Zeitschrift: Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss Entomological Society

Herausgeber: Schweizerische Entomologische Gesellschaft

Band: 21 (1948)

Heft: 3

Artikel: La lutte chimique contre le hanneton commun

Autor: Clausen, René-L.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-401040

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

La lutte chimique contre le hanneton commun

par

René-L. Clausen

La Tour-de-Peilz

Entomologiste à la Fabrique de Produits chimiques Dr R. Maag S. A., à Dielsdorf.

Des produits chimiques et des méthodes de lutte sont recommandés contre une quantité d'ennemis des végétaux. La protection du pommier contre les attaques du carpocapse, du puceron vert et de la tavelure n'offre plus de difficultés, si l'application des insecticides et des fongicides efficaces est systématique, préventive ou curative et surtout si elle est faite avec le soin nécessaire. Dans d'autres cas, la solution du problème a été trouvée dans une sélection du végétal ou bien dans une mesure culturale, qui soustraient la plante à l'atteinte de son ennemi.

On préconise également de nombreuses méthodes de lutte contre le hanneton commun, *Melolontha melolontha* L. : ramassage de l'insecte parfait et de la larve, méthodes culturales diverses et produits chimiques ; mais la multitude des recettes à disposition prouve que la méthode de lutte rationnelle, efficace, bon marché, sans danger pour les végétaux et pouvant être recommandée dans la majorité des cas, n'a pas encore été trouvée. Ceci tient à la biologie de l'insecte : brève et massive apparition au soleil, puis long développement souterrain. Secouer les branches d'un prunier et ramasser les hannetons qui tombent est chose facile. Mais le voisin laisse évoluer l'insecte sur ses arbres et les essences feuillues à la lisière des forêts abritent aussi beaucoup de hannetons, qui reviendront sûrement sur le prunier débarrassé de ses ravageurs et qui, sans aucun doute, déposeront également leurs œufs dans les terrains du propriétaire diligent. Détourner de certains terrains les femelles au moment de la ponte, détruire les vers blancs derrière la charrue ou sous les végétaux endommagés sont de nouveau choses faciles et profitables à l'agriculteur intéressé, quoique l'on sache que l'insecte évolue en

toute quiétude sur d'immenses surfaces engazonnées, où aucune mesure culturale ni aucun produit chimique susceptibles de tuer le ravageur ne pourraient être appliqués.

L'énorme effort à fournir pour lutter contre le hanneton commun semble souvent paralyser le cultivateur. Faut-il alors s'étonner de voir périodiquement les arbres défeuillés par cette insatiable gent ailée et d'entendre parler, aussi périodiquement, des irréparables ravages du ver blanc ? BLUNCK (1937, 1938 et 1939) a publié quelques travaux sur le hanneton. Il a étudié presque toute la littérature existante, a exposé et combiné tous les problèmes et on lit ses ouvrages avec un réel profit. Mais ce monument littéraire, en présence des dégâts des hannetons et des vers blancs, ne fait pas taire la voix de la réalité, qui discrètement souffle à notre oreille que le problème nous échappe, que l'insecte vit selon les lois de son espèce et que nous n'avons pas encore trouvé le point faible de son évolution où nous pourrions enfoncer sans hésitation notre poinçon et réduire l'animal à notre merci. Faut-il alors s'étonner si « au lieu d'apporter à la destruction des hannetons l'activité individuelle que tout agriculteur consacre fort bien à ce qui intéresse ses cultures, on ne sait pas mieux faire que de recourir à l'intervention de l'Etat, si parfaitement mal placé pour s'occuper de pareilles matières » dit un agriculteur du Jorat (cité d'après DE LA HARPE, 1870). ECKSTEIN (1938) et RÉGNIER (1946) expriment aussi le sentiment profond de l'agriculteur en disant, le premier : « Ziel aller Arbeiten über den Maikäfer muss dies sein : die Engerlingsbekämpfung, die der Bauer selbst durchführt » et le second : « Notre effort doit se tourner vers la destruction des pontes et des vers blancs ».

En entreprenant le présent travail, je savais ne pas apporter de solution au problème du hanneton. Mais j'ai pris contact avec le problème ; j'ai cherché l'insecte, j'ai essayé contre lui des substances chimiques pour le détruire et je me suis ainsi rendu compte des difficultés que comporte sa lutte. Certains espoirs sont toutefois permis. Le hanneton est sensible à quelques nouveaux insecticides organiques de synthèse et, c'est peut-être dans ce domaine que les espoirs sont les plus grands, quoique aussi les plus fragiles, le ver blanc peut également être détruit à l'aide des mêmes substances. Plusieurs savants sont attachés à cette tâche. C'est vers ce but que les efforts doivent tendre, car la possibilité de tuer le ver blanc, sans inconvénients pour les végétaux ni frais excessifs, résoudrait le problème du hanneton.

I. HISTORIQUE DE LA LUTTE CHIMIQUE CONTRE LE HANNETON COMMUN

Les premiers produits chimiques expérimentés dans la lutte contre le hanneton commun sont les composés arsenicaux, mais les résultats obtenus, principalement par les naturalistes allemands, ne sont pas très concluants. SACHTLEBEN (1926) montre le peu d'efficacité d'une poudre d'arséniate de chaux à 17 et à 23 % d'arsenic où, dans quatre essais de laboratoire, seulement 60 % des hannetons nourris avec des feuilles recouvertes du poison périssent au bout de 7 jours. Dans d'autres expériences, la mortalité des insectes ayant subi le traitement est identique à celle des témoins. Le résultat des applications pratiques est aussi insuffisant ; PUSTET et SELL (1926) l'estiment à 25 % au maximum. L'effet insectifuge de l'arséniate de chaux est généralement relevé (PUSTET et SELL, 1926 ; JANCKE, 1927 ; KALANDADZE, 1927 ; BLUNCK, 1937 ; THIEM, 1938). Il en est de même de celui de l'arséniate de plomb (RÉGNIER, 1946 ; VIEL, 1946) qui, d'après VIEL, provoque en 5 jours la mort de 20 % des hannetons, en 10 jours de 70 %, lorsque les feuilles servant à l'alimentation des insectes sont aspergées normalement d'une suspension à 1,6 % d'un produit titrant 11 % d'arsenic. Une application exagérée de poudre d'arséniate de chaux cause en plus le flétrissement des feuilles des végétaux traités (SACHTLEBEN, 1926 ; KALANDADZE). L'utilisation en grand des arsenicaux n'est pas non plus sans danger pour l'homme et les animaux (BLUNCK, 1937).

Les expériences continuent en utilisant des produits à base de dinitro-orthocrésol. Dans des essais de laboratoire, BERNHARDT (1939) obtient en 12 à 24 heures la mort des hannetons poudrés par l'insecticide. Le dinitrocrésol émulsionné ou en solution tue aussi rapidement le hanneton ; les premiers insectes périssent en 3 à 4 heures, la majorité en 1 à 2 jours. L'auteur mentionne une persistance du toxique sur les végétaux de quelques jours. THIELMANN (1939) confirme l'action rapide d'une poudre de dinitrocrésol à 10 %. La mortalité des animaux est cependant très influencée par la température, car il obtient en laboratoire en 70 heures la mort de 30 à 90 % des hannetons traités, alors qu'elle est de 16 à 96 % en 12 heures dans les conditions de plein champ. A la suite d'améliorations apportées aux produits, plusieurs chercheurs arrivent à des résultats remarquables et la solution du difficile problème du hanneton semble avoir été trouvée.

NEU (1940) obtient par un seul poudrage appliqué peu après l'apparition massive du ravageur une diminution de 70 à 90 % des hannetons ; les insectes périssent en 8 à 16 heures si la température

de l'air est élevée. NOLL et HAENDLER (1940) estiment la destruction à 4,5 millions de hannetons sur une surface de 70 hectares et l'efficacité de leur poudre est également satisfaisante à une température de 7,1 à 9,8°. PLATEN (1941) observe la mort des hannetons qui se posent sur les arbres 1 et 2 jours après le poudrage et GERSDORF (1940) relève à son tour que les animaux qui touchent l'insecticide ou qui en absorbent vomissent abondamment et trépassent.

Les poudres utilisées contiennent 10 % de substance active (NEU, 1940, pense qu'une teneur de 6,5 % du toxique suffirait alors que THIEM, 1942, insiste pour le maintien de la concentration primaire) et elles ne sont pas sans présenter de sérieux inconvénients. Le feuillage des arbres traités est complètement anéanti. Par une journée ensoleillée, la destruction commence 8 à 12 heures après le poudrage et en 2 jours les brûlures sont totales. Les feuilles tendres et légèrement velues des charmes, des peupliers, des sorbiers, des coudriers, des ronces, des framboisiers et des orties souffrent davantage que celles des chênes et des hêtres qui sont plus lisses ; le feuillage du bouleau résiste un peu plus. Les rameaux de l'épicéa sont aussi brûlés, de même que les feuilles de la betterave et du lupin (STEUDEL, 1941). Les graminées et l'orge ne souffrent pas. EXT (1941) ne trouve pas ces brûlures exagérées, car les feuilles endommagées n'attirent plus les hannetons qui ont échappé au massacre et elles repoussent en l'espace de 5 à 7 semaines. A cause de son influence nocive, le dinitrocrésol est exclu pour la protection des arbres fruitiers et de toutes les essences sujettes aux hannetons se trouvant à proximité des habitations.

Le second désavantage du dinitro-o-crésol est son pouvoir colorant et sa toxicité pour l'homme et les animaux. BERNHARDT utilise le produit après avoir mis un masque, des lunettes et un habit spécial. GERSDORF parle d'une zone de protection d'au moins 100 m. autour des arbres traités, zone dans laquelle aucun animal ne pourra pénétrer. Pour les abeilles, qui doivent être enfermées durant le poudrage, il est nécessaire de prévoir un espace de protection de 4 km. Malgré tout, aucun accident n'est signalé ; des vaches et des chèvres mangent l'herbe saupoudrée du toxique (KUETHE, 1941), des porcs avalent les hannetons crevés (STEUDEL) mais les grenouilles des flaques d'eau voisines des arbres traités passent de vie à trépas. L'action du poison sur la faune des arbres et du sol n'est pas étudiée. NEU pense cependant qu'à cause des inconvénients que présente le dinitro-o-crésol, la grande pratique ne l'utilisera pas. La littérature française est muette en ce qui concerne l'emploi du dinitrocrésol dans la lutte contre le hanneton adulte (BOUCHET).

Parallèlement aux expériences citées, des essais sont entrepris avec le premier insecticide organique de synthèse connu sous le nom de marque de *Nirosan*. La substance, non toxique pour l'homme et les animaux à sang chaud, est un poison violent pour les vers de la

vigne ; elle provoque aussi après ingestion la mort du hanneton en l'espace de 2 à 5 jours (JANCKE, 1940). Elle n'est pas répulsive pour l'insecte et son effet, plus rapide par temps ensoleillé, persiste en diminuant jusqu'à 8 jours après son application sur les plantes. Le hanneton horticole *(Phyllopertha horticola)* est aussi sensible à l'insecticide, mais nous savons par contre que l'efficacité de la substance est insuffisante contre le doryphore (FERRIÈRE, DÉFAGO et ROOS, 1944). Puisque le *Nirosan* ne repousse pas le hanneton, THIEM (1940) suggère, afin d'empêcher un trop grand ravage de l'insecte sur les arbres traités, de mélanger la matière active à un petit peu de dinitro-o-crésol qui, à ce moment, n'agirait pas par contact mais après ingestion. Un insecticide efficace, peu toxique, légèrement répulsif, serait ainsi obtenu et il aurait l'avantage de pouvoir être utilisé pour la protection des arbres fruitiers (THIEM et STEUDEL, 1939).

La poudre de derris (BERNHARDT, 1939 ; VIEL, 1946) et la phénothiazine (VIEL), deux insecticides non toxiques pour l'homme et efficaces contre le doryphore, sont insuffisants contre le hanneton.

