morsures , ce qui entraîne une plus grande surface relative pour la réalisation des réactions enzymatiques de la digestion et l'assimilation qui s'en suit.

D'autre part, les jeunes chenilles ont un comportement beaucoup plus sélectif vis-à-vis de la nourriture offerte ; elles préfèrent les feuilles plus tendres et surtout, ne consomment pas les matériaux fibreux. Ce qui fait que la consommation de matière sèche est proportionnellement beaucoup plus petite chez les jeunes stades. Ces mêmes résultats ont été observés chez un grand nombre de Lépidoptères - Voir SCRIBER - 1981 (245).

Les valeurs obtenues pour C.D. nous permettront de comparer dans l'avenir, l'effet de souches du Bacillus thuringiensis sur des espèces peu sensibles. Le critère de C.D. reste donc un outil à retenir. Si nous établissons les valeurs du C.D. sur une nourriture donnée, les altérations de CD, auront un rapport avec l'action des traitements, tel qu'il a été fait sur P. Sexta par WALDBAUER (311) ou sur P. includens par KOGAN et COPE pour comparer l'effet de diètes à humidité ou qualité différente sur ces Lépidoptères (14).

Nos valeurs obtenues pour C.D. ont été calculées par jour et par stade, par souci d'information. Cependant, nous sommes d'accord avec d'autres auteurs dont des comparaisons sont réalisées sur base des valeurs C.D. calculées par stade seulement. Le calcul par jour entraîne souvent plus de variabilité dans les résultats (EDWARDS 1970 , cité par SCRIBER (245) du fait des habitudes de consommation liées à la photopériode.

L'étude du coefficient ECD -

Les valeurs obtenues ont oscillé entre 28 et 52%. Nous assistons dans ce cas, à un phénomène qui a été relevé chez d'autres espèces de Lépidoptères (245).

La grande majorité de la nourriture consommée par les jeunes stades est dépensée pour maintenir les taux très élevés de consommation d'énergie , (Nous n'avons qu'à comparer les taux de consommation d'oxygène au long du développement de Mamestra brassicae (Voir Chapitre IV-F.3.)) et très peu d'oxygène utilisé pour la croissance elle-même. De leur part, les chenilles âgées sont moins consommatrices d'énergie et une plus grande quantité de nourriture est utilisée pour la croissance, d'où les résultats observés.

Si nous comparons les droites pour ECD (Figure 41) avec celles établies pour ECI (Figure 42 A), on observe un parallélisme divergent dans la croissance des valeurs. Rien qu'à la comparaison

des pentes, ceci est bien évident :

$ECD \rightarrow 0,7 \quad 0,67 \leftarrow ECI$ (chou cabus blanc)

$ECD \rightarrow 1,03 \quad 2,79 \leftarrow ECI$ (chou rouge)

Ceci nous permet de suggérer une digestibilité plus ou moins uniforme pendant les stades les plus jeunes.

Ainsi, il est permis qu'au fur et à mesure que la quantité de matière sèche consommée est grande, moins la nourriture ingérée sera digérée et l'écart entre ECI et ECD sera aussi plus grand.

Les valeurs d'ECI (en poids sec) reflètent le bilan énergétique des chenilles. Ainsi, chez les chenilles âgées, cette valeur comprend non seulement l'énergie pour se maintenir (ou basal) mais aussi l'énergie dépensée à se déplacer. Dans la nature, ces valeurs doivent être plus grandes surtout à des densités de chenilles/plante élevées et en train de chercher de la nourriture. Ainsi, nous pourrions penser que dans des conditions de densité très élevée, les chenilles devront consommer beaucoup plus de matières fraîches et de matière sèche pour arriver au bout de leur développement, du fait d'une plus grande dépense énergétique.

Coefficient C.I. -

WALDBAUER (311), KOGAN (148), SOO HOO (270), SCRIBER (245) et d'autres ont utilisé ce coefficient pour comparer plusieurs types de nourriture. Nous l'avons calculé sur la base de la matière sèche. La Figure 42 A nous montre la tendance décroissante de C.I. Ceci est expliqué par le fait que les poids secs moyens des chenilles sont croissants, tandis que ceux de la nourriture restent à peu près constants (Voir Figures 37 et 38). Nous observons en plus, une pente négative plus raide ($b = -1,49$) chez la variété rouge que chez la variété cabus blanc ($b = -0,59$). On peut s'expliquer ces différences par la teneur en fibres plus élevée des variétés rouges (Voir Tableau V-16 bis en annexe), ce qui pourrait entraîner chez Mamestra brassicae, une diminution de la nourriture fraîche et sèche ingérée et par conséquent, les valeurs du CI

auront une tendance décroissante, tel qu'il a été montré chez Agrotis ipsilon (Rott.) par REESE en 1978 (231).

D'autre part, les valeurs de C.I. pour les stades L6 redeviennent presque égaux dans les deux variétés étudiées. On pourrait penser que les chenilles âgées ne sont pas aussi sensibles au phénomène que les jeunes larves, mais il y a aussi une adaptation possible des stades L5 et L6 aux conditions de teneur en matière sèche de la nourriture offerte.

De toutes manières, toujours est-il que la meilleure qualité de la variété cabus blanc comparée à la variété rouge est évidente, rien qu'à l'observation des poids finaux des chenilles (L6). Les coefficients calculés nous donnent une explication possible aux phénomènes de consommation et de croissance étudiées et nous laissent émettre une hypothèse d'antibiosis de la part des variétés rouges vis-à-vis de Mamestra brassicae. Si nous acceptons la définition d'antibiosis, donnée par PAINTER (210), notre hypothèse est vérifiée pour Mamestra brassicae, sur la variété rouge.

Conclusion

La meilleure utilisation de la nourriture vr. cabus blanc (ECI et ECD > ECI vr. rouge et ECD vr. rouge) met en évidence sa supériorité sur la variété rouge. D'autre part, le phénomène vérifié à 25°C doit vraisemblablement se vérifier pour 20° et 25°C étant donné l'allure générale des courbes de croissance montrées à la Figure 39.

La teneur différente en matière sèche des variétés comparées (Voir Tableaux en annexe) constitue aussi une des raisons des différences observées sur la nutrition des chenilles (SCRIBER-1981 (245)). Cependant, une étude différentielle de l'action des différents composants nutritifs des variétés sur la croissance, serait la seule manière d'approfondir l'explication des différences.

Sur le plan pratique, nous estimons suffisants les résultats obtenus, c'est-à-dire la mise en évidence d'une digestibilité et d'une croissance différentes d'après la variété.

Nous ne pouvons éliminer une possibilité de résistance variétale due à des substances qui entraînent des phénomènes de digestibilité plus lente. La présence de substances répulsives est une explication moins probable du fait de la consommation en poids frais parfois très élevée sur la variété rouge, c'est-à-dire la moins nutritive pour les chenilles.

On a pu constater l'intérêt de la mise en valeur des conditions "organoleptiques" des plantes-hôtes vis-à-vis des insectes. Notre hypothèse d'antibiosis peut être vérifiée (sensu PAINTER) du fait de la taille et poids réduits des chenilles et de la moindre efficacité dans l'utilisation des variétés rouges par Mamestra brassicae.

Un tel phénomène est à retenir lors de la mise en route de programmes de lutte intégrée où la résistance variétale doit jouer un rôle prépondérant, aussi bien sur le plan de l'interférence de la ponte de Mamestra brassicae que sur le plan de la diminution des possibilités de survie des chenilles sur les cultures.

- EVOLUTION DES INFESTATIONS ARTIFICIELLES DE MAMESTRA
BRASSICAE SUR B. OLERACEA EN CONDITIONS DE SERRE

Préalable

Aux chapitres précédents, on a souvent mentionné les méthodes variées que l'on peut utiliser pour mesurer l'efficacité d'un produit insecticide. La mortalité en premier lieu, la diminution des dégâts ou l'augmentation des rendements de la production, ensuite.

Dans le cas de Mamestra brassicae, nous pouvons avant d'entrer dans les études des seuils économiques qui seront discutés au dernier chapitre, essayer d'étudier l'évolution de la densité d'une population de Mamestra brassicae placée artificiellement sur B. oleracea v. cabus blanc dans des conditions de serre. De cette manière, nous pourrions analyser le comportement dû aux facteurs intrinsèques à la population, et en quelque sorte, établir un modèle de l'évolution de la densité, utile à comprendre l'évolution sur le terrain des populations du ravageur aux stades larvaires; ainsi, et par conséquent, il est possible de calculer sur la base de l'évolution de la densité et l'âge des chenilles, la consommation et dès lors, les dégâts potentiels d'une culture infestée aux niveaux proposés.

Deux expériences sont proposées. D et E.

La première suit l'évolution de trois niveaux d'infestation de Mamestra brassicae sur B. oleracea, et la deuxième met en comparaison, l'évolution d'un niveau d'infestation témoin face à un niveau identique mais traité avec une pulvérisation de Bacillus thuringiensis. La première cherche à mieux connaître le comportement des chenilles sur les plantes, la deuxième veut étudier l'impact sur le comportement et la biomasse des chenilles par Bacillus thuringiensis.

D- Evolution de 3 niveaux de densité de Mamestra brassicae dans le temps sur Brassica oleracea dans des conditions de serre

- Matériel et méthode -

Nous avons utilisé 18 choux, âgés de deux mois (avec une moyenne de 16 feuilles par chou). On a établi six groupes ; chaque groupe comportait 3 niveaux d'infestation de chenilles au stade L1 , à savoir, 100, 50 et 25 chenilles / plant.

Nous avons dénombré les chenilles journalièrement pendant 18 jours jusqu'à l'extinction de la population.

La serre avait les conditions climatiques suivantes :

T° 23° $\pm$ 4°C ; Photopériode de 14 heures.

Les sceaux contenant les plantes de choux étaient placés sur des bacs-à-chat remplis d'eau, pour maintenir une humidité du sol constante et une turgescence des plantes normales. De plus, les bacs ont permis de récolter les chenilles qui quittaient la plante de chou empêchant la réinfestation des plantes voisines.

Au bout du 15ème jour, nous avons arrêté l'expérience vu le nombre réduit des chenilles qui restaient sur les choux.

- Résultats -

Les Tableaux V 18 ,19, et 20 et les Figures 44 et 45 montrent l'évolution des 3 niveaux d'infestation étudiés. Le schéma de la Figure 48 est une application possible aux résultats observés.

TABLEAU V-18 - Evolution de 3 niveaux d'infestation chenilles L1/plant sur B. oleracea *
par chenilles de Mamestra brassicae au long de 15 jours en conditions de
serre 23° ± 4°C

Seau		Jour**															
Répétition		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	1	100	100	100	100	100	100	64	58	53	48	32	21	15	14	12	8
	2	50	50	50	50	50	50	48	32	20	18	17	15	5	5	4	0
	3	25	25	25	25	25	25	25	23	20	16	16	9	8	6	4	5
II	4	100	100	100	100	100	100	83	79	77	71	53	42	14	7	6	6
	5	50	50	50	50	50	49	47	35	22	20	18	13	6	4	4	3
	6	25	25	25	25	25	25	24	21	19	15	15	13	7	5	5	4
III	7	100	100	100	100	100	87	79	78	69	51	49	47	13	6	6	7
	8	50	50	50	50	50	50	38	36	20	17	8	7	7	3	2	1
	9	25	25	25	25	25	25	18	17	16	9	8	8	4	4	2	2
IV	10	100	100	100	100	100	82	69	58	54	49	38	12	7	3	3	3
	11	50	50	50	50	50	50	47	32	30	27	17	16	14	14	7	6
	12	25	25	25	25	25	19	16	14	14	9	8	8	5	3	1	0
V	13	100	100	100	100	100	100	80	59	49	48	43	27	15	10	6	1
	14	50	50	50	50	50	49	43	31	28	19	15	12	10	6	4	3
	15	25	25	25	25	25	25	15	15	8	7	7	3	2	2	1	0
VI	16	100	100	100	100	100	100	100	72	39	31	24	21	20	14	10	6
	17	50	50	50	50	50	50	45	44	32	30	22	19	15	8	7	4
	18	25	25	25	25	25	19	17	14	13	11	10	9	9	6	4	2

* Variété cabus blanc

** Infestation en début d'expérience

TABLEAU V-19- Evolution des infestations de Mamestra brassicae sur Brassica oleracea en conditions de serre au long de 15 jours, exprimées en pourcentage du nombre de chenilles déposées le premier jour par répétition

Jour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Répétition															
I	100	100	100	100	100	78	65	53	47	37	26	16	14	11	7
II	100	100	100	100	99	88	77	67	61	49	39	15	9	9	7
III	100	100	100	100	91	77	75	60	44	37	35	14	7	6	6
IV	100	100	100	100	86	75	59	56	49	36	21	15	11	6	5
V	100	100	100	100	99	79	60	49	42	37	24	15	10	6	2
VI	100	100	100	100	97	93	74	48	41	32	28	25	16	12	7
% - Moyenne par jour	100	100	100	100	95,33	81,67	68,33	55,5	47,33	38	28,83	16,67	11,17	8,33	5,67
% moyen en probits	-	-	-	-	6,675	5,904	5,476	5,138	4,93	4,69	4,44	4,034	3,784	3,614	3,419
Logarithme du nombre de jours	0	0,3	0,48	0,6	0,7	0,78	0,85	0,9	0,95	1,0	1,04	1,08	1,11	1,15	1,18

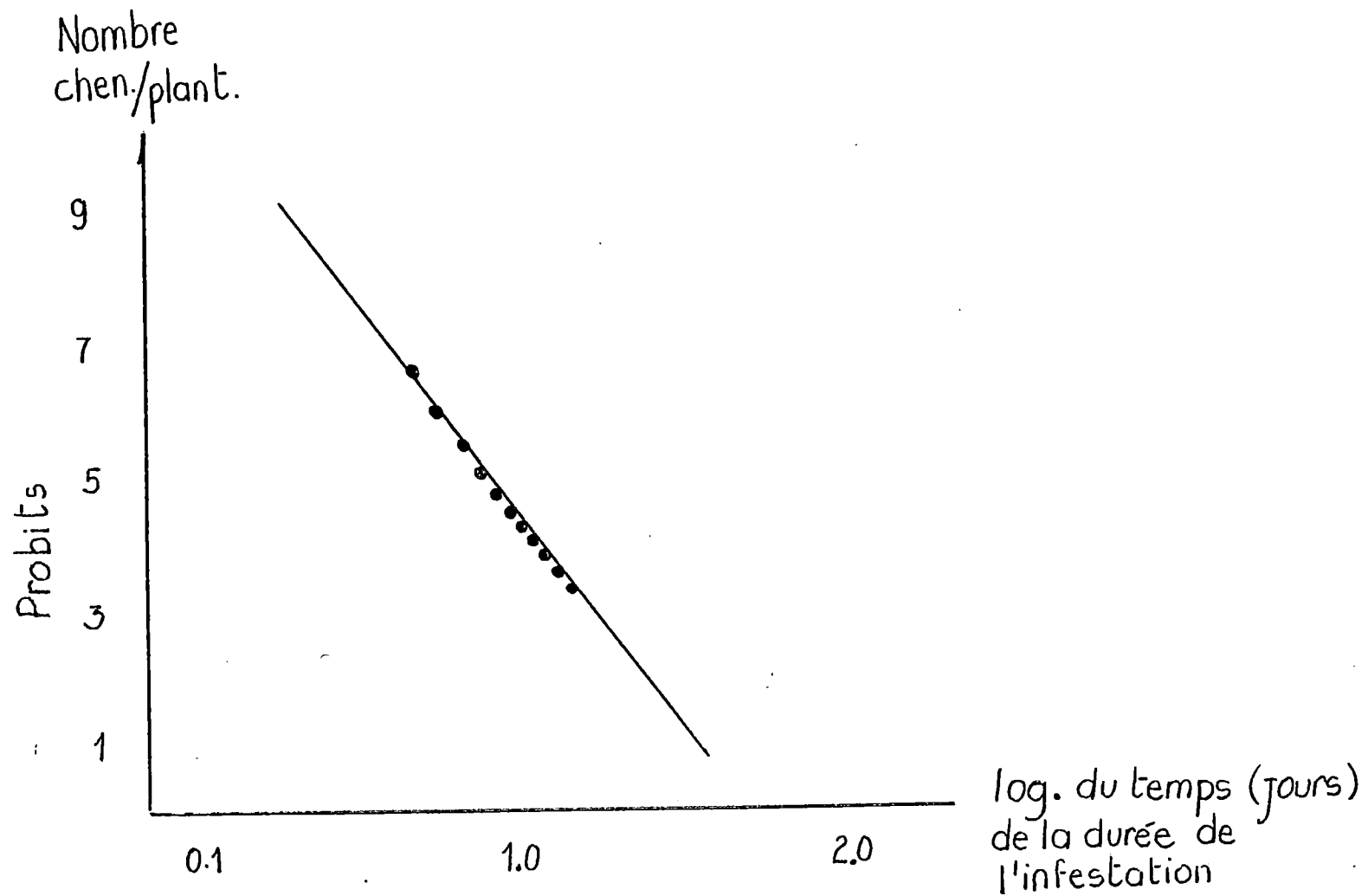


FIGURE 44 - Evolution de la densité de population de Mamestra brassicae sur B. oleracea exprimée en probits, entre le 5ème et le 15ème jour après infestation par des chenilles au stade L1.

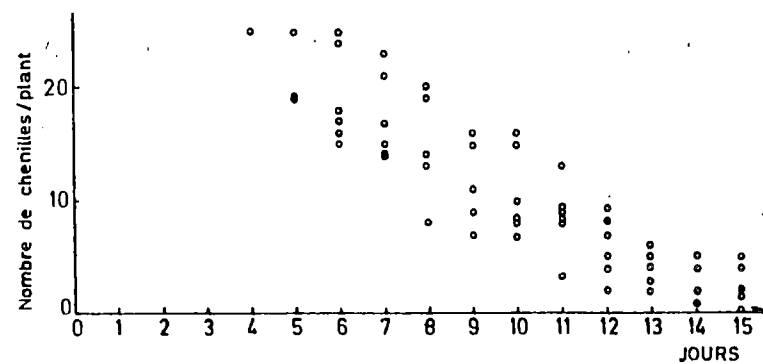
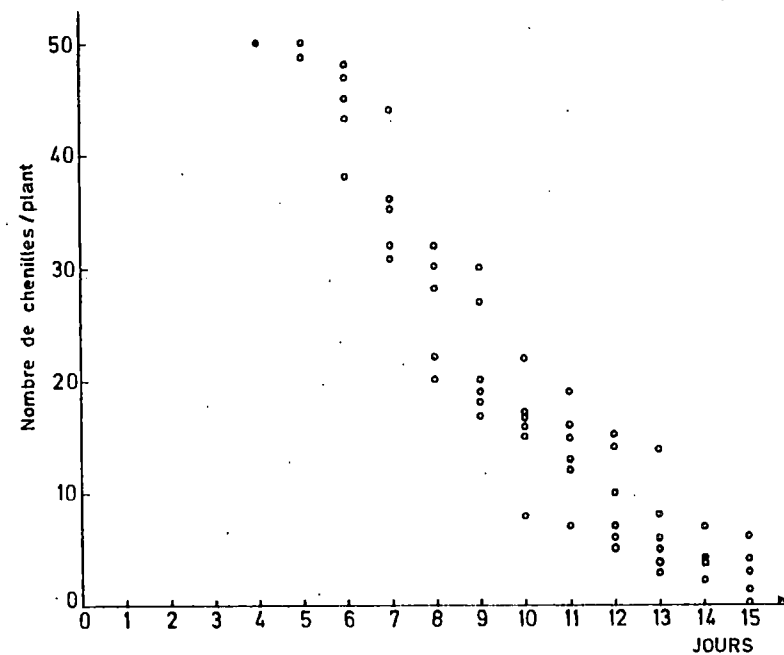
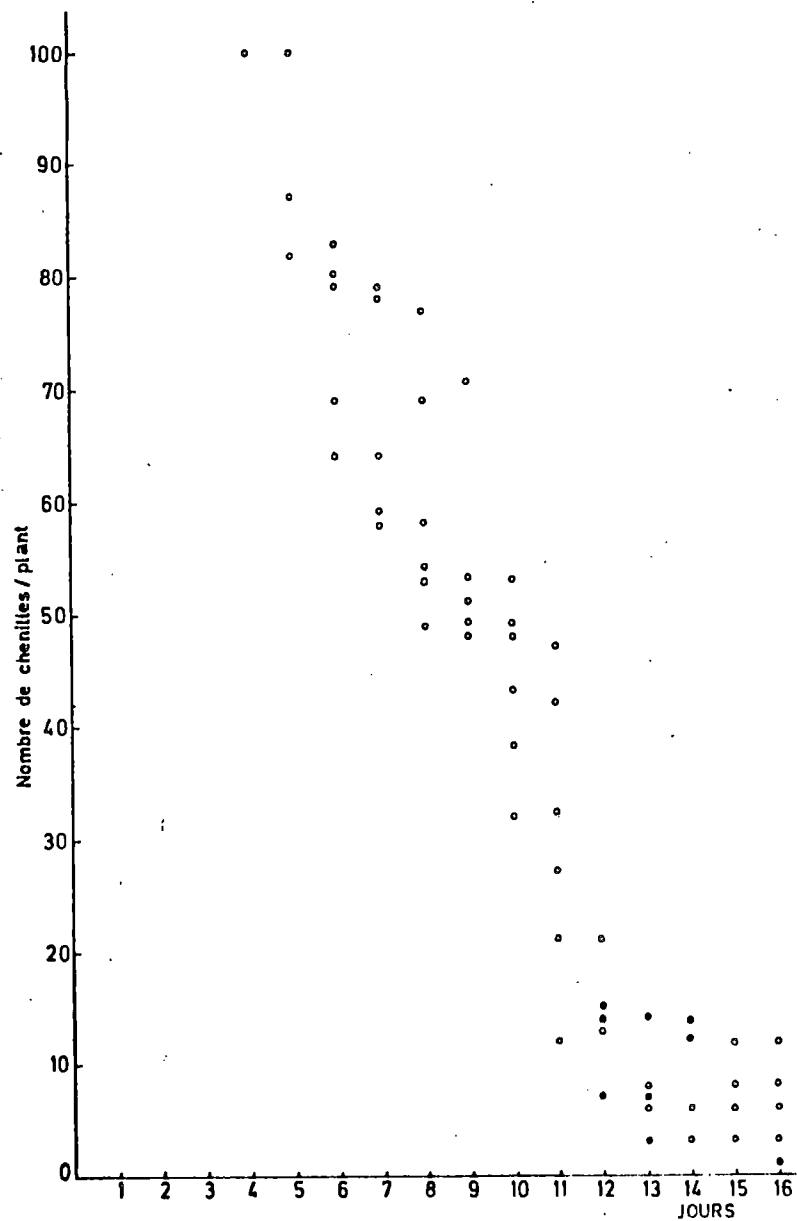


Figure 45 - Evolution de trois niveaux d'infestation de *M. brassicae* en conditions de serre.

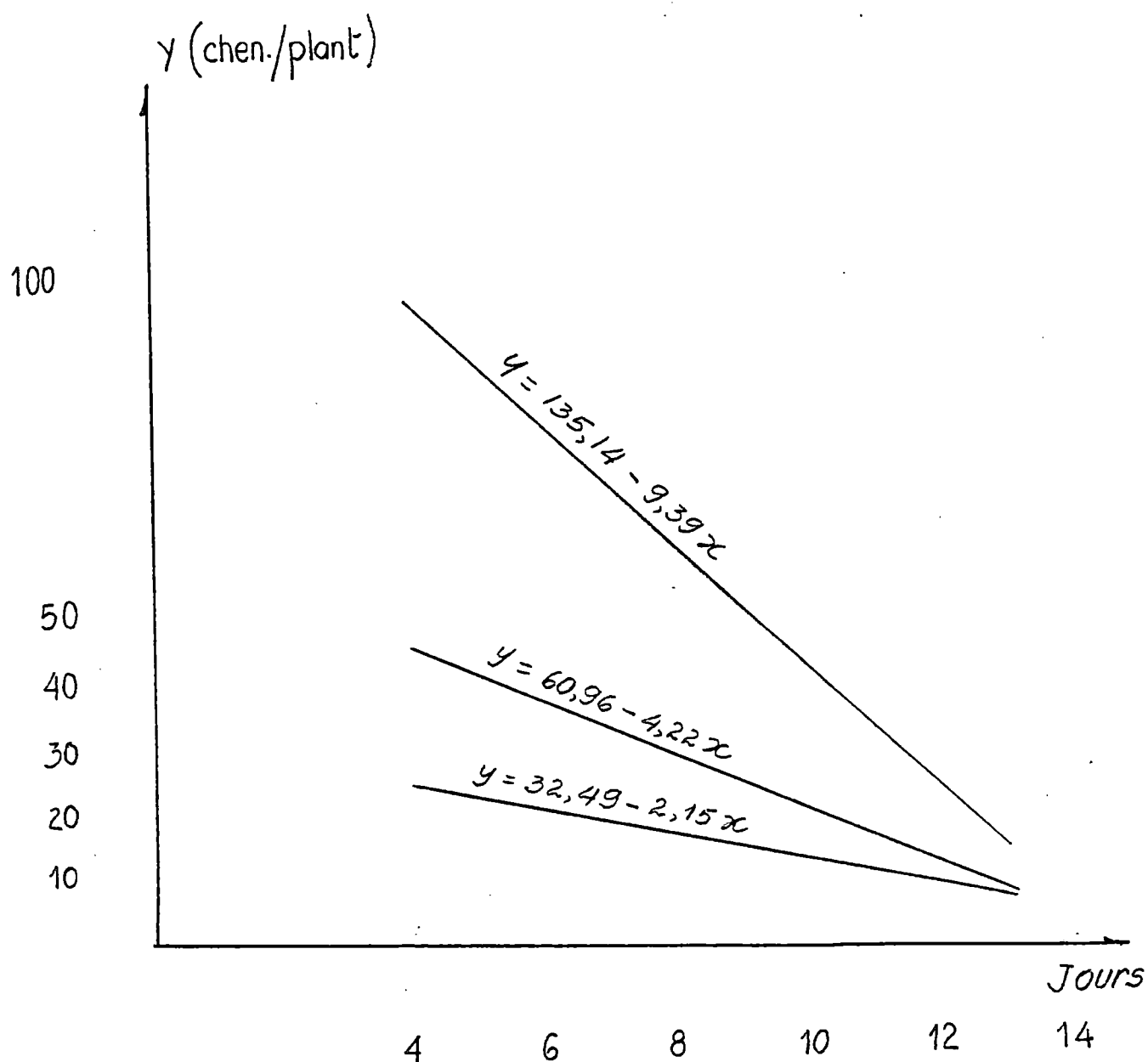


FIGURE 47 - Droites de régression pour l'étude de l'évolution des trois niveaux d'infestation (Y) de Mamestra brassicae sur B. oleracea dans le temps (jours) en conditions de serre ($23^{\circ} \pm 4^{\circ}\text{C}$ de température, 14 heures de photopériode)

Lorsqu'on compare les courbes d'évolution des 3 densités (Fig.45) (chenilles/plante), mises en étude, nous remarquons que :

A partir du 1er jour, et jusqu'au 4ème ou 5ème , la densité varie très peu. Les chenilles restent sur la plante sans se déplacer.

La densité reste très stable et la consommation est très faible étant donné la taille réduite des chenilles L1.

Une deuxième période peut être reconnue d'après la densité, entre le 5ème et le 10ème jour. En effet, une chute assez forte du nombre de chenilles est observée. Des réductions du % d'infestation allant du 7 à 25 % pour le 6ème jour et de 51 à 6 % au bout du 10ème jour sont observés.

Au 15ème jour, les densités ont été réduites entre 9 et 93% des valeurs de départ.

Des observations que l'on vient de mentionner, il ressort que la 1ère période (1 à 15 jours) reste comme il a été établi pour d'autres ravageurs comme Pieris brassicae - PRASAD (221) une période d'importance mineur du point de vue économique (au chapitre VI, nous allons voir cela en détail).

Par contre, après le 5ème jour, on assiste à un comportement ambulateur assez marqué chez les chenilles. Ceci coïncide avec l'apparition de chenilles du deuxième stade larvaire. L'augmentation de taille des larves entraîne un accroissement des besoins de nourriture, les déplacements à la recherche d'un substrat nutritif sont ainsi expliqués.

La présence d'une grande quantité de chenilles qui pendent d'un fil à soie indiquent l'apparition du comportement phorétique. Vers le 15ème jour, les chenilles ont une nouvelle "vague" de dispersion ; cependant, le fil à soie est moins fréquent ; à partir des stades L4 , cette capacité se perd.

De plus, à partir du 15ème jour, on assiste à l'apparition de nombreuses chenilles noyées dans les bacs remplis d'eau contenant les sceaux à chou. Ce qui indiquerait une augmentation de la capacité de dispersion des chenilles de taille plus grande.

Dans la nature, on aurait tendance à croire que les chenilles pendent à un fil à soie à cause d'un mécanisme de survie contre des coups de vent qui souvent, emportent les jeunes chenilles. Cependant, dans la serre, nous avons constaté l'occurrence du phénomène dans des conditions de turbulence d'air nulles. Cela au 5ème et au 10ème jour notamment, ce qui coïncide avec la période de changement de stade larvaire : L1 à L2 et L2 à L3.

En ce qui concerne les 3 niveaux d'infestation étudiés, nous avons constaté que 15 jours est la période maximale supportable de ces infestations par la plante. Même si la plante n'est pas totalement consommée, les chenilles la quittent pour aller chercher ailleurs.

D'une part, le mécanisme normal de dispersion des chenilles et d'autre part, les dégâts occasionnés à des densités élevées peuvent contribuer à l'accroissement de la tendance dispersive des chenilles.

La présence de chenilles noyées en grand nombre au 5ème, 10ème et 15ème jours pourrait se traduire dans des conditions naturelles par des réinfestations des plantes voisines, la dilution de la population des chenilles veut dire la diminution des dégâts au niveau de la plante infestée, originellement, mais l'augmentation des probabilités de survie de l'espèce et par conséquent, l'augmentation potentielle des dégâts. Ce sont donc des périodes à prendre en considération lors des travaux d'évaluation des dégâts potentiels par des infestations de Mamestra brassicae.

Il est aussi facile de supposer qu'une très grande diminution des populations aura lieu pendant ces périodes de "dispersion", soit par noyade, soit par des prédateurs ou par épuisement des larves dans la recherche d'une nouvelle plante-hôte, quoique la

capacité polyphage de Mamestra brassicae pourrait lui permettre de se nourrir d'autres espèces végétales.

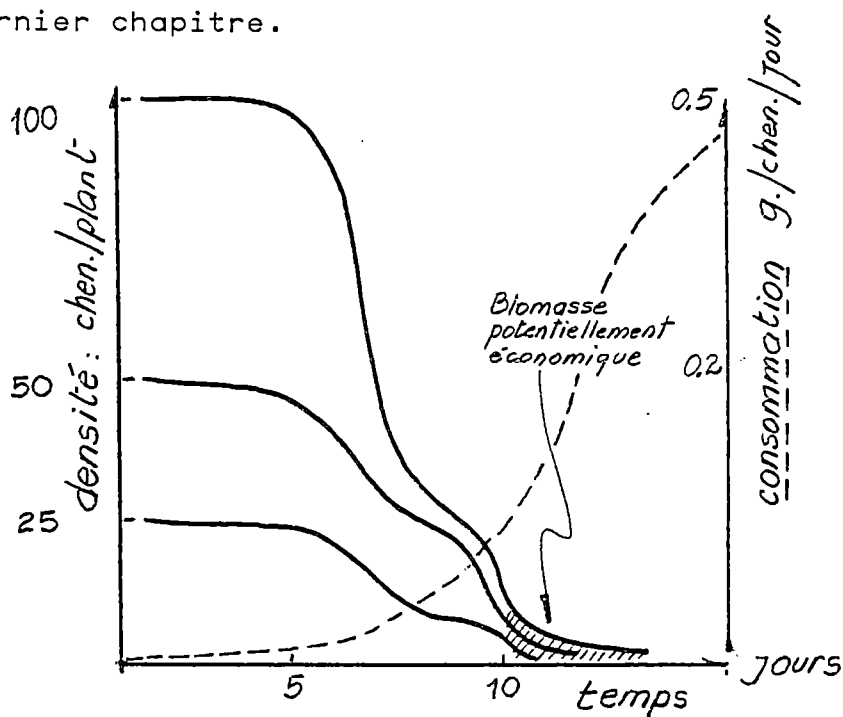
Des observations au laboratoire nous ont permis de constater qu'une chenille au stade L1 est capable de se déplacer pendant 18 heures sans se nourrir. Elle aura parcouru une distance de ± 400 m à raison de 15 cm/minute.

D'autre part, nous pouvons assurer que la lutte contre la noctuelle doit viser les stades L2 et L3 au lieu des stades L1. Ceci sera mieux expliqué dans des termes de dégâts au chapitre consacré à l'étude des seuils de lutte contre la noctuelle.

Nous avons d'ailleurs trouvé sur le terrain, des infestations assez élevées aux stades L1 et L2 mais par la suite, les niveaux des chenilles L5 et L6 ont toujours été très faibles (années 76 à 78), sauf l'année 1980 quand la culture a été laissée à la merci des ravageurs en raison des pluies tombées hors saison. Il faut remarquer aussi que seulement la variété frisée a été très infestée tandis que les variétés rouges et vertes n'ont presque pas souffert des dégâts malgré les hauts niveaux d'infestation des parcelles voisines.

Le schéma (Figure 48) illustre notre point de vue sur les effets des infestations de Mamestra brassicae. C'est à partir du 10^{ème} jour que la consommation doit devenir importante et cela, aux niveaux de 50 et 100 chenilles/plant. Ce point sera mieux expliqué au dernier chapitre.