La découverte du second insecticide organique de synthèse, le Dichlorodiphényltrichloréthane ou DDT laisse espérer la solution du problème de la lutte contre le hanneton. WIESMANN (1943) publie une première note sur les résultats obtenus avec le DDT contre le hanneton. Des nouvelles recherches (WIESMANN, 1945 ; BOVEY, 1946) et les applications de la pratique confirment l'exactitude des premières expériences. Le hanneton mis en présence de feuilles aspergées par une suspension de DDT à 2 % n'absorbe presque pas de nourriture et il meurt en l'espace de 2 à 3 jours. Les extrémités de l'insecte sont paralysées, de même que ses mandibules, qui restent entr'ouvertes. La mort de l'animal survient s'il reste 5 heures et plus en contact avec les feuilles fraîchement aspergées du toxique. Par contre, le ravageur échappe à la mort si son contact avec les feuilles traitées est de 1 à 3 heures ; dans ce cas, l'effet de paralysie du DDT est réversible. 60 hannetons nourris avec des feuilles traitées deux jours auparavant par une suspension de DDT à 2 % et de bouillie sulfocalcique à 0,5 % (WIESMANN, 1945) montrent au bout de 24 heures des symptômes avancés de paralysie et périssent tous en l'espace de 3 jours. Les arbres protégés par l'insecticide ne sont presque plus attaqués par le ravageur (WIESMANN parle d'un effet répulsif du dépôt de bouillie), alors que les arbres témoins sont fortement endommagés. En cas de fortes sorties de hannetons, la répétition du traitement serait indiquée 8 à 10 jours après. BOVEY affirme qu'un traitement soigneux des arbres avec une suspension de DDT à 1,5 % assure en général la même protection qu'une pulvérisation du produit utilisé à 2 %.

Un troisième insecticide organique de synthèse vient enrichir la liste des produits actifs contre le hanneton. C'est l'Hexachlorocy-

clohexane ou HCH et ses dérivés sulfurés, le Sulfure de polychlorocyclane ou SPC, lesquels, d'après une communication de VIEL, (1946), provoquent en 10 jours la mort de tous les insectes traités par une poudre contenant 5 % de substance active. RAUCOURT et BOUCHET affirment que les sujets traités « furent débarrassés complètement de ces ravageurs (hannetons) en 24 heures ».

Les essais comparatifs avec les poudres de DDT, de HCH et de SPC donnent des résultats identiques. RÉGNIER (1946), qui coordonne en France les recherches sur le hanneton, s'exprime ainsi : « Les expériences de M. VIEL ont montré en laboratoire l'efficacité certaine de trois produits : l'hexachlorocyclohexane (HCH), le sulfure de polychlorocyclane (SPC) et le dichlorodiphényltrichloréthane (DDT) avec des poudres à 5 % de matière active et des pulvérisations à 0,1 % de matière active dans la suspension. Tous les insectes sont tués en moins de 12 jours.

» Les essais effectués tant en cages que sur le terrain ont confirmé la qualité de ces produits. Le SPC en poudrage à 0,84 % de chlore nous a permis d'obtenir en cage de plein air une mortalité de 100 % au bout de trois jours ; le produit est encore actif huit jours plus tard, mais son action est moins rapide. Le HCH nous a donné des résultats sensiblement égaux, le DDT provoque la mortalité en 7 à 10 jours ; il a une action plus lente par conséquent, mais peut-être plus prolongée.

» Dans les vergers et les pépinières, ces produits sont donc à utiliser pour protéger les essences sujettes aux attaques, en tenant compte du fait que les deux premiers ont une action plus rapide, indispensable pour protéger efficacement cerisiers et pruniers, et que le troisième a une action plus longue, utile dans le cas où l'on ne peut répéter le traitement. »

Nous avons effectué diverses expériences avec les insecticides DDT et HCH et communiquons plus loin les résultats obtenus.

La quantité de poudre utilisée dans les applications pratiques contre le hanneton varie suivant les arbres ou les forêts à protéger. SACHTLEBEN emploie 10 kg. de l'insecticide pour le traitement d'un chêne de 20 m. de hauteur ; HADORN (1936) mentionne le même chiffre pour le poudrage des ormes de Morat, arbres dépassant 20 m. de haut et entièrement ravagés par la galéruque. Dans des actions de grande envergure, BERNHARDT (1939) arrive à un emploi de 80 à 200 kg. de poudre à l'hectare et GERSDORF (1940) en utilise 150 à 155 kg./ha. pour le traitement d'une surface de 17 ha. MEYER (1947) emploie 72,5 kg. de poudre de DDT par hectare de mélèzes envahis par la pyrale grise (*Semasia diniana* GN.).

Les poudreuses à moteur utilisées pour le travail arrivent à projeter la substance insecticide à une distance de 70 à 100 m. (SACHTLEBEN, KUETHE) de l'emplacement de la machine. MEYER retrouve sa poudre, emportée par un vent favorable, à 300 m. du point de

départ. Le nuage d'insecticide peut atteindre 30 à 35 m. de hauteur. Toutes les conditions locales doivent cependant être propices au poudrage afin d'obtenir une répartition maximum de l'insecticide, sinon le travail ne rend pas ou il est alors lié à de grandes difficultés. Le rendement d'une poudreuse à moteur est en moyenne de 600 kg. d'insecticide par jour (KUETHE). Une poudreuse à dos s'emploie pour le traitement de petits arbres et permet de projeter journellement en moyenne 40 kg. de substance. L'avion a aussi été utilisé et rendra à l'avenir des services signalés. Contre le hanneton, PUSTET et SELL (1926) de même que THIEM (1942) préfèrent encore la poudreuse à moteur à cet engin moderne, qui arrive difficilement à assurer une répartition rationnelle de l'insecticide dans un pays mouvementé et avec des lisières de forêts longues et irrégulières (BRAUN, 1946). Le traitement des arbres fruitiers par le toxique en suspension peut se faire à l'aide d'un pulvérisateur à moteur. Cette façon de procéder rencontre cependant de grandes difficultés dans les forêts ; en conséquence on lui préfère sans autre l'emploi d'un insecticide en poudre.

Les frais d'une action chimique contre le hanneton, en regard de la quantité d'insectes détruits, sont inférieurs à ceux occasionnés par le hannetonnage (GERSDORF, 1940 ; KUETHE, 1941). Ajoutons à cela l'avantage si précieux d'une considérable économie de temps. L'insecticide doit cependant être aussi bon marché que possible (BRAUN, 1946). En plus, il doit être inoffensif pour l'homme, les animaux à sang chaud, les végétaux et d'action sélective, rapide et persistante sur le hanneton.

II. ESSAIS PERSONNELS

A. Méthode, contrôles, insecticides

Les hannetons nécessaires aux essais ont été ramassés sur les arbres de la plaine du Rhône et du Valais central et utilisés immédiatement après. Il n'a pas été possible d'employer un seul type de hanneton, comme MEUNIER (1929) en fait la distinction (hanneton sortant de terre et essaimant sur les arbres ; hanneton durant la première période d'alimentation ; femelle essaimant vers les champs, etc.) ou comme SACHTLEBEN ou VIEL procèdent, en ramassant des hannetons avant leur sortie de terre. Nous avons utilisé environ 3300 hannetons dans tous les essais.

Le vol principal des hannetons fut observé les 24 à 26 avril 1947, dans le Valais central ; nous n'avons pas, par la suite, assisté à de nouvelles fortes sorties. Les premiers insectes volent dès le 16 avril. Dans la plaine du Rhône, régions de Noville, d'Aigle et de Vouvry, les hannetons apparaissent nombreux dès les derniers jours d'avril.

Nous récoltons le 25 avril les premiers animaux destinés aux essais. Ils sont à ce moment dans la première période d'alimentation. Nombreux sont les insectes en copulation. Les captures se poursuivent jusqu'au 27 mai. Durant le mois, la composition des populations change (mâles et femelles avant et après la première et la seconde ponte) mais les insectes sont toujours en parfait état de fraîcheur. Ce n'est que vers la fin du mois de mai que les animaux paraissent quelque peu fatigués et que les expériences cessent. Les insectes utilisés forment donc des populations hétérogènes.

Le comportement du hanneton et sa sensibilité aux insecticides varient suivant son état physiologique et son âge. Afin d'éviter de trop grandes erreurs résultant de cet état, nous avons souvent répété les mêmes essais ou avons effectué des expériences parallèles avec les insectes d'une même population. La diversité d'âge et d'état physiologique des animaux donnent aux résultats une grande variabilité mais ne leur enlèvent pas leur portée fondamentale. Toutes les expériences sont répétées deux fois avec 5, parfois 10 insectes. Les animaux sont gardés dans un bocal de 10 cm. de diamètre et de 18 cm. de hauteur ou dans une boîte de Pétri de 13 cm. de diamètre et de 3 cm. de haut. Les récipients sont recouverts de mousseline et conservés en laboratoire à une température de 14 à 18°. La nourriture, jeunes feuilles de cerisier et de prunier, est renouvelée suivant nécessité.

Les contrôles se font au minimum toutes les 12 heures. L'activité des insectes est notée, les morts enlevés. Nous avons toujours gardé des animaux des différentes populations qui ne subirent aucun traitement, afin de fournir la comparaison avec les individus soumis aux essais. Le tableau 1 donne une vue d'ensemble des élevages. Dans la discussion des résultats nous mentionnons pour la comparaison la série des animaux témoins.

Les insectes témoins se comportent normalement ; ils mangent parfois beaucoup et ceci nécessite le renouvellement fréquent de la nourriture. Suivant l'état physiologique des hannetons, quelques animaux périssent naturellement peu de jours après le début de l'épreuve. Les traits sous les dates correspondantes indiquent le nombre d'insectes trouvés morts.

Les séries de contrôle ne sont pas conservées jusqu'à la mort de tous les individus, mais supprimées après un certain temps. A ce moment, les hannetons traités par les insecticides étaient tous morts depuis plusieurs jours. Nous indiquons par un point dans la série correspondante la date de l'interruption du contrôle. Les survivants étaient toujours en parfaite santé et ils auraient vécu facilement encore quelques jours.

Les insectes utilisés dans les séries 1 à 13 sont conservés de 10 à 17 jours ; les animaux des contrôles 4 à 8 durent dans l'ensemble 15 à 17 jours. Les hannetons récoltés les 26 et 27 mai sont, par contre,

Insectes témoins

TABLEAU 1

Série n°	MAI 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	30	Nourriture absorbée en cm²
1	5											I			.																120
	5											I	I		.																170
2		5														I		.													330
		5								I		I						.													280
3					5						II				I	.															215
					5					I	I					.															230
4							5																.								145
							5							I									.								150
5								5																.							265
								5																.							205
6									5						I											.					185
									5																	.					225
7										5		I													.						165
										5		II				I									.						110
8												5															.				310
												5															.				280
9														5				I		I							.				140
														5													.				160
10																5				I		I						.			190
																5								II				.			140
11																				5					I	I				.	150
																				5						I				.	160
12																					5				I						65
																					5			I							60
13																							5			I					115
																							5				I		I		130
14																										5		II			15
																										5			I		15
15																											5		I	I	10
																											5			II	10
16		5										I				I				.											400
		5										I								.											420
17						10					II	I	II	II				.													130
						10							I	II				.													210
18								10												II	II					II	.				500
								10													II		I				.				410
19														10											I				II	.	370
														10												I	II		II	.	520

Séries n°s 1 à 15, élevages en laboratoire ; séries n°s 16 à 19, contrôles en plein air.
Les contrôles sont doubles. Le chiffre 5 ou 10 au début de chaque ligne indique le nombre d'insectes du groupe correspondant. Les traits I montrent les animaux morts et enlevés, les points . indiquent l'interruption du contrôle.

un peu fatigués ; ils mangent peu. Quelques individus périssent peu après le début du contrôle et les séries ne sont gardées que jusqu'au 2 juin, date de l'interruption de toutes les expériences.

Malgré l'exiguïté de l'espace à disposition, la longévité des insectes témoins n'a pas été diminuée. SCHWERDTFEGER (1937) a démontré que la place mise à disposition du hanneton *(M. hippocastani)* n'influence pas sa durée d'existence ; les mâles vivent cependant un peu moins longtemps que les femelles. SACHTLEBEN utilise des hannetons cherchés en terre et communique des durées de vie identiques à celles que nous indiquons. Il conserve toutefois ses insectes jusqu'à la mort de tous les individus et obtient pour quelques-uns une longévité dépassant 40 jours.