Figure 48-



L'étude de l'évolution des densités de population d'un ravageur permet une meilleure approche dans la détermination empirique des seuils économiques d'infestation. Nous ne pouvons perdre de vue le fait qu'une densité du ravageur n'est jamais constante et que c'est en fonction des densités des ravageurs que l'on pourra estimer les seuils économiques de manière plus précise.

Finalement, d'après nos calculs de régression pour l'évolution des trois niveaux de densité (Tableau V-20) étudiés (Figure 46), on peut noter une convergence des 3 niveaux vers le 15ème jour. L'effet des densités élevées sur le phénomène de dispersion est donc remarquable et sur ce point, il faut souligner un phénomène de compétition intraspécifique associé à cette tendance très grande à la dispersion des chenilles. Ce qui peut expliquer pourquoi, le niveau relativement très élevé d'une population (100 chenilles/plant) peut être, vu ce mécanisme dispersif, un niveau économiquement négligeable pendant les premiers jours de l'infestation. Ce n'est qu'à partir du 10ème ou 15ème jour (voir dernier chapitre de cette thèse) que les chenilles peuvent causer des dégâts économiques. Il est alors indispensable de suivre l'évolution des densités du ravageur pour mieux qualifier leur danger économique. Dans d'autres termes, il y a dans le comportement et dans les paramètres écologiques propres de l'espèce, un mécanisme antagoniste qui va empêcher une prolifération excessive d'individus sur un même plant.

E - EFFETS DU BACILLUS THURINGIENSIS SUR L'EVOLUTION DES
DENSITES ET DE LA BIOMASSE DE MAMESTRA BRASSICAE L.
SUR B. OLERACEA L. EN CONDITIONS DE SERRE

Matériel et méthode

La température et l'humidité relative ont été identiques à celles de l'expérience précédente.

Les chenilles au stade L1 ont été prélevées de notre élevage (82) ($F_8 \times F_0$). On a infesté artificiellement en déposant les chenilles à l'aide d'un pinceau fin, 40 plants de chou B. oleracea var. cabus blanc, âgés de 2 mois, peu avant qu'ils ne soient pommés.

Nous avons établi deux groupes : 20 témoins et 20 traités à une seule concentration de Bacillus thuringiensis 5000 ppm (dose subléthale Ser. 3a 3b) Bactospeine^R.

La dose subléthale répond toujours à notre souci d'étudier le comportement des larves face à la nourriture traitée mais sans chercher à les tuer. Notre but est donc axé sur le comportement des chenilles plus que sur l'efficacité du Bacillus thuringiensis. Néanmoins, les effets de Bacillus thuringiensis seront aussi étudiés quant à l'évolution de la biomasse des chenilles. Les valeurs mesurées seront comparées avec celles des biomasses de la population non traitées.

La pulvérisation du Bacillus thuringiensis a été réalisée avec une pulvérisateur à pompe électrique SPRAY-MATIC MPI^(R).

Les chenilles ont été dénombrées chaque jour pendant les 15 jours qu'a duré l'expérience (Voir Tableau V-21). Un échantillon de 10 chenilles prélevées au hasard sur 5 choux dans chaque traitement a été pesé afin d'étudier l'évolution de la biomasse de Mamestra brassicae.

TABLEAU V-21- Evolution de 40 populations de 100 chenilles de Mamestra brassicae L. sur des plants de Brassica oleracea L. var. cabus blanc âgés de 2 1/2 mois, traités avec une solution de Bactospeine (3 a.b.) P.W. R 16000 U.I.A/K. à 5000 ppm. de concentration dans des conditions de serre.

(*) Bacillus thuringiensis (T) Témoin

SCEAU	JOUR																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
T	1	100	100	100	100	100	100	100	61	59	58	35	35	35	18	18	17	15
	2	100	100	100	100	97	96	96	58	58	56	30	32	32	20	22	20	10
	3	100	100	100	100	90	90	90	51	48	48	21	21	20	12	12	10	5
	4	100	100	100	100	98	97	97	48	45	45	18	20	21	15	14	13	8
	5	100	100	100	100	100	92	92	42	40	39	41	15	15	5	7	5	5
*	6	100	100	100	72	42	33	27	23	19	11	10	9	5	5	2	1	-
*	7	100	100	100	61	37	28	20	14	14	8	7	7	4	2	-	-	-
*	8	100	100	100	54	31	21	16	11	11	10	7	6	4	1	1	-	-
*	9	100	99	99	41	28	19	14	9	8	7	6	4	3	2	-	-	-
*	10	100	100	99	31	25	17	10	5	4	4	4	4	1	-	-	-	-
T	11	100	100	100	100	99	99	98	65	63	62	36	35	35	25	25	21	20
	12	100	100	100	100	100	98	96	54	54	54	32	34	32	30	31	28	10
	13	100	100	100	100	98	97	92	42	40	38	17	17	17	15	13	12	5
	14	100	100	100	100	99	99	98	43	42	42	24	24	20	15	15	14	8
	15	100	100	100	100	99	98	96	38	38	37	15	14	12	8	8	10	5
*	16	100	100	99	41	36	32	22	16	8	7	6	6	4	3	1	-	-
*	17	100	100	100	49	21	16	11	7	6	4	4	3	1	-	-	-	-
*	18	100	100	100	56	27	18	9	8	5	4	3	2	1	-	-	-	-
*	19	100	100	100	70	32	21	20	18	15	10	7	5	4	1	-	-	-
*	20	100	100	100	80	42	39	29	22	18	12	8	8	3	-	-	-	-
T	21	100	100	100	100	98	98	97	72	70	69	41	40	38	30	30	25	15
	22	100	100	100	100	98	98	98	49	49	49	30	28	27	15	17	18	9
	23	100	100	100	100	99	89	91	54	52	50	18	22	20	11	12	13	7
	24	100	100	100	99	98	98	96	61	61	60	28	32	25	21	20	15	6
	25	100	100	100	100	98	96	90	40	40	38	13	15	13	9	8	8	7
*	26	100	100	100	69	42	34	27	21	17	9	7	6	4	1	-	-	-
*	27	100	100	99	49	29	22	14	10	8	7	6	5	5	3	-	-	-
*	28	100	100	98	58	36	30	22	18	12	7	6	5	4	2	1	-	-
*	29	100	99	98	57	31	26	15	8	6	5	5	5	4	1	-	-	-
*	30	100	99	99	42	23	11	8	6	5	3	2	1	4	-	-	-	-
T	31	100	100	100	100	98	97	91	65	64	60	32	31	29	20	20	18	10
	32	100	100	100	100	92	90	90	43	43	40	24	22	19	19	18	17	10
	33	100	100	100	100	100	91	90	52	51	51	19	19	17	15	16	15	5
	34	100	100	100	100	99	96	91	50	50	48	17	16	16	10	12	15	9
	35	100	100	100	99	100	98	92	39	38	36	11	10	10	3	3	5	5
*	36	100	100	100	68	40	35	29	20	15	8	7	7	3	2	-	-	-
*	37	100	100	100	44	30	19	15	11	8	4	4	4	3	1	-	-	-
*	38	100	100	100	63	37	31	18	10	5	4	4	4	2	1	1	1	-
*	39	100	100	100	32	22	15	10	7	4	2	2	1	-	-	-	-	-
*	40	100	99	99	58	38	32	17	8	4	3	2	1	1	-	-	-	-

TABLEAU V-22- Evolution du nombre et du poids des chenilles de Mamestra brassicae sur Brassica oleracea traitée au Bacillus thuringiensis (5000 ppm)

Jour	Nombre de chenilles/plante		Poids $\bar{X}$ / chenille	
	Témoin	<u>Bacillus thuringiensis</u>	Témoin	<u>Bacillus thuringiensis</u>
0	100	100	0,0001	0,0001
2	100	99,5	0,0002	0,0002
4	98	32,45	0,0008	0,0007
6	94,05	17,65	0,0023	0,0011
8	50,25	9,60	0,0097	0,0032
10	23,75	5,35	0,0131	0,0063
12	22,65	2,85	0,0263	0,0090
14	16,05	0,30	0,0387	0,0102
16	9,50	-	0,0710	-

TABLEAU V-23- Evolution du poids $\bar{X}$ par chenille en grammes au long de 12 jours de développement sur des plants traités au Bacillus thuringiensis et sur des plants non traités

Jours	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Témoin	0,0001	0,0002	0,0008	0,0023	0,0097	0,0131	0,0263	0,0387	0,0710
<u>Bacillus thuringiensis</u>	0,0001	0,002	0,007	0,0011	0,0032	0,0063	0,0090	0,0102	0,0110

Discussion et conclusions

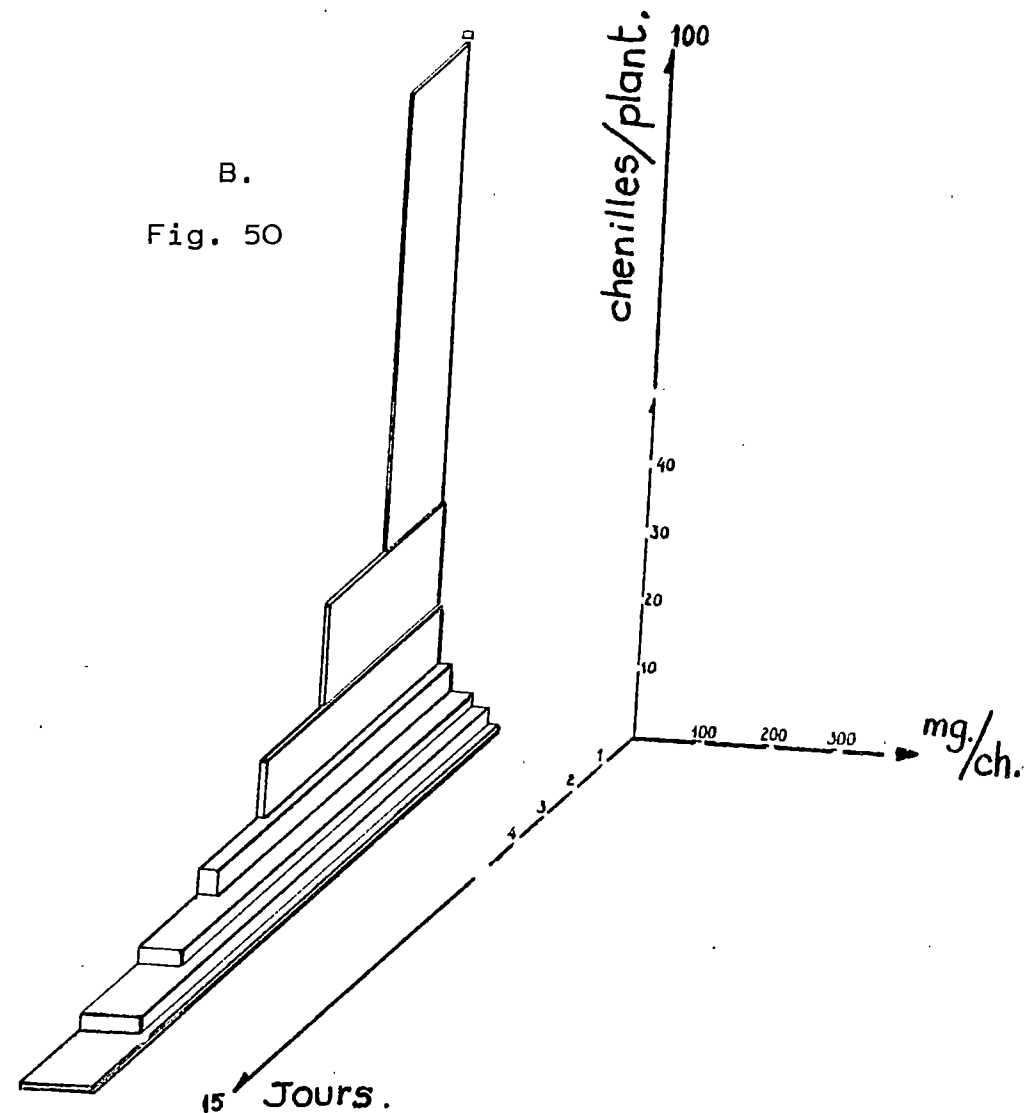
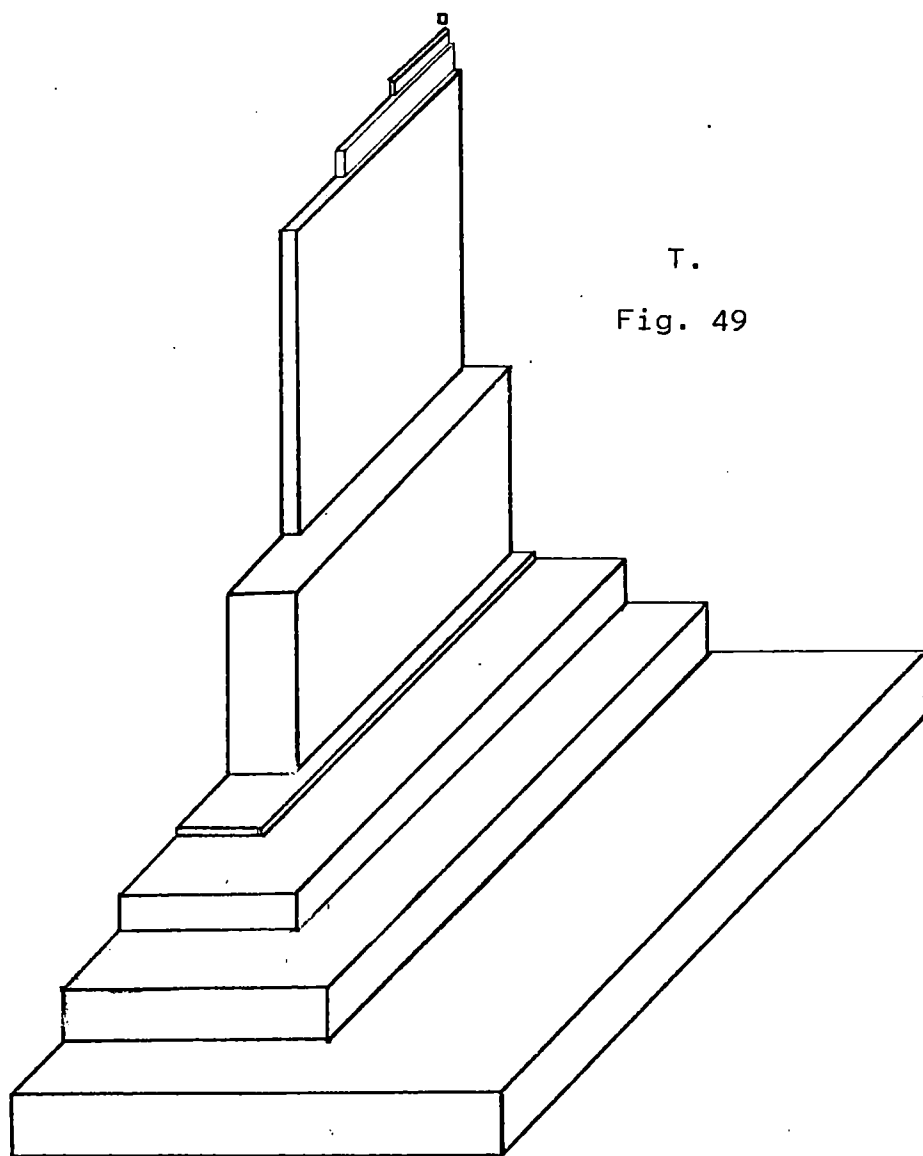
Au vu des Tableaux V-21 et V-22 et des Figures 49 et 50, on peut constater un effet du traitement au Bacillus thuringiensis sur la population des chenilles aussi bien sur leur densité que sur leur biomasse (Figure 50).

La croissance des chenilles est évidemment affectée par la Bactospeine[®]. Une différence de plus de 200 fois la biomasse totale chez le témoin ne laisse aucun doute à cet égard.

D'autre part, l'effet observé dépasse les prévisions du fait que nous n'attendions pas une différence aussi nette avec une concentration relativement faible pour Mamestra brassicae, de 5000 ppm produit commercial.

D'autre part, nous retrouvons le phénomène de dispersion mentionné avant, aux 5ème, 10ème et 14ème jour d'après le nombre de chenilles/plant et le grand nombre de larves suspendues à un fil de soie.

Les chenilles suspendues à un fil ont été comptabilisées comme étant sur la feuille, étant donné qu'elles sont souvent capables de remonter à l'aide de ce fil. Cependant, dans le cas de la serre, nous pouvons affirmer que ce comportement de "fil de soie" répondait à un mécanisme intraspécifique de dispersion, puisque aucun facteur brutal, tels que la pluie, le vent, des prédateurs, etc... n'a été à l'origine de ce phénomène présent également dans les seaux traités que dans les non traités et vers la même période. En plus, en cette période de dispersion, on a récolté un grand nombre de chenilles noyées dans les bacs remplis d'eau contenant des seaux à choux. Mis à part l'effet d'un mécanisme intraspécifique, des présomptions concernant un effet répulsif possible du Bacillus thuringiensis se sont ajoutées à celles relevées lors des tests de sensibilité de Mamestra brassicae à la bactérie.



Figures 49-50- Evolution de la biomasse de 100 chenilles de Mamestra brassicae L. sur Brassica oleracea L. en conditions de serre pendant 15 jours.

T: Témoin ; B: choux traités au Bacillus thuringiensis 5000 ppm. P.C.

Il est aussi à remarquer qu'à partir du 13ème jour, la densité sur choux traités est nulle, 4 ou 3 jours avant les témoins. Il y aurait là peut-être un effet dû au traitement.

La preuve la plus intéressante de l'efficacité du Bacillus thuringiensis sur Mamestra brassicae est donnée par la comparaison des biomasses du témoin avec celles du traitement au Bacillus thuringiensis. Cette observation mieux expliquée par les Figures 49-50 nous permet d'espérer beaucoup du Bacillus thuringiensis sur le terrain, si nous arrivons à garantir sa rémanence sur la culture tel qu'il a été le cas en serre. Le Bacillus thuringiensis en effet, peut nuire aux chenilles par le déclenchement de l'infection ou même par une répulsion sur des larves. C'est ce phénomène que nous nous proposons d'étudier ensuite.

F - ETUDE EN LABORATOIRE DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DE
MAMESTRA (BARATHRA) BRASSICAE L. EN PRESENCE DE
FEUILLAGE TRAITE AVEC BACILLUS THURINGIENSIS B.

1 - Réponse à une formulation commerciale

- Introduction -

On a fréquemment montré une répulsion induisant l'arrêt partiel ou total de l'alimentation chez des larves de Lépidoptères lorsqu'on les met en présence d'un feuillage traité par Bacillus thuringiensis B. (39)(41). La raison de ce "dégoût" pourrait être soit le complexe spore-cristal, du moins quand le feuillage est traité avec des doses léthales et donc élevées de la biopréparation soit l'un ou l'autre des additifs de la préparation commerciale de Bacillus thuringiensis. Cependant, à des doses subléthales (donc plus faibles), plusieurs auteurs envisagent la possibilité de l'existence d'un effet répulsif de la nourriture infectée par la bactérie, soit une sorte de "résistance comportementale" comme montré par YENDOL chez Porthetria dispar (L.) (324).

La démonstration de l'existence de ce facteur comportemental chez d'autres espèces nuisibles justifie la mise en application de recherches conduisant à augmenter l'efficacité des formulations bactériennes à base de Bacillus thuringiensis B. Cette augmentation d'efficacité consisterait donc dans la prise en considération du facteur répulsif.

Ces considérations et des travaux préalables réalisés sur ce sujet nous ont permis de supposer la présence d'un facteur comportemental chez Mamestra brassicae L.

Notre objectif est d'abord d'éprouver l'hypothèse d'un choix de la part de l'insecte quant à sa prise de nourriture et ensuite de déterminer quels sont les éléments qui donnent lieu au phénomène de choix dû à une formulation commerciale à base de Bacillus thuringiensis var. thuringiensis Berliner.

- Matériel et méthodes -

La veille de chaque test, on prélève de notre élevage permanent (3) des chenilles qui sont mises à 20°C pendant 24 heures afin de stimuler leur appétit lorsqu'on les replace à $24^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, température à laquelle s'effectuèrent les tests.

Chaque série de boîtes d'élevage a été suivie durant 36 heures.

Nous avons ainsi entreprise deux expérimentations avec 4 traitements dont le détail est présenté au Tableau V-24.

a- Expérimentation réalisée sur chenilles L3 -

Dans une boîte de Pétri, on dispose 4 rondelles de feuille de choux, d'un diamètre de 3 cm. pesées au préalable puis traitées. Au total, nous avons établi 5 groupes de 15 boîtes contenant chacune 4 rondelles et 1 larve L3. La larve est donc soumise au choix de feuillage correspondant aux quatre traitements (Voir Photo 1).

b- Expérimentation réalisée sur chenilles L2 -

Afin de faciliter nos observations, il a fallu introduire quelques petites variations dans la taille des rondelles et le nombre de larves utilisées. Ainsi, le diamètre des feuilles est de 1,5 cm et on dispose 2 larves par boîte au lieu de 1 comme dans l'expérience réalisée sur les L3. Au total, nous avons établi 10 groupes de 10 boîtes contenant chacune 4 rondelles de feuille et 2 larves L2.

TABLEAU V-24 - Produits utilisés dans les tests pour les chenilles L2 et L3 de Mamestra brassicae

Traitement	Produit	Code	Concentration
1	Bactospéine ^R P.M. 16000 U.I./A.K./mg.Ser.1. Sou. (7025) Lot 535	B ⁺	5000 p.p.m.
2	Agents de formulation non insecticides	B ⁻	5000 p.p.m.
3	Précipité acétonique de toxine thermostables N° AL-196-A	E	5000 p.p.m.
4	Témoin (eau distillée)	T	100 %

Pour les deux expérimentations, les produits utilisés nous ont été fournis par Biochem Products (Bruxelles). Les traitements des rondelles ont été effectuées à l'aide d'une tour de pulvérisation type Potter-Burgerjon. Pour chaque traitement on utilise un volume de 10 cc. de solution à 5000 ppm. Le témoin est également pulvérisé avec 10 cc d'eau distillée. Ce volume s'avère suffisant pour obtenir une couverture homogène sur le substrat.

Les boîtes de Pétri contenant les larves et les rondelles de feuilles traitées sont disposées pendant 36 heures dans une chambre thermostatée) $24^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et $65 \pm 5\%$ H.R. et avec une photopériode de 16 heures.

La quantité de matière sèche consommée durant les 36 heures pour chaque traitement est le paramètre qui nous permet de déterminer le choix alimentaire des chenilles. La mesure du poids sec consommé est estimé d'après la méthode mise au point en 1978 par l'auteur (83).

Les résultats sont soumis à l'analyse de la variance et au test de Newman et Keuls (65). Ce test indique si les hypothèses émises (H_0) peuvent être acceptées (AH_0) ou rejetées (RH_0) (Voir Tableau V-28).

- Résultats -

Les Tableaux V-25 et V-26 présentent les résultats de consommation obtenus sur les chenilles et les tableaux V-27 et V-28 donnent les résultats globaux du comportement des larves vis-à-vis des rondelles offertes et les valeurs finales des tests statistiques mettant en évidence l'effet de choix.

TABLEAU V-25- Résultats de la consommation totale de matière sèche pour l'expérimentation réalisée avec les chenilles L3 * (grammes)

Série	Traitement			
	B+	B-	E	T
1	0,3768	0,6134	0,5054	0,6101
2	0,4221	0,4442	0,4922	0,5138
3	0,4336	0,4629	0,4861	0,5593
4	0,3891	0,3870	0,5134	0,5444
5	0,4260	0,4711	0,4602	0,4946
Σ	2,0496	2,3792	2,4565	2,7222
$\bar{x}$	0,41	0,48	0,49	0,54
Nombre de rondelles attaquées	40/75	57/75	75/75	59/75
%	53	76	100	79
Consommation par chenille	0,027	0,032	0,034	0,036

* Chiffres représentant chaque fois la moyenne de 15 valeurs

TABLEAU V-26- Résultats de la consommation totale de matière sèche pour l'expérimentation réalisée avec les chenilles L2 * (grammes)

Série	Traitement			
	B+	B-	E	T
1	0,073	0,078	0,031	0,084
2	0,090	0,163	0,099	0,100
3	0,205	0,231	0,222	0,167
4	0,127	0,123	0,108	0,116
5	0,168	0,232	0,233	0,167
6	0,146	0,168	0,141	0,130
7	0,096	0,132	0,111	0,109
8	0,086	0,146	0,126	0,117
9	0,108	0,142	0,136	0,107
10	0,145	0,159	0,154	0,114
Σ	1,244	1,574	1,361	1,211
$\bar{X}$	0,1244	0,1574	0,1361	0,1211
Nombre de rondelles attaquées	60/100	85/100	100/100	100/100
%	60	85	100	100
Consommation par chenille	0,00622	0,00787	0,00680	0,00605

* Chiffres représentant chaque fois la moyenne de 15 valeurs

- Discussion -

A l'examen des tableaux V-25 et V-26, on peut constater globalement une certaine préférence des larves à manger des rondelles de feuilles qui n'ont pas été traitées avec la Bactospéine (traitement B^+).

Cette constatation est évidente aussi bien pour les L2 que pour les L3 et le nombre de rondelles qui ont été attaquées peut déjà nous donner certains indices sur l'existence d'un choix.

En ce qui concerne la consommation (exprimée en grammes de poids sec) les résultats sont encore plus clairs. Il apparaît une tendance à ce que la consommation augmente dans l'ordre des traitements $T > E > B^- > B^+$ pour les chenilles de troisième stade. Dans le cas des larves de deuxième stade, seules les rondelles traitées par les agents de formulation contenus dans la Bactospéine (B^-) sont plus consommées.

On pourrait avancer comme conclusion préliminaire avant de faire appel aux analyses statistiques que le traitement B^+ (c'est-à-dire la formulation commerciale contenant les spores et les cristaux de Bacillus thuringiensis) induit une moindre consommation. Ce fait semble confirmer l'hypothèse d'un facteur comportemental chez Mamestra brassicae.

A l'examen des Tableaux V-25 et V-26, il apparaît qu'un facteur que nous appellerons facteur "de choix" semble agir sur les larves lorsqu'on les met en présence de feuillage infecté. Lorsqu'on fait appel aux tests statistiques, et en particulier au test de NEWMAN-KEULS, on met en évidence quelques différences intéressantes parmi les traitements (Voir Tableaux V-27 et V-28). Ainsi, chez les larves L3, le test précise les différences au niveau des groupes de traitements puisque le traitement B^+ est significativement différent des traitements B^- , E et T. Nous envisageons donc, dans l'expérience qui suit, de comparer "l'effet choix" en différenciant notamment les cristaux et les spores et tous les autres agents de la formulation bactérienne.

TABLEAU V-27- Analyse de la variance pour les valeurs de la consommation en matière sèche

Source de variation	Stade	Degré de liberté	SCE	CM	F	Degré de Signific.
Total		39	81160,5			
Traitements	L2	3	8082,9	2694,30	7,45	S 0,1%
Blocs		9	63617,8			
Interaction		27	9759,8	361,47		
TOTAL		19	85972			
Traitements	L3	3	45959	15319	6,62	S 1 %
Blocs		4	12252			
Interaction		12	27761	2313,41		

S = Significatif

TABLEAU V-28- Comparaison des résultats au moyen du test de Newman-Kewls

Stade larvaire	Nombre de traitements	Ho*	Différence observée entre les extrêmes	A: Ho acceptée (%) R: Ho rejetée (%)
L3	4	T = E = B ⁻ = B ⁺	134,4	R
	3	B ⁺ = B ⁻ = E	81,09	R 0,05 , A 0,01
	2	B ⁺ = B ⁻	65,6	R 0,05 , A 0,01
L2	4	T = E = B ⁻ = B ⁺	36	R
	3	E = B ⁺ = T	15	A
		B ⁺ = B ⁻	33	R 0,05 , R 0,01
	2	B ⁺ = E = B ⁻	11,7	A 0,05
		B ⁻ = E = B ⁺	21,3	R 0,05

* T = Témoin
E = Exotoxine
B⁺ = Bactospeine R
B⁻ = Agents de formulation
Ho = Hypothèse nulle

Signalons enfin que les larves ont fait des découpes très nettes dans les feuilles tandis que celles traitées (E) à l'exotoxine et à la "Bactospéine" (B^+) montrent des dégâts se présentant sous forme de grignotements superficiels, ce qui constitue une variation du comportement assez nette chez Mamestra brassicae, même si la consommation est du même ordre de grandeur, il semblerait que "le mode préhension de la nourriture" soit modifié par le traitement si on le compare au témoin. Ce fait pourrait être expliqué par l'existence d'un mécanisme comportemental chez les chenilles de troisième stade (L3), celles-ci s'arrêtant d'ingérer le substrat végétal infecté par la bactérie ou par l'exotoxine.

- Conclusion -

Cette recherche a mis en évidence la présence d'un facteur répulsif chez les larves L3 de Mamestra brassicae vis-à-vis de feuillages traités avec une formulation de Bacillus thuringiensis. Ce mécanisme comportemental chez les larves paraît être dû principalement à la présence soit de spores, soit des cristaux de la bactérie. Cependant, il est à vérifier la possibilité d'une interaction entre les cristaux, les spores et les agents non actifs de la "Bactospéine" sur ce mécanisme, sans omettre le rôle éventuel des agents de formulation.

La présence d'un choix réalisé par les chenilles de Mamestra brassicae s'avère être un facteur très important à considérer lorsqu'on veut augmenter l'effet du Bacillus utilisé seul ou en mélange avec d'autres produits insecticides. Ce facteur semble également intéressant lorsqu'on veut expliquer les raisons de la faible sensibilité vis-à-vis de Bacillus thuringiensis dont fait preuve la noctuelle du chou par comparaison avec d'autres noctuelles (44)(45).

2 - Approche en laboratoire pour l'étude du comportement alimentaire de Mamestra brassicae L. en présence de feuillage traité avec des spores et des cristaux de Bacillus thuringiensis -

- Introduction -

Des travaux réalisés sur Pieris brassicae L. (42) et sur Parthetria dispar (324) ont montré la présence d'une réponse de type comportemental chez les chenilles de ces Lépidoptères face à une nourriture ayant subi des altérations organoleptiques ou ayant été contaminée par Bacillus thuringiensis B.

Les chenilles de Mamestra brassicae présentent un comportement analogue. Ainsi, des expériences préalables (81) (80) ont mis en évidence l'effet répulsif de certains composants d'une préparation à base de Bacillus thuringiensis vis-à-vis de la noctuelle du chou.

Afin d'approfondir ce sujet, entamé précédemment (81), nous avons testé séparément l'effet des spores et des cristaux sur la "phase d'ingestion" de la nourriture (d'après SCHOONHOVEN 1972 (237)), chez Mamestra brassicae L. qui est une espèce peu sensible au Bacillus thuringiensis et dont les mécanismes d'absence de sensibilité à la bactérie ne sont pas encore bien établis.

- Matériel et méthodes -

Les chenilles utilisées aux stades L2 et L3 proviennent de notre élevage permanent (82) (83). La souche du Bacillus thuringiensis utilisée (sérotype 3a 3b) ainsi que les composants non actifs d'une formulation (Voir Tableau V-1) commerciale nous ont été fournis par Biochem Products S.A. (Bruxelles). Les cristaux et les spores purifiés ont été obtenus dans notre laboratoire en utilisant la technique de centrifugation isopycnique, une variante de la méthode proposée par ANG 1978 (7 bis).

Toutes les expériences effectuées sur les larves se sont déroulées à une température de $24^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, à une humidité relative de $70 \pm 5\%$ et à une photopériode de 16 heures.

Nous avons établi 5 traitements qui ont été comparés suivant 2 modèles expérimentaux différents (85) appelés α et β (Voir Figure 51 et Tableau V-29).

Les concentrations utilisées ont été choisies sur base des résultats des CL 50 déterminées préalablement sur l'insecte-cible afin d'utiliser des concentrations subléthales CL 50, et assurer de cette façon que la réduction de la consommation, notre critère de comparaison des traitements est due à un comportement des larves plutôt qu'à la manifestation d'un processus de morbidité qui survient après l'ingestion de concentrations léthales du Bacillus thuringiensis.

Les chenilles ont été prélevées immédiatement avant la mise en route de l'expérience $\alpha 1$. Pour les cas $\alpha 2$ et $\alpha 3$, les larves ont été prélevées soit la veille du test (et donc soumises à 24 heures de jeûne) $\alpha 2$, soit 6 heures avant le début de l'expérience $\alpha 3$.

Pour le dispositif α (Figure 51), nous avons utilisé des boîtes en polystyrène de 10 cm de diamètre et de 5 cm de hauteur selon les indications de JERMI 196 (133) et pour le dispositif β des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre et 1,5 cm de hauteur, tapissées de papier buvard humidifié à saturation pour maintenir constant le poids des feuilles, substrats des traitements.

Les traitements ont été faits par pulvérisation à l'aide de la tour de Potter modifiée par BURGERJON sur des rondelles de choux de 3 cm de diamètre découpées sur des feuilles de même âge et d'épaisseur la plus homogène possible.

La durée de l'expérience de consommation a été de 24 heures. Les chenilles utilisées ont été observées pendant huit jours afin de détecter une éventuelle mortalité.

TABLEAU V-29- Produits et concentrations utilisés dans les tests de consommation par Mamestra brassicae

Traitement	Produit	Code	Concentration en ppm
1	Eau distillée	T	Témoin
2	Cristaux	C	8000
3	Spores	S	8000
4	Bactospeine ^R	B ⁺	8000
5	Ingrédients non actifs de Bactospeine	B ⁻	8000

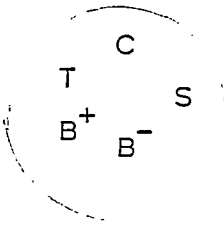
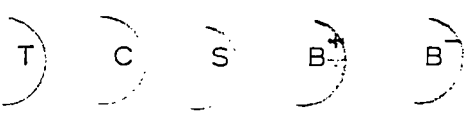
Dispositif	Arrangement des traitements
α	 x 6 répétitions
β	 x 6 répétitions

FIGURE 51 - Dispositifs employés dans les expériences sur le comportement alimentaire de Mamestra brassicae

Les données ont été transformées en rapportant le poids de feuille consommé au poids initial des larves pour éviter un biais des résultats dû à la variabilité dans les poids des rondelles et des larves.

Les résultats ont été soumis à l'analyse de la variance. Si les résultats de l'analyse le permettent, les moyennes sont comparées par le test de Newman et Kewls (65).

- Résultats et discussion -

Il est important de signaler que α et β sont deux approches différentes visant à tester le comportement des larves vis-à-vis des traitements appliqués sur la nourriture : le dispositif α (Figure 51) propose un choix aux chenilles ; le dispositif β ne leur laisse que la possibilité de refuser la nourriture traitée et permet de comparer les différences de consommation selon le traitement. Les deux approches sont donc complémentaires.

Les résultats obtenus avec les dispositifs α et β ont été analysés comme il apparaît aux Tableaux V-30,31,32,33,34. La Figure 52 A illustre les résultats de la consommation des dispositifs α . La Figure 52 B illustre les résultats de la consommation des dispositifs β .

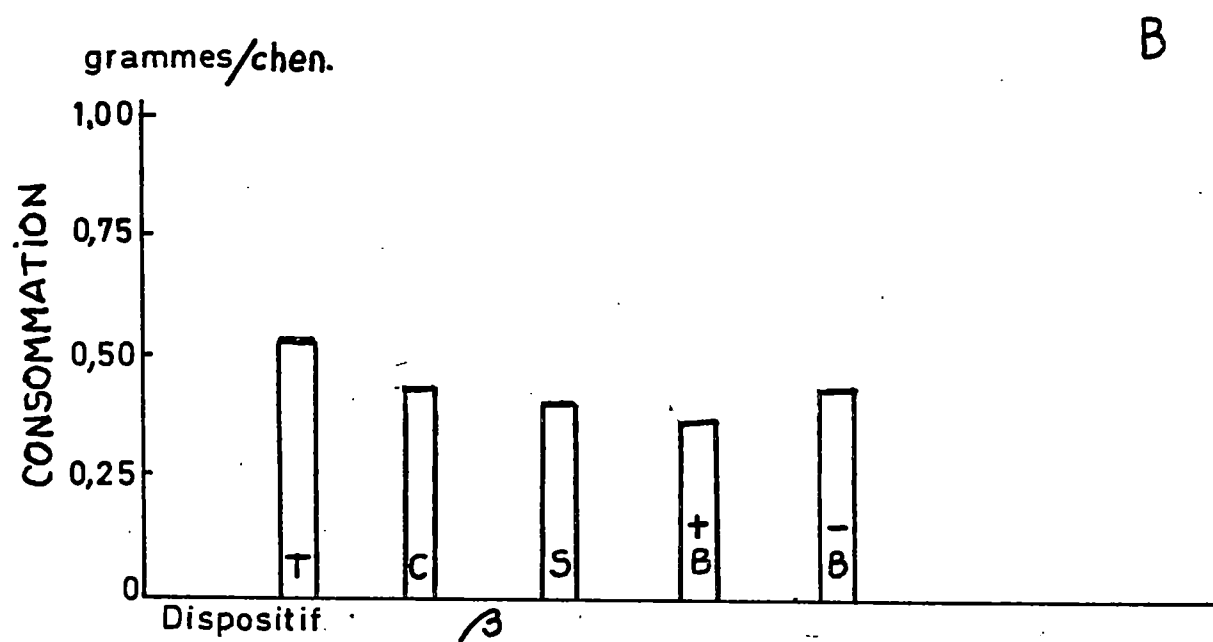
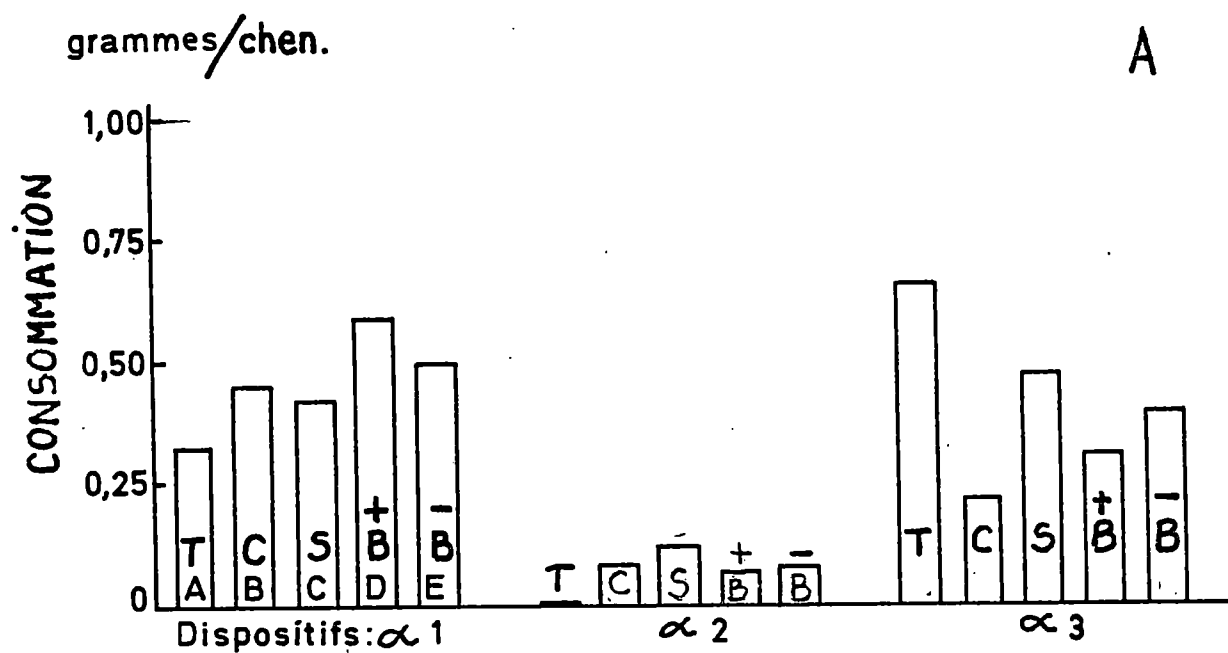


FIGURE 52 A-B - Histogrammes sur la consommation des feuilles de chou traitées avec les ingrédients d'une formulation commerciale de Bacillus thuringiensis.

TABLEAU V-30 - Analyse de la variance sur la consommation de feuillage
par groupe de larve aux expériences $\alpha_{1,2,3}$

	Source	SCE	NDL	CM	F. OBS.	Degré de Signif. %
α_1	Totale	0,810	29	0,027		
	Bloc	0,042	5	0,085		
	Traitement	0,329	4	0,082	3,75	S. 0,05
	Bloc x Trait.	0,438	20	0,021		
α_2	Totale	0,186	29	0,0064		
	Bloc	0,046	5	0,0092		
	Traitement	0,017	4	0,0043	0,71	N.S.
	Bloc-Trait.	0,122	20	0,0061		
α_3	Totale	529,64	27	0,1826		
	Bloc	0,750	5	0,150		
	Traitement	141,5	4	0,3539	2,26	N.S.
	Bloc-Trait.	313,03	20	0,1565		
$\alpha_{1,2,3}$	Totale	928,8	89	0,104		
	Expe.	299,5	2	1,497	26,76	H.S. 0,01
	Traitement	0,217	4	0,05	0,88	N.S.
	Exp x Bloc	0,8393	15	0,05		
	Trait - Exp.	154,4	8	0,19	13,13	H.S. 0,01
	Inte 2° rang	369,1	60	0,06		

S= Significatif ; H.S.= Hautement Significatif ; N.S.= Non Significatif

TABLEAU V-31- Expériences β regroupées. Analyse de la variance sur la consommation de feuille par gramme de larve

Source	SCE	NDL	CM	F. OBS.	
Totale	2,743450 E + 02	89	3,08253		
Expérience	2,233894 E + 02	2	111,69469	232,68	H.S.
Traitement	8,567384 E + 00	4	2,14185	4,45	H.S.
Exp.x Trait.	6,178069 E + 00	8	0,77226	1,60	N.S.
Résiduelle	3,621013 E + 01	75	0,48283		

TABLEAU V-32- Expériences groupées. Analyse de la variance sur le poids p_0 et p_f des larves

Source	SCE	NDL	CM	F. OBS.	
Totale	2,899647 E - 01	179	0,00162		
Expérience	1,326532 E - 01	2	0,06633	157,92	H.S. 0,01%
Traitement	2,988611 E - 02	4	0,00747	1,11	N.S.
P.init. P.fin.	8,869022 E - 03	1	0,00887	147,83	H.S.
Exp. x Trait.	5,352096 E - 02	8	0,00669	15,8	H.S. 0,01%
Trait.xinit.Fin	1,916930 E - 03	4	0,00048	8,0	H.S. 0,01%
InitxFin.Exp.	1,225471 E - 04	2	0,00006	0,14	N.S.
Interac. 2D					
rang	4,640222 E - 04	3	0,00006		
Résiduelle	6,251180 E - 02	150	0,00042		

H.S. = Hautement significatif
N.S. = Non significatif

TABLEAU V-33- Différences observées entre les moyennes des traitements

		B ⁺ 10,42	S	B ⁻	C	T
B ⁺	10,42	-				
S	11,0	0,58*	-			
B ⁻	13,1	2,68**	1,10**	-		
C	13,32	2,90**	2,32**	0,22	-	
T	15,62	5,20**	4,62**	2,52**	2,30**	-

TABLEAU V-34- Les plus petites amplitudes significatives (test Newman Kewls) en fonction de la différence des rangs des moyennes observées.

Différence des rangs	P.P.A.S. 0,05 %	P.P.A.S. 0,01 %
1	0,43	0,61
2	0,46	0,7
3	0,61	0,75
4	0,65	0,78

* Non significatif

** Significatif

Les résultats de l'analyse de la variance portant sur l'expérience α_4 montrent que l'effet du traitement y est significatif ($p = 0,05$) tandis qu'il ne l'est pas pour les expériences α_2 et α_3 .

Afin d'éviter des conclusions hâtives, nous les avons regroupées en une analyse de la variance globale (Tableau V-30). Celle-ci montre que la différence entre les moyennes des expériences est hautement significative ($p = 0,01$).

Une explication peut être fournie en rappelant que les chenilles utilisées dans les expériences α_2 et α_3 ont été soumises, lors de leur prélèvement, à un jeûne forcé de 24 et 6 heures respectivement, afin d'augmenter leur voracité du fait de la réduction des "seuils de faim"... "Le déficit de disponibilité des métabolites énergétiques, essentiellement du glucose, crée l'éveil central dit "de faim"..." LE MAGNEN 1976 (154).

Un accroissement de la consommation que nous attendions de ce prétraitement aurait facilité nos lectures. Cependant, les résultats de l'analyse statistique indiquent que le stress, même de 6 heures, a altéré le comportement des larves de façon à ne pas nous permettre d'en tirer une conclusion générale. Par ailleurs notre hypothèse de "choix" n'en est pas infirmée pour autant car, si nous comparons les histogrammes de consommation pour les expériences α_1 , α_2 et α_3 (Fig. 52A), il est intéressant de constater que quand les chenilles ont été prélevées immédiatement avant le test, le témoin est le moins consommé alors que, après un jeûne de 6 heures, le stress ou l'éveil de la faim a pour conséquence que le témoin est le plus consommé.

Il est malheureusement impossible de savoir si ce sont les traitements ou bien le stress qui sont à l'origine de la consommation différentielle dans les expériences α_1 , α_2 et α_3 . Cependant, il est clair que les chenilles ont montré un comportement variable (vis-à-vis des traitements) qui serait en rapport avec les seuils de faim en début d'expérience et que, par conséquent un tel comportement doit s'exprimer de manière graduelle d'après l'état de faim.

Les résultats des expériences β sont indiqués sur les Tableaux V-31,32,33,34 . L'effet expérimenté n'étant pas significatif, nous les avons regroupés et soumis à une analyse de variance à trois critères. L'effet du traitement sur la consommation de la larve et par conséquent, sur le poids initial et final a été mis en évidence au seuil de probabilité 0,01 %. Les résultats obtenus donnaient lieu à une comparaison des moyennes par la méthode de Newman et Keuls (Voir Tableaux V-33, V-34). Dans la plupart des cas, la différence entre les moyennes excède la plus petite amplitude significative au sens de Newman et Keuls et nous permettent de les classer comme suit par ordre décroissant d'après la quantité consommée :

$$T > (C, B \ominus) > S > B \oplus$$

La différence non significative entre C et B $\ominus$ ne nous permet pas de leur accorder un ordre particulier.

Les résultats avec le dispositif β sont plus nets quant à la consommation par gramme de larve (Voir Figure 52 B). Le témoin (T) est le plus consommé par les chenilles. Viennent ensuite, les rondelles traitées avec les cristaux et les composants non actifs. Les spores et la formulation commerciale sont plutôt répulsifs. Les résultats montrent que les chenilles sont capables de détecter les composants non actifs, les cristaux et les spores séparément, ce qui n'était pas ressorti des expériences précédentes (84). Il est d'autre part assez logique, dans l'ensemble, que le mélange des ingrédients, B $\oplus$ soit moins recherché que ne le sont les ingrédients pris isolément.

Quant aux chenilles qui n'ont pas montré un appétit normal après 24 heures de jeûne, elles se sont mal développées mais aucune mortalité n'a été détectée après huit jours d'observation. Il semblerait que le stress du jeûne de 24 heures est trop fort pour les larves L3, il n'est pas suffisant pour les tuer, mais suffisant pour biaiser les résultats de notre expérience.

- Conclusion -

Nous avons montré que la faible sensibilité de Mamestra brassicae L. vis-à-vis d'une préparation insecticide à base de Bacillus thuringiensis présente une composante comportementale. Son importance relative face à d'autres composantes de type immunologique ou physiologique par exemple, reste encore à déterminer pour mieux établir une stratégie de lutte contre Mamestra brassicae et d'autres Lépidoptères qui montrent un comportement semblable.

L'importance des dispositifs servant à effectuer ces tests n'est pas négligeable. Les dispositifs α n'ont permis de vérifier que partiellement l'hypothèse de choix. A l'opposé, le dispositif " β " nous a permis de détecter les différences de consommation des larves selon les traitements, ainsi qu'une variation dans leur poids final. En outre, l'état de "faim" ou de "satiété" doit être pris en considération lors de la mise en route des expériences de ce type afin de mieux contrôler la variabilité normale des réponses de consommation.

Les cristaux et les composants non actifs n'ont pas induit un effet répulsif de la nourriture, en comparaison des spores et du produit formulé. L'existence du phénomène de choix de Mamestra brassicae (dans les conditions β de laboratoire) vis-à-vis des composants de la formulation testée est claire.

3 - Etude sur l'impact des cristaux du Bacillus thuringiensis B. sur la consommation d'oxygène chez Mamestra brassicae en laboratoire -

Il est bien connu que la respiration chez les insectes suit des modèles à périodicité plus ou moins régulière (224), et que le phénomène peut être caractérisé pour chaque espèce à l'aide de méthodes très variées (71)(220)(224)(277). Ces modèles respiratoires, mais notamment celui de la consommation d'oxygène, peut être utilisé pour donner une mesure de l'impact d'un pathogène sur l'insecte-cible - MOFFET, 75 (188).

En effet, lors du développement d'un processus pathologique chez l'insecte, le taux de consommation d'oxygène est altéré. La demande additionnelle d'énergie pour le déclenchement des mécanismes de défense de l'organisme demande souvent une augmentation de consommation d'oxygène et cela notamment, pendant les étapes initiales de la maladie (188).

Nous avons songé à cette possibilité chez Mamestra brassicae et une étude a été mise en route ayant pour objectifs, les points suivants :

- 1- Etablir les taux normaux de consommation d'oxygène chez la larve de Mamestra brassicae (L1 à L6).
- 2- Comparer ces taux avec ceux mesurés après l'ingestion des ingrédients actifs et non actifs de Bacillus thuringiensis par Mamestra brassicae au stade L3.
- 3- Fournir une nouvelle possibilité ou un critère de sélection de souches ou de formulations plus efficaces de Bacillus thuringiensis contre la noctuelle et d'autres Lépidoptères peu sensibles au Bacillus thuringiensis par l'utilisation de cette méthode.
- 4- Contribuer à une meilleure compréhension des mécanismes de "résistance" de Mamestra brassicae vis-à-vis de Bacillus thuringiensis B.

Matériel et méthodes

Les chenilles L1 à L6 choisies pour les mesures de consommation normale d'O₂ proviennent de notre élevage permanent. Pour l'étude de l'impact des cristaux du Bacillus thuringiensis sur Mamestra brassicae, on a décidé de travailler avec le stade L3 pour des raisons d'ordre pratique qui concernent d'abord la voracité des chenilles et ensuite, leur abondance lors des essais que nous avons réalisés pour l'étude du "choix" alimentaire. Les produits et doses utilisés pour l'étude des variations des taux de consommation d'oxygène ont été les mêmes que ceux qui figurent au Tableau V-29 (méthode β).

La méthode expérimentale a été exactement la même en ce qui concerne la nourriture offerte aux larves et la manière dont nous avons contrôlé la température et l'humidité.

On a établi 5 groupes, un par traitement, à savoir : témoin absolu, Bacillus thuringiensis produit commercial, ingrédients non actifs, spores et cristaux. Chaque groupe comportait 20 chenilles.

Quatre fois par jour - à 9h, 13h, 17h, 21h - on a prélevé au hasard dans chaque groupe, un échantillon de 5 chenilles pour les peser, et mesurer leur consommation d'oxygène et l'exprimer en termes de ml.O₂/heure/gramme de poids vif. Les lectures de consommation d'oxygène ont été effectuées à l'aide d'un électrode de Clark à O₂ suivant le modèle Beckman Monitor System^R et selon la méthodologie développée par LEMASSON H. et collaborateurs sous la direction du Pr. Ph. LEBRUN 1981 (164 bis).

La Figure 53 illustre la disposition de l'ensemble utilisé pour nos lectures. Les principes de fonctionnement de l'électrode ont été publiés dans la référence citée ci-avant.

Il faut aussi signaler que les chenilles ont séjourné sur la nourriture contaminée (traitements) pendant 24 heures. Après,

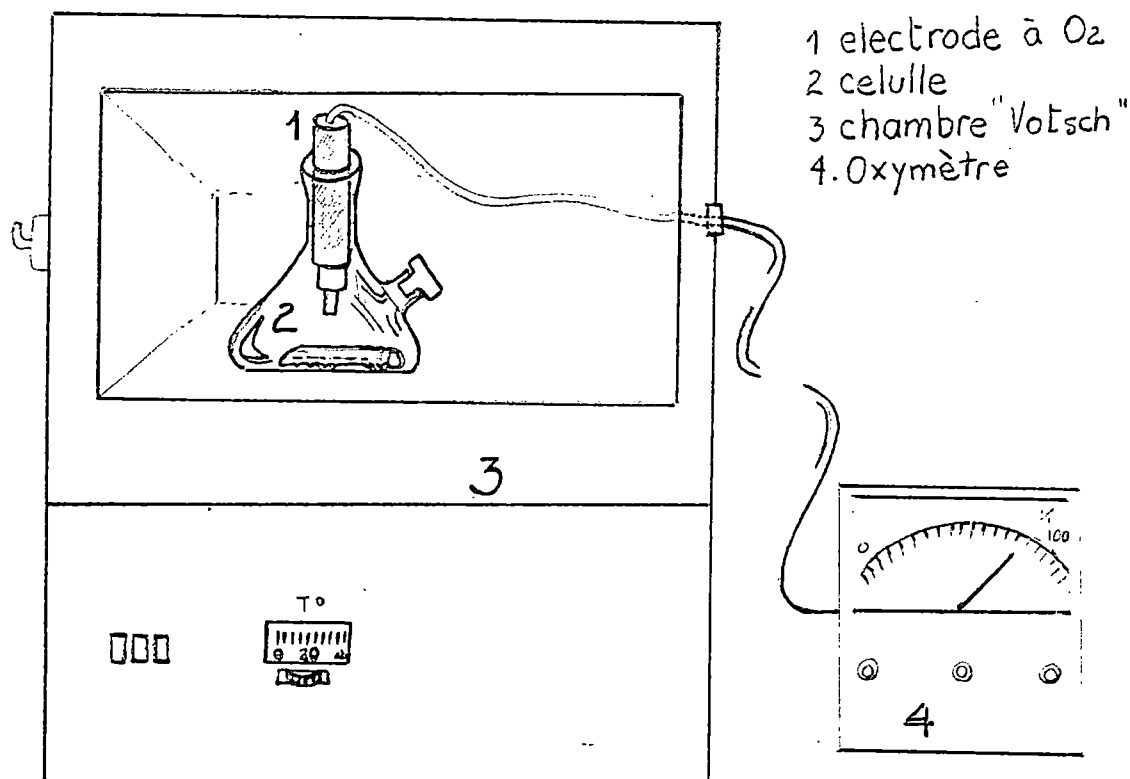
elles ont été placées sur nourriture non contaminée pendant les 2 jours suivants qu'a duré l'expérience.

On place 5 chenilles (pesées au préalable) dans l'erlenmeyer (Voir Photo 16 et Figure 53) de volume connu (120,6 ml.). Celui-ci présente une deuxième entrée où l'on a placé l'électrode de manière hermétique grâce à un ruban de téflon enroulé autour de l'électrode à la jonction avec l'entrée de l'erlemeyer.

L'ensemble est placé dans une chambre Vötsch^R thermostatisée à 22°C.

Chaque mesure prend en moyenne une demi-heure après laquelle les chenilles sont repesées pour corriger le poids, et remises dans leur groupe d'origine.

Figure 53-



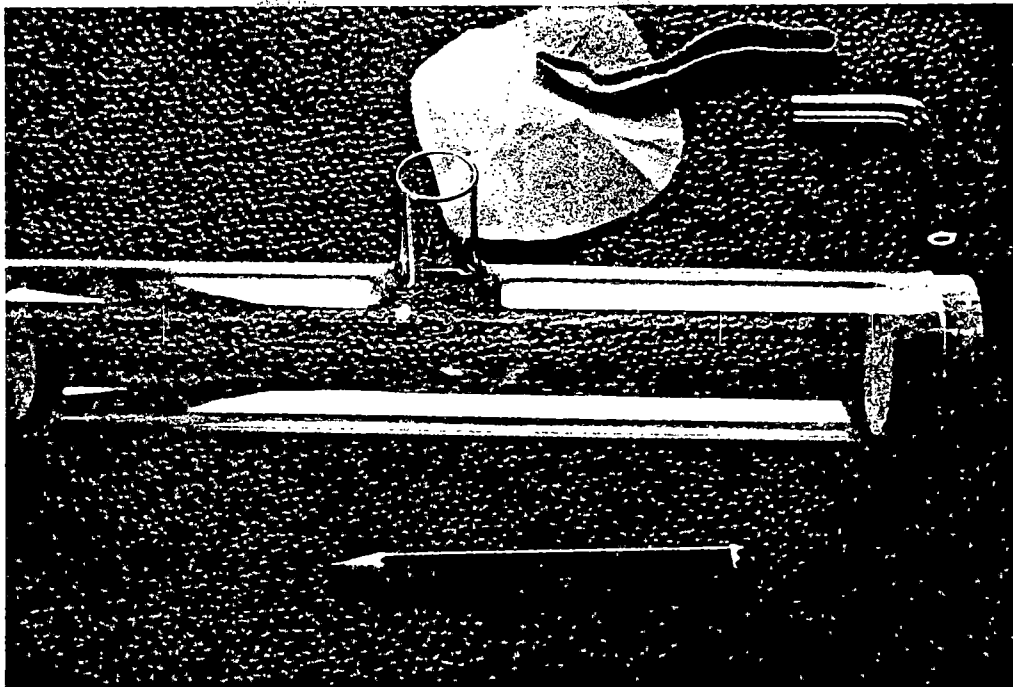


Photo 15 - Unité fondamentale de l'appareillage utilisé pour nos études sur l'appel, l'accouplement et le comportement de Mamestra brassicae face à différentes sources d'odeur.

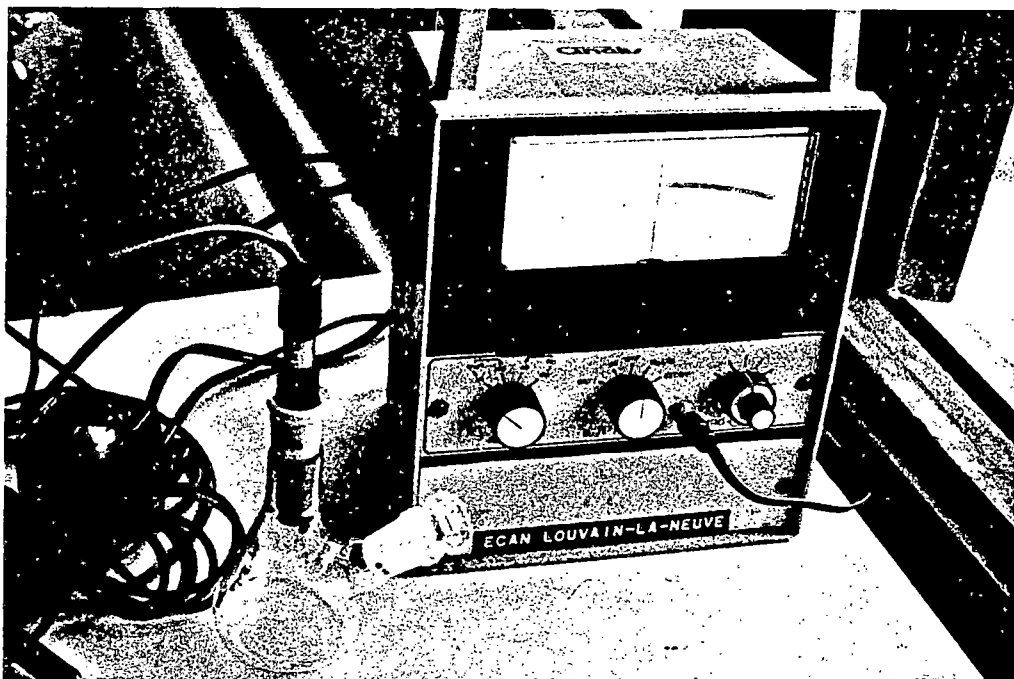


Photo 16 - Oxymètre et flacon à deux entrées avec sonde.

Résultats

Les résultats de la consommation normale d'oxygène aux différents stades larvaires sont montrés au Tableau V-35. Le Tableau V-36 nous exprime lui aussi, en ml.O₂/heure/gramme, les valeurs obtenues sur les chenilles L3 nourries avec les 5 traitements.

La figure 54 nous montre l'évolution de la consommation d'oxygène des chenilles traitées pendant l'expérience.

TABLEAU V-35- Taux de consommation d'oxygène observés chez Mamestra brassicae (stades larvaires L1 à L6) mesurés en laboratoire 24 heures après mue, à 22 ± 2°C de température

Stade	Poids $\bar{X}$ Chenille grammes	$\delta = \sqrt{S^2}$ mg.	Consommation O ₂ ml/h/g. (1) ²
L1 - 2 *	0,001	L1 0,58	46,87
L2 - 3 *	0,004	L2 4,31	10,71
L3 - 4 **	0,021	L3 13,68	5,38
L4 ***	0,1026	L4 35,58	2,65
L4 ***	0,2932		1,92
L5 ****	0,478	L5 100,46	1,68
L6 ****	0,7369	L6 46,58	1,095
pp	0,761		0,73

(1) Moyenne de 4 répétitions

* Moyennes sur : *:20 ; **:10 ; ***:5 ; ****:2 individus/
répétition

TABLEAU V-36- Evolution de la consommation d'oxygène (ml/h/gramme) chez (L3) Mamestra brassicae selon le traitement

Traitements et poids des chenilles	Heures												
	8	12	16	20	8	12	16	20	8	12	16	20	
Témoin 0,0524	2,24	2,27	2,23	2,80 0,055	2,4	1,9	1,78	1,30 0,061	1,50	1,70	1,90	2,3	ml/h/g g
Bactospeine 0,0600	2,46	2,60	2,98	3,25 0,061	2,80	2,78	2,32	2,33 0,063	2,40	2,42	2,71	2,51	ml/h/g g
Ing.non act. 0,0592	2,25	1,76	2,14	2,34 0,059	1,88	2,01	3,10	2,15 0,064	2,03	2,09	2,50	1,80	ml/h/g g
Spores 0,0633	2,25	1,34	1,24	1,33 0,064	1,26	1,17	1,36	1,28 0,067	1,90	2,10	1,91	1,98	ml/h/g g
Cristaux 0,0645	2,26	12,18	12,1	7,6 0,060	4,2	3,10	0,99	0,97 0,061	1,36	2,2	2,4	2,4	ml/h/g g

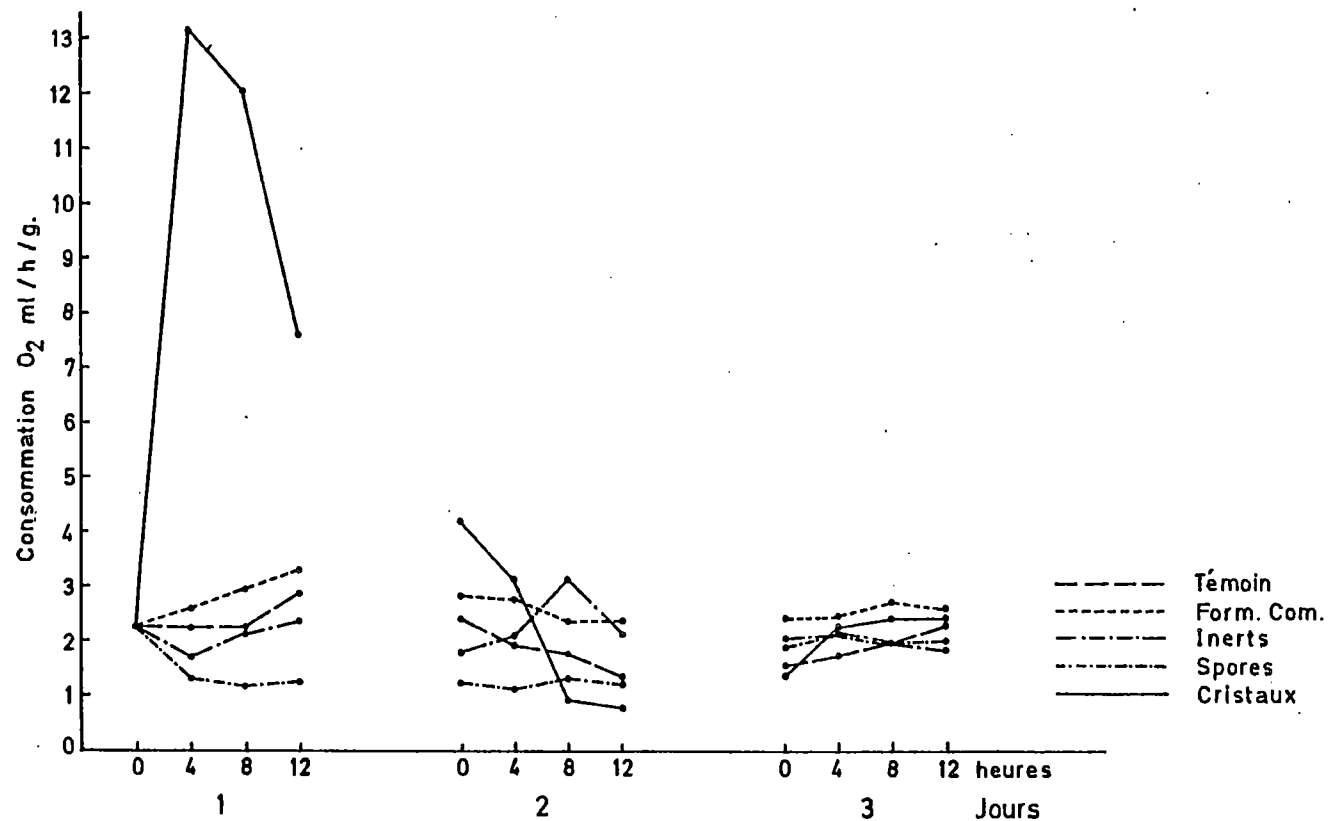


Figure 54 - Consommation d'oxygène chez Mamestra brassicae L3 , après ingestion du Bacillus thuringiensis ou ingrédients d'une préparation

Discussion

Nos résultats sur la respiration normale des chenilles de Mamestra brassicae exprimés en consommation d'oxygène (ml/h/g) aux stades L1 à L6 ne s'éloignent pas de ceux obtenus avec d'autres espèces de Lépidoptères (235)(318) - Voir liste en fin de chapitre.

Nous constatons un rapport inverse entre l'âge des chenilles de Mamestra brassicae et le taux de consommation d'oxygène. Cela est dû certainement à l'augmentation du poids des chenilles avec le temps mais surtout aux exigences énergétiques très élevées des chenilles pendant leur période de croissance exponentielle.

Malheureusement, nous n'avons pas pu faire des mesures chaque jour de vie des larves, mais il apparaît une tendance décroissante de la consommation d'oxygène en fonction aussi bien de l'âge que du poids des chenilles.