A côté des essais de laboratoire, nous effectuons des expériences en plein air, sur des pruniers. 5 ou 10 insectes sont gardés sur une branche dans un vaste sac de gaze. Nous faisons ainsi 4 séries de contrôle. Les hannetons vivent très normalement, mais malheureusement quelques animaux périssent prématurément après s'être empêtrés dans les plis du sac, surtout lorsque celui-ci est mouillé. Dans la série 17, plusieurs insectes meurent rapidement sans cause déterminée. Les expériences sont interrompues après 12 à 19 jours et, à ce moment, les survivants sont tous encore en excellent état.

Deux préparations à base d'hexachlorocyclohexane = HCH et une de dichlorodiphényltrichloréthane = DDT sont utilisées dans les essais. Voici des précisions (tableau 2) sur les insecticides, qui agissent par contact et aussi après ingestion :

TABLEAU 2

Produit type	Nom de marque	Substance active
HCH-suspension	Hexalo (MAAG)	13 % HCH technique
HCH-poudre	Hexapoudre (MAAG)	8 % HCH technique
DDT-suspension	Gésarol (GEIGY)	10 % DDT

Premièrement, nous avons traité isolément les hannetons mâles et les femelles. Sur seize expériences faites avec 40 individus de chaque sexe, nous constatons une seule fois la mort légèrement plus rapide du mâle (5 insectes). Nous avons, en conséquence, effectué tous nos essais en prenant les mâles et les femelles dans la proportion de 2 à 3 ou vice versa, selon les animaux à disposition.

La réaction du hanneton traité par l'hexachlorocyclohexane est remarquable. Les extrémités, surtout les pattes postérieures, deviennent raides et le corps de l'insecte prend une position inclinée, l'abdomen redressé, la tête touchant presque le sol. La marche de l'animal devient incertaine, comme celle d'un ivrogne. Il ne tarde

pas à trébucher, et ceci autant sur une surface lisse que sur une autre. Deux hannetons, en s'agrippant, ne peuvent se redresser ou ils rechutent tout de suite après. Couché sur le dos, l'insecte agite désespérément ses pattes raides et fait de grands gestes désordonnés, comme un rameur inexpérimenté. Le mouvement des pattes subsiste et faiblit insensiblement jusqu'à la mort de l'animal. Les tarses sont parfois agités d'un faible tremblement. Les élytres peuvent se soulever et les ailes postérieures se déployer partiellement. Cette dernière réaction est cependant beaucoup plus fréquente chez le doryphore que chez le hanneton.

L'insecte traité par le DDT est rapidement troublé. Sa marche devient incertaine, puis il trébuche et ne tarde pas à rester sur le dos. Les extrémités sont continuellement secouées d'un tremblement typique qui, avec le temps, se localise dans les tarses. L'animal périt ainsi lentement.

Un hanneton est considéré comme « malade » aussi longtemps qu'il se déplace encore un peu, qu'il est sur le dos, agite les pattes et donne un signe quelconque de vie. Nous parlons de « peu malade », de « malade » et de « très malade » suivant le degré de réaction de l'insecte.

L'animal est considéré comme « mort » et retiré de l'essai lorsque tout mouvement des pattes et des antennes a cessé. L'insecte devient inoffensif, c'est-à-dire cesse de s'alimenter ou reste couché sur le dos parfois longtemps avant l'arrêt du mouvement des tarses, mais cette façon de procéder nous a permis d'éviter les confusions dans les contrôles. Ceci nécessita naturellement une surveillance plus fréquente des essais. Parfois nous avons aussi interrompu une série d'expériences lorsque, sur cinq, trois ou quatre hannetons étaient morts et que le ou les survivants effectuaient de si faibles mouvements des pattes que la « mort » devait survenir dans les toutes prochaines heures.

B. Effet par contact de l'hexachlorocyclohexane (HCH) et du dichlorodiphényltrichloréthane (DDT)

Les expériences cherchaient une réponse aux deux questions suivantes :

1. La rapidité de l'effet par contact de l'insecticide est-elle plus grande sur une partie du corps du hanneton que sur une autre ?

2. Quelle est la quantité minimum de poison provoquant la mort de l'insecte en un laps de temps déterminé ?

A l'aide d'une fine pipette ou d'un petit pinceau nous mettons une goutte (0,04 cm^3) d'insecticide sur une partie du corps du hanneton. Le liquide est facile à appliquer sur les sternites et les pleurites

(thorax) couverts d'une longue pilosité serrée ; sur les faces ventrale et latérales de l'abdomen, la surface aidant, l'opération s'effectue aussi aisément. La tête et les extrémités sont plus difficiles à mouiller et la quantité de liquide utilisée est parfois inférieure à la normale.

Auparavant, nous avons contrôlé la durée de vie des hannetons plongés dans l'insecticide ou mis au contact de feuilles ou de boîtes de Pétri humectées par la bouillie. Lorsque l'insecte est abondamment trempé par une suspension de HCH ou de DDT à 2 ou à 3 %, il meurt 8 à 24 heures après.

a) *Sensibilité de la tête et des antennes*

Les essais sont effectués les 3 et 23 mai avec une suspension de HCH à 3 %. Les premiers animaux périssent 13 heures après le début de l'expérience. Ils n'absorbent aucune nourriture. Souvent ils rendent un liquide gastrique brunâtre qui les salit. Sur 30 individus contrôlés, la mort intervient en moyenne en 19,5 ± 7,7 * heures (contrôles n°s 2 et 13).

b) *Sensibilité du thorax (sternites + pleurites)*

Les expériences sont faites avec des hannetons récoltés du 1er au 12 mai (contrôles n°s 1 à 8) et elles donnent les résultats indiqués dans le tableau 3.

TABLEAU 3

Insecticide	Nombre de hannetons	Durée de vie en heures	
		Extrêmes	Moyenne
HCH à 1 %	40	8 à 48	27,9 ± 9,6 *
à 2 %	60	8 à 35	21,3 ± 7,8
à 3 %	60	6 à 30	13,0 ± 6,5
DDT à 1 %	25	24 à 93	65,0 ± 22,7
à 2 %	30	23 à 82	41,3 ± 20,1
à 3 %	15	24 à 40	30,0 ± 6,4

* Moyenne ± déviation standard.

La durée de vie du hanneton traité par contact au thorax par une goutte de HCH diminue dans la mesure où la concentration du toxique augmente. Les moyennes obtenues sont différentes les unes des autres, le coefficient de sécurité est supérieur à 3. Le produit utilisé à 1 % agit déjà rapidement. Les premiers hannetons meurent 6 à 8 heures après le traitement.

La suspension de DDT à 1 % provoque la mort très lente de l'insecte et paraît en fait insuffisante. Les concentrations de 2 et de 3 % agissent plus rapidement ; la différence entre les moyennes obtenues est significative (coefficient de sécurité de 3,06). La mort des premiers animaux survient 23 à 24 heures après le début de l'expérience.

La comparaison des moyennes du HCH et du DDT montre l'action plus rapide de l'hexachlorocyclohexane. Les résultats sont dans le rapport de 1 à 2. L'effet du poison est le même, lorsque l'insecte est mouillé sous les élytres ou sur la face ventrale du thorax.

Le contraste ainsi relevé n'a cependant de valeur que pour la « mort » de l'insecte telle que nous l'avons définie dans nos contrôles. Le comportement des animaux touchés par les insecticides est différent.

Le hanneton mouillé au thorax par le DDT devient rapidement inquiet. Puis ses extrémités exécutent quelques petits mouvements désordonnés, qui insensiblement s'accentuent ; l'insecte trébuche bientôt, se renverse sur le dos et devient en général inoffensif. Il meurt alors lentement. Il n'absorbe que rarement un petit peu de nourriture au début de l'expérience.

Touché au thorax par une goutte de HCH, le hanneton reste tout d'abord très calme. Il mange parfois normalement. Au bout d'un certain temps, un malaise se fait cependant sentir, puis les symptômes de la paralysie se montrent ; l'insecte trébuche, se retourne sur le dos et trépasse.

Afin de bien saisir la différence dans l'action des deux insecticides, nous effectuons des essais parallèles avec des hannetons de la même population. Nous donnons, dans le tableau 4, le détail d'une expérience (contrôle n° 5).

TABLEAU 4

Durée de la réaction en heures	Effet de l'insecticide	
	DDT à 3 %	HCH à 3 %
0,3	insectes inquiets	insectes tranquilles
1	très agités	tranquilles
1,5	violents mouvements	tranquilles
2,5	tous sur le dos, mouvements désespérés des pattes	premiers symptômes d'un malaise
3,5	très malades	malades
6,5	très malades	trois morts
8	très malades	cinq morts
17	encore tremblement des extrémités	
28	deux morts, tremblement	
32	cinq morts	

Nous exprimons dans la figure 1 le comportement des insectes durant les premières heures de l'épreuve. La seconde partie du dessin indique, par contre, les durées de vie extrêmes et moyennes du hanneton.

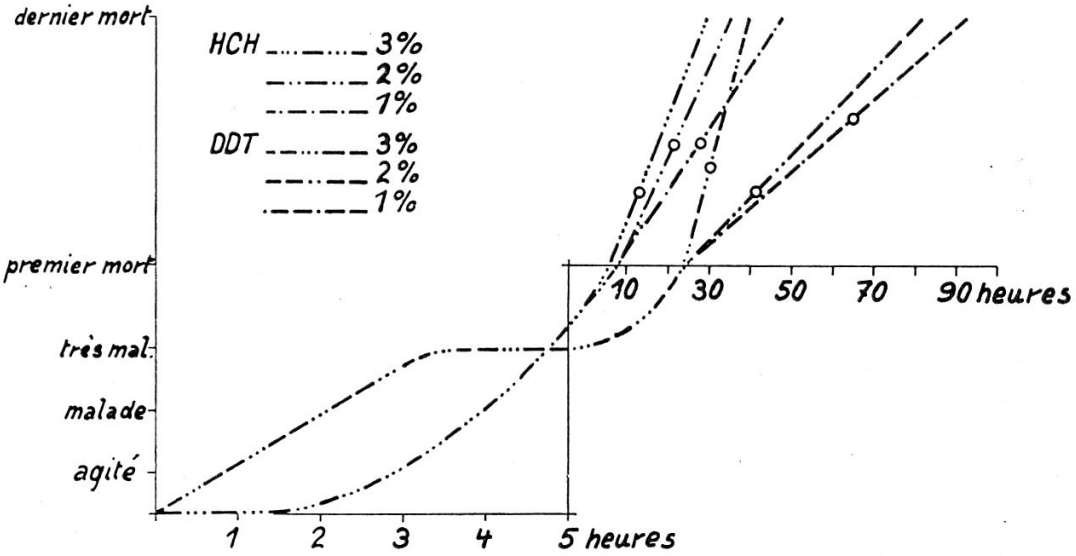

Fig. 1. — Comportement et mort des hannetons mouillés au thorax par une goutte de HCH ou de DDT.

c) *Sensibilité de l'abdomen*

L'abdomen du hanneton est aussi sensible que la tête à l'effet de l'insecticide. Des animaux récoltés le 23 mai (contrôle n° 13) et touchés par une goutte de HCH à 3 % périssent en moyenne en 22,3 ± 5,5 heures.

d) *Sensibilité des tarses*

Nous avons mouillé les tarses (et parfois la partie distale du tibia) du hanneton avec une goutte de la suspension de l'insecticide (contrôles nos 8 à 10) et obtenons les chiffres mentionnés dans le tableau 5.

TABLEAU 5

Insecticide	Nombre de hannetons	Durée de vie en heures	
		Extrêmes	Moyenne
HCH à 1 %	40	20 à 129	66,3 ± 31,6
à 2 %	40	11 à 92	37,4 ± 23,3
DDT à 1 %	20	50 à 133	107,3 ± 28,6
à 2 %	30	33 à 120	89,5 ± 29,4

La mort du hanneton est plus rapide lorsqu'il est mouillé par le HCH ; les moyennes entre HCH et DDT sont dans le rapport

de 1 à 2. Les chiffres confirment les résultats obtenus dans les essais faits sur le thorax de l'animal.

6 à 8 heures après le contact des tarses avec le DDT, le hanneton montre les premiers signes de malaise. Quoique indisposé, il continue cependant à s'alimenter encore plusieurs heures. Les premiers symptômes de l'excitation provoquée par le HCH interviennent par contre 8 à 15 heures après le traitement et l'animal cesse alors, à part quelques exceptions, de manger.

Les résultats prouvent que le hanneton est plus sensible sur le thorax (sternites et pleurites) que sur une autre partie du corps au contact de l'insecticide. La mort de l'animal mouillé par le HCH est prompte ; mais l'insecte est plus vite indisposé après le contact avec le DDT et il devient plus rapidement inoffensif. La mouche *Musca domestica* L., mouillée avec une solution acétonique de DDT aux hanches ou aux tarses, ressent aussi beaucoup plus vite l'effet du toxique que lorsqu'elle est touchée à un autre endroit du corps (WIESMANN, 1947). La rapidité de la réaction de l'insecte est également différente suivant sa provenance et sa constitution génétique (mouche de Bâle et mouche d'Arnäs, Suède).

e) *Essais quantitatifs avec le HCH et le DDT*

Les expériences sont effectuées avec des hannetons récoltés du 14 au 21 mai (contrôles n°s 9 à 12). L'insecticide est appliqué sur le thorax de l'animal. Dans la mesure du possible, toutes les concentrations sont utilisées simultanément sur les insectes d'une même volée et les essais sont répétés chaque fois que de nouveaux hannetons sont capturés.

A part la longévité du hanneton, nous contrôlons encore la quantité de nourriture absorbée par les insectes en mesurant avant et après l'essai la surface des feuilles de cerisier ou de prunier mises dans les récipients. Le tableau 6 contient les résultats.

Longévité et nourriture absorbée par le hanneton traité par contact de l'insecticide sur le thorax

TABLEAU 6

Insecticide	Nombre de hannetons	Longévité en heures Extrêmes	Longévité en heures Moyenne	Nourriture en cm²
—	40	72 à 312	232,8 ± 69,6	16,6 ± 2,5
HCH à 1 %	30	10 à 48	25,0 ± 7,7	0,7 ± 0,8
à 0,5 %	60	13 à 135	41,5 ± 34,5	0,92 ± 1,1
à 0,2 %	60	23 à 135	107,1 ± 36,1	1,8 ± 1,2
DDT à 1 %	30	24 à 93	61,7 ± 20,2	0,17 ± 0,24
à 0,5 %	30	50 à 150	108,8 ± 38,8	1,27 ± 1,1
à 0,2 %	30	90 à 250	163,8 ± 56,1	4,1 ± 2,7

Les moyennes des résultats obtenus avec le HCH et le DDT à 1 % correspondent aux précédentes (tableau 3). L'hexachlorocyclohexane utilisé à cette concentration agit vite.

La suspension de HCH à 0,5 % tue encore le hanneton dans un laps de temps satisfaisant. A la concentration de 0,2 %, l'insecticide éprouve le hanneton, mais le malaise tarde à se faire sentir. L'animal expire lentement, d'une part d'un mal qu'il ne peut surmonter et d'autre part d'inanition, comme le prouve le peu de nourriture absorbée.

Si la suspension de DDT à 1 % fait périr le hanneton en 2 à 3 jours, les concentrations plus faibles agissent trop lentement. Les animaux languissent, les symptômes de la maladie sont faibles. L'insecte absorbe davantage de nourriture que lorsqu'il est traité par le HCH à 0,5 %.

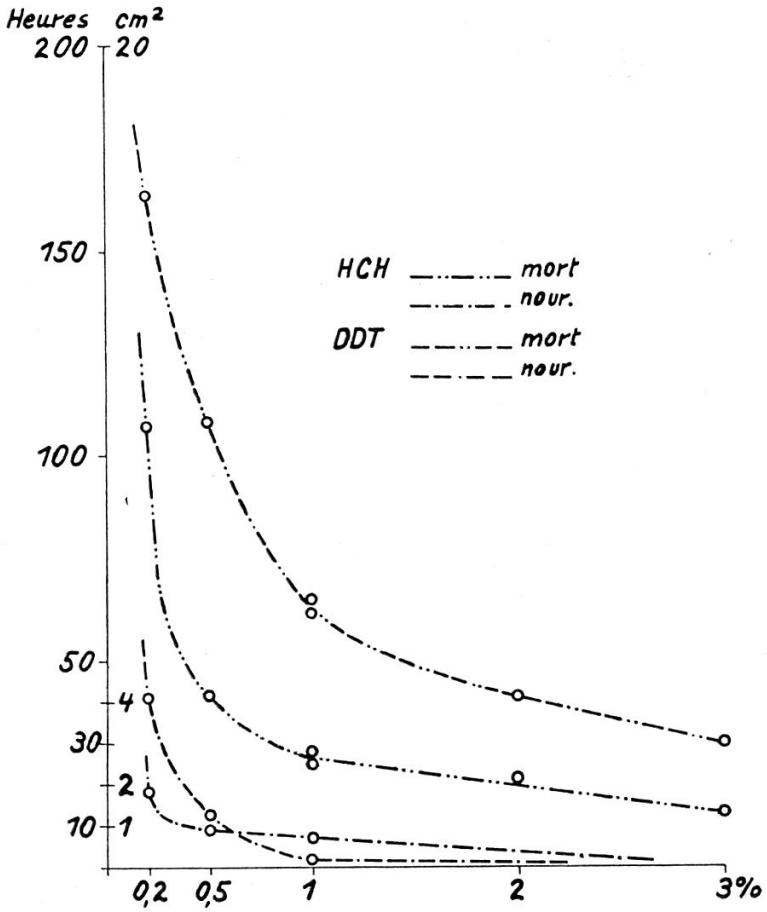

Fig. 2. — Nourriture absorbée et mort du hanneton traité au thorax par une goutte de HCH ou de DDT.

Dans tous les essais, l'hexachlorocyclohexane tue plus rapidement le hanneton que le DDT. Les moyennes de mortalité sont dans le rapport de 1 à 2. En admettant une durée de vie moyenne de 48 heures

du hanneton traité au thorax par une goutte de HCH, la spécialité utilisée dans les essais devra être employée à la concentration de 0,43 %. De même, on appliquera le produit commercial de DDT à la concentration de 0,68 % pour pouvoir, dans les mêmes conditions, tuer le hanneton dans un laps de temps moyen de 96 heures.

Le tableau 7 récapitule les résultats obtenus en mouillant le thorax du hanneton par une goutte (0,04 cm^3) de HCH ou de DDT et relève la concentration minimum du poison nécessaire à la mort de l'insecte en 48 ou en 96 heures.

Insecticide et durée de vie du hanneton traité au thorax

TABLEAU 7

Insecticide	Substance active technique en mg.	Mort en heures
HCH à 3 %	0,156	13,0 ± 6,5
à 2 %	0,104	21,3 ± 7,8
à 1 %	0,052	27,9 ± 9,6
à 0,5 %	0,026	41,5 ± 34,5
à 0,43 %	0,022	48,0
à 0,2 %	0,0104	107,1 ± 36,1
DDT à 3 %	0,12	30,0 ± 6,4
à 2 %	0,08	41,3 ± 20,1
à 1 %	0,04	65,0 ± 22,7
à 0,68 %	0,027	96,0
à 0,5 %	0,02	108,8 ± 38,8
à 0,2 %	0,008	163,8 ± 56,1
Témoins	—	232,8 ± 69,6

Le poids moyen du hanneton utilisé dans les expériences et déterminé par le pesage de huit échantillons différents de 50 mâles et 50 femelles est de 1,02 g. La proportion entre le poids moyen de l'insecte et le poids du poison (substance active technique) provoquant sa mort dans un temps déterminé est de :

Insecticide	Mort du hanneton	Poids de l'insecte : poids du toxique
HCH	48 heures	46363 : 1
DDT	96 heures	37777 : 1

f) *Expériences avec la poudre d'hexachlorocyclohexane*

Dans l'impossibilité de peser exactement la quantité de poudre à employer et de l'appliquer à un endroit déterminé du corps de l'insecte, nous effectuons les essais en saupoudrant légèrement les

hannetons d'insecticide ou en les gardant au contact de feuilles recouvertes d'un film du toxique. Dans un cas comme dans l'autre, l'effet de la poudre de HCH est très rapide. 40 hannetons périssent en moyenne en 8,7 ± 1,1 heures (contrôles n°s 2 et 3).

Le poudrage présente sur l'utilisation de l'insecticide liquide des avantages considérables (moins de matière inerte à transporter, plus grande rapidité de travail), mais aussi des inconvénients qu'il ne faut pas sous-estimer (action du vent, pluie, moindre adhérence, etc.). L'action violente de la poudre de HCH sur le hanneton mérite cependant d'être retenue.

C. Effet par contact et après ingestion du HCH et du DDT

Les expériences sont poursuivies dans le but de répondre aux questions suivantes :

1. Quel est le comportement du hanneton en présence de feuilles recouvertes d'un film de poison ?
2. L'insecte préfère-t-il la nourriture empoisonnée à la nourriture saine ?
3. Quelle est la persistance de l'insecticide sur les feuilles ?

Les essais sont exécutés comme auparavant, en laboratoire et aussi sur les arbres en plein vent. La pulvérisation de la suspension d'insecticide sur les pruniers est réalisée très soigneusement afin d'obtenir sur les feuilles un film homogène et fin du toxique. Les feuilles servant à l'alimentation des hannetons sont prises sur les arbres au plus tôt un jour après le traitement.

a) *Comportement du hanneton en présence de feuilles traitées par le HCH ou par le DDT*

Les essais sont faits avec des hannetons récoltés les 8 et 12 mai. Les insectes, au nombre de 5 par bocal, reçoivent des feuilles de prunier traitées la veille par l'insecticide correspondant. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 8.

Nourriture absorbée et durée de vie du hanneton

TABLEAU 8

Insecticide	Nombre de hannetons	Durée de vie du hanneton		Nourriture en cm² par animal	
		Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
HCH à 1 %	30	10 à 30	15,3 ± 7,8	0,1 à 1,2	0,65 ± 0,33
à 2 %	30	10 à 20	13,3 ± 4,9	0,0 à 0,8	0,42 ± 0,28
à 3 %	30	10 à 17	14,6 ± 3,6	0,0 à 1,6	0,38 ± 0,55

Mis en présence de feuilles recouvertes d'un film d'insecticide, le hanneton subit l'effet par contact du toxique et absorbe encore en plus de cela une certaine quantité de nourriture. Il n'est pas possible de distinguer séparément le double effet de l'insecticide. La mort de l'animal intervient rapidement, en moyenne en 14 heures (contrôles n°s 5 à 8). Le hanneton mange en moyenne davantage de feuilles traitées par le HCH à 1 % que de celles traitées à 2 ou à 3 %. Dans les essais avec le HCH à 3 %, 5 hannetons dévorent 8 cm^2 de feuilles alors que 10 autres ne mangent rien. L'effet par contact de l'insecticide utilisé à une haute concentration semble dominer.

Les animaux réagissent vite après le contact avec l'insecticide de DDT ; 5 à 6 heures après le début de l'essai, ils sont tous malades, mais ils ne meurent que 20 à 40 heures, en moyenne 32,3±6,1 heures, après. Dans une expérience avec le DDT à 3 %, 5 hannetons mangent 0,5 cm^2 de feuilles traitées alors que 25 autres insectes ne touchent à aucune nourriture (contrôles n°s 5 à 8).

b) *Comportement du hanneton en présence de feuilles recouvertes d'un film de HCH ou de DDT et de feuilles saines*

Les expériences sont poursuivies en laboratoire. A côté de feuilles de prunier recouvertes du toxique, les animaux reçoivent un nombre égal de feuilles saines. Ils subissent l'effet par contact de l'insecticide, mais ils peuvent choisir leur nourriture. Voici les résultats obtenus (tableau 9, contrôles n°s 5 à 9) :

Nourriture absorbée et durée de vie du hanneton

TABLEAU 9

Insecticide	Nombre de hannetons	Longévité en heures		Nourriture en cm^2	
		Extrêmes	Moyenne	Empoisonnée	Saine
HCH à 1 %	30	10 à 30	26,0 ± 6,4	0,94 ± 0,56	0,57 ± 0,42
à 2 %	50	10 à 25	18,3 ± 4,7	0,90 ± 0,41	0,41 ± 0,43
à 3 %	40	10 à 25	17,2 ± 4,6	0,55 ± 0,24	0,26 ± 0,17
DDT à 1 %	20	25 à 50	29,5 ± 8,2	0,1	0,6
à 2 %	30	15 à 50	31,0 ± 12,7	0,35 ± 0,10	0,27 ± 0,26
à 3 %	10	15 à 35	25,0 ± 5,5	0,05	0,0

Les hannetons mis au contact de feuilles traitées par le DDT meurent en moyenne en 25 à 30 heures. La paralysie provoquée par le contact avec le DDT se fait rapidement sentir. Les insectes mangent, surtout au début de l'essai, puis ils s'agitent et trépassent lentement.