En ce qui concerne les effets des ingrédients d'une préparation insecticide à base de Bacillus thuringiensis sur la consommation d'oxygène, chez des chenilles L3, nous constatons un phénomène intéressant d'augmentation de la consommation d'oxygène lors de l'ingestion de la nourriture traitée aux cristaux du Bacillus thuringiensis. C'est d'ailleurs le seul traitement qui induit une réponse nette et facilement décelable dans la figure 54.

Par contre, la réponse des chenilles à la Bactospéine^R ne nous montre pas de déviation appréciable du reste des traitements. Cette réponse faible à la Bactospéine en ce qui concerne la consommation d'oxygène par les chenilles est due certainement à la très faible concentration des cristaux dans la formulation par rapport au traitement avec les cristaux purifiés. Ce test préliminaire est cependant suffisant pour montrer l'effet des cristaux, qui ont induit une altération dans la physiologie respiratoire des chenilles, vu l'augmentation de presque 10 fois la consommation d'oxygène.

D'autre part, le phénomène paraît se poursuivre pendant 48 heures , après lesquelles les chenilles reprennent leur comportement respiratoire normal dans nos conditions (Voir Figure 54). Cela pourrait nous indiquer une capacité des chenilles à se rétablir suite à l'infection par la bactérie, mais ce qui est plus important est la certitude d'une action des cristaux sur les chenilles de Mamestra brassicae, cristaux dont on relève souvent leur insolubilité dans l'intestin de Mamestra brassicae L. et d'autres noctuelles, MARTOURET 1961 , cité par VLAYEN 1981 (308 bis).

Ajoutons que notre discussion sur le choix des chenilles vis-à-vis de Bacillus thuringiensis peut être aussi complétée en précisant qu'au comportement sélectif de Mamestra brassicae vis-à-vis de Bacillus thuringiensis s'ajoute l'existence d'un mécanisme de "récupération" ou de "remise en condition" des chenilles peu après l'initiation du processus toxique suite à l'ingestion des cristaux. La demande importante d'énergie par les chenilles , suite à l'ingestion des cristaux nous indique la présence d'un phénomène de dilution des cristaux, (fait en principe assez difficile d'après la littérature spécialisée qui nous parle des conditions nécessaires pour la dilution (pH notamment) du cristal dans le tube digestif des chenilles de Mamestra brassicae.) mais surtout, nous suggère la libération des polypeptides toxiques.

Conclusions

Il est possible de montrer à l'aide d'un oxymètre, l'impact d'une formulation ou des fractions d'une formulation sur les chenilles de Mamestra brassicae et d'autres espèces non sensibles au Bacillus thuringiensis.

Il est clair qu'il y a un phénomène de réponse des chenilles suite à l'ingestion des cristaux purs du Bacillus thuringiensis. Cette réponse exprimée en l'augmentation de la consommation d'oxygène est à la fois la preuve d'une dilution possible des cristaux dans le système digestif de Mamestra brassicae et de la libération des polypeptides actives toxiques.

D'après nos résultats, on pourrait parler d'une capacité de se rétablir après infection par Bacillus thuringiensis plutôt que d'immunité chez Mamestra brassicae.

Ce critère de mesure de la consommation d'oxygène permettrait de sélectionner de nouvelles souches ou formulations du Bacillus thuringiensis plus efficaces contre des ravageurs peu sensibles. Il peut constituer un nouvel outil dans des travaux de criblage. Dans ce sens, il est plus rapide, peu encombrant mais en tout cas, un complément non négligeable à côté des techniques de CL 50 (concentration Léthale moyenne) utilisées fréquemment dans ce type de recherches.

LISTE COMPARATIVE DE QUELQUES ESPECES DE LEPIDOPTERES
DONT ON A MESURE LA CONSOMMATION D'OXYGENE

Espèce et Stade	Conditions		Consommation d' oxygène ml/ h/g
	Poids	Température	
* <u>Bombix mori</u> (chenille)	0,9g.	23°C	0,6
* <u>Galleria mellonella</u> (chenille)	0,2g.	30°C	1,6
* <u>Ephestia kuehniella</u> (pupe)		25°C	0,25
* <u>Vanessa io</u> (pupe)	0,3g.		0,2 - 0,5
** <u>Mamestra brassicae</u> (chenilles L1 à L6)	0,0001 - 0,736g.	22°C ± 2°C	1,09-46,8

* D'après ROCKSTEIN, 1965 (235)

** Voir Tableaux V-35 et V-36

VI- ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES
DE LA LUTTE CONTRE
MAMESTRA BRASSICAE L.

A - INTRODUCTION

..." ECONOMIC THRESHOLD : The density at which control measures should be determined to prevent an increasing pest population from reaching the economic injury level.

ECONOMIC INJURY LEVEL : The lowest population density that will cause economic damage.

Economic damage is the amount of injury which will justify the cost of artificial control measures ; consequently, the economic injury level may vary from area to area, season to season, or with man's changing scale of economic values ..."

Ainsi définissait STERN V.M. 1959 (265), les termes seuil économique et niveau de dommage économique. Ces "points de repère" dans la mise en route de programmes de lutte intégrée, sont indispensables afin de pouvoir donner des solutions valables aux problèmes que la lutte chimique a posée à la production agricole ; notamment :

- 1- souches résistantes aux insecticides ;
- 2- apparition de ravageurs nouveaux ;
- 3- augmentation de la capacité homéostatique des populations de ravageurs ;
- 4- taux élevé de résidus chimiques ;
- 5- danger pour les utilisateurs directs des insecticides chimiques ;
- 6- l'apparition de problèmes de type légal , etc... (280 bis).

Des raisons d'ordre économique ont surtout poussé la recherche vers la synthèse de produits de plus en plus toxiques et à large spectre d'activité, c'est-à-dire non spécifiques. Ceci constituait un avantage technique qui concernait les praticiens, les cultivateurs et les chercheurs. Aujourd'hui, les problèmes consécutifs à l'abus de ces moyens de lutte affectent et intéressent la société tout entière. En effet, les insecticides à large spectre d'activité

du type polyvalent peuvent éliminer indifféremment la faune cible et la non cible. Cet "avantage" est devenu peu à peu une des causes des problèmes d'aujourd'hui.

A l'origine du problème, se trouve le rôle que la libre entreprise a joué en tant que consommatrice, consciente ou non des dangers de l'outil chimique mis à sa disposition. Le facteur psychologique dont NORGARD fait une analyse en 1976 (266) explique bien comment les cultivateurs ont toujours la tendance à accepter une augmentation des coûts de production des cultures, même en sacrifiant une partie des revenus, mais à condition de protéger les récoltes contre les ravageurs.

D'autre part, le consommateur des produits agricoles recherche une présentation impeccable des produits, les marchés deviennent alors de plus en plus exigeants, ce qui entraîne un mécanisme de rétro-alimentation (feed-back) qui va stimuler à la fois le comportement des cultivateurs qui par la suite vont augmenter encore les mesures "préventives" contre les ravageurs. Ceci est à l'origine de toute une série de phénomènes économiques et sociaux dont plusieurs auteurs ont décrit le processus (15)(266)(302).

De cette façon, le but des cultivateurs pendant la croissance, le développement et la maturité des cultures, est d'y maintenir une protection absolue, c'est-à-dire, un niveau de population de ou des ravageurs "zéro". La société consommatrice pour sa part, exige la qualité (au moins dans la présentation des produits) dans l'aspect et elle est disposée à en payer le prix, même si les coûts économiques de production et d'achat (déjà élevés) sont négligeables à côté du coût social (276) ou du coût écologique d'un tel comportement.

Les coûts sociaux (maladies, tératogénèse, etc...) dont la valeur économique n'est pas facile à établir et presque impossible à mesurer du fait de son ampleur, font peser très lourd les "avantages" d'une technologie de pointe (industrie chimique), mise à la portée des cultivateurs, pas toujours très au courant de l'impact négatif sur les écosystèmes et la société même ; ils ne savent pas que c'est un outil très délicat à utiliser.

Pour remédier à ce problème, il est nécessaire de mettre d'abord au point des méthodes basées sur des recherches et des critères bien définis, visant à la détermination ou le calcul pour chaque culture et/ou ravageur, le, ou les points de départ, ou seuils pour l'utilisation des insecticides chimiques ou d'autre type.

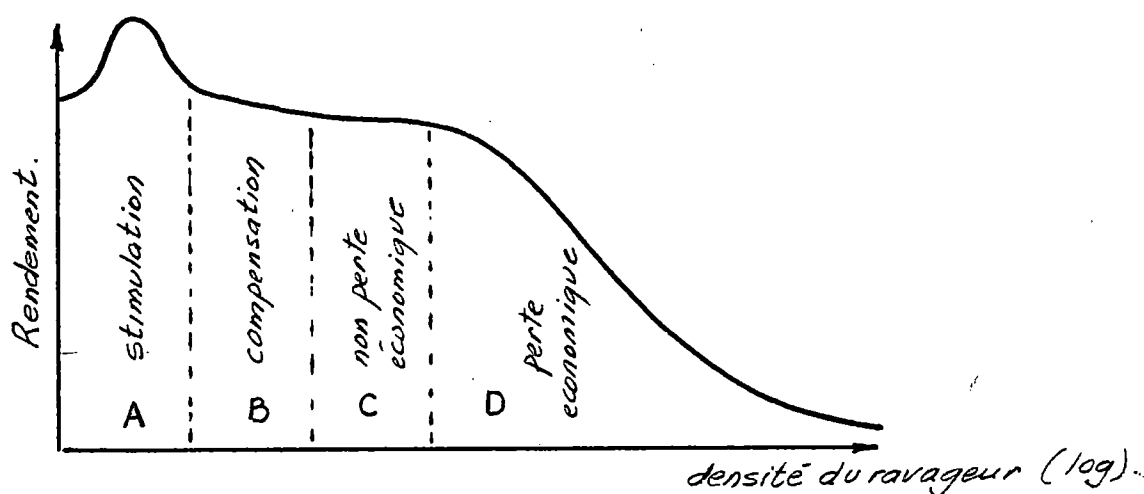
Jusqu'à quel point peut-on laisser "progresser" une population ravageuse sur telle ou telle culture ? Et quelles sont les mesures les plus spécifiques qui peuvent être utilisées ? Voici les deux questions clefs de départ vers l'établissement d'un programme de lutte plus rationnelle contre les ravageurs.

La Figure 55 empruntée à VAN EMDEN (302) nous permet de mieux comprendre comment la présence d'un ravageur ne veut pas nécessairement dire la perte de la culture. Des périodes de stimulation, compensation et de non perte économique vont s'écouler avant que la perte économique ne soit inévitable en fonction du niveau de la population des ravageurs.

Vu le dynamisme inhérent aux processus biologiques, la définition de STERN n'est pas simple à être mise en pratique. Elle comporte toute une série de préalables à mettre au point au niveau de chaque culture (274)(275) , de chaque ravageur, et de chaque écosystème en particulier (280 bis).

Il est donc nécessaire d'avoir une connaissance préalable aussi bien de la culture que des ravageurs (composition du milieu) sans oublier leurs interactions. Ensuite, il faut prendre en considération les aspects socio-économiques qui détermineront en dernier lieu, le calcul correct des seuils économiques pour un ravageurs donné dans des conditions précises. Il ne faut pas oublier qu'une fois établis, la remise au point période des "seuils" s'impose. L'agriculture, les agroécosystème sont des entités dynamiques de même que les paramètres pour les étudier.

FIGURE 55 - "Generalized relationship between crop yield and pest density"



D'après VAN EMDEN (302), le rapport généralisé entre le rendement et la densité d'infestation d'un ravageur, traverse plusieurs étapes. Les densités basses (A) peuvent stimuler et favoriser une augmentation des récoltes. Les densités légères peuvent occasionner des dégâts qui vont être compensés (B) par une récupération de la culture de manière naturelle. Les densités un peu plus élevées pourront être supportées du fait des prix du produit de la récolte. Ici, il n'y a pas de perte économique (C) malgré les dégâts éventuels. Ce n'est qu'à des niveaux très élevés en général (selon la culture et le ravageur) quand les dégâts ne sont pas compensés par la vente de la culture ni par une réponse physiologique de la culture que nous arrivons au niveau (D) de perte économique.

En général, nos cultivateurs ne savent pas identifier les trois premières étapes qui sont encore à établir pour la majorité des cultures.

Les seuils économiques établis de manière empirique (221) (20) se placent toujours en dessous des vrais seuils économiques (rappeler le facteur psychologique). Ils peuvent être un bon point de repère pour le calcul des vraies valeurs. En bref, il y a toujours une tendance à surestimer le danger des niveaux d'infestation des ravageurs et aussi à réduire à chaque fois, les seuils établis. Faute de critères clairs et définis pour chaque problème en particulier, la peur des ravageurs est croissante et les solutions traditionnelles ne font qu'aggraver la situation.

Nous proposons dans la suite de ce travail, une approche théorique des dégâts qu'une culture de choux pourrait subir à différents niveaux d'infestation des chenilles de Mamestra brassicae.

Nous allons établir nos calculs sur la base fournie par nos études sur la consommation et le comportement de Mamestra brassicae déjà décrits aux chapitres précédents (Tableau V-11) et dans un souci d'ouvrir une nouvelle voie de solution théorique aux problèmes que Mamestra brassicae et d'autres ravageurs représentent pour l'agriculture.

La simplification de notre approche nous facilitera les calculs et la compréhension de leurs implications. Dans la discussion, nous ferons le point sur les marges d'erreur que nous acceptons en procédant de la sorte.

Finalement, nous allons établir un bilan sur les chiffres dont nous disposons concernant le coût actuel dans la lutte contre la noctuelle et le coût tel qu'il pourrait être envisagé dans un premier pas vers un programme de lutte intégrée par la rationalisation dans l'utilisation des insecticides.

B - DEFINITIONS

1 - Densité et dégâts -

On peut établir un rapport entre la densité d'une population (le ravageur) et les dégâts qu'elle occasionne sur une culture (plante-hôte) (52)(63)(221).

En d'autres mots, il est possible d'établir une fonction mathématique entre des rendements de la culture (exprimé en Kg/ha par exemple) avec les niveaux d'infestation, donc la densité du ravageur (exprimée en nombre d'individus/plan par exemple).

La régression entre les valeurs de rendement et la densité du ravageur peut être estimée, donnant lieu à des équations du type $y = a + bx$, souvent avec une pente du type négatif (274).

y = Production ou rendement attendu

b = Pente de la droite de régression

a = Valeur du rendement y au niveau zéro de la densité du ravageur

x = Densité de la population(ravageur).

2 - Seuils économiques

a- L'unité de dommage économique (Economic damage) -

C'est la quantité des dégâts minimaux à partir desquels le coût d'une mesure de contrôle artificiel (lutte chimique) est justifiée économiquement parlant. STERN (280 bis). Ainsi, l'unité de dommage économique peut être exprimée en Kg/ha à partir de

$$\text{Kg/ha} = \frac{\text{FB/Ha}}{\text{FB/Kg}} \quad (1)$$

(2)

(1) c'est-à-dire le coût total de la lutte chimique ou autre divisé par (2), le prix de vente du produit de la récolte.

b- Le niveau de dégât économique (Economic Injury level)-

Est la plus petite densité d'une population qui peut occasionner l'unité de dommage économique.

Ces seuils économiques peuvent être établis par l'équation de régression déjà citée avant :

$$y = a + bx$$

ou encore

$$x = \frac{-(a-y)}{b}$$

où a = Rendement y attendu à une densité de population du ravageur égale à zéro.

y = c'est la valeur économique de la culture ou de rendement, en-dessous duquel la valeur des dégâts économiques occasionnés par le ravageur est plus grande que le coût du contrôle.

La quantité $(a-y)$ dans des termes réels est l'unité de dommage économique (the economic damage), (274)(276).

Par conséquent, le niveau de dégât économique :

$$x = \frac{-(\text{Unité dommage économique})}{b \text{ (terme négatif)}} *$$

ou bien

$$x = \frac{\text{Unité dommage économique}}{\text{Pente de la droite de régression (+)}}$$

où la pente est prise comme étant une valeur positive

$$x = \frac{(a-y)}{b}$$

* régression de type négatif.

C - ELEMENTS DE BASE POUR LE CALCUL THEORIQUE DES SEUILS
ECONOMIQUES DE MAMESTRA BRASSICAE SUR BRASSICA OLERACEA

Nous allons calculer les valeurs des seuils économiques proposés sur base d'une culture de *Brassica oleracea* var. cabus blanc, supposée plantée à raison de 44.000 plants à l'hectare avec une potentialité productrice maximale (à niveau "zéro" du ravageur) de 88.000 kg/ha , c'est-à-dire 2 kg par plant de chou.

Nous allons supposer que la culture est pré-pomée (16 feuilles bien développées par plant) et que les infestations de 0,5 - 1,0 - 2 - 5 - 10 - 20 et 100 chenilles L1 de Mamestra brassicae par plant vont rester constantes au long de toute la période larvaire.

Le Tableau VI-1 nous fournit les valeurs théoriques de la consommation de matière fraîche par les chenilles aux densités proposées et d'après nos résultats de l'étude de la croissance et consommation de Mamestra brassicae décrite aux chapitres précédents.

TABLEAU VI-1- Consommation (en kilogrammes/ha) calculée * pour Brassica oleracea par différents niveaux d'infestations de Mamestra brassicae, après 1,5,..., 20 jours, sur la base théorique de la consommation étudiée dans le laboratoire (voir valeurs cumulatives au Tableau V-11)

Infestation à partir des chenilles L1 (Chen./plant)		JOUR 1	5	10	15	20	24
			-----	-----	-----	-----	-----
0,5	0,044	0,44	3,96	9,8185	42,497	104,814	
1	0,088	0,88	7,92	19,637	84,994	209,629	
2	0,176	1,76	15,84	39,274	169,988	419,258	
5	0,440	4,40	39,60	98,185	424,970	1048,145	
10	0,880	8,80	79,20	196,370	849,940	2096,29	
20	1,760	17,60	158,40	392,740	1699,880	4192,58	
100	8,80	88,00	792,00	1963,700	8499,400	20962,90	

* Formule utilisée pour nos calculs

(Densité de la culture)

(Niveau d'infestation)

(Poïds de la consommation cumulative après "n" jours)

(Dégâts théoriques attendus)

plants/ha

X

chen./plant

X

grammes/chenilles

=

grammes/ha

TABLEAU VI-2- Prix de vente des différentes variétés de chou (A) et des insecticides (B) d'utilisation possible considérés dans le calculs théoriques des seuils économiques pour Mamestra brassicae sur 3 variétés de Brassica oleracea

A		Variété de chou		Prix payé aux producteurs (1)	FB/kg **
				en 1979	Prix de vente $\bar{x}$
				FB/100 kg *	en magasin (1)
		Blanc		439	33,41
		Rouge		451	25,52
		Vert (frisée)		513	56,72

B		Insecticide		Formulation	Concentration	Prix du produit commercial	Dose i.a. à utiliser/ha	Vv. Dose/ha ***
		AMBUSH :	(Permethrine)	C.E.	10 % i.a.	2784 FB/lit.	70g.	1948,8 FB
		$C_{21}H_{20}Cl_2O_3$						
		UNDEN	(Propoxur)	W.P.	5 % i.a.	3206 FB/kg	200g.	12824 FB
		$C_{11}H_{15}NO_3$						

(1) TVA Incluse
* Référence Min. Agriculture (286 bis)
** Référence Enquête sur 4 magasins à grande surface, 1980
*** Machinerie non comprise , ni main-d'oeuvre

TABEAU VI-3- Calcul de l'unité de dommage économique (Kg/ha) pour 3 variétés de Brassica oleracea dans le cas d'utilisation de 2 insecticides Ambusch (A) et Unden (U) selon 2 situations de prix des choux (M) : prix du chou en magasin/kg (C); prix du chou payé au cultivateur/kg (Voir prix au Tableau VI-2)

Variété Insecticide		Unité de dommage économiques	
		M	C
Chou cabus blanc	A	$\frac{1948}{33,41} = 58,31 \text{ Kg/ha}$	$\frac{1948}{4,39} = 443,74 \text{ Kg/ha}$
Chou rouge		$\frac{1948}{25,52} = 76,33 \text{ Kg/ha}$	$\frac{1948}{4,51} = 431,93 \text{ Kg/ha}$
Chou frisé		$\frac{1948}{56,72} = 34,34 \text{ Kg/ha}$	$\frac{1948}{5,13} = 379,73 \text{ Kg/ha}$
Chou cabus blanc	U	$\frac{12824}{33,41} = 383,84 \text{ Kg/ha}$	$\frac{12824}{4,39} = 2921,1 \text{ Kg/ha}$
Chou rouge		$\frac{12824}{25,52} = 502,51 \text{ Kg/ha}$	$\frac{12824}{4,51} = 2843,4 \text{ Kg/ha}$
Chou frisé		$\frac{12824}{56,72} = 226,09 \text{ Kg/ha}$	$\frac{12824}{5,13} = 2499,8 \text{ Kg/ha}$

A l'aide des valeurs du Tableau VI-2, nous pouvons donc établir un calcul de l'unité de dommage économique et ensuite, du seuil économique pour Mamestra brassicae sur Brassica oleracea. Les limitations de notre approche théorique seront discutées plus tard.

La seule comparaison entre les valeurs obtenues au Tableau VI-3 avec Unden^R, var frisée et prix payé au producteur (C) par rapport à ceux résultant du calcul pour Ambush^R, var frisée et prix (M) magasin, nous permet de voir une différence de plus de 70 fois la valeur du dommage économique. La conclusion n'est pas difficile à établir. L'augmentation du prix des insecticides est en rapport direct avec l'unité de dommage économique. Le prix payé au producteur est en rapport inverse. Nous y reviendrons plus tard.

Calcul des seuils économiques par régression
(Rendement/densité chenilles)

Nous pouvons aussi établir les droites de régression entre les différents niveaux d'infestation (densité de population) x , et les rendements attendus (y) pour chaque période de temps et durée d'infestation.

A partir du Tableau VI-1, nous avons établi le tableau VI-4 avec lequel on a déduit les équations qui sont montrées à la Figure 57. A partir des équations, il est déjà aisé de calculer l'unité de dommage économique au moyen de la formule développée par STEWART (274)(276) et qui consiste tout simplement à mettre en évidence les valeurs de X , soit la plus petite densité qui peut occasionner les valeurs des unités de dommage économique calculés au Tableau VI-3.

TABLEAU VI-4- Calcul estimé des rendements Kg/ha de B. oleracea cabus blanc pour 7 niveaux d'infestation différents de Mamestra brassicae après 5, 10, 15, 20 et 24 jours d'attaque permanente et sans traitement à l'aide d'insecticides

Chenilles plants	Rendements (y) de la culture aux niveaux d'infestation établis (X)				
X*	Y** 5	Y** 10	Y** 15	Y** 20	Y** 24
0,5	87999,50	87996,04	87990,10	87957,50	87895,19
1	87999,50	87992,08	87980,30	87915,00	87790,3
2	87998,20	87984,16	87960,70	87830,02	87580,7
5	87995,60	87960,40	87901,80	87575,03	86951,8
10	87991,20	87920,80	87803,70	87150,06	84855,5
20	87982,40	87841,60	87607,30	86300,12	83807,5
100	87912,00	87208,00	86036,30	79601,00	67038,0
a=	87999,19	88000,00	87999,93	87993,89	87824,13
b=	-0,87	-7,92	-19,64	-83,96	-208,30
Equations de régression	y= 87999,19 - 0,87 X	y= 88000 - 7,92 X	y= 87999,9 - 19,6 X	y= 87993,8 - 83,9 X	y= 87824,13 -208,3 X

* X = Densité exprimée en nombre de chenilles/plante

** Y_n = Rendements attendus en Kg/ha pour les conditions établies au Tableau VI-1 après 5,10,15,20 et 24 jours.

TABLEAU VI-5 - Calcul du seuil économique de population du ravageur dans nos conditions.

A l'aide de la Formule $x = \frac{a - Y}{+b}$ et pour chacune des conditions, telles que présentées au Tableau VI-3

Equation établie Rendement = f (densité)	Variété	Durée de l'attaque -jours-	(a-Y) Niveaux de battage économique (Kg/ha)		Seuil économique du ravageur (chenilles/plant)	
			(M)	(C)	(M)	(C)
= 87999,19 - 0,87 X	B	5 jours	58,31	443,74	67,02	510,05
	R		76,33	431,93	87,74	496,4
	F	A	34,34	379,73	39,42	435,6
	B		383,84	2921,1	441	3357
	R	U	502,51	2843,4	577	3267
	F		226,09	2499,8	259	2872
= 88000 - 7,52 X	B	10 jours	58,31	443,74	7,36	56,02
	R		76,33	431,53	9,64	54,53
	F	A	34,34	379,73	4,34	47,95
	B		383,84	2921,1	48,46	368
	R	U	502,51	2843,4	63,45	359
	F		226,09	2499,8	28,55	315
= 88000 - 19,6 X	B	15 jour	58,31	443,74	2,98	22,64
	R		76,33	431,93	3,89	22,04
	F	A	34,34	379,73	1,75	19,37
	B		383,84	2921,1	19,58	149,04
	R	U	502,51	2843,4	25,6	145,05
	F		226,09	2499,8	11,54	127,5
= 87993,8 - 83,9 X	B	20 jours	58,31	443,74	0,69	5,29
	R		76,33	431,93	0,91	5,15
	F	A	34,34	379,73	0,41	4,53
	B		383,84	2921,1	4,57	34,82
	R	U	502,51	2843,4	5,99	33,89
	F		226,09	2499,8	2,69	29,79
= 87824,1 - 208,3 X	B	24 jours	58,31	443,74	0,28	2,13
	R		76,33	431,93	0,37	2,07
	F	A	34,34	379,73	0,16	1,82
	B		383,84	2921,1	1,84	14,02
	R	U	502,51	2843,4	2,41	13,65
	F		226,09	2499,8	1,09	12,0

B: Cabus blanc
R: Rouge
F: Frisé
A: Ambush
U: Unden
M: Prix magasin
C: Prix cultivateur

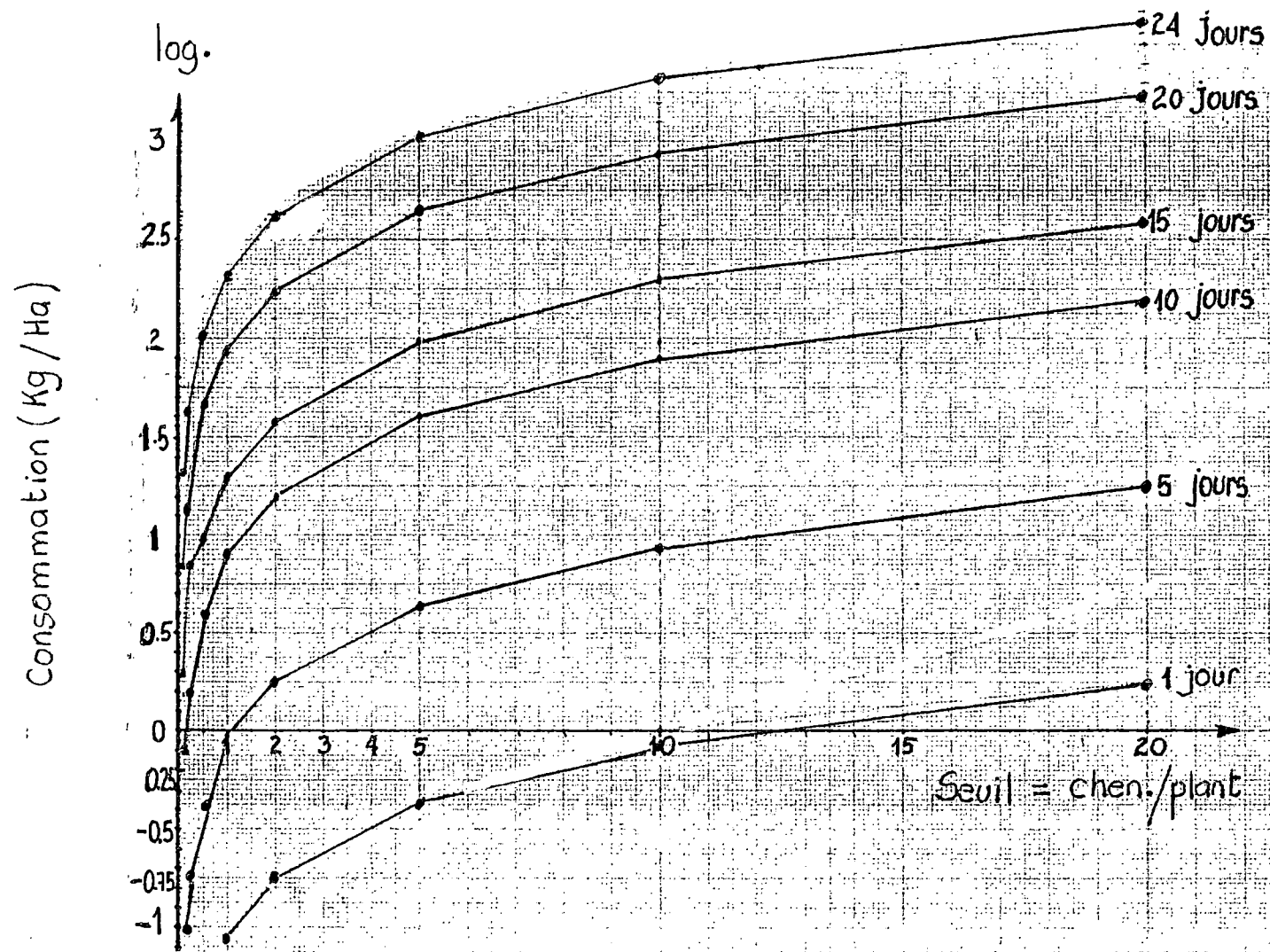


FIGURE 56 - Graphique pour l'estimation des densités de population de Mamestra brassicae capable d'atteindre les seuils de dommage économique d'après nos études de consommation des chenilles en laboratoire.

Le Tableau VI-5 nous permet donc de montrer les valeurs de la densité (chenilles/plante) qui vont occasionner le niveau de dommage économique (Kg/ha).

Nous pouvons aussi établir ces valeurs d'une manière approximative mais beaucoup plus rapide à l'aide d'un graphique dans lequel on place les valeurs de la consommation (dégâts) en Kg/ha en ordonnées, et en abscisses, la densité des chenilles (chen/pl) capables d'occasionner tel ou tel dégât et pour une durée précise (5,10,15,20 ou 24 jours dans notre cas).

La Figure 56 nous exprime ces valeurs (en logarithmes pour faciliter l'échelle). Nous pouvons à partir d'une valeur donnée de dommage économique en Kg/ha sur l'échelle des ordonnées, tirer une droite horizontale qui coupe la courbe des dégâts pour une densité et temps choisis. La verticale tirée de ce point d'intersection sur l'axe des abscisses, nous donne la valeur de la densité recherchée.

Le même procédé peut être utilisé dans le sens inverse pour établir l'unité de dommage économique en connaissant le seuil économique d'un ravageur.

Finalement, à l'aide de la Figure 57 (où sont exprimées et placées les droites de régression des productions (rendements) Y attendus pour chaque densité de population), nous pouvons déterminer les valeurs de seuil économique d'après les valeurs de dégâts ou de dommage économique établis selon les prix des insecticides et des cultures en question pour Mamestra brassicae et dans nos conditions.

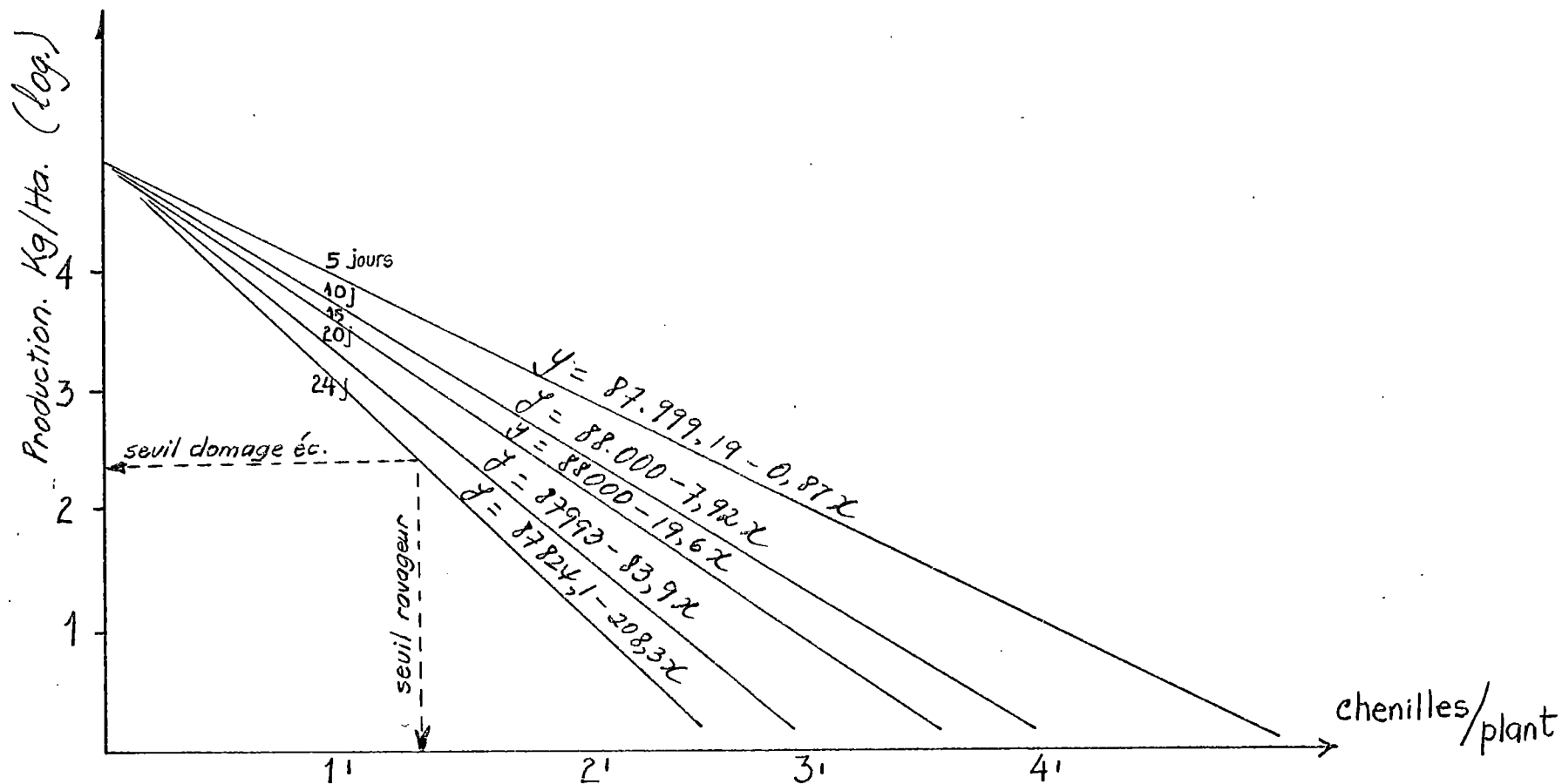


FIGURE 57 - Graphique pour l'estimation des seuils économiques (niveau de dommage ou de densité du ravageur) de Mamestra brassicae L. sur Brassica oleracea L.