La mort du hanneton mis en présence de feuilles recouvertes

d'un film de HCH à 2 ou à 3 % et de feuilles saines intervient en moyenne en 18 heures. Les résultats moyens obtenus dans ces essais ne se différencient pas. Le toxique agit autant par contact qu'après ingestion, mais son effet par contact, surtout à la concentration de 3 %, paraît supérieur. Par contre, lorsque le hanneton peut manger des feuilles traitées par le HCH à 1 % et des feuilles saines, il trépasse en moyenne en 26 heures. La différence entre le résultat moyen de ces essais et les moyennes des expériences faites avec le HCH à 2 et à 3 % est réelle puisque le coefficient de sécurité est supérieur à 3.

Les hannetons utilisés, aussi bien dans les essais avec la nourriture empoisonnée que dans les autres contenant des feuilles recouvertes de HCH et des saines, proviennent des mêmes populations (contrôles n°s 5 à 8). Nous constatons une longévité légèrement plus grande de l'animal qui dispose de deux sortes de nourriture comparée à celle du hanneton qui ne peut absorber que des feuilles intoxiquées. La différence entre les moyennes correspondantes est plus ou moins significative (coefficient de sécurité entre 2 et 3 et au-dessus de 3) et il est possible que l'absorption de nourriture saine à côté de celle traitée par le HCH ait permis à l'insecte de vivre plus longtemps.

Un fait saillant ressort des expériences effectuées : le hanneton mange en moyenne davantage de feuilles portant un film d'insecticide que de feuilles saines. Il absorbe aussi une quantité supérieure de celles recouvertes de HCH que de DDT.

Nous avons fait 24 essais en nourrissant les hannetons avec des feuilles recouvertes de HCH et des saines. Dans 19 expériences, l'insecte préfère les feuilles portant le poison, dans 4 essais la nourriture saine et dans 1 cas il mange autant de l'une que de l'autre. La consommation du hanneton durant tous les essais, exprimée en chiffres, correspond à une surface foliaire moyenne de 0,8 cm^2 de nourriture empoisonnée pour 0,4 cm^2 de saine. Nous retrouvons environ le même comportement de l'animal dans 12 autres essais où le hanneton préfère 7 fois les feuilles traitées par le HCH, 3 fois les saines et où il mange 2 fois autant de l'un que de l'autre. Il absorbe ainsi en moyenne 0,94 cm^2 de feuilles recouvertes du toxique et 0,62 cm^2 de feuilles saines. L'hexachlorocyclohexane appliqué seul sur les arbres ne repousse pas le hanneton.

Les essais identiques entrepris avec une nourriture portant un film de DDT donnent les résultats suivants : dans 4 expériences, le hanneton préfère les feuilles empoisonnées, 3 fois les saines, 1 fois il mange autant de l'un que de l'autre et 4 fois il n'absorbe aucune nourriture. 30 hannetons, mis en présence de feuilles traitées par le DDT à 2 % absorbent, en moyenne et par animal, 0,35 cm^2 de nourriture empoisonnée et 0,27 cm^2 de saine. Le DDT ne repousse pas non plus le hanneton mais, peu après son application sur les feuilles, son action de paralysie, en particulier sur les pièces

buccales de l'insecte, se fait rapidement sentir et les ravages de ce dernier cessent plus tôt qu'avec des feuilles traitées au HCH.

A titre de comparaison, nous effectuons encore 6 essais en nourrissant les hannetons avec des feuilles de prunier recouvertes d'un film d'arséniate de plomb en pâte (80 g. d'arsenic métal à l'hectolitre) et des feuilles saines. L'insecte absorbe en moyenne 23,0 cm^2 de feuille saine pour 1,6 cm^2 de feuille traitée. L'arséniate de plomb lui déplaît. 12 hannetons, sur 30, périssent en 70 à 168 heures, alors que les autres animaux se débattent encore sous l'effet du poison (contrôle n° 9).

c) *Persistance du HCH et du DDT sur les feuilles*

Les expériences sont poursuivies sur des pruniers de plein vent. Les arbres sont traités une seule fois par l'insecticide qui, une fois sec, recouvre les feuilles d'un film fin et régulier. Sur un autre prunier, nous saupoudrons quelques branches avec la poudre de HCH. Les hannetons, au nombre de 5 ou de 10, et la partie d'une branche traitée sont enfermés dans un sac de mousseline.

Nous choisissons, pour chaque essai, six branches feuillues exposées aussi bien au soleil qu'à la pluie. Les expériences se répètent toujours sur les mêmes branches.

Les contrôles se font régulièrement deux fois, rarement une fois par jour. Les insectes morts sont enlevés et nous notons pour chacun sa durée de vie. Après le trépas des 5 ou 10 animaux de l'essai, nous calculons leur longévité moyenne. Le résultat, ainsi obtenu séparément pour chaque essai, nous permet de calculer la durée de vie moyenne du hanneton de tous les essais parallèles faits le même jour sur les branches traitées identiquement. C'est cette dernière moyenne que nous indiquons dans les tableaux et utilisons dans les dessins. Avant et après chaque expérience, nous mesurons encore aussi exactement que possible la surface foliaire dévorée par les animaux et calculons, à l'appui des chiffres de tous les mêmes essais, la quantité moyenne de nourriture absorbée par l'insecte.

d) *Persistance du HCH*

Les résultats de toutes les expériences sont réunis dans le tableau 10 et la figure 3.

Les moyennes indiquées et la courbe idéale qui en résulte montrent une fluctuation très curieuse de la durée de vie du hanneton en fonction de la concentration de l'insecticide appliqué sur les feuilles et de l'intervalle entre le jour du traitement et celui des essais. Examinons ces résultats les uns après les autres.

La durée de vie moyenne du hanneton des essais du 3 mai, où l'animal est en contact et mange des feuilles de prunier ayant reçu

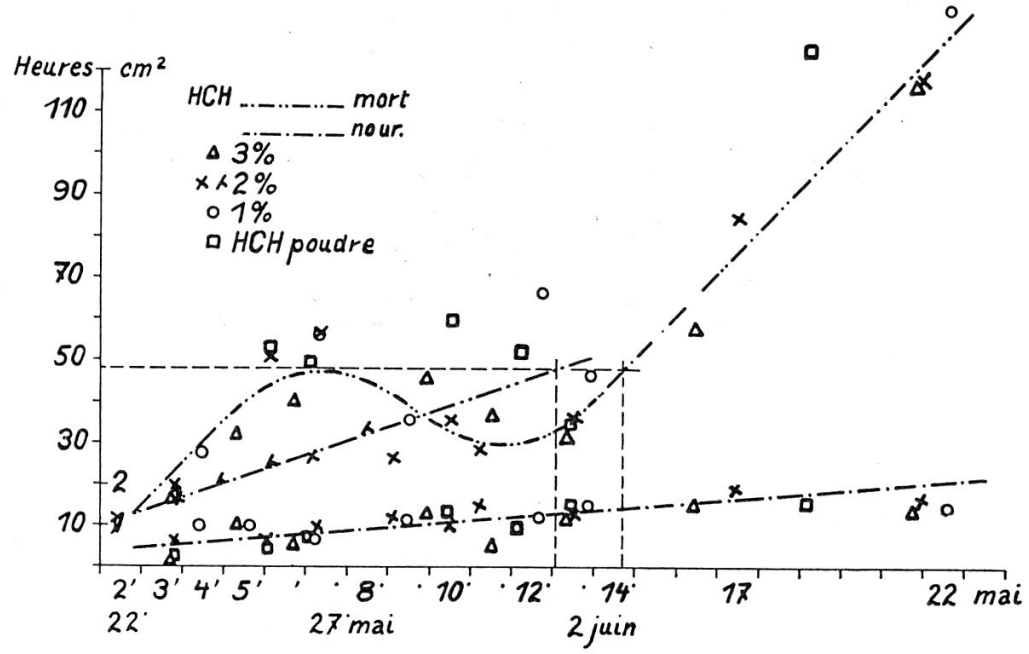

Fig. 3. — Alimentation et longévité du hanneton dans les essais avec le HCH répétés sur les mêmes branches.

a) La ligne droite inférieure (un trait, un point) représente l'alimentation moyenne du hanneton. — *b*) La ligne supérieure sinueuse (un trait, deux points) représente la longévité moyenne de l'insecte résultant des essais du 2 au 17 mai. Elle se tient surtout aux chiffres obtenus avec le HCH à 3 et à 2 % (forme des points). Elle coupe la ligne horizontale de 48 heures le 14 mai. — *c*) La ligne supérieure droite (un trait, deux points) représente la durée de vie moyenne de l'animal des essais du 23 au 27 mai. Elle coupe la limite de 48 heures le 2 juin.

la veille le traitement insecticide, correspond à celle obtenue dans les essais discutés auparavant. Dans le cas du HCH utilisé à 3 %, par exemple, la longévité de l'insecte est de 16,8 heures ; elle est de 14,6 et de 17,2 heures dans les essais de laboratoire où l'insecte est en présence de feuilles traitées ou de nourriture empoisonnée et saine.

En examinant toujours les résultats obtenus par l'effet du HCH utilisé à 3 %, nous constatons que la longévité moyenne du hanneton des essais du 4 mai, deux jours après l'application du toxique sur les arbres, est de 32,0 heures. La durée de vie de l'insecte des essais du 5 mai, trois jours après le traitement, est de 40,0 heures ; celle de l'animal des essais du 8 mai est de 45,6 heures. Ces chiffres montrent une augmentation de la longévité de l'insecte dans la mesure où l'intervalle entre le jour de la pulvérisation d'insecticide et celui des essais devient plus grand. En d'autres mots, les résultats obtenus laissent supposer une diminution progressive de l'effet du toxique et ceci paraît normal puisque l'insecticide a été appliqué une seule fois sur les branches sur lesquelles les hannetons sont successivement apportés.

Nourriture absorbée et longévité du hanneton
Traitement effectué le 2 mai

TABLEAU 10

Date	Nombre d'essais	Nombre de hannetons	Longévité en heures	Nourriture en cm²
		HCH à 3 %		
3 mai	5	30	16,8 ± 4,3	0,10 ± 0,17
4 »	4	40	32,0 ± 4,1	1,00 ± 0,35
5 »	6	60	40,0 ± 13,9	0,55 ± 0,22
8 »	5	40	45,6 ± 9,8	1,30 ± 0,20
10 »	6	45	36,6 ± 13,3	0,50 ± 0,17
12 »	6	30	31,6 ± 9,3	1,17 ± 0,22
14 »	6	30	57,8 ± 16,4	1,56 ± 0,51
17 »	5	25	116,2	1,40 ± 0,57
22 »	5	25	155,6	1,48 ± 0,35
		HCH à 2 %		
3 mai	6	40	19,5 ± 6,2	0,60 ± 0,40
4 »	4	40	50,5 ± 6,9	0,62 ± 0,49
5 »	3	30	56,3 ± 12,4	1,00 ± 0,41
8 »	4	40	26,2 ± 2,6	1,22 ± 0,59
9 »	4	40	35,5 ± 9,5	1,05 ± 0,48
10 »	4	35	28,3 ± 9,8	1,50 ± 0,41
12 »	5	25	36,2 ± 12,1	1,28 ± 0,30
14 »	6	30	84,1 ± 49,5	1,90 ± 0,56
17 »	4	20	117,0	1,65 ± 0,45
22 »	5	25	154,6	2,32 ± 0,73
		HCH à 1 %		
3 mai	2	10	27,5 ± 7,5	1,00 ± 0,00
4 »	4	30	64,2 ± 6,2	1,00 ± 0,00
5 »	6	60	56,1 ± 12,5	0,66 ± 0,24
8 »	4	40	35,8 ± 10,6	1,15 ± 0,22
10 »	5	40	66,2 ± 39,8	1,20 ± 0,41
12 »	4	20	46,2 ± 15,5	1,50 ± 0,57
14 »	6	30	155,5	1,63 ± 0,55
17 »	3	15	135,3	1,43 ± 0,41
22 »	5	25	137,6	1,72 ± 0,47
		HCH poudre		
3 mai	6	40	17,7 ± 4,2	0,17 ± 0,10
4 »	4	40	51,5 ± 22,0	0,62 ± 0,47
5 »	4	40	49,5 ± 22,2	0,75 ± 0,44
8 »	5	50	59,4 ± 33,2	1,32 ± 0,50
10 »	2	10	52,0 ± 33,0	1,00 ± 1,00
12 »	2	10	35,0 ± 5,0	1,50 ± 0,10
14 »	2	10	125,0 ± 57,0	1,60 ± 0,40

Toutefois, les résultats des essais suivants ne confirment pas cette hypothèse. La durée de vie du hanneton devient plus petite ; elle est de 36,6 heures dans les essais du 10 mai, de 31,6 heures dans ceux du 12 mai. Elle diminue donc malgré l'augmentation de l'intervalle entre le jour du traitement et celui de l'essai. Puis la longévité du hanneton augmente de nouveau et passe de 57,8 heures à 116,2 heures des essais du 14 mai à ceux du 17 mai.