D - DISCUSSION - CONSIDERATION SUR NOS DONNEES DE BASE POUR LES CALCULS

Il faut dire que la simplification de notre approche comporte une série d'avantages sur le plan de l'interprétation et de la compréhension de notre modèle théorique, mais aussi donne lieu à des interprétations trop hâtives si l'on ne considère pas toute une série de variables.

Ces facteurs de variabilité peuvent être classés en deux groupes principaux. D'une part, ceux qui vont influencer nos résultats dans le sens positif (calculs au-delà de la réalité) et d'autre part, ceux qui au contraire, porteront nos résultats en-deça des vraies conditions du terrain.

Dans le groupe de facteurs qui peuvent exagérer nos calculs par surestimation des dégâts théoriques, nous devons signaler :

1- Concernant les chenilles -

La consommation dans des conditions de laboratoire doit être beaucoup plus grande, pour la totalité de la population, étant donné que toutes les chenilles ont les mêmes possibilités d'accès à la nourriture, laquelle a été sélectionnée et désinfectée chaque jour pour garantir un développement optimal des larves.

De plus, la mortalité en laboratoire a été nulle pour nos études de consommation et il est bien connu que dans la nature, il y a toujours une perte très grande d'individus pour cause de facteurs de milieu (maladies, parasites, prédateurs et climat).

Le phénomène de dispersion montré aux figures 45 et 46 du chapitre précédent, est aussi une cause importante de la diminution des densités de population dans la nature. En laboratoire, ce facteur est éliminé de fait, car toutes les chenilles sont maintenues dans des conditions optimales de densité.

2- Concernant la plante-hôte -

La qualité de la nourriture ainsi que la quantité fournie aux chenilles en laboratoire sont toujours optimales. Cela a pour effet de donner à toutes les chenilles la même possibilité de se nourrir sans risquer de se contaminer avec de la nourriture infectée.

3- Concernant le milieu -

La température, l'humidité relative, la photopériode sont maintenues dans des limites idéales en laboratoire. Les risques de diminution de la population par des parasites, des prédateurs ou des maladies ne sont pas présentes en laboratoire. De même, les facteurs imprévisibles du milieu tels que la pluie, le vent ou le risque de noyades sont éliminés.

Les dégâts dans les étapes initiales donnent lieu à une réponse de récupération de la plante-hôte, ce qui fait que des infestations trop basses peuvent à la limite être à la base d'une augmentation des rendements de la culture.

Tous ces facteurs que l'on vient de mentionner font que nos estimations de la consommation des chenilles sur le terrain et sur la base des données du laboratoire sont biaisées par excès.

Cependant, le deuxième groupe de facteurs que nous allons examiner de manière succincte fait contrepoids aux biais précédents.

1- Concernant les chenilles :

La consommation sélective dans les premières étapes du développement des chenilles donnent lieu à une dispersion des chenilles qui est en dehors de nos calculs de laboratoire. Cette dilution des densités (chenilles/plant) crée une augmentation des risques de dommage dans la présentation du produit qui pourrait souffrir d'une diminution de prix sur le marché.

2- Concernant la plante-hôte, nous ne devons pas oublier que ce sont les dégâts sur les têtes des choux qui sont les plus importants sur le plan du prix du produit et non ceux réalisés par les chenilles sur le feuillage.

Il est aussi important de souligner que les stades L4, L5 et L6 sont les plus voraces et que nos calculs et l'élimination des biais doivent être plus soigneusement pris en considération à ce niveau.

PRASAD (61) a pensé à ce problème en établissant des catégories de dommage d'après la taille (diamètre et poids) du chou et d'après la profondeur des dégâts sur la tête (l'épaisseur de deux feuilles étant la limite maximale acceptée).

La consommation des chenilles pendant la journée et en laboratoire s'étalonne de manière plus ou moins précise. Ce qui n'est pas nécessairement le cas sur le terrain.

Finalement, notre approche aurait pu être complète si nos études sur la consommation en laboratoire avaient pu être confrontées aux données réelles des rendements d'une culture infestée dans des conditions de terrain et en absence de produits phytosanitaires. Ce genre de travail peut exiger au moins trois années d'observations pour échapper aux variations que le climat fait subir à la réponse de la culture face aux ravageurs et au comportement des chenilles dans la nature (61).

Quelques remarques sont nécessaires :

Si l'on considère que les dégâts ont lieu de manière uniforme sur toute la surface du chou, on peut alors estimer que le poids total consommé (P_T) par les chenilles défoliatrices sur un chou est réparti en proportion égale à la surface des feuilles et à celle de la tête du chou lui-même.

Pour un chou qui a 4 mois de développement avec au moins 20 feuilles à 30 x 20 cm de dimension et une tête de 18 cm de diamètre

nous avons : $20 \times 30 \times 20 = 12.000 \text{ cm}^2$ de surface de feuilles
et $4\pi(9)^2 = 1017 \text{ cm}^2$ de surface de la tête du chou.

Dès lors, la surface des feuilles constitue 92 % de la surface de la plante et la tête, 8%. Par contre, le poids des feuilles est 8 % du poids total du chou et la tête est 92 % du poids.

Cette situation doit être prise en considération lorsqu'on veut décider sur l'importance des dégâts à un certain niveau de la plante-hôte.

Il faut signaler que si les dégâts ont lieu dans la majorité des cas sur les feuilles, un faible dégât sur la tête peut entraîner la perte totale de la valeur marchande du chou. D'autre part, il faut retenir que le prix de vente est déterminé très faiblement par le poids des 4 à 8 feuilles qui restent enveloppant le produit mais c'est la perte des feuilles avant la formation de la tête du chou qui peut entraîner soit une très forte diminution de poids final de la tête et donc du prix de commercialisation.

E - CONCLUSION

D'après les résultats de nos calculs réalisés sur le comportement des chenilles de Mamestra brassicae, en laboratoire et notre modèle théorique du développement des dégâts, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

L'établissement des seuils économiques d'un ravageur , quel qu'il soit, nécessite la mise en place d'une équipe multidisciplinaire ou pluraliste de chercheurs. Les implications d'ordre social , d'ordre économique et d'ordre technique et biologique du problème sont déjà une preuve inattaquable de ce besoin.

L'étape que nous venons d'accomplir sur le plan théorique est indispensable. On ne peut pas imaginer une étude sérieuse qui puisse négliger les aspects fondamentaux d'une étude en laboratoire sur le plan biologique et comportemental du ravageur. La simplification de notre approche permet de mieux comprendre le dessein d'un modèle plus poussé qui doit prendre en considération un grand nombre de variables (dont on a discuté précédemment).

Pour le cas particulier qui nous occupe, nous pouvons reprendre la phrase de STERN 1973 :

..." Il est nécessaire d'établir la densité minimale du ravageur capable d'occasionner des dommages économiques dans tout programme de lutte intégrée...".

Le grand nombre de cultures pour lesquelles on a déterminé les seuils économiques des ravageurs principaux font preuve de l'importance de ce facteur. Mamestra brassicae n'a jamais fait l'objet de cette approche malgré l'importance économique de cette espèce.

Le rapport entre rendements et densité des ravageurs doit être établi sur base des expériences réalisées sur le terrain.

La simplification des calculs par l'informatisation des données permettra un travail plus aisé dans la partie appliquée du problème. L'étape d'étude de la croissance et de la consommation accomplie dans le chapitre, est une base non négligeable pour l'initiation des études sur le terrain.

Vu le niveau des prix des produits, la qualité au niveau de la prise de décision pour l'exécution d'un plan de lutte, doit être augmentée et doit être l'affaire d'un personnel préparé et qualifié.

Sur le plan de notre approche théorique, on peut noter une grande différence entre les niveaux de dommage économique (NDE) calculés sur base du prix du produit final au magasin et ceux calculés sur base du prix payé aux producteurs.

L'augmentation des prix de vente du produit final a l'effet d'augmenter les seuils maximaux permissibles de présence d'un ravageur sur la culture (ceci sur le plan du calcul théorique). Cependant, les producteurs ont tendance à avoir beaucoup plus de soucis pour leur production et l'effet est contraire, c'est-à-dire une culture bénéficiant de prix élevés sur le marché est beaucoup plus soignée sur le terrain (parfois beaucoup plus qu'il ne le faut) et les niveaux des ravageurs acceptés par les producteurs sont beaucoup plus petits que ceux que la culture pourrait vraiment supporter sans dommage.

Ce dernier point doit être pris en considération si l'on veut expliquer l'intérêt de la mise en place d'un personnel entraîné et capable de comprendre l'interaction des phénomènes de marché et de lutte contre les ravageurs.

Les graphiques proposés pour l'estimation des seuils de dommage économique doivent être mieux précisés et établis en fonction des rendements observés sur terrain. De plus, d'autres modèles d'étude comme ceux que nous proposons ci-dessous devront être d'une grande utilité dans un plan de lutte intégrée (Figures 58 - 59-60).

Finalement, la mise au point d'une technique de calcul des seuils économiques est indispensables vu la nécessité d'une actualisation permanente des dits seuils.

FIG 58.

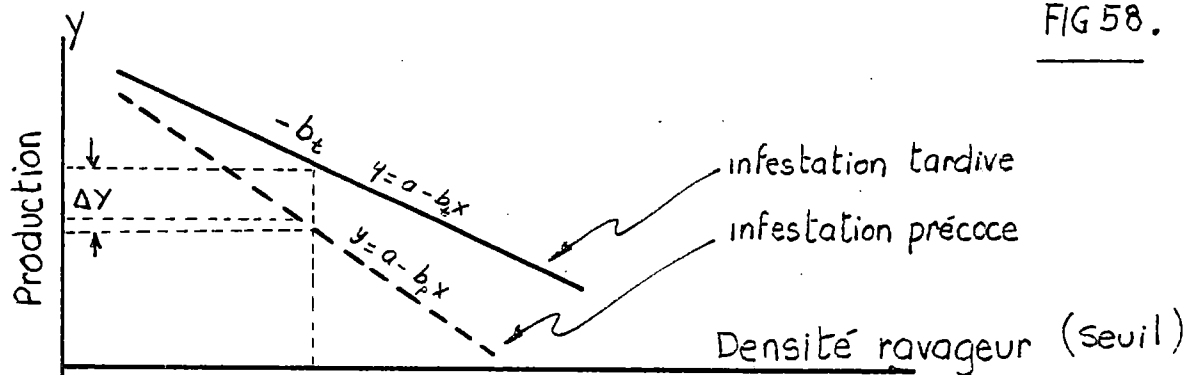


FIG 59.

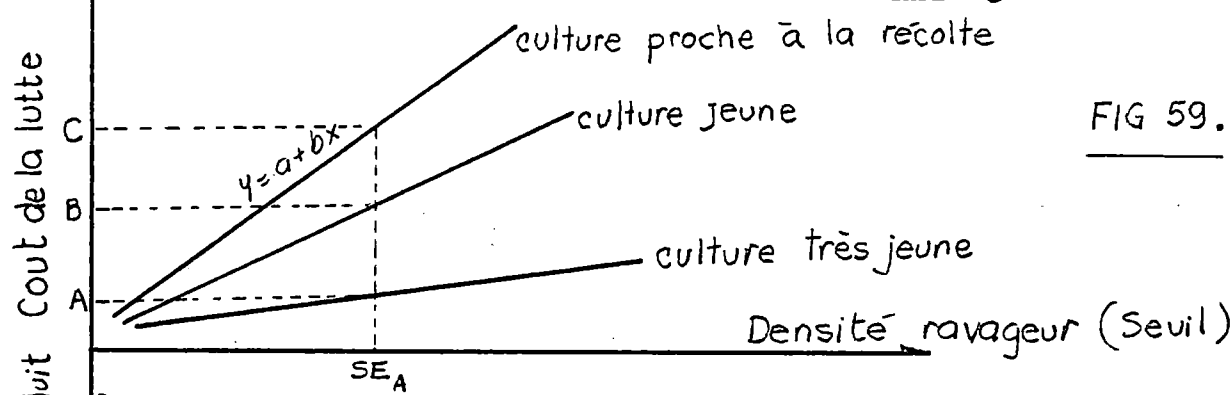
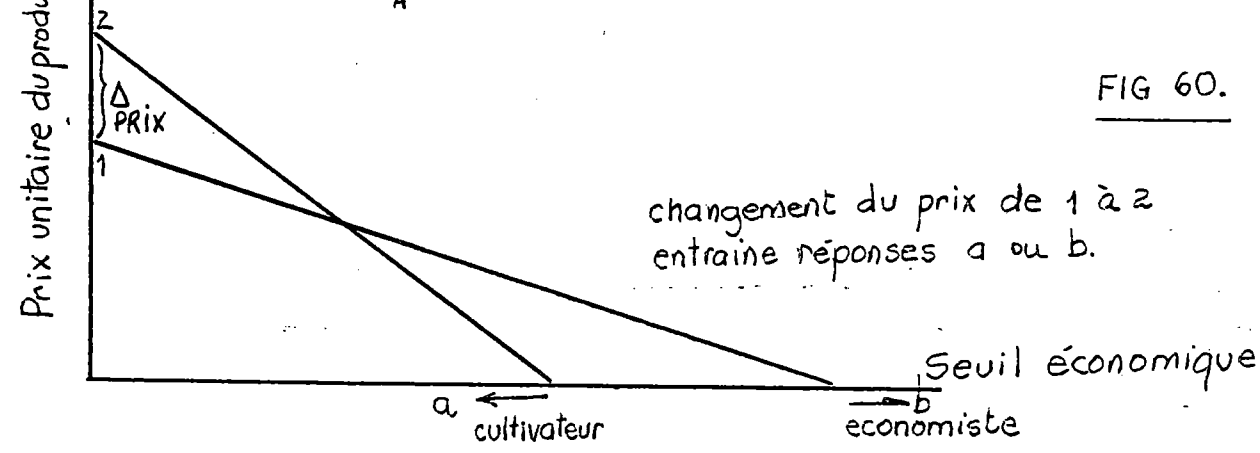


FIG 60.



Ainsi, sur la Figure 58, nous proposons un cas dans lequel une infestation précoce d'un ravageur pourrait donner lieu à une perte des rendements égale à ΔY par rapport aux rendements d'une culture un peu plus développée dont l'infestation est identique. Cependant, ce cas n'est que théorique car on pourrait très bien imaginer que la même culture peut être capable de mieux supporter les dégâts pendant une période de croissance initiale que vers la fin de son développement. Cela dépend de la culture elle-même et du type de ravageur. Dans le cas de Brassica oleracea, PRASAD (61) a trouvé que la 7ème semaine était plus sensible que la 4ème ou la 9ème aux ravages de Pieris brassicae L.

Finalement, c'est la pente "b" des droites de régression l'index qui numériquement parlant nous fournira le paramètre de comparaison plus précis du comportement de la plante-hôte vis-à-vis des attaques de l'insecte cible.

La Figure 59 permet d'étudier le rapport entre le coût de la lutte chimique ou autre et la densité du ravageur.

Trois conditions, à titre d'exemples, peuvent être considérées.

1- Culture proche de la récolte qui peut supporter des niveaux des niveaux économiques à des coûts de contrôle très élevés. Pour un niveau SE_A , le cas (1) supporte un coût de lutte C; le cas (2), supporte un coût maximum de B, FB/Ha et le cas (3); supporte un coût maximum de A, FB/Ha. ($A < B < C$).

Finalement, et d'après l'information fournie par notre cultivateur à Meux, la culture de choux est soumise à 5 traitements insecticides en moyenne pour le contrôle de Mamestra brassicae. Sur cette base, et les niveaux de dommage économique calculés au Tableau VI-3 et les valeurs de seuil économique calculées au Tableau VI-5, nous obtenons un éventail de possibilités à considérer d'où il ressort clairement que les niveaux d'infestation économiques sont rarement dépassés (Voir Tableaux) et que par contre, notre cultivateur en question utilise la lutte chimique beaucoup avant que cela ne soit nécessaire.

A titre d'exemple, le 24 août 1980, on a répertorié 400 oeufs sur 750 plants de chou visités; cela fait $\bar{X} = 5,33$ oeufs/plant. Dans ce cas, et si la mortalité des chenilles est considérée nulle, il faudrait laisser progresser cette population pendant 20 jours au moins pour atteindre le seuil économique calculé dans les conditions de $Y = 87.999 - 83,9 \times$ (Voir UNDEN, prix M, 20 jours à la Figure 57 et le Tableau VI-3). D'autre part, dans 19 des 60 cas répertoriés au Tableau VI-3, on pourrait craindre un dommage économique par une telle infestation (5,33 oeufs/plant), mais dans 17 des 19 cas, il faudrait plus de 20 jours d'attente et 0 % de mortalité des chenilles pour arriver au seuil de dommage économique.

Ces considérations nous permettent d'affirmer notre thèse sur l'excès dans l'utilisation d'insecticides sur la culture de Brassica oleracea, avec les problèmes que cela comporte, et d'autre part, nous confirme la nécessité d'agir sur cette culture et d'autres dont les ravageurs sont "contrôlés" de manière non rentable et parfois irresponsable, même si un facteur de prévention des cultivateurs explique une telle procédure.

D'après nos observations personnelles en Amérique Latine et en Europe, on pourrait penser que du point de vue économique, la situation est beaucoup plus grave en Europe où la rentabilité des marchés permet de gaspiller un peu plus, voire traiter préventivement, que dans des pays non industrialisés et non producteurs d'insecticides. Cependant, il est à craindre qu'aux Tropiques, les écosystèmes étant beaucoup plus fragiles, les conséquences écologiques et socio-économiques de cet abus vont apparaître à plus court terme.

Le juste équilibre doit être trouvé entre prévention et gaspillage par excès de soin.

D'autres facteurs d'ordre psychologique doivent aussi être pris en considération. Souvent, on fait appel au facteur psychologique ou préventif dans la lutte contre les ravageurs.

Ainsi, un des points faibles des insecticides microbiologiques est centré sur la lenteur relative de leur activité insecticide. On dit "relative" du fait que l'action du Bacillus thuringiensis par exemple, se déclenche 2 ou 3 heures après l'ingestion du bacille et les symptômes de morbidité ne sont pas facilement décelables avant 24 heures. Ceci est à la base de la méfiance des producteurs qui vont voir augmenter leur peur face à un ravageur qui reste vivant après l'utilisation d'un insecticide sans effet de choc. (Voir l'exemple graphique à la Figure 60).

FRIEDMAN et SAVAGE 1948, cités par NORGAARD en 1976 (266) ont très clairement expliqué le phénomène (Figure 60bis). Les cultivateurs vont opter pour gagner un peu moins, donc accepter de voir réduire leurs profits mais à condition d'éliminer le sentiment d'incertitude, d'insécurité qu'un produit à action "tardive ou lente" comme Bacillus thuringiensis, peut donner.

C'est pourquoi, il faut rappeler encore une fois que la lutte contre les ravageurs à l'heure actuelle n'est, ou plutôt ne devrait plus être l'affaire exclusif des producteurs d'insecticides et des cultivateurs. C'est une affaire qui concerne la société entière et par conséquent, d'autres spécialistes devront affronter le problème. De plus, il s'agit d'un sujet qui comporte plusieurs branches de la science, c'est donc une affaire pour des groupes pluridisciplinaires. L'écologie dans son esprit de synthèse, est appelée à y donner son avis.

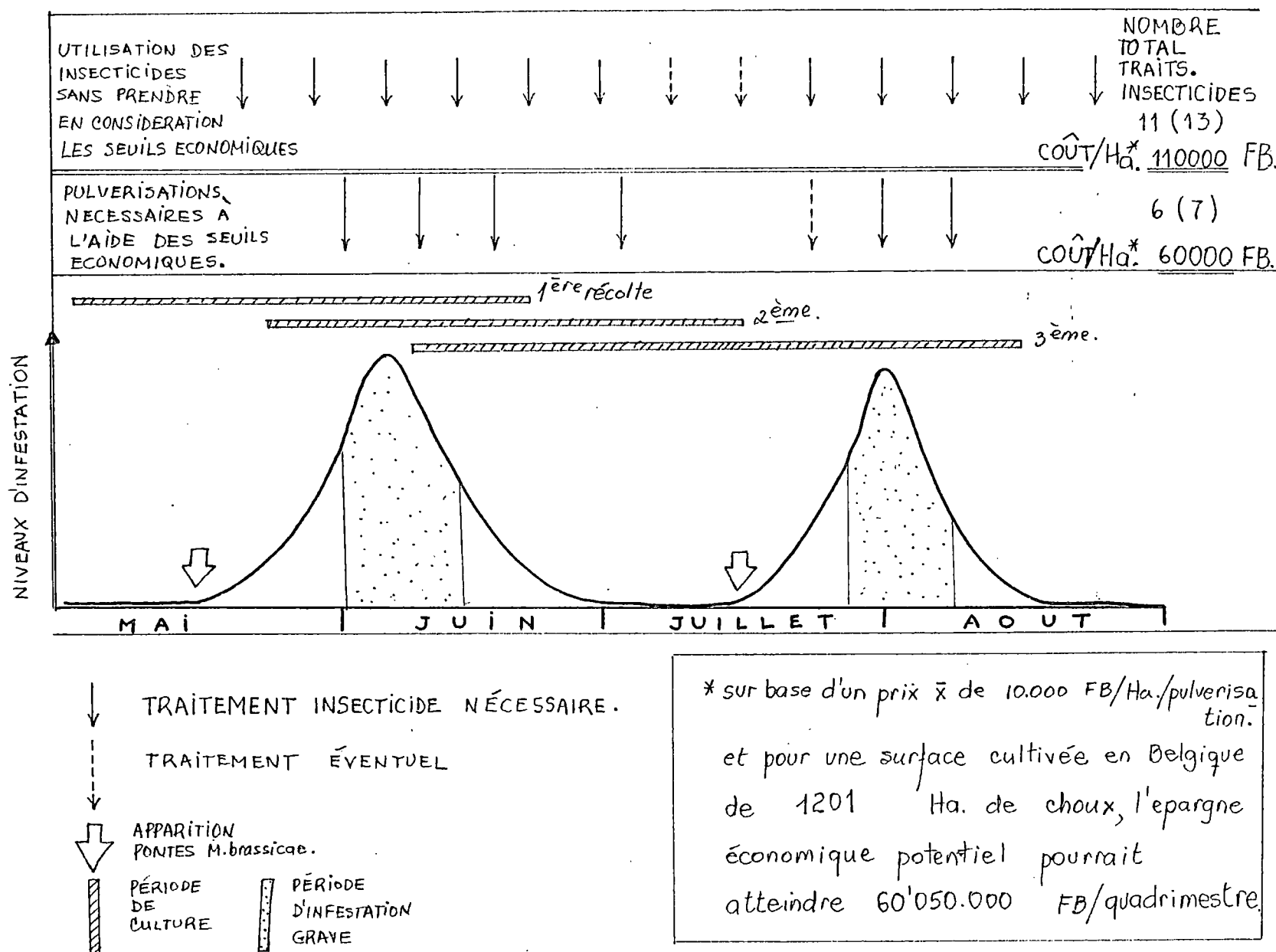


Figure 60 - Comparaison des coûts de lutte chimique contre la noctuelle du chou tel que fait par le cultivateur et tel que nous l'envisageons à l'aide des seuils

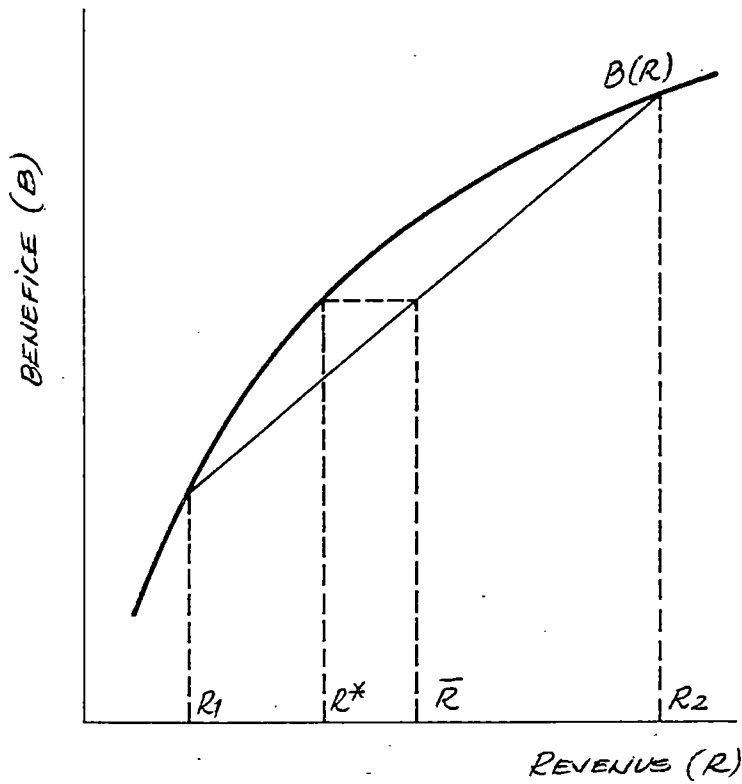


FIGURE 60 - D'après NORGAARD, 1976 (266), la courbe $B(R)$ nous
Bis exprime le rapport entre les Revenus et les Bénéfices
dans la situation du cultivateur.

La pente décroissante de cette courbe nous indique la peur du risque. Le cultivateur, confronté au risque permanent d'avoir un revenu aussi élevé que R_2 ou si bas que R_1 , préférera un revenu R^* , inférieur à la moyenne entre (R_1) et (R_2) .

- ($\bar{R}$) La différence entre R et R^* nous indique l'intérêt ou la taxe que le cultivateur serait disposé à payer pour éviter l'incertitude entre R_1 et R_2 .

VII- CONCLUSIONS

CONCLUSIONS GENERALES

L'importance de Mamestra brassicae est indiscutable, tant sur le plan économique que sur le plan de la recherche fondamentale. En effet, c'est sur des insectes clef comme Mamestra brassicae en constitue un exemple, que des programmes de lutte intégrée pourront être mis au point. C'est ainsi que des programmes de lutte intégrée ont été développés en Amérique en travaillant autour des "Key-Pest". Trichoplusia ni, Heliothis virescens, Heliothis armigera, Spodoptera littoralis, Spodoptera frugiperda, Pectinophora gossypiella, Leptinotarsa decemlineata, Lygus lineolaris en sont quelques exemples d'importance.

L'ordre chronologique de nos recherches a suivi par force celui des chercheurs qui mènent des travaux sur la lutte contre les ravageurs de cultures. C'est pourquoi, la première démarche a concerné la mise au point d'un élevage de masse et de reproduction pour suppléer nos besoins de matériel d'étude. Dans cette étape, les problèmes principaux retenus ont été :

- La sélection d'une souche * , la mise au point d'une méthodologie ou procédure en laboratoire.
- La mise au point d'une nourriture de substitution convenable et facile à préparer.
- L'amélioration de la rentabilité de l'élevage.

Dans cet ordre d'idées, l'élevage doit de préférence être installé et créé à partir de souches sauvages. Les raisons évoquées sur la diversité génétique et l'adaptabilité aux conditions de laboratoire son à rappeler.

La qualité de la nourriture et la propreté des installations sont aussi des facteurs clés pour la réussite d'un élevage. Finalement, la rentabilité de l'élevage représenté par un grand

nombre d'individus produits à des prix minimaux, doit toujours être prise en considération. Souvent, si pas toujours, les chercheurs doivent faire des restrictions budgétaires pour bien mener à terme leurs travaux; une excellente manière de le faire consiste à simplifier les tâches d'élevage et à chercher les conditions du milieu idéales pour le développement de l'insecte en étude. Cela veut dire, nourriture, climat, et désinfection permanente.

Les souches sauvages nous ont permis d'effectuer des recherches sur l'éclosion, le comportement d'appel et d'accouplement parmi d'autres, mais il reste indispensable la présence d'une souche de laboratoire, seule manière de se fournir en permanence du matériel pour les recherches. Le renouvellement des souches du laboratoire, une fois par an au moins est aussi fondamental.

En ce qui concerne le comportement de ponte de Mamestra, plusieurs points d'intérêt sont à souligner.

La caractéristique d'agrégation paraît être un outil intéressant en vue de comparer le comportement de Mamestra brassicae face aux substrats de ponte.

Ce phénomène était suggéré dans nos observations sur le terrain et apparaît très clairement dans nos essais de laboratoire. Le facteur milieu ambiant pourrait jouer dans l'accentuation du phénomène en laboratoire.

La confirmation du sex: ratio (1:1) aussi bien sur l'ensemble de la population que sur les avantages du confinement de couples (1:1) dans les pondoires pourront être utiles dans le cadre de méthodologie de lutte autocide. En effet, l'espèce étant très dépendante des facteurs sex:ratio, toute altération de cette proportion pourrait entraîner des effets nuisibles à l'espèce cible.

Nous avons pu constater l'existence d'un comportement d'appel et d'accouplement. Les recherches sur la synthèse de la phéromone (201) (117) sont ainsi complétées sur le plan comportemental.

La structure circadienne du phénomène ouvré elle aussi des possibilités dans le but d'interférer la reproduction de Mamestra brassicae sur le terrain.

La morphologie des génitalia de Mamestra brassicae a aussi pu être décrite mettant en évidence une possibilité d'explication aux phénomènes de sélection des souches (accouplement non possible) et de différenciation interspécifique par incompatibilité physique de l'accouplement entre espèces proches.

L'âge, la fréquence et la capacité d'accouplement sont aussi des paramètres d'intérêt dans le but d'étudier l'efficacité de nouvelles armes contre Mamestra brassicae.

Concernant le comportement de ponte sur le terrain, on doit souligner notamment la capacité de Mamestra brassicae pour choisir un endroit précis pour la réalisation de sa ponte. Ce comportement nous permettra dans l'avenir, de simplifier les tâches de récolte et d'évaluation des niveaux d'infestations, indispensables dans la lutte intégrée. Aussi, le développement de techniques d'application d'insecticides peuvent déjà se fixer un but dans le placement des produits toxiques dans la "niche" de Mamestra brassicae.

La réponse différente sur la ponte et la digestibilité des trois variétés étudiées, nous permet de prévoir d'autres possibilités de lutte. Culture intercalées, ou variétés résistantes ouvrent pour Mamestra brassicae un nouveau terrain de recherche appliquée.

Les expériences sur l'impact de l'odeur des plantes-hôtes sur l'accouplement et sur la ponte nous donnent des lumières sur de nouveaux terrains de recherche.

La phéromone étant le facteur clé pour la rencontre des sexes il reste la présence de la culture en tant que lieu de rencontre des individus et à ce titre, son importance n'est pas négligeable.

Un aspect est à souligner . Sur le plan de la connaissance de la biologie et le comportement de Mamestra brassicae, notre approche nous a permis d'approfondir sur des phénomènes un peu négligés dans la littérature scientifique, sûrement en raison des problèmes du temps et de main-d'oeuvre que ces recherches peuvent comporter. Nous croyons aussi que notre apport sur le plan méthodologique de la recherche peut être utile dans l'avenir pour développer et approfondir l'étude de cette Noctuidae et d'autres . L'écologie appliquée doit commencer l'étude des problèmes par la base, c'est-à-dire, l'étude des organismes en tant qu'espèces ou qu'individus afin de mieux comprendre leur rôle dans l'ensemble d'un écosystème.

Les possibilités de lutte à l'aide du Bacillus thuringiensis peuvent être envisagées . Les formulations avec des pyréthroides sont fort prometteuses. Cependant, sur le plan de la résistance comportementale, les doutes surgissent sur l'efficacité de Bacillus thuringiensis.

En ce qui concerne l'activité du Bacillus thuringiensis, on a pu déceler l'effet des cristaux isolés sur la consommation d'oxygène de Mamestra brassicae (L4). La technique de mesure de la consommation d'oxygène a mis en évidence ce phénomène qui est un peu en contradiction avec ce que d'autres chercheurs ont préconisé sur l'inocuité du cristal même s'il est dissous dans le tube digestif de Mamestra brassicae car on a pu montrer un effet sur la consommation d'oxygène après ingestion par Mamestra brassicae des cristaux du Bacillus thuringiensis. De plus, notre technique pour mesurer la consommation de feuillage chez des phytophages permettra d'une manière aisée et rapide, de mesurer l'impact de nouveaux produits ou de nouvelles techniques visant Mamestra brassicae . Cette technique peut permettre le calcul exact (0,01 mg) du poids d'un toxique consommé par une chenille et par extension, le calcul du nombre d'unités toxiques consommées v.g. nombre de cristaux ou de spores d'une solution à concentration connue. En plus, la technique peut aussi être valable pour les études sur l'évaluation des niveaux de défoliation d'une culture (échantillonnage)

par exemple.

Les études sur la croissance et la nutrition de Mamestra brassicae nous fournissent une base de comparaison de nouveaux produits contre la noctuelle ou d'autres insectes ravageurs.

Pour ce qui est en rapport avec les aspects socio-économiques, du problème de Mamestra brassicae ou plutôt les seuils de lutte: Notre approche théorique permet de voir tout le terrain qui reste à étudier. Il est clair que Mamestra brassicae est "contrôlée" d'une façon inadéquate du point de vue social et économique mais on pourrait déjà envisager des études sur le terrain afin d'établir avec certitude, les vrais seuils de lutte et d'améliorer la rentabilité du contrôle.

On ne saurait pas tirer profit de nos recherches sans un sens auto-critique permanent. Beaucoup de points restent à être éclaircis et à étudier. Notre travail nous a permis de mettre en évidence la nécessité d'approfondir les études sur les ravageurs au niveau du comportement. Cette première approche sur Mamestra brassicae est nécessairement incomplète et il nous correspond ici de mentionner les points principaux sur lesquels on doit porter une recherche dans la ligne du travail que nous nous sommes fixée:

- Sur le plan des élevages, il faudra lors de programmes de lutte autocide, améliorer l'efficacité et la productivité des souches. Un plan d'automatisation des élevages doit être envisagé.
- Sur le plan du comportement des imagos, il s'impose l'étude en laboratoire d'abord et sur le terrain plus tard, de l'intensité des réponses des mâles vis-à-vis des phéromones de Mamestra brassicae à concentrations variables. Le but de cette recherche doit être celui d'établir les seuils maximaux de réponse des mâles pour l'utilisation de techniques, autocides, pièges, etc...

- Il serait souhaitable d'approfondir le thème du coefficient d'agrégation des pontes. Notre approche nous semble être seulement un premier pas. Même si la conception est originale, nous devons accepter qu'elle n'est pas totalement au point. D'autres facteurs, tels que la température, % d'humidité relative, la photopériode, la souche de l'insecte, l'odeur de la plante-hôte doivent aussi être à la base de la plus grande ou plus petite agrégation des oeufs. Si l'on pouvait déceler la ou les causes de ce mécanisme, l'utilité pratique de cette information aurait des répercussions inimaginables à l'heure actuelle.

Notre étude a porté sur trois variétés de Brassica oleracea face à Mamestra brassicae. Il faudra donc compléter l'information limitée que nous avons apportée sur les rapports plante-hôte - ravageur, sur le plan des rapports d'autres plantes-hôtes d'importance économique (betterave, lin, tabac, etc...) qui pourront être éventuellement attaquées par Mamestra brassicae. Une vraie conception de lutte intégrée doit tenir compte de l'alternance possible d'hôte par les ravageurs.

La mise en évidence des mécanismes comportementaux de Mamestra brassicae face au Bacillus thuringiensis nous permet d'envisager la nécessité d'augmenter les recherches sur le plan de la formulation des insecticides. Si chez les produits à action par contact le problème ne se pose pas, nous ne pourrions plus négliger ce "dégoût" de Mamestra brassicae face au Bacillus thuringiensis. D'autre part, l'étude sur la consommation d'oxygène nous demande certainement une définition plus claire des mécanismes qui sont à l'origine de la réponse mise en évidence chez Mamestra brassicae.

Finalement, il reste tout à faire sur le plan éducatif des producteurs. L'inexistence d'un organisme gremial qui groupe les intérêts des cultivateurs fait maintenir leur dépendance face aux représentants des maisons distributrices d'insecticides dont leur but immédiat est l'accroissement des ventes avec les graves conséquences que nous avons déjà citées précédemment.

VIII - BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- (1) ALLEN M.D., 1959, Respiration rates of larvae of Drone and Worker honey bees, A. Mellifera L., J. Econ. Entom 52 : 399-402
- (2) ALLEN M.D., 1968, Metabolisme. 1. Respiration, dans "Traité de la biologie de l'abeille", sous la direction de R. Chauvin, Ed. Mason & Cie, Paris VIè, pp. 201-215.
- (3) ALESHINA O.A., 1976, Scientific principles for the production of microbiological preparations for plant protection. Trudy Vsesoyuznogo Nauchnoissledovatel'skogo Instituta Zashchity Rastenii (1976) 47, 64-67, Vsesoyuznyi Nauchno-issledovatel'skii Institut Bakpreparat, USSR.
- (4) ALI-NIAZEEN M.T., 1974, Evaluation of Bacillus thuringiensis against Archips rosanus (Lepidoptera-Tortricidae) Canadian Entomologist (1974) 108(4) : 303-398
- (5) ALTAHTAWY, M.M. ; ABALESS I.M., 1972, Compatibility of the Bioinsecticide Thuricide 90 TS. Flowable with insecticides used in the chemical control of Spodoptera littoralis (Boisd.) (Lepidoptera : Noctuidae). Bulletin of the entomological Society of Egypt. Economic Series (1972) n° 6 : 239-245
- (6) ALTAHTAWY M.M. ; ABALESS I.M., 1972, Effect of storage on the bioinsecticide Thuricide 90 TS Flowable, Bulletin of the entomological Society of Egypt, Economic Series (1972) N° 6 : 43-46
- (7) ALTAHTAWY M.M. ; ABALESS I.M., 1973, Thuricide 90 TS Flowable a recent approach to the biological control of Spodoptera littoralis (Boisd). Zeitschrift für Angewandte Entomologie (1973), 72 (2) 299-308
- (7 bis) ANG B.J. & ICKERSON K.W., 1978, Purification of the Protein crystal from Bacillus thuringiensis by zonal gradient centrifugation, Applied Microbiol., 36(4) ; 625-626
- (8) APLIN R.T. & BIRCH M.C., 1968, Pheromones from the Abdomen bristles of male Noctuid Lepidoptera, Nature 217 : 1167-1168
- (9) ARNOLD J.W., 1979, Biosystematics of the genus Euxoa (Lep: Noct.) XIII, Further observations on Hemocytological Distinctions between species, Can. Entom. 111:771-775

- (10) ARRETZ V.P., ARAYA C.J., 1977 , Chemical and Microbiological Control of Eggs and larvae of Pieris brassicae L. Invest. Agric. Univ.Chile, Santiago, 3(2) : 69-73
- (11) ASHO K.R. et al., 1974, Haemocytes of the pink bollworm, P. gossypiella during larval development and diapause J. Insect Physiol., 20 : 2171-2180
- (12) ASANO S. et collaborateurs, 1973, Laboratory and field evaluation of the effectiveness of Bacillus thuringiensis products "thuricide" on some Lepidopterus pests of crucifers. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology (1973) 17(2) : 91-96
- (13) BABU M.H. & A.K. BHATACHARIA et al., 1978, Rate of intake growth and digestibility of three lepidopterous insects on soybean and green gram . Z. ang. Ent. 87 : 322-327
- (14) BACTOSPEINE, 1978, Technical Leaflets, Biochem Products, 479, Av. Louise, Box 47 , 1050 Bruxelles (1978)
- (15) DE BACH P., 1964, Biological Control of Insect Pest and Weeds, Chapman and Hall Ltd. London, 844 pp.
- (16) BAILEY C.G., 1976, A quantitative Method of Study of consumption and utilisation of various diets in the Bertha Army worm, Mamestra configurata (Lep:Noct) Can Entom. 108 : 1319-1326
- (17) BAILLY R. et collaborateurs, 1977 , La défense des végétaux. Lutte biologique, Revue n° 185 (31ème année) mai-juin , 124-149
- (18) BALACHOWSKY A.S., 1972, Entomologie Appliquée à l'Agriculture. Tome II, pp. 1330-1340, Masson Ed. Paris
- (19) BALARAMAN K., BHEEMA RAO , 1979, Bacterial pathogens of mosquito - larvae, Indian J. Med. Res (70): 615-619
- (20) BARBOSA P. & PETERS T.M., 1972, Readings in Entomology. Saunders Cie, London, 450 pp.
- (21) BARBOSA P., 1979, Effects of leaf age and position on larval preferences of the fall webworm, Hyphantria cunea (Lep : Arct) Can. Ent. 111 : 381-383
- (22) BAUMAN T. & GLEMBOSKY L., 1978, Respiratory rates of the organ-pipe mud-dauber Trypoxilom politum (Hym : Sphecoidae) Ann. Ent. Soc. Am. 71(6) : 869-875
- (23) BARTLETT A.C., BUTLER G.D. & HAMILTON A.G., 1980, Developmental Rate of the Sooty strain of Pectinophera gossypiella S., Ann. Entomol. Soc.Am. 73 : 164-166
- (24) BENZ G., 1971, Synergism of microorganisms and chemical insecticides in Microbiological control of Insects and Mites, H.D. Burgess, Ed. N.W. Hussey, 327-355, Acad. Press., London, N.Y.

- (25) BECKWITH R.C. & STÉLTZER, 1979, The duration of cold storage and eclosion of the Douglas - fir Tussock Moth, Ann. Ent. Soc. Am. 72(1) 158-161
- (26) BENSCHOTER C.A. & LEAL M.P., 1979, Cotton Leafperforator : Behaviour on the cotton plant, Ann. Ent. Soc. Am. 72 : 90-92
- (27) BJOSTAD L.B. & GASTON L.K., 1980, Temporal pattern of sex pheromone release by female Trichoplusia ni H. J. Insect. Physiol. (26) 493-498 (1980)
- (28) BLOM F., 1978, Sensory input behavioural output relationships in the feeding activity of some Lepidopterous larvae , Ent. Exp. & Appl. 24(1978) 58-63
- (29) BOLLER E., 1972, Behavioural Aspects of Mass-rearing of insects, Entomophaga 17(1) : 9-25
- (30) BONNEMAISON, L., 1959, Remarques sur la diapause de la noctuelle du chou Mamestra brassicae L. (Lep : Noct) Bull. Soc. Entom., France, Vol 64 : 142-151
- (31) BONNEMAISON, L., 1960, Elimination de la diapause chez la noctuelle du chou (Mamestra brassicae L., Lepidoptera Noctuidae) Bull. Soc. Entom. France, Vol. 65 : 73-78
- (32) BONNEMAISON, L., 1960, Etude de quelques facteurs de la fécondité et de la fertilité chez la noctuelle du chou Mamestra brassicae (Lep.: Noct.). L'action de la température, Bull. Soc. Entom., France, Vol. 65 : 196-206
- (33) BONNEMAISON, L., 1961, Influence de la température et de la photopériode appliquée aux chrysalides, aux chenilles aux oeufs et aux imagos de Mamestra brassicae L. sur la croissance et la diapause, Bull. Soc. Entom. France, 66 : 226-232
- (34) BONNEMAISON, L., 1962, Etude de quelques facteurs de la fécondité et de la fertilité chez la noctuelle du chou (Mamestra brassicae L. Lep.: Noct.) V. Influence de l'alimentation et de l'effet de groupe, Bull. Soc. Entom. France, 67 : 15-24
- (35) BUCHER G.E. & BRACHEN G., 1976, The Bertha Army-worm Mamestra configurata, Lep.: Noct. Artificial diet and rearing technique, Can. Ent. 108 : 1327-1338
- (36) BERNDT K.P. et al. 1974, Evaluation of Bacillus thuringiensis for the control of Pharaon's ant. Angewandte Parasitologie (1974) 15 (4) : 223-224
- (37) BURGERJON A. et DULMAGE H., 1977, Industrial and International standardization of Microbial Pesticides. I. Bacillus thuringiensis. Entomophaga 22(2), 1977 : 121-129

- (38) BURGERJON A., BUES R., 1979, Essay of nuclear polyhedrosis virus against Mamestra brassicae (Lep.:Noct.) on cauliflower, Entomophaga 24(2) 153-161
- (39) BURGERJON A., 1965, Le titrage biologique des cristaux de Bacillus thuringiensis par réduction de consommation au Laboratoire de la Minière, Entomophaga 10,21-26
- (40) BURGERJON A., 1956, Pulvérisation et poudrage au laboratoire par des préparations pathogènes insecticides. Ann. Epiphyties , 4(7) : 675-684
- (41) BURGERJON A., 1962, Relation entre l'intoxication provoquée par Bacillus thuringiensis et la consommation chez Pieris brassicae L., Ann. Epiphyties, 1962, 13(1) 59-72
- (42) BURGERJON A., 1962, Les méthodes de titrage et la standardisation des préparations de Bacillus thuringiensis, B. Coll. Int. Pathol. Insects, Paris, 1962
- (43) BURGERJON A., 1971, Détermination and significance of the host spectrum of Bacillus thuringiensis, p. 305-325
In : H.D. BURGESS and N.W. HUSSEY, eds., Microbial control of insects and mites, Ac. Press., London, and N.Y., 860 p.
- (44) BURGESS H.D., 1971, Microbial Control of Insects and Mites, Academic Press A.P. London, 2° Edition , 861 p.
- (44 bis) BURGESS H.D., 1977, Ecology of Bacillus thuringiensis in storage moths, J. of Invert. Pathol., 30, 131-139 (1977)
- (45) BURGESS H.D., 1976, Techniques for the bioassay of Bacillus thuringiensis with G. mellonella (Lep.-Galleriidae) Entomol. Exp. Appl. 19(3) : 243-254
- (46) BUCHER G.E. & BRACKEN G.K., 1979 , The Bertha Army worm, Mamestra configurata (Lep.:Noct.). An estimate of light and pheromone trap efficiency based on captures of newly emerged moths. Can Entom. 111(9), 977-984
- (47) BULL D.L., HOUSE V.S., 1979, Selective methods for managing insect pests of cotton, J. Econ. Entomol., 72(6), 841-846
- (48) BRACKE J.W., LOEB CRUDEN D., 1979, Intestinal Microbial flora of the American cockroach, Periplaneta americana L., Appl. Environ. Microbiol., 38(5), 945-955
- (49) BUSTILLO A., 1980, Aspectos generales sobre el insecticida microbial Bacillus thuringiensis, Sociedad Colombiana de Entomologia, Boletín de divulgación N° 3, Medellín, 38 p.

- (50) BRADY J., 1978, Biological clocks. Studies in Biology, N° 104, Edward Arnold Ed. London, 60 p.
- (51) CAPADAN E.P., GABRIEL B.P., 1972, Field application of Dipel in comparison with other commercial Bacillus thuringiensis B. and chemical insecticides against Plutella xylostella (L.) and other insect pest of cabbage, Philippine Entomologist (1972) 2(4) 297-305. Dept. of Entomology, U.P., College of Agriculture College, Laguna, Philippines
- (52) CAPINERA J.L., 1978, Consumption of sugar foliage by the palestriped flea beetle, J. Econ. Entom., 71:301-303
- (53) CARNEGIE A.J.M. and DICK J., 1972, Notes on sugarcane trash caterpillars (Noctuidae) and effects of defoliation on the crop. Proceedings of the Africa, Sugar Technologists' Association (1972), 46 : 160-167
- (54) CHARPENTIER R., 1971, Microbiological examination of Lymantria dispar L., L. monacha L., Argyroploce variegana Hb. Plutella maculipennis Curt. and Athalia colibri. Christ. treated in the laboratory with Entobakterin-3 (Bacillus thuringiensis var. galleriae). Meddelande, Statens Växtskyddsanstalt (1971) 15(140) 139-157, Sweden.
- (55) CHAPMAN R.F., 1975, The insects structure and function, 3th Ed., The English Universities Press Ltd. London, 819 p.
- (56) CHEN KER SANG et al., 1974, Effects of certain organophosphate and carbamate insecticides on Bacillus thuringiensis B.J., Econ. Entom. 67 : 471-473
- (57) CHIPPENDALE G.M. & REDOY, 1974, Dietary carbohydrates : role in feeding behaviour and growth of the southwestern corn-borer Diatraea grandiosella, J. Insect. Physiol. 20 : 751-759
- (58) CLARKE K.U., 1977, The transient and steady state responses in oxygen consumption by tropical butterflies to temperature step transfer test J. Zool., London, 183: 251-268
- (59) CREIGHTON C.S. and Mc FADDEN T.L., 1974, Complimentary action of low rates of Bacillus thuringiensis and Chlordi-merform hydrochloride for the control of caterpillars on celery crops; Journ. Econ. Entom. 67 : 102-104
- (60) CRESCITELLI F., 1935, The respiratory Metabolism of G. mellonella (bee-moth) during pupal development at different constant temperatures. J. Cell. Comp. Physiol. 6 : 351-368
- (61) CROZIER A.J., 1979, Die oxygen uptake rhythms in diapausing pupae of P. brassicae and P. machaon, J. Insect Physiol. 25 : 647-652

- (62) CROZIER A.J., 1979, Supradian and infradian cycles in oxygen uptake of diapausing pupae of P. brassicae ., J. Insect Physiol., 25 : 575 - 582
- (63) CUTLER B.L. & HARRIS M.K., 1979, Foliage consumption and damage by the walnut caterpillar on Pecan in Texas, J. Econ. Ent. 72 : 315-318
- (64) DADD R.H., 1973, Insect nutrition : Current development and metabolic implications; Ann. Rev. Entom.(1973) : 18 : 381-420
- (65) DAGNELIE P., 1969, Theorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques, Volumes I et II, Duculot Gembloux
- (66) DABI R.K. , SHARMA H., 1979, Bio-efficacy of Bacillus thuringiensis Berliner against Heliothis armigera H. on gram (Cicer arietinum). Entomon 4(4), 343-345
- (67) DAOUST R.A., GUNNER H.B., 1979, Microbial Synergists pathogenic to Lymanthria dispar : Chitinolytic and fermentative bacterial interactions, J. Inverth. Pathol. 33(3), 368-377
- (68) DATTA V.K., 1979, Bibliography of insecticide materials of vegetable origin, Tropical Prod., Inst. London WC1X-8 Lu UK.
- (69) BARJAC de H., BONNEFOIS A., 1973, Review of the classification of Bacillus thuringiensis. Mise au point sur la classification de Bacillus thuringiensis. Entomophaga (1973) 18(1) : 5-17 . Service de lutte bactériologique, Institut Pasteur, Paris, France
- (70) BARJAC de H., LARGET I., 1979, Proposal for the adoption of a standardized bioassay method for the evaluation of the insecticide formulations derived from serotype H-14 of Bacillus thuringiensis. Unpublished document available from WHO , Vector Biology and Control, Geneva, Switzerland, WHO/VBC 79, 744, 16 pp.
- (71) DENLINGER D.L., 1972, Rates and Cycles of Oxygen consumption during pupal diapause in Sarcophaga sp. J. Insect Physiol. 18: 871-882
- (72) DIRIMANOV M., LECHEVA I., 1980, The effects of some microbial preparations on larvae of the cherry spinner Lycia hirtaria, Rastitelna Zashchita 28(3) 23-25
- (73) DELCOUR J., COLSON C., LEBRUN Ph. et autres, 1980, Contribution au développement de souches bactériennes productrices de biotoxines à spectre d'action contrôlé. Projet UCL de Recherche dans le cadre du 1er Programme R.D. "Biomolécules" , 4 p.

- (74) DIPEL, 1980, Brochure Technique "Worldwide Registrations", Abbott Laboratories
- (75) DOANE J. & KLINGER J., 1978, Location of CO₂ receptive sensilia on larvae of wire-worm Agriotes lineatus-obscurus and Limonius californicus, Ann. of Ent. Soc. of Am. 71 : 357-363
- (76) DUSAUSSOY G., 1964, L'élevage permanent de Mamestra (Barathra) brassicae L. comme insecte test des préparations pathogènes ou insecticides., Ann. Epiphyties 15(2) : 171-192
- (77) DUSAUSSOY G., & DELPLANQUE A., 1964, L'élevage de P.brassicae en toutes saisons : Accouplement et ponte en conditions artificielles, Rev. de Path. Végétale et Entom. Agric. de France 43(2) : 119-134
- (78) DULMAGE H.T., 1970, Insecticidal activity of H-D 1 strain, a new isolated of B. thuringiensis B. var. alesti Journ. Inverth. Path. 15 : 232-239
- (79) DULMAGE H.T., and BARJAC de H., 1973, HD-187 a new isolate of B. thuringiensis that produces high yield of δ -endotoxin. Journ. of Invert. Path.(1973) 22(12) 273-277
- (80) DULMAGE H.T. and MARTINEZ E., 1973, The effects of continous exposure to low concentrations of the S-endotoxin of Bacillus thuringiensis on the development on the tobacco budworm, Heliothis virescens, Fabr. Journ. of Invert. Pathol., (1973), 22(1) :14-22
- (81) ELLIOTT W.M. et al. 1978 , A method of detecting oviposition in European corn-borer moths Ostrinia nubilalis (Lep: Pyral) and its relation to subsequent larval damage to peppers.
- (82) ESPINEL R.H., 1978, Etude des paramètres préalables à la mise au pont d'une stratégie de lutte microbiologique par Bacillus thuringiensis B., contre la noctuelle du chou Mamestra brassicae L., Mémoire Lic. Sciences, UCL, 100p.
- (83) ESPINEL R.H., 1980, Méthode de mesure de la consommation de larves d'insectes phytophages, Z. ang. Entom. 90 : 425-434
- (84) ESPINEL R.H., 1981, Etude en laboratoire du comportement alimentaire de Mamestra (Barathra) brassicae L. en présence de feuillage traité avec Bacillus thuringiensis, B., Z. ang. Entom., 91(1981)383-388
- (85) ESPINEL R.H. & PISCIOTTI M., 1981, Deux modèles d'approche pour l'étude en laboratoire du comportement alimentaire de Mamestra brassicae L. en présence de feuillage traité avec des spores et des cristaux purifiés de Bacillus thuringiensis B., UCL, Labo Ecol. Animale en préparation.

- (86) ERFURTH P., MOTTE G., 1971, First report of experiments on goldtail moth control in the year 1971, Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz-dients in der DDR (1971) 25(1) : 234-235
- (87) FARGUES J., RODRIGUES R.D., 1980, Susceptibility of eggs of the noctuids Mamestra brassicae and Spodoptera littoralis to Paecilomyces fumosoroseus, and Nomuraea rileyi, Hyphomucetes. C.R. Hebd. Seances Acad. Sc. Paris, Ser, D, 290 (1) 65-68
- (88) FAST P.C., 1977, Bacillus thuringiensis S-endotoxin : on the relative roles of spores and crystals in toxicity to Spruce Budworm (Lepidoptera-Tortricidae), Can. Entom. 109 : 1515-1516
- (89) FEDORINCHIK N.S. and SOGOYAN R.S., 1977, Microbial preparations for the control of tortricids in orchards on the black-sea coast of the Krasnodar region, Instituta Zashchity Rastennii (1975 reed. 1977) 42 :110-121
- (90) FINNEY D.J., 1947, Probit analysis Chap. III, Cambridgs at the University Press, 3ème eidition, 1971, 333 p.
- (91) FRAVAL A. & JARRY M., 1977, Traitements expérimentaux contre L. dispar (Lep. Lymantr) en Suberaie de Mamoia au moyen de diflubenzuron et deux préparations à base de Bacillus thuringiensis B., Ann. de la Rech. For? au Maroc, Tome 17 : 77-92
- (92) FRYE R.D., ELICHUK T.L., STEIN J.D., 1976, Dispersing Bacillus thuringiensis for control on canketworm in shelterbelts, Research note, USDA, North Dakota St. University, Fargo, USA
- (93) FUXA J.R. BROOKS W.M., 1979, Effect of Vairimorpha necatrix in sprays and corn meal on Heliothis species in tobacco, soybeans and sorghum, J. Econ. Entomol., 72(3) 462-467
- (94) FUXA J.R. BROOKS WM 1979, Interactions of the microsporidium Vairimorpha necatrix with a bacterium, virus and fungus in Heliothis zea, J. Invert. Pathol., 33(3) 316-323
- (95) GADKAR R.T., 1979, comportement alimentaire et prise de nourriture des chenilles d'Ostrinia nubilalis (Lep: Pyraus) en présence de Dimbra, Annales de la Société Entomologique de France 15(4) 649-657
- (96) GORDON H.T., 1972, Interpretations of Insect Quantitative Nutrition in Insect and Mite Nutrition, North Holland Amsterdam, J.G. Rodriguez Editeur, pp. 73-105
- (97) GRACIET B. & MORAND P., 1978 , Ambusch (Perméthrine), Brochure technique , ICI, Bruxelles

- (98) GREENE G.I., 1968, Distribution of Trichoplusia ni H. eggs and larvae on cabbage plants as a basis for sampling efficiency, J. Econ. Entom. 61(6) 1648-1650
- (99) GUENNELON G., 1968, L'alimentation artificielle des larves de lépidoptères phytophages, Ann. Epiphyties 19(3) 539-570
- (100) GUERRA A.A. & SHAVER T.N., 1968, A Bioassay technique for screening feeding stimulants for larvae of tobacco Budworm Heliothis virescens F. (Lep :Noct) , J. of Econ. Entom. 64 : 1398-1399
- (101) GRASSE P., 1976, Traité de Zoologie, Morphologie des génitaux chez les Lépidoptères, Tome X, Masson, Paris, p. 209-221
- (102) GUILLET P., ESCAFRE H., 1979, Evaluation of Bacillus thuringiensis israeliensis Barjac for the control of larvae of Simulium damnosum, 1 WHO/VBC 79, 735, 7p.
- (103) HAMEL D.R., 1977, The effects of Bacillus thuringiensis on parasitoids of the western spruce busworm, Choristoneura occidentalis (Lepidoptera-tortricidae) and the spruce coneworm Pryctia reniculeiloides (Lep-Pyral) in Montana, Can. Entom., N°11, 109 1409-1415
- (104) HAMILTON J. and ATTIA F., 1977, Effects of mixtures of Bacillus thuringiensis and pesticides on Plutella xylostella and the parasite Thyraella collaris, J. Econ. Entom., 70(1) 146-148 (1977)
- (105) HARRIS C.R. & TURNBULL S.A., 1975, Laboratory Studies on the toxicity of insecticides to the Bertha army-worm. (Mamestra configurata) Lep:Noct), Can Ent. 107 : 865-872
- (106) HARPER J.D., 1974, Forest Insect Control with Bacillus thuringiensis Survey of current knowledge. Agricultural Exptl. Stat. Auburn University, Univ. Press Auburn 63 pp, p. 1-17
- (107) HARVEY W.R., WOLFESBERGER M.G., 1979, Mechanisms of inhibition of active potassium transport in isolated midgut of Manduca sexta by Bacillus thuringiensis endotoxin. J. Exp. Biol. 83, 293-304
- (108) HASSAN Maleki-Milani, 1971, Elevage de la noctuelle du chou Mamestra (Barathra) brassicæ sur milieu artificiel Ann. Soc. Entomol., Fr. 7(1) : 56-59
- (109) HATTORI M., ATSUSAWA S., 1980, Mass-rearing of the cabbage army-worm Mamestra brassicæ Linne and the common army-worm Mythima separata W. (Lep:Noct) on a simple artificial diet, Jap. J. Appl. Entom. 1 Zool., 24 (1) 36-38

- (110) HEGAZI E.M., EL-MINSHAWY A.M. & HAMMAD S.M., 1978, Effect of parasitism on digestion and development of Spodoptera littoralis (B) larvae, Z. Ang.Ent. 86: 80-85
- (111) HENNEBERRY J. & CLAYTON T., 1980, Pink bollworm : mating, reproduction and longevity of laboratory reared and native strains, Ann. Entomol. Soc. Am. 73 :383-385 (1980)
- (112) HEIMPEL A.H., 1967, A critical review of Bacillus thuringiensis var. thuringiensis Berliner and other crystalliferous Bacteria, Ann. Rev. Entomol. 12 : 287-322
- (112 bis) HEIMPEL et ANGUS , 1959, The site of action of crystalliferous bacteria in Lepidoptera larvae, J. Insect. Pathol., 1 : 152-170
- (113) HELSEL E.D., 1979, Descomposition of rabbit feces : role of the sciarid fly Lycoriella mali (Dip :Sciaridae) in energy transformations, Can. Ent. 111 : 213-217
- (114) HERBULOT C., 1971, Atlas de Lépidoptères de France, II Hétéroceres, B. Boubée et Cie, Paris, 144 p.
- (115) HEUSNER A. & ROTH M., 1963, Consommation d'oxygène de l'abeille à différentes températures. Note présentée par Léon Binet, Cr. Acad. Sc. Paris, 256 : 284-285
- (116) HEUSNER A. & STUSSI Th., 1964, Metabolisme énergétique de l'abeille isolée : son rôle dans la thermorégulation de la ruche , Ins. Soc. 11 : 239-266
- (117) HIRAI Y., KAWASAKI K. et TAMAKI , 1977 (Z) 11 - Hexadecenyl Acetate : A sex pheromone component of the cabbage armyworm Mamestra brassicae Linné, Appl. Ent. Zool. 13 (2) : 136-137 (1978)
- (118) HITCHOCK B.E., 1974, New insecticides for army worm control. Canegrowers ,Quartely Bulletin (1974) , 37(3) 96-97 P.O. Box 280, Mackay, Aveensland 4340, Australia
- (119) HONEK A., NOVAK I., 1980, Environmental conditions at pupation influence the pupal weight in Mamestra brassicae (Lep/Noct), Acta Entomologica Bohemoslovaca 77(2) 138-140
- (120) HSUEH T.Y. & TANG P.S., 1944, Physiology of the silkworm I - Growth and respiration of B. mori during its entire life-cycle, Physiol. Zool. 17 :71-78
- (121) HURPIN B., 1973, La spécificité des microorganismes entomopathogènes et son rôle en lutte biologique, Annales de Zoologie , Ecologie Animale (1973)5(2) :283-304, INRA - La Minière, 78000 Versailles, France

- (122) HURPIN B., 1974, Lutte biologique contre les Oryctes.
Essai en laboratoire des diverses maladies, Oléagineux
(19/4) 29(3) : 135-140, INRA-La Minière, 78000
Versailles, France
- (123) IGNOFFO C.M., 1970, Communication personnelle, Espinal (Tolima)
Colombie
- (124) IGNOFFO C.M. and HOSTETTER M. et al., 1977, Relative susceptibility of six soybean caterpillars to a standard preparation of Bacillus thuringiensis var. kurstaki
J. Econ. Entom. 70(1) : 60-63 (1977)
- (125) IGNOFFO C.M., GARCIA C., 1979, Susceptibility of larvae of the black cut-worm to species of entomopathogenic bacteria, fungi, protozoa and viruses, J. Econ. Entomol., 72(5) 767-769
- (126) ISAKOVA N.P. and MOGILEVSKAYA A.B., 1977, Intestinal flora of the cabbage white butterfly (Pieris brassicae L.) the gamma moth (Phytometra gamma L.) and the cabbage moth (Barathra brassicae L.) and some factors influencing its composition, Instituta Zashchity Rastenii (1975 peed. 1977), 42, 80-84
- (127) ISERENTANT R., 1974, L'hydratabilité comme paramètre du potentiel hydrique chez les végétaux, Bull. Soc. Roy. de Bot. de Belgique, Tome 107, pp. 305-322
- (128) ISHIGURO T., MIYASONO M., 1979, An Assay for toxicity of Bacillus thuringiensis insecticide using the force-feeding method applied to the silkworm Bombyx mori L. Jap. J. Appl. Entomol. Zool. 23(3) 141-150
- (129) JAFRI R.H., SABIHA H., 1974, Development of Bacillus thuringiensis in Galleria mellonella larvae exposed to gamma radiation, Journ. of Inv. Path. (1974) 23 (1) : 76-84
- (130) JARAMILLO CELIS R., JIMENEZ L.F. et al., 1974, Susceptibility of the larvae of Sibine apicalis (Dyar) to Bacillus thuringiensis var. kurstaki "Turrialba" (1974) 24(1) : 106-107
- (131) JAROZ J., 1979, Gut flora of Galleria mellonella supressing ingested bacteria, J. of Inv. Pathol. 34(2), 192-198
- (132) JAQUES R.P., 1977, Field efficacy of viruses infectious to the cabbage looper and imported cabbage worm on late cabbage., Journal of Econ. Entom. (1977) 70(1) :111-118