Nous obtenons dans les séries d'essais où le HCH a été utilisé en suspension aux concentrations de 3 %, de 2 %, de 1 % ou en poudre des résultats dans l'ensemble identiques à ceux exposés ci-dessus. Dans les quinze jours qui suivent le moment de l'unique application du toxique sur les arbres, la courbe de longévité du hanneton élevé sur les mêmes branches traitées est ascendante et passe par un maximum, puis elle subit une inflexion et elle reprend, au bout de quelques jours, sa marche ascendante. Par contre, la quantité de nourriture absorbée par l'insecte pendant les essais successifs devient insensiblement plus grande dans la mesure où l'intervalle augmente entre le jour du traitement et celui de l'essai. La réunion des moyennes obtenues donne une droite.

Les causes ayant pu provoquer la fluctuation de la longévité du hanneton sont complexes et méritent d'être examinées isolément de manière critique.

Il y a lieu de retenir que l'application de l'hexachlorocyclohexane sur les arbres a été unique. Elle a été effectuée le 2 mai. Puis nous avons choisi sur les pruniers des branches propices aux essais et les avons enveloppées d'un vaste sac de mousseline, dans lequel nous avons mis les hannetons. Les essais se firent donc toujours sur les mêmes branches.

Le film de l'insecticide sur les feuilles qui, après le traitement était fin et homogène, a été insensiblement râpé par les hannetons qui se promenaient dessus et a diminué quantitativement. Nous avons aussi touché les feuilles pour les mesurer ; les insectes les ont rongées. La température a varié à l'intérieur du sac et la pluie a pu mouiller et laver les feuilles qui s'y trouvaient. De nombreux facteurs ont donc contribué à une diminution quantitative de l'insecticide sur les feuilles à partir de son application jusqu'au jour du dernier essai.

Quelques mesures faites à l'Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air à Lausanne nous seront encore utiles (tableau 11).

La température de l'air est assez basse du 2 au 6 mai alors qu'il fait chaud et même très chaud les jours suivants. Il pleut abondamment le 5 mai et le 10 du mois nous avons encore à Vevey trois violents orages, qui n'éclatent pas sur Lausanne. L'insolation est faible jusqu'au 6 mai pour devenir ensuite forte et diminuer à nouveau.

La longévité du hanneton grandit durant la période fraîche à faible intensité solaire (3 au 5 mai) ; elle diminue ensuite lorsque les journées deviennent chaudes et lumineuses (8 au 12 mai). Après,

Mesures faites à l'Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air

TABLEAU 11

Date	Température à 13 h. 30 (therm. sec)	Nébulosité	Luminosité	Précipitations
2 mai	13,8°	8	0,5	4,0
3 »	14,4°	10	0,0	—
4 »	7,8°	10	0,0	0,6
5 »	11,8°	9	0,7	8,8
6 »	16,0°	1	9,9	—
7 »	19,4°	0	13,2	—
8 »	21,6°	0	12,6	—
9 »	21,4°	0	10,0	—
10 »	18,8°	9	4,4	—
11 »	18,0°	9	1,1	1,0
12 »	23,3°	6	3,7	—
13 »	24,3°	3	10,8	—
14 »	24,6°	3	7,6	0,2
22 mai	16,4°	7	0,4	0,1
23 »	20,0°	4	7,3	5,0
24 »	22,2°	0	12,3	—
25 »	21,6°	4	5,7	—
26 »	24,6°	0	12,8	—
27 »	25,7°	2	9,6	—

la durée de vie de l'animal croît de nouveau rapidement. Est-ce que les facteurs climatiques, en particulier la température, peuvent être invoqués pour expliquer la fluctuation des résultats exposés? La répétition de l'essai du 22 au 27 mai semble quelque peu parler en faveur de cette hypothèse.

La fluctuation de la longévité du hanneton ne peut pas être mise en parallèle avec la quantité de nourriture absorbée par l'insecte. Nous savons que l'animal mange davantage dans la mesure où l'intervalle grandit entre le jour du traitement et celui de l'essai. La qualité de la nourriture peut cependant influencer la résistance du hanneton à l'effet toxique de l'hexachlorocyclohexane et la constance biochimique des feuilles a pu varier au cours des expériences en fonction des conditions climatiques signalées auparavant.

Le second point à relever est l'origine hétérogène des hannetons utilisés dans tous nos essais. Ils ne sont ni du même âge ni dans le même état physiologique. En outre, nous utilisons des mâles et des femelles dans la proportion de 2 à 3.

La source de la fluctuation des résultats de nos essais pourrait provenir entièrement de l'hétérogénéité de nos bestioles, si diverses

observations ne nous permettaient pas de douter un peu de cette supposition. Nous avons en premier lieu les animaux témoins provenant des mêmes populations que les insectes employés dans les essais. Les contrôles n°s 1 à 10 (hannetons dans les récipients en laboratoire) et 16 à 19 (insectes gardés sur des branches en plein air) ne permettent pas de parler d'un comportement différent des animaux d'une série plutôt que d'une autre. Tous ces hannetons sont de longévité en fait identique. Dans les contrôles n°s 3, 7 et 17, quelques insectes périssent plus vite que les autres, mais à part les animaux du 10 mai (7), ce sont justement les hannetons récoltés du 7 au 14 mai qui donnent le moins de déchet.

Afin de parer aux inconvénients résultant de l'emploi de hannetons ayant une origine aussi hétérogène, nous avons multiplié les mêmes expériences. Pour le calcul de la longévité moyenne du hanneton, nous utilisons la durée de vie de tous les insectes participant aux essais, durée de vie notée séparément aussi exactement que possible lors de nos contrôles réguliers. L'écart moyen (standard déviation) est le miroir de la fluctuation de chaque résultat pris isolément. Or, l'examen de l'écart moyen des résultats qui nous intéressent ne nous permet pas d'affirmer que nous avons travaillé avec des populations de hannetons de résistance fondamentalement différente, surtout si l'on tient compte de la diminution progressive de l'insecticide sur les feuilles. La déviation standard des résultats moyens de série d'essais faits en pulvérisant sur les feuilles le HCH à 3 % est la de 4 dans les expériences des 3 et 4 mai et de 9 à 16 dans celles du 5 au 14 mai. Elle est identique dans la série du HCH à 2 %. L'augmentation du simple au double et au triple de l'écart moyen des résultats laisse cependant supposer un changement dans l'état physiologique des insectes qui peut-être rendit ces derniers plus sensibles à l'hexachlorocyclohexane.

Nous trouvons une confirmation de cette suggestion en examinant les résultats d'autres essais. Nous avons déjà fait part des chiffres obtenus en tuant le hanneton par le contact d'une goutte de HCH au thorax. L'insecticide, à la concentration de 3 %, provoque la mort de l'animal en moyenne en 13,0 heures, à 2 % en 21,3 heures (p. 418). Ce sont les moyennes de tous les essais correspondants. Le tableau suivant donne, pour chaque série de 10 insectes, la longévité moyenne du hanneton après traitement au thorax avec le HCH à 2 et à 3 %.

Date :	5	6	7	8	9	10	12 mai
HCH à 2 % . . .	27,1	26,5	18,5	—	18,7	19,0	19,0 heures
HCH à 3 % . . .	15,0	15,9	11,2	10,8	14,0	—	12,0 heures

La durée de vie moyenne du hanneton varie suivant la population utilisée. L'hétérogénéité des insectes et les erreurs commises par l'expérimentateur trouvent un certain reflet dans ces résultats.

Nourriture absorbée et longévité du hanneton

TABLEAU 12

Date	Nombre d'essais	Nombre de hannetons	Longévité en heures	Nourriture en cm²
23 mai	6	30	16,5 ± 3,2	1,33 ± 0,71
24 »	6	30	20,0 ± 2,4	0,60 ± 0,35
25 »	6	30	25,0 ± 4,4	0,50 ± 0,20
26 »	6	30	27,0 ± 2,8	1,00 ± 0,39
27 »	6	30	33,3 ± 4,7	0,87 ± 0,14

Le 22 mai, nous aspergeons de nouveau un prunier avec une suspension de HCH à 2 % et choisissons six branches pour répéter les essais. Le tableau 12 contient les moyennes obtenues.

Toutes les expériences se font par le beau temps ; la température de l'air, à l'ombre, dépasse 20° et atteint même 29°. Les hannetons apportés sur les branches le lendemain du traitement périssent en moyenne en 16,5 heures. La longévité des insectes successivement apportés sur les mêmes branches augmente insensiblement et les moyennes obtenues déterminent pour finir une droite (voir fig. 3). La résistance naturelle des hannetons utilisés n'est plus la même que celle des insectes du début de mai. Cela se remarque immédiatement en examinant le comportement des hannetons témoins (contrôles n°s 13 à 15) ; ils mangent peu et le déchet est grand. Mais, malgré l'hétérogénéité des animaux, l'augmentation graduelle de leur longévité dans la mesure où l'intervalle grandit entre le jour du traitement et celui de l'essai prouve que les facteurs externes (insolation, température, humidité) de même que ceux provenant de la nourriture végétale ont présenté une certaine constance.

Nous avons fixé (p. 422) à 48 heures la limite de vie du hanneton touché au thorax par une goutte de HCH. C'est la longévité de l'insecte que nous admettons dans les présents essais. L'hexachlorocyclohexane sur les feuilles de prunier est encore assez actif si, par contact et après ingestion, il provoque la mort de l'animal en ce laps de temps.

La limite de 48 heures est tracée par une ligne horizontale dans la figure 3. La longévité du hanneton de la première série d'essais du 2 au 17 mai est représentée par une ligne moyenne qui coupe définitivement, le 14 mai, le terme de 48 heures. A son tour, la ligne moyenne des résultats des essais du 22 au 27 mai coupe le 2 juin le terme de 48 heures. Nous concluons de ces deux résultats que la suspension d'hexachlorocyclohexane titrant 260 à 390 g. de substance active à l'hectolitre provoque la mort du hanneton dans les 48 heures encore 11 à 13 jours après son application sur les pruniers.

L'hexachlorocyclohexane en poudre peut avoir une persistance aussi grande que la suspension, si des pluies répétées ne viennent pas laver trop rapidement le feuillage.

Dans les limites de longévité (48 heures) et de persistance (11 à 13 jours) les essais peuvent se classer ainsi (tableau 13).

TABLEAU 13

	Persistance du	au	Nombre d'essais très satisfaisants, mort jusqu'en 24 heures	satisfaisants, mort entre 24 et 48 heures	insuffisants, mort au-dessus de 48 heures
HCH à 3 %	2 mai	14 mai	19	9	4
à 2 %	2 mai	14 mai	18	5	7
à 1 %	2 mai	14 mai	9	1	15
HCH poudre	2 mai	14 mai	13	3	7
HCH à 2 %	22 mai	2 juin	16	14	0

Les chiffres indiquent clairement la supériorité de la suspension de HCH à 3 % et à 2 % ainsi que l'excellente efficacité de la poudre d'insecticide.

Quelques observations isolées peuvent compléter les résultats des principaux essais discutés jusqu'à maintenant.