- (133) JERMY T., HANSON F.E. & DETHIER V.G., 1968, Induction of specific food preference in Lepidopterous larvae, Ent. Exp. & Appl. 11 : 211-230
- (134) JENSEN R.L., 1976, A method of estimating insect defoliation of soybean , Nat. Sc. Found & Env. Prot. Agr. Louisiana, State Univ. Baton Rouge LA., 70803
- (135) JOHANSSON K. , 1971, Laboratory test with Entobakterin-3 (Bacillus thuringiensis var. galleriae) against larvae of the gypsy moth, the nun moth, the greater budroller, the cabbage moth and the cabbage sawfly, Meddelande, Statens Växtskyddanstal (1971) 15(139) 111-137 Sweden
- (136) JURKOVICOVA M., 1979, Action of latent virus infections in larvae of Adoxophyes orana (Lep/Tort) and Barathra brassicae (Lep/Noct) by foreing polyhedra, J. of Invert. Pathol., 34(3) 213-223
- (137) KAPUSTINA O.V., 1977, The effect of certain pesticides on Trichogramma, Instituta Zashchity Rastenii (1975) reed 1977), 44 : 33-47 , URSS
- (138) KARADZHOV S., 1973, The efficacy of Entobakterin against Cydia pomonella, Rastitelna Zashschita (1973) (21(2) : 26-29, Bulgarie
- (139) KASHKAROVA L.F., 1975, Simoultaneous use of pathogenic micro-organisms and parasitic insects against Agrotis segetum Instituta Zashchity Rastenii (1975 reed. 1977), 42 : 130-136
- (140) KATAGIRI K., IWATA Z., 1976, Control of Dendrolimus spectabilis with a mixture of cytoplasmic polyhedrosis virus and Bacillus thuringiensis, Applied Entomology and Zoology (1976), 11(4) : 363-364
- (141) KAZADOVA S.B. and DZHUNUSOV K.K., 1972, The effect of Bitoxi-bacillin 202 on certain orchard insects in the Issyk-Kul'depression, Issyk-Kul, URSS, 49-51
- (142) KHALIFA A. et al., 1974, Taste sensitivity of the cotton leaf-worm S. littoralis to chemicals, J. Insect Physiol. 20 : 67-76
- (143) KHASIMUDDIN S., 1968, Courtship behaviour and mating behaviour of the african army worm Spodoptera exempta (Walker) Lep/Noct. , Bull. Ent. Res. 68 : 195-202
- (144) KHAN K.I., FAZAL Q., JAFRI R., 1977, Pathogenicity of locally discovered Bacillus thuringiensis strain to the termites Heterotermes indicola (W) /Rhinotermitidae/ and Microcerotermes championi (S)/ Termitidae/. J. Sc. Res., 29 : 12-13

- (145) KISINGER R.A. & McGAUGHEY W.H., 1979, Susceptibility of populations of Indianmeal moth and almond moth to Bacillus thuringiensis, J. Econ. Entomol. 72(3) 346-349
- (146) KISELEK E.V., 1974, The persistence of bacterial Entomopathogens in the crowns of trees and in the areas round the trunk, Vestnik Sel'skokhozyaistvennoi Nauki (1974) 5 : 68-71
- (147) KONOLPITH U., RAMAKRISHNAN N., 1978, Joint action of baculovirus of Spodoptera litura Fabr. and insecticides, J. Entomol. Res., 2(1) 15-19
- (148) KOGAN M. & COPE D., 1974, Feeding and nutrition of insects associated with soybeans. III. Food intake, utilisation and growth in the soybean looper Pseudoplusia includens W., Ann. Entom. Soc. Am. 67 (1): 66-72
- (149) KLEIN I. & MOGAN M., 1974, Analysis of food intake and growth in phytophagous insects. A computer program. Ann. Entom. Soc. Am. 67(2) : 285-297
- (150) KOROSTEL S.I. and KAOUSTINA O.V., 1977, Effect of the thermostable exotoxin of Bacillus thuringiensis on trichogramma (Trichogramma) and ageniaspis (A. fuscicollis Dalm.), Instituta Zashchity Rastenii (1975)
- (151) KOROSTEL S.A. , LEMESH G.A., 1977, Changes in DNA in the tissues of larvae of the apple tortricid (Carpocapsa pomonella L.) under the influence of toxins of bacillus thuringiensis. Instituta Zashchity Rastenii (1975, pezd. 1977), 42 : 122-129
- (152) KUDDER J., LYSENKO O. et al. 1978, A contribution to the use of entomogenous bacteria in combination with sublethal doses of synthetic pyrethrin for the control of forest pest. Prace WULHM, n° 48, 11-124 (1976)(Czechoslovakia)
- (153) KRIEG A., 1971, Is the potential pathogenecity of Bacilli for insect related to production of exotoxin ? J. of Invert. Path. (1971) , 18(3), 425-426
- (154) LABEYRIE V., 1976, Comportement des insectes et milieu trophique. Editions du CNRS, Colloques internationaux, Centre National de la recherche scientifique, Paris, 1977, ISBN 2-222-02056-5, 493 p.
- (155) LAMBDA INSTRUMENTS Co , Leaf area meter L1-3000 Devis pour un area meter model 1 I 3100, 1977, Corresp. privée LI-COR ltd, P.O. BOX 4425, Lincoln, Nebraska, 68504
- (156) LAMOTTE M., 1972, Bilans énergétiques et production à l'échelle des individus et à l'échelle des populations, Annales de la Soc. Roy. de Zool. de Belgique, Tome 103, fas. 1:21-36

- (157) LATHEEF M.A. & HARCOURT, 1972, A quantitative study of food consumption assimilation and growth in Leptinotarsa decemlineata Cr. on two host plants, Can. Ent. 104 : 1271-1276
- (158) LEBRUN Ph., 1976, Etude de l'action synergique d'insecticides chimiques et biologiques sur une population expérimentale de Tenebrio molitor (Col.: Tenebrionidae) Entomophaga, 21(2) : 141-150
- (159) LEBRUN PH., ESPINEL R., et VLAYEN P., 1977, Etude en laboratoire de l'utilisation de Bacillus thuringiensis B. contre Mamestra brassicae L., Lab. Ecol. Anim. UCL, Louvain-la-Neuve (inédit.) 8 p.
- (160) LEBRUN Ph., et VLAYEN P., 1981, Etude de la bioactivité comparée et des effets secondaires de Bacillus thuringiensis H.14, Z. Ange Entomol. (1981), H., 1, S., 15-25
- (161) LEBRUN Ph., 1981, "Biopesticides : utilité de leur développement, sélection et recherche de nouvelles souches", Dans : Cours de recyclage et de perfectionnement sur bioingénierie Applications et perspectives, Soc. Chim. de Belgique, Div. Chim. thérapeutique, Bruxelles, Février 1981.
- (162) LEPPLA N.C. & TURNER , 1975, CO₂ output and mating in adult cabbage looper moth exposed to discreet light regimes, J. Insect. Physiol., 21 : 1233-1236
- (163) LETENDRE M., McNEIL J.N., 1979, Field evaluation of insecticides for the control of the European skipper, Thymelicus lineola (Lep/Hesp), in Québec Can. Entomol. 111 (12) 1313-1317
- (164) LEVIN B.R., 1980, Problems and promise in genetics engineering in its potential applications to insect management, pp. 170-175, Dep. of Zool. Massachusetts University Amherst, M.A. 001002, USA
- (164. bis) LEMASSON M., HERMAN D., 1981, Ecotoxicologie d'un herbicide chlorophenoxyacétique (le 2,4,D) sur l'abeille mellifère (Apis mellifica), Lab. Ecologie Animale, UCL, 1348 Louvain-la-Neuve
- (165) LI-DIAN MO & MA YOU-FEI, 1977, Studies on the phototactic behaviour of noctuid moths : change in reflecting power of the compound eye and an analysis of the trapping probability, Pekin Inst. of Zool., Acta Entomol. Sinica, 20(2) : 128-134
- (166) LINGREN P.D. , HENNEBERRY T.J. & BARIOLA L.A., 1980, Nocturnal behaviour of adult cotton leaf perforator in cotton, Ann. Entom. Soc. Am. 73 : 44-48

- (167) LUBLINKHOF J., LEWIS L., BERRY E., 1979, Effectiveness of integrating insecticides with Nosema pyrausta for suppressing populations of the European cornborer, J. Econ. Entomol. 72(6) : 880-883
- (168) LUBLINKHOF J., LEWIS L., BERRY E., 1980, Virulence of Nosema pyrausta to the European cornborer when used in combination with insecticides, Environmental Entomology 9(1) 67-71
- (169) LUTHY P., 1980, Insecticidal toxins of Bacillus thuringiensis, FEMS, Microbiol., Lett. 8(1) 1-7
- (170) LYNCH R.E., LEWIS L.C., 1980, Application, Efficacy and field persistence of Bacillus thuringiensis when applied to corn for European corn borer control, J. Econ. Entomol. 73(1) 4-7
- (171) MACFADYEN A., 1960, Animal Ecology Aims and Methods, 2th Edition, Pittman Publishing Co. London, Chapter 6, Ecological Aspects of Animal Metabolism, pp. 67-84
- (172) MACFADYEN A., 1966, Les méthodes d'étude de la productivité des invertébrés dans les écosystèmes terrestres, Extrait de "La Terre et la Vie", N° 4, 1966, pp.361-392
- (173) MAKSYMIOUK N., 1970, Occurrence and nature of antibacterial substances in plant affecting Bacillus thuringiensis J. Inv. Path., 15 : 356-371
- (174) MARTOURET D. & AUER C., 1977, Effets de Bacillus thuringiensis chez une population de tordeuse grise du mélèze, Zeiraptera diniana (Lep-Tortricidae) en culmination gradologique, Entomophaga 22(1), 1977 : 37-44
- (175) Mc DANIEL C.M., 1979, Haemolymph ecdysone in Hyalophora cecropia, Dauer pupae and adults, J. Insect. Physiol. 25 : 143-145
- (176) MASSON G., 1976, Communication personnelle, Entomopathologie Gemboux.
- (177) Mc COLLOCH, 1918, A study of the oviposition of the corn earworm with relation to certain phases of the life economy and measures of control, J. Econ. Entom., 13 : 242-255
- (178) Mc GAUGHEY Wm., H., 1976, Bacillus thuringiensis for controlling three species of moths in stored grain, Can. Ent. 108 : 105-112 (1976)
- (179) Mc GAUGHEY W.H., 1978, Effects of larval age on the susceptibility of almond moth and Indianmeal moth to Bacillus thuringiensis, J. Econ. Entomol., 71 : 923-925

- (180) Mc GAUGHEY W.H., 1978, Response of Plodia interpunctella and P. cautella to spores and parasporal crystals of Bacillus thuringiensis, J. Econ. Entom. 71 : 687-688
- (181) Mc GAUGHEY W.H. & DICKE E.B., 1980, Methods of applying Bacillus thuringiensis to stored corn for moth control, J. Econ. Entom. 73 : 228-229
- (182) MITCHEL B.K. & SCHOONHOVEN, 1974, Taste receptors in colorado beetle larvae, J. Insect. Physiol. 20 : 1787-1793
- (183) MITCHEL R., 1981, Insect behaviour, Resource, Exploitation and Fitness, Ann. Rev. of Entom. (1981) 26 : 373-396
- (184) MOHD-SALLEH M.B., 1980, Fermentation media and production of exotoxin by three varieties of Bacillus thuringiensis, J. of Invert. Pathol., 35(1) 75-83
- (185) MOHRIG W., SCHITTEK D., 1979, Immunological activation of phagocytic cells in Galleria mellonella, J. of Invert. Pathol. 34(1) 84-87
- (186) MOHRIG W., SCHITTEK D., 1979, Phagocytosis-stimulating mediators in insects , Acta Biol. Med. Ger. 38(7) 953-958
- (187) MOHRIG W., SCHITTEK D., 1979, Investigations on cellular defense reactions with Galleria mellonella against Bacillus thuringiensis, J. of Invert. Pathol. 34(3) 207-212
- (187 bis) Annual Review of Entomology , 1980, Mittler et Radowski Editors, Vol. 25 , pp. 219-256
- (188) MOFFETT J.O. & F.A. LAWSON, 1975, Effect of Nosema Infection on O₂ consumption by honey bees, J. Econ. Entom. 75 : 627-629
- (189) MUKERJI M.K. & GUPPY , 1970, A Quantitative study of food consumption and growth in Pseudaletia unipuncta (Lep : Noct), Can. Ent. 102 : 1179-1188
- (190) McNEIL J.N., SMIRNOFF , 1977, Bacillus thuringiensis as a means of control for the European skipper Thymelicus lineola (Lep-Hesperiidae), Can. Ent. 109 : 37-38 (1977)
- (191) MORRIS, D.N., 1973, Dosage-mortality studies with commercial Bacillus thuringiensis sprafied in a modified Potter's tower against some forest insects, J. Inv. Path.(1973) 22(1) : 108-114
- (192) MORRIS, O.N. , 1975, Preliminary field trials with Bacillus thuringiensis chemical insecticides combinations in the integrated control of the spruce budworm, Choristoneura fumiferana (Lep:Tortricidae), Can. Ent. 107 : 1281-1288 (1975)

- (193) MORRIS O.N., 1976, A 2-year study of the efficacy of Bacillus thuringiensis-chitinase combinations in spruce budworm (Choristoneura fumiferana) control, Can. Entomol. 108 : 225-233
- (194) MORRIS O.N., 1977, Compatibility of 27 chemical insecticides with bacillus thuringiensis var. kurstaki, Can. Entom. 109 : 855-864 (1977)
- (195) NARAYANAN K., JAYARA S., 1974, The effect of Bacillus thuringiensis endotoxin on hemolymph cation levels in the citrus leaf caterpillar, Papilio demoleus, Journal of Inv. Path. (1974), 23(1) : 125-128
- (196) NASEDKINA G.A., 1975, The use of Penicillin in combination with ethylenimine in the selection of commercial strains of Bacillus thuringiensis v. galleriae, Institua Zashchity Rastenii (1975, reed. 1977), 42 : 85-92
- (197) NAVON A., 1978, Effects of dietary ascorbic acid on larvae of the egyptian cotton leafworm Spodoptera littoralis B., J. Insect. Physiol., 24 : 29-44
- (198) NEISSESS J., 1979, Evaluation of sticking agents mixed with Bacillus thuringiensis for control of douglas-fir tussock moth, Res. Paper, Pac Northwest For. Range Exp. Stn. PNW - 254, 6 p.
- (199) NEISSESS J., 1980, Effect of pH and chlorine concentration on activity of Bacillus thuringiensis tank mixes, J. Econ. Entomol. 73 : 186-188 (1980)
- (200) NIELSEN R.A. & BRISTER C.D., 1979, Greater wax moth : behaviour of larvae, Ann. Ent. Soc. Am. 72 : 811-815
- (201) NOVAK L. TOTTH M., 1979, Sex Pheromone of the cabbage army worm Mamestra brassicae : Isolation, identification and neurocontrolled synthesis, Acta Chim. Acad. Sc. Hung, 102 (2) 135-140
- (202) NOVAK V.J.A., 1975, Insect Hormones, Chapman Hall, London, 600 pp.
- (203) ODELL T.M., 1978, Periodicity of Eclosion and pre-mating behaviour of gypsy moth, Ann. Entom. Soc. Am. 71 : 748-751
- (204) OHBA M., AISAWA K., 1979, Distribution of Bacillus thuringiensis serotypes on apiculture in Japan, Jap. Appl. Entom. Zool. 14(3) 340-345
- (205) PANA-BERTALIEF Z., 1975, Isolation of a thermostable toxin from different varieties of Bacillus thuringiensis and its entomopathogenic activity, Review of App. Entom. Series A. Vol. 63 , N° 5, p. 470

- (206) PANA-BERATLIEF Z., 1973, Behaviour of different varieties of Bacillus thuringiensis confronted by a bacteriophage. Analele Institutului de Cercetari pentru Protectia Plantelor (1971) , pub. 1973, 9,409-421
- (207) PENDLETON I.R., 1973, Characterization of crystal prototoxin and an activated toxin from Bacillus thuringiensis var. entomocidus , J. of Inv. Path. (1973) 21(1) : 46-52
- (208) PEREPETAILO A.D., 1971, Control of the fall webworm in the Donets region, Zashchity Rastenii (1971) 16(7) : 44-45 , URSS
- (209) PARKER R.E., 1973, Introductory Statistics for Biology, Arnold E., London, 122 pp.
- (210) PAINTER R.H., 1951, Insect Resistance in Crop Plants, The University Press of Kansas, 520 pp.
- (211) PEDIGO L., 1971, Ovipositional response of Plathypena scabra (Lep-Noct) to selected surfaces, Ann. Ent. Soc. Am. 64(3) : 647-651
- (212) PFRIMER T.R., 1979, Heliothis spp. control in cotton with pyrethroids, carbamates, organophosphates and biological insecticides, J. Econ. Entomol., 72(4) 593-598
- (213) PIETERS E.P., YOUNG S.Y., 1978, Efficacy of microbial pesticide and chlordimeform mixtures for control of Heliothis spp. on cotton, Dept. Entomol. Mississippi State Univ. Miss. State, MS 79762, USA Southwest Entomol. 3(3) 237-240
- (214) PISHOKHA N.P., TIMCHEMKO G.A., 1979, The effect of some organophosphorous insecticides on bacterial spores of the Bacillus thuringiensis group., Mikrobiologicheskii Zhurnal 41(5) 492-497
- (215) POINTEL J.G., 1979, Une technique nouvelle de préparation d'insectes pour examen au microscope électronique à balayage, Ann. Soc. Entomol. Fr. 15(2) 415-418
- (216) POSTON F.L., et Al. 1978, Effects of substrate characteristics on the ovipositional behaviour of the southwestern corn borer, Ann. Ent. Soc. Am. 72(1) : 47-50
- (217) POITOUT S., 1969, La consanguinité chez les Lépidoptères Noctuidae. Mise en évidence de son importance dans la conduite d'élevages en conditions artificielles, Ann. Zool. Ecol. Anim. 1(3) : 245-264
- (218) POITOUT S. & BUES R., 1970, Elevage de plusieurs espèces de Lépidoptères Noctuidae sur milieu artificiel riche, et sur milieu artificiel simplifiée, Id. 2(1) 79-91

- (219) POITOUT S. & BUES R., 1974, Elevage de chenilles de 28 espèces de Lépidoptères Noctuidae et de 2 espèces de Arctiidae sur milieu simple. Particularité de l'élevage selon les espèces, Id. 6(3), 431-441
- (220) POUVREAU A., 1968, Evolution de la consommation d'oxygène au cours du développement larvaire des ouvriers de Bombus terrestris L. (Hym: Apoidea-Bombinae), Ann. Abeille 11(1) 5-14
- (221) PRASAD S.K., 1961, Quantitative estimation of damage to cabbage by cabbage worm Pieris rapae L., Indian Journal of Entomology 23 : 54-61
- (222) PREECE T.F., 1970 , Ecology of Leaf Surfaces Microorganism, Academic Press, London, 640 pp.
- (223) PRUETT C.J., BURGESS H.D., 1980, Effect of exposure to soil on potency and spore viability of Bacillus thuringiensis, J. of Invert. Pathol. 35(2) 168-174
- (224) PUNT A., 1949, The respiration of Insects, Physiologia Comp. Oecol. 2 : 59-74
- (225) PROMILA K. & SAXENA K.N., 1978, Interaction of visual and olfactory stimuli determining orientation of Papilio demoleus larvae, J. Insect Physiol. 24 : 571-576
- (226) RAMOSKA W.A., PACEY C., 1979, Food availability and period of exposure as factors of Bacillus sphaericus efficacy on mosquito larvae, J. Econ. Entomol. 72(4) 523-525
- (227) RACHMAN N.J., 1979, The sensitivity of the labellar sugar receptors of Phormia regina in relation to feeding, J. Insect Physiol., 25 : 733-739
- (228) REARDON R., METTERHOUSE W., 1979, Impact of aerially applied Bacillus thuringiensis and carbaryl on gypsy moth (Lep/Lymantr.) and adult parasites, Entomophaga 24(3) 305-310
- (229) RANDOIN L., LA GALLIC P., DUPUIS Y., BERNARDIN A., et autres, 1976, Tables de composition des aliments, Institut Scientifique d'Hygiène Alimentaire, J. Lanore Edit. Paris, 177 pp.
- (230) REINERT; J.A., 1973, Sod webworm control in Florida turfgrass, Florida Entomologist (1973) 56(4) : 333-337
- (231) REESE J. & BECK S.D., 1978, Interrelationships of nutritional indices and dietary moisture in the black cutworm Agrotis ipsilon R., Digestive efficiency, J. Insect Physiol., 24 : 473-479

- (233) RODRIGUEZ J.C., 1972, Insect and Mite nutrition significance and implications in cology and pest management, Rodriguez Edit. North Holland, American Elsevier, 760 p.
- (234) ROTH M., 1965, Production de chaleur chez A. mellifera, Chapitre IV, Ann. de l'abeille 8(1): 4-23
- (235) ROCKSTEIN M., 1965, The Physiology of Insect, Vol. III, Academic Press London, 692 pp.
- (236) RUELLE, Ph., NEF L., LEBRUN Ph., 1978, Note sur l'efficacité et la rémanence de Bacillus thuringiensis : essai en conditions semi-naturelles sur Euproctis chrysorrhoea. Parasitica 34(3) : 199-206
- (237) SCHOONHOVEN L.M., 1972,a; Plant recognition by lepidopterous larvæ, Proc. Symp. Roy. Ent. Soc. London 6 : 87-99
- (238) SCHOONHOVEN L.M., 1972, Some aspects of host selection and feeding in Phytophagous Insects, In "Insect and Mite Nutrition", Voir Rodriguez J.G. Editeur
- (239) SCHOONHOVEN L.M., MEERMAN, 1978, Metabolic cost of changes in diet and neutralization of allelochemicals, Ent. Exp. & Appl. 24 (1978) 489-493
- (240) SIEGELS S., 1956, Nonparapetric statistics for the behavioural sciences, Mc Graw Hill Book C., N.Y., London, 312 pp.
- (241) SCHMIDT F.H., & CAMPBELL , 1977, Errors in determining instar numbers throught head capsule measurements of a lepidopteran, A Laboratory study and critique, Ann. Entom. Soc. Am. 70(5) : 750-756
- (241 bis) SCHUTSTER D.J., 1979, Adjuvants tank-mixed with Bacillus thuringiensis for control of cabbage looper larvae on cabbage, J. Ga. Entomol. Soc. 14(2) 182-186 (1979)
- (242) SCHOLANDER P.F., 1942, Volumetric Respirometers, Rev. Scient. Instr., 1942, 13 : 32-33
- (243) SCHOLANDER P.F., 1943, Microgasometric estimation of the blood gases. IV. Carbon Dioxide, J. Biol. Chem. 148 : 573-580
- (244) SCHOLANDER P.F., 1947, Microgasometric estimation of the blood gases. V. Combined CO₂ and O₂ , J. Biol. Chem. 169 : 173-181
- (245) SCRIBER J.M. & SLANSKY F., 1981, The nutritional Ecology of immature insects, Ann. Rev. of Entom. (1981) 26 : 183-211

- (246) SHARPE E.S., DETROY R.W., 1979, Susceptibility of the Japanese beetle larvae to Bacillus thuringiensis : associated effects on diapause, midgut pH , and milk disease. J. of Invert. Pathol. 34(1) 90-91
- (247) SHANDU S. & VARMA G.C., 1980; Control of an Infestation by the German cockroach Blattella germanica L. in a parasite rearing laboratory, International Pest Control 22(3) 58-60-65
- (248) SCHEESSER J.H., BULLA L.A. Jr., 1979, Toxicity of parasporal crystals of Bacillus thuringiensis to the Indian meal moth, Plodia interpunctella, Appl. Environ. Microbiol. 37(5), 1012-1015
- (249) SINEGRE G., GAVEN B., 1979, Activité du sérotype H-14 de Bacillus thuringiensis vis-à-vis des principales espèces de moustique anthropophiles du littoral méditerranéen français WHO/VBC 79, 744,7 pp.
- (250) SCHEESSER J.H. & KRAMER et al., 1977, Bioassay for homogeneous parasporal crystal of Bacillus thuringiensis using the tobacco hornworm M. sexta (Lep.-spingidae), J. of Appl. Environ. Micro 33(4) : 878-880 (1977)
- (251) SEGUY E., 1967, Dictionnaire des termes techniques d'entomologie, Ed. Paul Lechevalier , Paris, Vê,465 pp.
- (252) SHARPE E.S., RHODES R.A., 1973, The pattern of sporulation of Bacillus thuringiensis in colonies, J. of Inv. Path. (1973) 21(1) 9-15
- (253) SHOREY H.H., 1963, The biology of Trichoplusia ni H. (Lep:Noct) III. Response to the oviposition substrate, Ann. Entom. Am. 57 : 165-170
- (254) SIKURA A.I., 1976, A test of microbiological control of the American white butterfly, Instituta Zashchity Rastenii (1976), 47 45-51
- (255) SOUTHWOOD T.R.E., 1966, Ecological Methods with particular reference to the study of insect populations, Methuen and Co, London, 391 pp.
- (256) SMIRNOFF W.A., 1972, Results of experimental aerial sprayings of Bacillus thuringiensis against spruce budworm larvae, Bimonthly Research Notes (1972) 28(1) 2.
- (257) SMIRNOFF W.A., 1972, Semi-industrial production of chitinase, Bi-monthly Research Notes (1972), 28(1) 2
- (258) SMIRNOFF W.A., 1973, The possible use of Bacillus thuringiensis plus chitinase formulation for the control of spruce budworm outbreaks. Journal of the New York Entomological Society, (1973) 81(1): 196-200

- (259) SMIRNOFF W.A., 1973, Results of tests with Bacillus thuringiensis an chitinase on larvae of the spruce budworm J. of Inv. Path. (1973), 21(1) 116-118
- (260) SMIRNOFF W.A., 1974, Sensibilité de Lambdina fiscellaria fiscellaria (Lep:Geometridae) à l'infection par Bacillus thuringiensis Berliner seul ou en présence de chitinase. Can. Entomol. (1974) 106(4) 420-432
- (261) SMIRNOFF W.A., 1979, Results of spraying Bacillus thuringiensis 2 consecutive years over balsam fir stands damaged by spruce budworm, Can. J. For. Res. 9(4) 505-513
- (262) SMIRNOFF W.A., & VALERO J.R., 1979, Mode d'action de Bacillus thuringiensis chez Choristoneura fumiferana (Lep/Tort) : Importance des spores, Can. Entomol. 111(3) 305-308
- (263) SMIRNOFF W.A., 1980, Results of aerial treatments with Bacillus thuringiensis against spruce budworm Ch. fumiferana during 3 consecutive years, Can. Ent. 112 : 857-859 (1980)
- (264) SHIMIZU T., YAGI S., 1978, Hormonal effect on cultivated insect tissues.IV.The role of testis in spermiogenesis of the cabbage armyworm Mamestra brassicae L. in vitro Appl. Ent. Zool. 13(4) 278-282 (1978)
- (265) SMITH R.F., MITTLER T.E. & SMITH C.N., 1973, Annual Review of Entomology, Vol.18, Annual Review Inc. California 512 pp.
- (266) SMITH R.F., MITTLER T.E. & SMITH C.N., 1976, Annual Review of Entomology, Vol. 21, Annual Review Inc. California 451 pp.
- (267) SMITH, DAVID B. et al., 1970, Ground Spray equipment for applying Bacillus thuringiensis. Suspension on Soybeans J. Econ. Entom. 70(5) : 633-637
- (268) SMITH , 1977, Laboratory performance specifications for a bacterial (Bacillus thuringiensis) and viral (Baculovirus heliothis) insecticide, J. Econ. Entom. 70(4) : 437-441
- (269) SNODGRASS R.E., 1957, A revised Interpretation of the external reproductive organs of male insects. Published by the Smithsonian Institution. City of Washington, Dec. 3, 1957, Smithsonian Misc. Collect. Vol. 135 (6) : 1-60
- (270) SOO HOO C.F. & G. FRAENKEL , 1966, The consumption , digestion and utilisation of food plants by a polyphagous insect, Prodenia eridania (Craemer), J. Insect Physiol. 12 : 711-730

- (271) STEINHAUS E.A., 1963, Insect Pathology an advanced treatise
Academic Press, London, Tome I, 685 pp. Tome II, 645 pp.
- (272) SURGEONER G.A. & WALLNER W.E., 1978, Foliage consumption by
the variable oak leaf caterpillar Heterocampa manteo
(Lep/Notod) its use in defoliation predictions,
Can. Ent. 110 : 241-244
- (273) STEPIEN Z.A. & RODRIGUEZ 1972, Food utilization by Acarid
Mites , in : "Insect and Mite Nutrition", North
Holland Amsterdam, J. Rodriguez Editeur, pp. 127-151
- (274) STEWART R.K. & KHATTAT A., 1980, Pest status and economic
thresholds of the tarnished plant bug, Lygus lineolaris
(Hem : Heterop-Miridae) on green beans in Quebec
Can. Ent. 112 : 301-305
- (275) STEWART R.K. & WALTON R., 1964, Oviposition and establishment
of the southwestern cornborer on corn, J. Econ.
Entom. 57(5) : 628-631
- (276) STEWART R.K. & KHATTAT A.R., 1980, Economic injury levels of
the tarnished bug, Lygus lineolaris (Hem : Heter-Mirid)
on green beans in Quebec, Can. Entom. 112 : 306-310
- (277) STOTZKY G., 1956, Microbial Respiration. Carbon and Nitrogen
transformations during descomposition of muck soil
as affected by addition of rye tissue. Ph. D.
Dissertation Ohio State Univ. Columbus Ohio.
- (278) SLEESMAN J.P., 1971, Biological insecticides control cabbage
looper. Ohio report on research and development in
agriculture, home economics and naturel resources
(1971) 56(3) 41-43
- (279) STEK M., PETERSON R.V., 1979, Retention of bacteria in the
alimentary tract of the cockroach, Blatella germanica
J. Environ. Health, 41(4), 212-213
- (280) SHARMA R., STERN V., 1980, Blue alphalfa aphid : Economic
treshholds levels in southern California , Calif.
Agric., 34(2), 16-17
- (280 bis) STERN V.M., 1973, Economic thresholds, An. Review of Entom.
(18) : 259-280
- (281) SHELTON A.M., WYMAN J.A., 1979, Time of tuber infestation and
relationship between pheromone catches of adult moths,
foliar larval populations and tuber damage by the
potato tuberworm, J. Econ. Entomol., 72(4) 599-601
- (282) SHING P., MISRA R.M., 1978, Bioassay of Thuricide, a microbial
insecticide against important forest pests, Indian
For., 104(12) 838-842

- (283) SCHUSTER D.J., 1979, Adjuvants tank-mixed with Bacillus thuringiensis for control of cabbage looper larvae on cabbage, J. Ga. Entomol. Soc. 14(2) 182-186
- (284) SCHMIDT H.U., Wohlgemuth 1979, The long term efficacy of Bacillus thuringiensis Berliner for controlling the indian meal moth, Plodia interpunctella Hbn. in grain stored in bulk under warehouse conditions, Ans. Schadlingskd. Pflanz. Umweltschitz 52(4) 52-56
- (285) SCHONHERR J., KETTERER R., 1979, On combined applications of nuclear polyhedral virus and Bacillus thuringiensis for control of the nun moth Lymantria monaca L. (Lep); Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz, 86(8) 483-488
- (286) SMALLEY D.L., OURTH D.D., 1979, Bacterial genera isolated from field collected (diapausing) and laboratory-reared cotton boll weevils, Anthonomus grandis B. (Col/Curc), J. of Invert. Pathol. 34(2) 158-163
- (286 bis) Statistiques de l'I.E.A., 1979, Institut Economique Agricole, I.E.A., Ministère de l'Agriculture, Sec. Analyses , 16 Bd Berlaimont, 1000 Bruxelles
- (287) STREET D.A., RALPH D., 1980, Replication of Nosema algerae in three insect cell. lines, J. Protozool. 27(1) 113-117
- (288) STRIDE G.O., 1957, Investigation into the courtship behaviour of the male of H. misippus L. (Lep. Nymph) with special reference to the role of visual stimuli The british J. of An. Behaviour (4) : 153-167 (1957)
- (289) STRUBLE D.L., ARN H., et al. 1980, Identification of 4 sex pheromone components isolated from calling females of Mamestra brassicae . Z. Naturforsch. Ser. C 35 (1-2), 45-48
- (290) SVESTKA M. & VANKOVA J., 1980, The effect of Bacillus thuringiensis bined with the synthetic pyrethroid Ambush on Operophtera brumata, Tortrix viridiana and the entomofauna of an oak stand, Anz. Schadlingskd. Pflanz.-Umweltschutz, 53(1) 6
- (291) TANAKA K., 1972, On the exotoxin of Bacillus thuringiensis var. thuringiensis Berliner (2) Mechanism of inhibition of DNA dependent RNA polymerase reaction. Science Bull? of the Fac. of Agric. Kyushu University (1972) 26(1/4): 545-549
- (292) TAYLOR T.A., 1974, Evaluation of Dipel for control of Lepidopterous pests of okra, J. of Econ. Entom. (1974) 67(5) : 690-691

- (293) TEAL P.E.A. & BYERS J., 1978, Differences in female calling behaviour of three interfertile sibling species of *Euxoa* spp. (Lep:Noct), Ann. Entom. Soc. Am. 71 : 630-633
- (294) TIBOR J., HANS F. & DETHIER, 1968, Induction of specific food preference in Lepidopterous larvae, Ent. Exp. Appl. 11 : 211-230
- (295) THORSTEINSON A.J., 1960, Host selection in Phytophagous Insects, An Review Ent. 5 : 193-218
- (296) TOSHIO I., YASUHIR H. et al., 1975, Soybean meal on feeding of the silk-worm Bombix mori, J. Insect Physiol. 21 : 995-1006
- (297) TURNBULL A.L., 1962, Quantitative Studies of the food of L. triangularis, Clerck (Aranea : Linyphiidae) Can. Ent. 94 (12) : 1233-1249
- (298) TURNER W.K. & CHARITY L.F., 1970, Determining response of insects to radiation by continuous monitoring of their CO₂ output, Ann. Ent. Soc. Am. 64 : 419-424
- (299) ULEWICZ K., WEGNER Z., 1979, Study of the possibility of adopting a complex method in Blattella germanica L. control on board ships. Zentralbl. Bakteriologie. Parasitenkd. Infektionskr. Hyg. I Ab. B, 168 (5-6), 538-545
- (300) VANKOVA J. & PURRINI K., 1979, Natural epizootics caused by bacilli of the species Bacillus thuringiensis and Bacillus cereus, Z. ang. Ent. 88 : 216-221
- (301) VAN DER GEEST, L.P.S. & WASSINK, 1971, Standardization of Bacillus thuringiensis preparations. A new bioassay method with Pieris brassicae L. as test insect, J. of Inv. Path. 19, 361-365 (1972)
- (302) van EMDEN, H.F., 1974, Pest control and its ecology studies in Biology, N° 50, Edward Arnold Ed. , 60 pp.
- (303) van LENTEREN J.C. et al., 1980, The Parasite-Host relationship between Encarsia formosa (HYM : Aphelinidae) and Trialeurodes vaporariorum (HOM : Aleyrodidae) IV. Oviposition behaviour of the parasite, with aspects of host selection, host discrimination and host feeding. Z. ang. Ent. 89 : 442-454
- (304) VAIL P. V. , SEAY R.E., 1980, Microbial and chemical control of the cabbage looper on fall lettuce, J. of Econ. Entomol., 73 (1) 72-75
- (305) VANKOVA J., 1973, Comparison of the insecticidal effects of two Bacillus thuringiensis preparations, Bathurin and Dipel, Acta Entomologica Bohemoslovaca (1973) 70(5): 328-333

- (306) VEY A., CAUSSE R., 1979, Effet de l'exposition aux rayons gamma sur l'action hémocytaire multicellulaire des larves de Mamestra brassicae (Lep/Noct), Entomophaga 24(1) 41-47
- (307) VLAK J.M., GRONER A., 1980, Identification of two polyhedrosis viruses from the cabbage moth, Mamestra brassicae (Lep/Noct), J. of Invert. Pathol. 35(3) 269-278
- (308) VLAYEN P., SEMAILLE R., Von IMPE G., 1978, Activité de la Bactospéine sur l'acarien Tisserand commun (Tetranychus urticae K.), Symposium International de Phytopharmacie et de Phytiairie, Gand, Belgique, mai 9, 1978
- (308 bis) VLAYEN P., 1981, Contribution à l'étude de Bacillus thuringiensis B., aspects bactériologiques, éco-pathologiques et écologiques, Université Catholique de Louvain, LAB. Ecologie, ECAN, Thèse de Doctorat, 416 pp.
- (309) Von KEYSERLINGK H., 1980, Control of Dutch Elm disease by behavioural manipulations of its vectors, Med. Fac. Landbouw Rijcksuniv. Gent 44/1, 1979, pp. 87-100
- (310) Von KEYSERLINGK H., 1979, Die Höllandische Ullmenkrankheit Biologie und Pekaupfungk, Inst. für Angewandte Zoologie, Freie Universität Berlin, 1000 Berlin 41, West Germany
- (311) WALDBAUER G.P., 1964, The consumption, digestion and utilisation of solanaceous and non-solanaceous plants by larvae of the tobacco hornworm, Protoparce sexta (Johan) (LEP:Sphing), Ent. Exp. Appl. 7 : 253-269
- (312) WALLNER W.E. & WALTON G., 1979, Host defoliation : A possible determinant of gypsy moth population quality, Ann. Entom. Soc. Am. 72 : 62-67
- (313) WAGNER T.L., 1979, The effects of parental and progeny diet on development weight gain, and survival of prediapause larvae of the Satin moth, Leucoma salicis (Lep:Lymantr.), Can. Ent. 111 : 721-729
- (314) WILSON DM, 1966, Central nervous mechanisms for the generation of the rhythmic behaviour in arthropods, Sympos. Soc. Exp. Biol. 20 : 199-228
- (315) WOODRING J.P. et al. 1978, Effects of CO₂ and Anoxia on feeding, growth, metabolism, water balance and blood consumption in larval female house crickets, Acheta domesticus, J. Insect Physiol. 24 : 499-509
- (316) WOODRING J.P. & CLIFFORD C.W. & BECKMAN B.R., 1979, Utilisation and metabolic efficiency in larval and adult house crickets, J. Insect. Physiol. 25 : 903-912

- (317) WILLAME M., 1976, Rôle de l'intensité lumineuse rouge 630-670 m μ dans le déterminisme photopériode de la diapause nymphale de P. brassicae, J. Insect. Physiol. (22) 1053-1056
- (318) WIGGLESWORTH V.B., 1965, The principles of Insect Physiology, Methuen Ed. et Co., London, 741 pp.
- (319) WINKLER V.W., HANSEN G.D., 1971, Immunochemical analysis of parasporal crystal digest of Bacillus thuringiensis as an index of insecticidal activity. Journal of Inv. Path. (1971) 18(3) : 378-382
- (320) WYMAN J.A. & OATMAN E.R., 1977, Yield responses in Broccoli plantings sprayed with Bacillus thuringiensis at various Lepidopterous larval density treatment levels, J. Econ. Entom. 70 (6) : 821-824
- (321) YAMAMOTO R.T. & JENKINS, 1972, Host-plants preferences of tobacco hornworm moths , in "Insects and Mite Nutrition", North Holland, J.G. Rodriguez Edit. pp. 566-574
- (322) YAMVRIAS C., 1962, Contribution à l'étude du mode d'action de Bacillus thuringiensis vis-à-vis de la teigne de farine A. Kühniella Z., Entomophaga (2):102-151
- (323) YAMVRIAS C. & YOUNG C. , 1976, Trials using Bacillus thuringiensis to control the olive moth, Prays oleae in Greece in 1976, J. of Applied Entom. 84 : 4: 436-440
- (324) YENDOL W.G., 1975, Feeding Behaviour of gypsy moth larvae on Bacillus thuringiensis-treated foliage , Journ. of Econ. Entomol., 68 : 25-27
- (325) YOUNG S.R., 1979, Respiratory metabolism of Alazkozetes antarcticus (ACARI : Cryptostigmata), J. Insect. Physiol. 25 : 361-369
- (326) YOUSTEN A.A., 1973, Effect of the Bacillus thuringiensis endotoxin on an insect predator which has consumed intoxicated cabbage looper larvae, Journal of Inv. Path. (1973) 21(3) : 312-314
- (327) YUN-PEI Sun, 1968, Dynamics of Insect Toxicology - A Mathematical evaluation of the relationship between insect toxicity and rates of penetration and detoxication of insecticides, J. Econ. Ent. 61(4):949-955
- (328) YUTAKA N., 1960, Host-plant preference of the soybean pod borer , Grapholita glycinivorella Matsumura (Lep: Eucosmidae), Ent. Exp. & Appl. 3: 38-47

IX- TABLEAUX ET FIGURES EN ANNEXE

TABLEAU IV-13- Données brutes sur le nombre de pontes, oeufs de Mamestra brassicae d'après la localisation sur le plant de chou var. rouge - 1979

PARCELLES 79		4					5					9					10				
DATE	Jour	P	E	R	V	A	P	E	R	V	A	P	E	R	V	A	P	E	R	V	A
Juin 25	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juin 26	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juin 27	3	1	8	1	1	10	1	10	1	-	-	1	12	1	1	12	1	12	1	1	1
Juin 28	4	1	16	1	1	6	1	6	1	-	-	2	15	2	-	-	-	-	-	-	-
Juin 29	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	10	1	1	14	1	14	1	1	1
Juin 30	6	-	-	-	-	3	25	3	15	1	5	1	5	1	2	18	2	18	2	2	2
Juillet 1	7	2	21	2	3	27	3	27	3	-	-	1	21	1	2	24	2	24	2	2	2
Juillet 2	8	5	53	1	4	64	6	64	6	-	-	2	23	2	3	39	3	39	3	3	3
Juillet 3	9	3	42	3	5	51	4	51	4	1	1	1	17	1	1	32	1	32	1	1	1
Juillet 4	10	1	15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	11	1	11	1	1	1
Juillet 5	11	1	8	1	1	13	1	13	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juillet 6	12	1	10	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juillet 7	13	1	8	1	-	-	-	-	-	-	-	1	5	1	-	-	-	-	-	-	-
Juillet 8	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juillet 9	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juillet 10	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ		16	181	1	15	20	196	19	16	10	108	10	10	10	11	150	11	150	11	11	11
P/E :		0,09					0,1					0,09					0,07				

TABLEAU IV-14- Données brutes sur le nombre de pontes, oeufs de Mamestra brassicae, d'après la localisation sur le plant de chou var. frisé - 1979

PARCELLES 79

Moyen.

DATE	Jour	P	E	R	V	A	P	E	R	V	A	P	E	R	V	A	P	E	R	V	A	P
Juin	25	1	2	40	2	1	12	1	1	39	1	4	76	1	2	1	2					
	26	2	2	38	2	4	72	4	5	92	4	5	83	5	6	89	4					
	27	3	5	100	5	3	38	3	4	90	1	6	89	6	5	106	4,5					
	28	4	4	100	4	4	103	3	3	40	3	5	106	5	5	280	4,3					
	29	5	10	372	8	2	37	2	4	81	4	5	280	5	9	240	5,3					
	30	6	12	390	12	8	132	8	5	103	5	9	240	8	1	240	8,5					
Juil.	1	7	30	589	29	1	12	220	11	302	10	7	201	7	6	572	15					
	2	8	5	200	4	1	42	601	14	358	13	48	1052	2	43	3	16,8					
	3	9	51	1020	48	3	49	903	7	231	7	19	602	18	1	21,8	38,8					
	4	10	18	380	17	1	14	306	36	420	1	35	181	7	3	11	21,8					
	5	11	7	200	1	6	12	209	7	181	7	15	982	15	3	7,3						
	6	12	4	198	4	4	4	106	6	222	6	50	231	50		16,3						
	7	13	6	350	5	1	4	87	5	96	5	8	196	7	1	3,5						
	8	14	2	50	2	1	1	35	3	41	3	7	203	6	1	2,8						
	9	15	2	65	2	-	-	-	2	22	1	5	81	1	3	1,5						
	10	16	1	20	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
			161	4112	1	151	9	160	2861	6	146	8	113	2318	2	105	6	217	5355	4	201	12
			P/E = 0,04					0,06					0,05					0,04				

CODE : P : ponte
E : oeufs - total
R : rectum
V : versum
A : ailleurs -tiges, p  t  le, etc.

TABLEAU IV-15- Données brutes sur le nombre de pontes, oeufs de *Mamestra brassicae* d'après la localisation sur le plant de chou var. cabus blanc - 1979

PARCELLES 79

2

7

11

12

DATE	Jour	P	E	R	V	A	P	E	R	V	A	P	E	R	V	A	P	E	R	V	A	
Juin	25	1	1	15	-	1	-	2	32	-	2	-	1	12	-	1	-	-	-	-	-	-
	26	2	1	16	-	1	-	2	28	-	2	-	1	10	-	1	-	-	-	-	-	
	27	3	2	33	-	2	-	2	14	-	2	-	2	19	-	2	-	1	11	-	1	-
	28	4	3	42	-	3	-	7	79	-	7	-	4	96	-	4	-	4	84	-	4	-
	29	5	5	85	-	4	1	12	301	-	11	1	2	29	-	2	-	5	84	-	5	-
	30	6	9	301	-	9	-	14	390	-	12	2	9	351	1	8	-	6	107	-	6	-
Juil.	1	7	18	321	-	18	-	10	316	-	10	-	9	307	-	8	1	5	92	-	4	1
	2	8	24	402	1	22	1	18	507	-	17	1	12	206	1	11	-	8	189	-	8	-
	3	9	22	501	2	19	1	8	345	1	6	1	12	221	-	12	-	15	403	-	14	-
	4	10	18	380	-	18	-	5	72	-	5	-	9	363	-	9	-	12	309	1	11	-
	5	11	14	190	-	13	1	3	39	-	3	-	7	42	-	7	-	3	47	-	3	-
	6	12	12	300	-	12	1	1	11	-	1	-	4	41	-	4	-	1	19	-	1	-
	7	13	6	26	-	6	-	-	-	-	-	-	3	41	-	2	1	-	-	-	-	-
	8	14	5	40	-	5	-	-	-	-	-	-	1	8	-	1	-	1	12	-	1	-
	9	15	3	36	-	3	-	-	-	-	-	-	1	9	1	-	-	-	-	-	-	-
	10	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ		143	2688	3	135	5	84	2134	1	78	5	77	1755	3	72	2	61	1357	1	58	1	

P/E :

0,05

0,04

0,04

0,04

TABLEAU IV-16- Données brutes sur le nombre de pontes, oeufs de *Mamestra brassicae*, d'après la localisation sur le plant de chou var. rouge - 1980

PARCELLES 80

9

10

11

12

DATE Jour		P	E	R	V	A	P	E	R	V	A	P	E	R	V	A	P	E	R	V	A
Août	18	1	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19	2	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	3	-	-			1	5	1	4	-	-	-	-	-	-	1	12	1	-	-
	21	4	1	20		1	-	-	-	-	-	3	69		3	-	-	-	-	-	-
	22	5	2	37		2	1	17	-	1	-	5	84		4	1	1	10	1	-	-
	23	6	1	18		1	2	72	-	2	-	8	201		8	-	2	23	2	-	-
	24	7	4	92		3	2	71	-	2	-	3	42		3	-	3	42	3	-	-
	25	8	5	101		3	2	192	-	7	2	1	25		1	-	5	90	4	1	-
	26	9	7	121		5	2	4	63	-	3	1	-		-	-	1	9	-	1	-
	27	10	3	72		3	3	54	-	2	1	2	43		1	1	3	32	2	1	-
	28	11	3	63		3	3	43	-	3	-	1	20		1	-	1	12	1	-	-
	29	12	1	16		-	1	1	21	-	1	-	-		-	-	2	36	1	1	-
30	13	2	39		1	1	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	
31	14	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	
sept.	1	15	-	-		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	
Σ		29	579		22	7	26	538	1	21	4	23	484		21	2	19	266	15	4	

P/E :

0,05

0,05

0,05

0,05

CODE : P : ponte
E : oeufs - total
R : rectum
V : versum
A : ailleurs - tiges, pétiole, etc.

TABLEAU IV-17- Données brutes sur le nombre de pontes, oeufs de *Mamestra brassicae*, d'après la localisation sur le plant de chou var. frisé - 1980

PARCELLES 80						5						6						7						8					
DATE Jour		P	E	R	V	A	P	E	R	V	A	P	E	R	V	A	P	E	R	V	A								
Août	18 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	76	-	2	-								
	19 2	1	31	-	1	-	1	41	-	1	-	-	-	-	-	-	1	52	-	1	-								
	20 3	3	82	-	3	-	7	203	-	7	-	9	361	-	9	-	12	413	-	11	1								
	21 4	2	64	-	2	-	5	143	-	5	-	17	493	-	17	-	14	486	-	14	-								
	22 5	5	180	-	5	-	15	462	-	14	1	43	2021	-	42	1	12	379	-	12	-								
	23 6	12	312	-	12	-	20	570	-	20	-	79	3011	-	78	1	84	2612	1	82	1								
	24 7	17	502	-	17	-	32	904	-	32	-	94	3826	2	89	3	99	4206	-	98	1								
	25 8	48	2051	1	44	3	54	1718	-	52	2	80	2436	1	76	3	72	3007	-	72	-								
	26 9	91	4306	-	88	3	72	2902	1	70	1	53	1815	-	53	-	58	2002	-	58	-								
	27 10	50	1809	-	49	1	70	1974	-	69	-	21	402	-	20	1	49	2022	-	49	-								
	28 11	47	1723	-	47	-	14	412	-	14	-	40	1018	-	40	-	37	1223	-	36	1								
	29 12	12	402	-	12	-	22	396	-	22	-	12	406	-	12	-	35	396	-	35	-								
	30 13	7	237	-	7	-	10	395	-	10	-	9	256	-	9	-	21	398	-	21	-								
	31 14	9	276	-	9	-	8	134	-	8	-	10	403	-	10	-	12	402	-	12	-								
Sept.	1 15	3	102	-	3	-	3	121	-	3	-	5	261	-	5	-	8	202	-	8	-								
Σ		307	12077	1	299	7	333	10375	1	329	3	472	16709	3	460	9	516	17876	1	511	4								
P/E :		0,03					0,03					0,03					0,03												

TABLEAU IV-18- Données brutes sur le nombre de pontes, oeufs de *Mamestra brassicae*, d'après la localisation sur le plant de chou var. Cabus blanc - 1980

PARCELLES 80						1					2					3					4				
DATE Jour		P	E	R	V A	P	E	R	V A	P	E	R	V A	P	E	R	V A								
Août	18 1	-	-	-	- -	-	-	-	- -	-	-	-	- -	-	-	-	- -								
	19 2	-	-	-	- -	-	-	-	- -	-	-	-	- -	1	24	-	1 -								
	20 3	1	18	-	1	2	39	-	2 -	1	40	-	1 -	-	-	-	- -								
	21 4	-	-	-	-	1	17	-	1 -	1	36	-	1 -	1	19	-	1 -								
	22 5	3	61	-	3	4	160	-	4 -	2	102	-	2 -	3	90	-	3 -								
	23 6	7	110	-	7	3	172	-	3 -	1	41	-	1 -	3	108	-	3 -								
	24 7	4	81	-	4	7	221	-	7 -	5	206	-	5 -	6	215	-	5 1								
	25 8	11	120	1	10	13	312	-	13 -	24	305	-	23 1	23	321	-	22 1								
	26 9	38	590	-	38	22	398	1	20 1	51	1380	-	51 -	61	1084	1	60 -								
	27 10	24	503	-	24	25	1103	1	23 1	41	903	-	40 1	37	402	-	36 1								
	28 11	16	372	1	15	13	402	-	13 -	12	326	-	11 1	3	96	-	3 -								
	29 12	5	106	-	5	8	139	1	7 -	6	215	-	5 1	9	201	-	9 -								
	30 13	5	117	-	5	3	105	-	3 -	5	202	-	5 -	3	72	-	3 -								
	31 14	1	12	-	1	-	-	-	- -	3	107	-	3 -	1	41	-	- 1								
Sept. 1 15	-	-	-	-	1	40	-	1 -	3	89	-	3 -	-	-	-	- -									
Σ		115	2090	2	113	102	3208	3	97 2	155	3952	-	151 4	151	2673	1	146 4								
P/E :		0,06				0,03				0,04				0,06											

CODE : P : ponte
E : oeufs - total
R : rectum
V : versum
A : ailleurs - tiges, pétioles, etc.

TABLEAU IV-19- Localisation de la ponte de Mamestra brassicae sur 3 variétés de Brassica oleracea (verso des feuilles seulement), exprimée par la valeur de la mini distance d (cm) mesurée entre les pontes et la bordure la plus proche

Parcelles *	Total verso pontes	Distribution de la ponte par classes (cm)			
		cm 0-2	cm 2-4	cm 4-6	cm >6
1	151	1	134	14	2
3	105	9	11	78	7
6	146	11	58	48	29
8	201	3	99	83	16
	603	24	302	223	54
2	135	6	67	37	5
7	78	3	22	41	12
11	72	2	45	22	3
12	58	1	34	17	6
	343	12	168	117	46
4	15	-	6	8	1
5	19	1	12	4	2
9	10	-	6	4	-
10	11	-	4	6	1
	55	1	28	22	4

* Lecture sur 25 plantes/parcelle et par jour (15 jours)

TABLEAU IV-20- Localisation de la ponte de Mamestra brassicae sur 3 variétés de Brassica oleracea exprimée par la valeur de la distance mini. mesurée (d= en cm) entre le lieu de la ponte et la bordure de la feuille.

Parcelles*	Total pontes	Distribution de la ponte par classes (cm)			
		0-2	2-4	4-6	> 6
5	299	12	180	84	23
6	329	21	163	103	42
7	460	17	236	144	63
8	511	29	208	203	71
	1599	79	787	534	199
1	113	3	51	47	12
2	97	2	51	39	5
3	151	5	96	37	13
4	146	9	62	58	17
	507	19	260	181	47
9	22	1	3	11	7
10	21	-	5	16	-
11	21	-	9	8	4
12	15	2	9	3	1
	79	4	26	38	12

* 50 plantes observées/parcelle et par jour (15 jours)

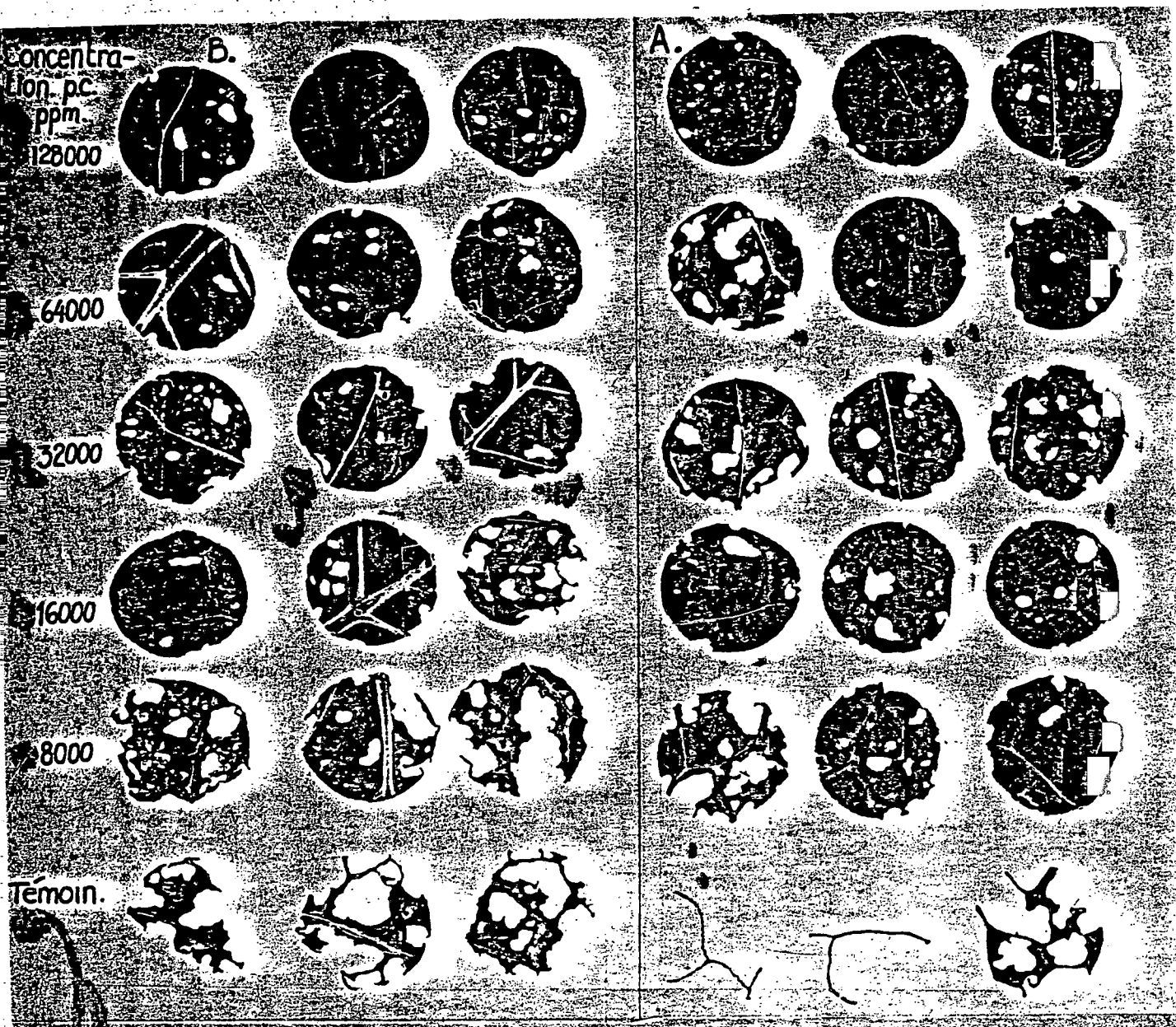


FIGURE 36 - Réduction de la consommation après 24 heures, de *B. oleracea* traitée avec *Bacillus thuringiensis*. A: Sérotype I ; B: Sérotype III ; voir les grignotements aux concentrations élevées du produit (ppm)

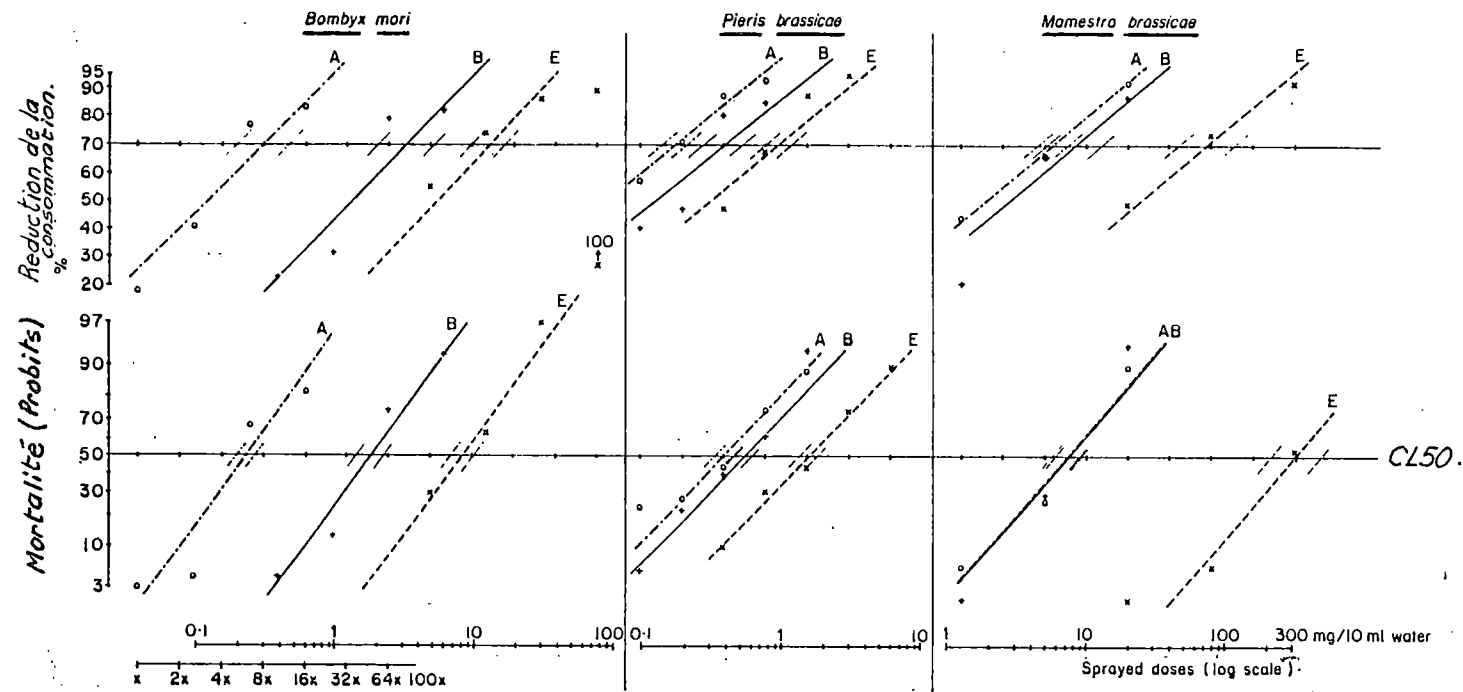


FIGURE 32 - Résultats de mortalité et de réduction de la consommation de 3 espèces de Lépidoptera face à Bacillus thuringiensis (sérotipe I) après 24 heures en laboratoire.

A : souche 562 - 5A (Bucher et al. 1966)

E : étalon international E61

B : souche de laboratoire dérivée de l'étalon E61

Repris de BENZ, 1971 (24)

LÉGUMES FRAIS

100 grammes de la partie comestible renferment les constituants suivants : (4)

NOMS DES ALIMENTS	Numéros d'ordre	INDICATIONS COMPLÉ- MENTAIRES	VALEUR CALORIQUE	EAU en grammes	PRINCIPES ÉNERGÉ- TIQUES en grammes			CELLULOSE en grammes	ÉLÉMENTS MINÉRAUX en milligrammes											VITAMINES en milligrammes										Numéros d'ordre	Calcium Phosphore	Acidité ou Alcalinité
					Protéides	Lipides	Glucides		Soufre	Phosphore	Chlore	Potassium	Magnésium	Calcium	Fer	Zinc	Cuivre	Manganèse	Iode	Acide ascorbique (C)	Thiamine (B ₁)	Riboflavine (B ₂)	Amide nicotinique (PP)	Acide panthénique	Pyridoxine (B ₆)	Caroténoïdes actifs	Aldéhydes (A)	Vitamines (D)	Tocophérol (E)			
CHICORÉE, <i>Cichorium intybus</i> L.	1	frisée	20	94	1,6	0,1	3	0,6	18	25	25	16	300	13	70	0,70	0,19	0,14	0,30	10	0,07	0,12	0,40	.....	1,80	.....	.....	.....	1	2,8	Alc.	
CHOU, <i>Brassica oleracea</i> L.	2	endive	22	93	1,5	0,1	4	0,8	32	40	71	14	400	13	80	2					10	0,07	0,12	0,40		1,80				2	2	
CHOU, <i>Brassica oleracea</i> L.	3	{ cœur feuille	28	93	1,4	0,2	4,3	1	70	31	40	1	300	20	46	0,50	1,50	0,10	0,17	50	0,06	0,05	0,30	0,20	0,10	0,03			2,5	3	1,48	Alc.
	4		28	93	1,4	0,2	4,3	1	70	72	108	16	402	34	429	0,50	1,50	0,10	0,17	200	0,06	0,05	0,30	0,20	0,10	0,03			2,5	4	5,95	
CHOU BROCOLI, var. botrytis	8	déshydraté	354	4	13	1,9	70	11		288				394	4,90						0,50	0,40	2,90							5	1,34	
CHOU BROCOLI, var. botrytis	6	cuit petite cuisson	28	92,4	1,4	0,2	5,3	1	.....	31	.....	.....	.....	46	0,50	.....	.....	.....	.....	30	0,05	0,05	0,30	.....	.....	.....	.....	.....	6	1,48	.....	
	7	cuit grande cuisson	28	92,4	1,4	0,2	5,3	1	.....	31	.....	.....	.....	46	0,50	.....	.....	.....	.....	19	0,03	0,03	0,20	.....	.....	.....	.....	.....	7	1,48	.....	
CHOU BROCOLI, var. botrytis	8	.....	34	90	2,5	0,2	5,5	1,3	137	76	.....	16	336	24	100	0,80	.....	.....	.....	70	0,10	0,20	0,90	.....	2 à 6	.....	.....	.....	8	1,3	.....	
CHOU-CROUTE	9	.....	27	91	1,4	0,4	5	0,9	.....	18	.....	.....	140	36	0,50	.....	.....	.....	.....	16	0,02	0,09	0,10	0,08	0,01	.....	.....	.....	9	2	.....	
CHOU DE BRUXELLES, var. bullata gemmifera	10	.....	54	85	4	0,7	8	.....	131	60	10	10	375	30	30	1,30	.....	0,10	0,25	20	0,08	0,16	0,70	.....	0,10	0,30	.....	2,5	10	0,5	.....	
CHOU-FLEUR, var. botrytis	11	.....	30	90	2,4	0,2	4,9	0,9	85	72	29	24	300	18	22	1,10	.....	.....	.....	50	0,15	0,12	0,60	1,10	.....	0,02	.....	.....	11	0,3	Alc.	
CHOU-MARIN, <i>Brassica maritima</i> L.	12	.....	22	93	1,5	0,2	3,5	0,8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	12	.....	.....	
CHOU-NAVET, <i>Brassica campestris</i> L.	13	(rutabaga)	34	90	1,2	0,1	7	1,3	36	40	30	1	250	15	50	0,60	0,30	0,10	0,25	30	0,06	0,08	0,80	.....	0,19	.....	.....	.....	13	1,25	Alc.	
CHOU-NAVE, Br. oleracea caulorapa DC.	14	.....	40	88	1,1	0,1	8,8	.....	40	.....	.....	.....	29	60	0,60	.....	0,20	.....	.....	50	0,07	0,05	0,20	0,10	0,15	.....	.....	.....	14	1,5	.....	
CHOU ROUGE, var. acephala	15	.....	38	89	1,9	0,2	7,2	.....	68	32	45	32	302	17	53	0,57	.....	0,10	0,12	70	0,10	.....	0,40	.....	0,10	1,50	.....	2,5	15	1,65	.....	
CIBOULE, <i>Allium fistulosum</i> L.	16	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	20	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	16	.....	.....	
CIBOULETTE, <i>Allium schoenoprasum</i> ..	17	ou civette	39	88	0,9	0,2	0,4	.....	49	30	43	15	132	32	80	.....	.....	.....	.....	40	0,13	0,10	.....	.....	2 à 8	.....	.....	.....	17	2,66	.....	
CITROUILLE, <i>Cucurbita maxima</i> Des- chene et <i>Cucurbita pepo</i> L.	18	.....	31	90	1,3	0,2	6	1,3	10	30	18	3	400	10	21	0,80	0,20	0,07	0,14	10	0,05	0,05	0,50	.....	0,11	2	.....	.....	18	0,7	.....	
CONCOMBRE, <i>Cucumis sativus</i> L.	19	.....	12	96	0,7	0,1	2	0,6	15	20	27	12	140	9	10	0,30	0,16	0,15	0,0013	8	0,03	0,04	0,20	0,30	0,10	.....	.....	.....	19	0,50	Alc.	
CORNICHON, <i>Cucumis sativus</i> L.	20	(voir concombre)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	20	.....	.....	
COURGE, <i>Cucurbita pepo</i> L.	21	(voir citrouille)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	21	.....	.....	
CRESSON, <i>Nasturtium officinale</i> Br.	22	.....	21	93	1,7	0,3	3	0,5	147	50	100	79	300	25	211	2,50	0,15	0,56	0,45	87	0,11	0,17	1	.....	3	.....	.....	.....	22	4,22	Alc.	
ÉCHALOTTE, <i>Allium ascalonium</i> L.	23	.....	75	81	1,3	0,2	17	0,8	.....	25	.....	.....	150	12	25	0,70	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	23	1	.....	

(4) D'après L. Randoin 1976 (Ref. 229).