Nous nourrissons, le 5 mai, en laboratoire, 30 hannetons avec des feuilles de prunier traitées trois jours auparavant par une suspension de HCH à 2 %. Les insectes périssent en moyenne en 25,4 heures. Avec la même nourriture, l'expérience est renouvelée le 21 mai et les 30 hannetons périssent en moyenne en 93,0 heures. L'efficacité de l'insecticide est insuffisante 20 jours après son application sur l'arbre. Reportons en pensée, à la date correspondante du dessin 3, les deux moyennes (25,4 et 93,0) obtenues dans les essais, relions les deux points et nous traçons une droite qui coupe le terme de 48 heures 11 jours après la pulvérisation de l'insecticide.

Nous traitons, le 8 mai, des pruniers par une suspension de HCH à 2 %. 40 hannetons nourris le lendemain avec des feuilles de ces arbres périssent en moyenne en 31 heures. Les animaux nourris avec les feuilles des mêmes arbres, le 17 mai, trépassent en moyenne en 65 heures. Dans ce cas l'insecticide agit de façon satisfaisante encore 7 jours après son application.

Dans d'autres petites expériences, des feuilles aspergées par une suspension de HCH à 3 % provoquent, encore 8 à 11 jours après, la mort du hanneton en un laps de temps variant entre 40 et 55 heures.

Nous appliquons, le 22 avril, sur des pruniers d'un verger valaisan, une suspension de HCH à 1,5 %. Le 10 mai, nous nourrissons 30 hannetons avec les feuilles de ces arbres. Les insectes mangent passablement, en moyenne 7 cm^2 de feuille par hanneton. Ils sont tous

indisposés 2 à 3 jours après le début de l'essai. La mort intervient, pour 10 hannetons, en moyenne en 165 heures, pour les 20 autres en 200 heures.

Un autre traitement fait avec un mélange de HCH à 1,5 %, de bouillie sulfocalcique et d'oxychlorure de cuivre est effectué sur des pruniers, le 24 avril. 20 hannetons, mis le 17 mai en présence des feuilles de ces arbres, absorbent en moyenne 10,6 cm^2 de nourriture par animal. Ils sont tous indisposés environ 30 heures après le début de l'essai et ils trépassent lentement, en moyenne en 200 heures.

Les deux exemples prouvent qu'une suspension de HCH titrant 130 à 195 g. de substance active à l'hectolitre exerce encore, 18 à 23 jours après son application sur les feuilles, un effet manifeste sur le hanneton, mais la quantité de toxique qui reste sur les feuilles est insuffisante pour faire périr l'insecte dans le laps de temps prévu.

e) *Persistance du DDT*

Les expériences sont exécutées comme avec le HCH, mais dans un cadre plus restreint. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 14 et la figure 4.

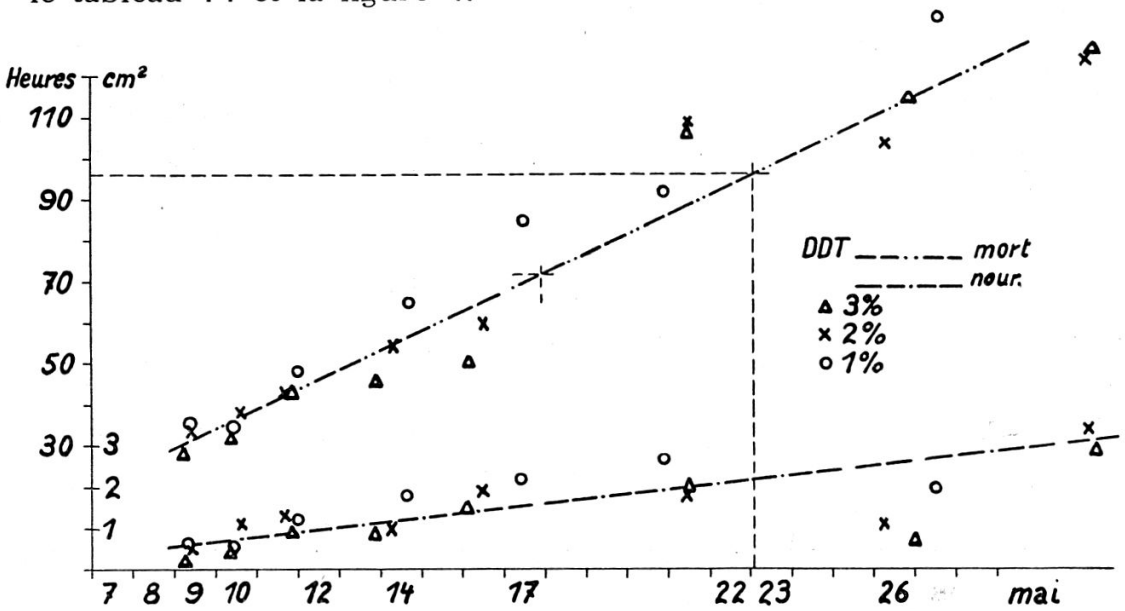

Fig. 4. — Alimentation et longévité du hanneton dans les essais répétés jusqu'au 26 mai, sur les mêmes branches traitées une seule fois par le DDT le 7 mai.
a) La ligne inférieure (deux traits, un point) représente l'alimentation moyenne de l'animal. — *b*) La ligne supérieure (deux traits, deux points) représente la longévité moyenne de l'insecte ; elle résulte des moyennes successivement obtenues. Elle coupe l'horizontale de 96 et de 72 heures le 23, respectivement le 17 mai.

La durée de vie du hanneton mis en présence de feuilles traitées avec le DDT augmente graduellement à partir du jour de l'application du toxique sur l'arbre ; l'alimentation de l'insecte croît aussi

Nourriture absorbée et longévité du hanneton
Traitement effectué le 7 mai

TABLEAU 14

Date	Nombre d'essais	Nombre de hannetons	Longévité en heures	Nourriture en cm²
DDT à 3 %				
8 mai	2	20	28,0 ± 0,0	0,20 ± 0,0
9 »	2	20	32,0 ± 0,0	0,45 ± 0,15
10 »	2	10	43,0 ± 5,0	0,90 ± 0,3
12 »	2	10	45,5 ± 15,0	0,90 ± 0,1
14 »	2	10	51,0 ± 0,0	1,50 ± 0,1
17 »	2	10	107,5 ± 15,5	2,0 ± 0,4
22 »	2	10	115,0 ± 0,0	0,70 ± 0,3
26 »	2	10	126,0 ± 31,0	2,90 ± 0,5
DDT à 2 %				
8 mai	2	20	33,5 ± 2,5	0,5 ± 0,1
9 »	2	20	38,0 ± 0,0	1,10 ± 0,1
10 »	2	10	43,0 ± 5,0	1,30 ± 0,3
12 »	2	10	54,5 ± 5,5	1,00 ± 0,2
14 »	2	10	59,5 ± 8,5	1,90 ± 0,1
17 »	2	10	107,5 ± 15,5	1,80 ± 0,2
22 »	2	10	103,5 ± 11,5	1,10 ± 0,5
26 »	2	10	124,0 ± 13,0	3,40 ± 0,2
DDT à 1 %				
8 mai	2	20	33,5 ± 2,5	0,55 ± 0,05
9 »	2	20	34,5 ± 13,5	0,55 ± 0,05
10 »	1	5	48,0 ± 0,0	1,20 ± 0,0
12 »	2	10	65,0 ± 16,0	1,80 ± 0,6
14 »	2	10	85,0 ± 17,0	2,2 ± 0,2
17 »	2	10	92,0 ± 0,0	2,7 ± 0,3
22 »	2	10	134,0 ± 19,0	2,0 ± 0,4
26 »	2	10	141,0	2,0 ± 0,0

TABLEAU 15

	Persistance du	au	Nombre d'essais très satisfaisants, mort jusqu'en 48 heures	satisfaisants, mort entre 48 et 96 heures	insuffisants, mort au-dessus de 96 heures
DDT à 3 %	8 mai	22 mai	7	4	3
à 2 %	8 mai	22 mai	6	6	2
à 1 %	8 mai	22 mai	5	5	3

insensiblement. Dans les deux cas, les moyennes sont groupées autour de deux droites.

Dans les essais du 8 mai, le lendemain du traitement, la mort du hanneton survient en moyenne en 28 à 33 heures. Les chiffres correspondent aux résultats des expériences précédentes. Les jours suivants, la durée de vie de l'animal augmente ; elle est plus petite lorsque l'insecte mange les feuilles traitées par le DDT à 3 et à 2 % plutôt qu'à 1 %. Les facteurs climatiques (insolation, température, humidité) et l'hétérogénéité des insectes n'influencent pas visiblement les résultats des essais successifs.

La durée de vie du hanneton mouillé au thorax avec une goutte de DDT a été fixée à 96 heures (p. 423). Nous acceptons ce maximum dans les présentes expériences. La ligne résultant de la longévité du hanneton des essais suivis (fig. 4) coupe l'horizontale de 96 heures en un point qui correspond au 23 mai. Une suspension de DDT titrant 200 à 300 g. de matière active à l'hectolitre tue le hanneton en 96 heures encore 16 jours après son application sur les arbres.

Dans les limites de longévité (96 heures) et de persistance (16 jours) les essais effectués se classent comme suit (tableau 15).

Les contrôles de la persistance du DDT sur les feuilles sont poursuivis en utilisant du matériel prélevé dans les vergers.

Des chênes, en bordure d'une plantation fruitière, sont aspergés, le 28 avril, d'une suspension de DDT à 2 %. 30 hannetons sont nourris, le 10 mai, avec les feuilles prélevées sur les arbres. Les insectes mangent en moyenne 10,2 cm^2 de feuille par animal ; ils réagissent lentement au toxique et meurent en moyenne en 190 heures. 12 jours après son application, l'effet de l'insecticide était nettement insuffisant.

Les mêmes chênes reçoivent, le 9 mai, un second traitement au DDT à 2 %. Nous aspergeons soigneusement quelques arbres et prélevons, le 20 mai, des feuilles recouvertes d'un très fort dépôt d'insecticide ; 20 hannetons en sont nourris. Ils absorbent une quantité de nourriture correspondant à une surface foliaire de 2,2 cm^2. Ils réagissent au poison en l'espace de 15 heures et meurent en moyenne en 105 heures. Le résultat de ce contrôle est distinctement supérieur au précédent mais, malgré le film exagéré du poison sur les feuilles, l'effet de ce dernier sur le hanneton était insuffisant 11 jours après l'exécution du traitement.

Le 24 avril, des pruniers sont traités avec une suspension de DDT à 2 % mélangée à de la bouillie sulfocalcique et à de l'oxychlorure de cuivre. Les feuilles enlevées des arbres, le 17 mai, sont données à 20 hannetons. Les insectes mangent en moyenne 16 cm^2 de feuille par animal. 80 heures après le début de l'essai, les hannetons sont indisposés et ils meurent très lentement, en moyenne en plus de 200 heures. L'effet du DDT se fait donc encore sentir 23 jours après l'application du produit, mais il est beaucoup trop faible pour amener la mort du hanneton dans la limite fixée.

Les résultats des essais effectués sont insuffisants, même dans les deux cas où le contrôle se fit 11 et 12 jours après l'application de l'insecticide sur les chênes. Nous avons l'impression d'avoir exagéré la persistance du DDT en la fixant à une durée de 16 jours après le traitement. Les arboriculteurs, qui utilisent le DDT à 2 % dans la lutte contre le hanneton, affirment que la protection des arbres réalisée par le produit est d'environ 10 jours et qu'après, une seconde application d'insecticide devient nécessaire. WIESMANN (1945) mentionne également la nécessité de répéter le traitement au DDT sur les arbres à un intervalle de 8 à 10 jours.

Nous obtenons aussi cette persistance de l'insecticide en admettant, dans nos essais, la longévité critique du hanneton à 72 au lieu de 96 heures. Dans ce cas, la droite représentant la durée de vie moyenne de l'insecte (fig. 4) coupe l'horizontale de 72 heures en un point qui correspond au 17 mai, donc exactement 10 jours après le traitement.

D. Résultats de la lutte contre le hanneton dans les vergers et discussion

Nous effectuons des essais dans quelques vergers et nous citons quatre exemples.

1. Huit pruniers Fellenberg ainsi que quelques pommiers Reinette du Canada d'un verger du Valais central sont traités, le 22 avril, avec une suspension de HCH à 1 ou à 1,5 %. La pulvérisation du liquide est faite soigneusement ; nous aspergeons beaucoup le sommet des arbres toujours ravagé en premier lieu par le hanneton.

Les contrôles se font avant l'application du produit, puis à intervalles réguliers. A cet effet nous prélevons des feuilles dans le tiers supérieur de la couronne des mêmes arbres et taxons le dommage de 0 à 10. 0 signifie une feuille exempte de tout dommage, 10 une feuille entièrement rongée.

Les moyennes ainsi obtenues sont consignées dans le tableau 16.

TABLEAU 16

	Témoin		HCH à 1 %		HCH à 1,5 %	
	A	B	A	B	A	B
22 avril	704	0,37 ± 0,93				
25 avril	830	5,06 ± 2,73	980	0,97 ± 1,27	940	0,57 ± 0,94
30 avril	870	7,78 ± 1,49	728	2,71 ± 2,60	874	1,24 ± 1,74
9 mai	1140	8,52 ± 1,61	896	3,05 ± 2,28	840	2,59 ± 2,20
16 mai	1124	9,03 ± 1,35	1220	4,96 ± 1,83	1060	5,07 ± 2,24

(A = nombre de feuilles contrôlées ; B = moyenne du dégât. ± déviation standard.)

Le dégât croît rapidement sur les arbres témoins. Le 30 avril, le tiers supérieur de la couronne de l'arbre est dévoré à 80 % et le ravage progresse encore un peu jusqu'à la fin des observations. Au moment du second contrôle, les hannetons sont très nombreux sur les pruniers non traités, mais leur nombre diminue peu après d'une façon constante. Le 16 mai, nous comptons 60 à 100 insectes par arbre.

Les pruniers aspergés par la suspension de HCH, surtout à la concentration de 1,5 %, sont bien protégés. Le 25 avril, nous constatons une légère augmentation du dommage, mais les hannetons sont rares sur les arbres. Par contre, sous la couronne des pruniers, nous comptons de nombreux insectes morts (à deux endroits 162 et 109 animaux par m^2) et des hannetons paralysés s'agitent parmi les herbes. Le 30 avril, le dégât est en augmentation, mais les hannetons sont isolés sur les feuilles. Sous les pruniers, de nombreux insectes paralysés se débattent. Leurs extrémités postérieures sont raides ; ils s'agrippent péniblement aux herbes et ne peuvent plus voler. Le toxique produit encore un effet incontestable 8 jours après le traitement. Jusqu'au 9 mai, le dégât augmente sensiblement. Les hannetons sont plus nombreux qu'auparavant sur les arbres traités, surtout sur le seul prunier qui a fleuri. Nous observons, à côté des restes de très nombreux hannetons morts, encore quelques insectes paralysés sous les arbres. Le dépôt de la bouillie est encore visible sur les feuilles, mais la protection, après 17 jours, devient nettement insuffisante. A ce moment, il eût été indispensable d'appliquer un second traitement sur les arbres. Nous renonçons à cette mesure et voyons jusqu'au 16 mai la progression rapide du dommage, qui malgré tout reste nettement inférieur à celui des arbres témoins.

Les pommiers aspergés par l'insecticide sont entièrement protégés alors que jusqu'au 30 avril, 77 % des fleurs situées dans le tiers supérieur de la couronne des arbres témoins sont rongées (39,5 % entièrement et 37,5 % partiellement endommagées).

La vigne voisine de notre verger d'essais a aussi subi les atteintes du hanneton. Il est intéressant de relever que les ceps rongés jusqu'au 30 avril ont continué à être ravagés par les insectes, alors que les voisins restaient indemnes de tout dégât.

2. Tous les pruniers (Reine Claude verte et Fellenberg) ainsi que quelques pommiers (Reinette du Canada et Franc-Roseau) d'un important verger situé à 1,5 km. de notre première parcelle d'essais reçoivent, le 25 avril, par temps chaud, le traitement contre les hannetons. Vingt-cinq pruniers sont copieusement aspergés par une suspension de HCH à 1,5 % et soixante autres arbres par une de DDT à 2 %. La très forte sortie des hannetons, qui débute le 24 avril, se poursuit les deux jours suivants. Le sommet de quelques arbres est déjà légèrement ravagé au moment du traitement.

Les contrôles ont lieu le 30 avril et le 16 mai. Nous estimons les ravages de 0 (aucun dégât) à 10 (dommage total) sur les moitiés inférieure et supérieure des arbres.

Malgré l'application du toxique, nous constatons, le 30 avril, un dégât assez important sur quelques arbres (Fig. 5). Le dommage, sur les sommets des arbres, s'exprime par les chiffres suivants :

		Dommage	
		Extrêmes	Moyenne
HCH à 1,5 %	10 arbres	0 à 6	1,90 ± 1,76
DDT à 2 %	20 arbres	0 à 7	2,20 ± 1,79

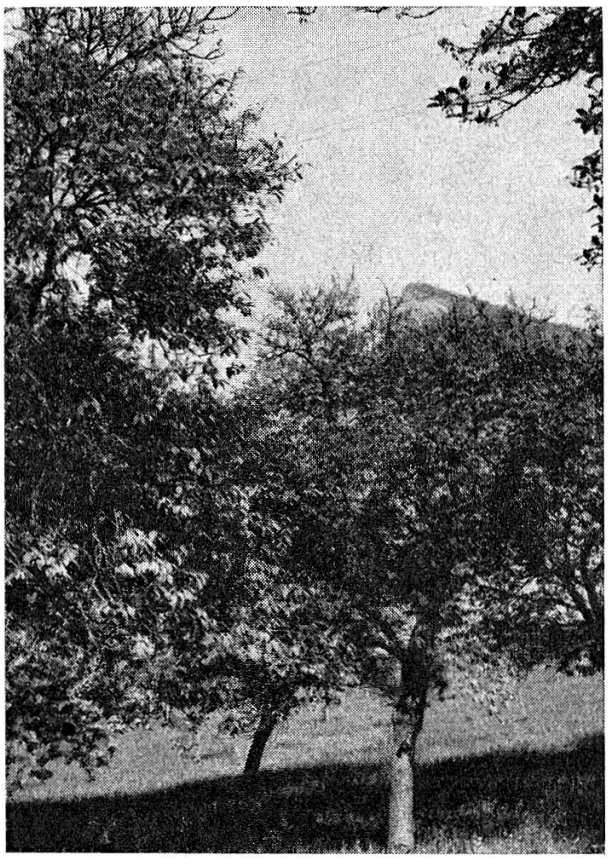

Fig. 5. — Au premier plan, à gauche, prunier traité par le HCH à 1,5 %. Au second plan, à droite, prunier traité par le DDT à 2 %. Photographié le 30 avril 1947, huit jours après le traitement.

Les arbres fortement chargés de fleurs sont les plus ravagés. Il y a davantage de hannetons sur les pruniers traités au DDT que sur les autres, mais, sous tous les arbres, on trouve de nombreux insectes morts et paralysés.

Nous appliquons, le 2 mai, un second traitement sur tous les pruniers. La pullulation des hannetons dans la région justifiait cette mesure et le propriétaire du verger tenait à assurer la récolte de ses arbres.

Le 16 mai, tous les pruniers sont contrôlés et nous obtenons les chiffres indiqués dans le tableau 17.

TABLEAU 17

		Moitié de la couronne	Dommage Extrêmes	Dommage Moyenne
HCH à 1,5 %	25 arbres	inférieure	0 à 3	0,80 ± 0,75
		supérieure	1 à 7	3,60 ± 1,96
DDT à 2 %	60 arbres	inférieure	0 à 3	0,73 ± 0,77
		supérieure	1 à 7	3,98 ± 1,72
Témoins	10 arbres	inférieure	1 à 3	1,80 ± 0,77
		supérieure	5 à 10	8,10 ± 1,58

Les deux insecticides donnent des résultats en fait identiques. Nous constatons à cette date davantage de hannetons sur les arbres traités au DDT que sur les autres.

Les dégâts de l'Hoplocampe du prunier *(Hoplocampa minuta* et *H. flava)* sont nuls sur les arbres aspergés par le HCH et l'insecticide cause aussi, à l'intérieur des fleurs de pommier, la destruction partielle (81 % morts ; 7,2 % malades et 11,8 % vivants) des larves de l'Anthonome du pommier *(A. pomorum)*.

3. Nous traitons, le 24 avril, chaque fois quatre pruniers par une suspension de HCH à 1,5 % ou de DDT à 2 %, les insecticides mélangés à de la bouillie sulfocalcique et de l'oxychlorure de cuivre. Le vol du hanneton est d'intensité moyenne dans cette région du Valais central. Une seule application suffit à protéger les arbres. Le dommage causé par les ravageurs est estimé le 16 mai. Il est identique, mais il y a à ce moment davantage de hannetons (en proportion de 3 à 1) sur les arbres traités au DDT (tableau 18).

TABLEAU 18

	Moitié	Dommage
HCH à 1,5 %	inférieure	0,25 ± 0,43
	supérieure	2,50 ± 0,50
DDT à 2 %.	inférieure	0,75 ± 0,43
	supérieure	2,50 ± 1,50

L'attaque de l'Hoplocampe du prunier est nulle sur les arbres traités au HCH, supérieure à 60 % sur ceux aspergés par le DDT.

Les hannetons nourris, le 17 mai, avec les feuilles prélevées sur ces arbres sont indisposés en premier lieu par le HCH, mais ni l'un ni l'autre des insecticides ne peut provoquer la mort rapide des animaux.

4. Une application de HCH à 1,5 % et de DDT à 2 % faite en 1945 sur les pruniers d'un verger du canton de Vaud nous avait déjà donné des résultats comparables à ceux que nous avons mentionnés. Voici les chiffres obtenus en contrôlant, 10 jours après le traitement, le dommage sur les pousses de la moitié supérieure de plusieurs arbres :

	Dommage moyen
Témoins	3,38 ± 1,07
HCH à 1,5 %	1,55 ± 0,85
DDT à 2 %	1,74 ± 0,94

Il y a davantage d'insectes sur les arbres traités par le DDT que par le HCH.

Le DDT est utilisé depuis quelques années dans la lutte contre le hanneton adulte. Ses applications donnent satisfaction. Nous avons aussi assisté, le 28 avril et le 9 mai, aux traitements, par une suspension de DDT à 2 %, de chênes à proximité d'une grande culture fruitière du Valais central. Les feuilles du sommet des arbres, difficilement atteintes par le liquide, furent entièrement dévorées par les hannetons alors que celles de la base étaient protégées. En plus de ce contraste, nous avons été vivement impressionnés en entendant, encore plusieurs jours après la pulvérisation de l'insecticide, le bruissement ininterrompu des feuilles sèches agitées par les pattes de milliers d'animaux en convulsion. Le résultat de la destruction d'un nombre considérable de hannetons se retrouve dans la moins grande abondance des vers blancs dans les terrains voisins.

Nos comparaisons pratiques, en utilisant les insecticides titrant chacun 195 à 200 g. de substance active à l'hectolitre (HCH à 1,5 % et DDT à 2 %) prouvent par des chiffres, que la protection des arbres contre les ravages des hannetons réalisée par l'hexachlorocyclohexane est identique à celle enregistrée avec le DDT. RÉGNIER (1946) suppose une action plus prolongée du DDT, mais les résultats de nos traitements dans les vergers établissent la parité entre la durée d'action des deux insecticides. Ils confirment, en outre, la durée de persistance des deux substances énoncée par les chiffres de nos essais précédents, soit 11 à 13 jours pour le HCH et 10 à 16 jours pour le DDT suivant la longévité critique admise lorsque l'on utilise ce dernier produit. L'égalité des résultats pratiques entre le HCH et le DDT prouve cependant que la persistance du DDT fixée à 16 jours est sûrement trop grande. WIESMANN (1945) relève l'état remarquable de cerisiers traités huit jours auparavant par une suspension de DDT à 2 %. D'après RÉGNIER, une poudre de sulfure de polychlorocyclane est encore active huit jours après son application et le HCH donne des résultats sensiblement égaux.

Comment expliquer l'identité du dégât sur les arbres traités au HCH ou au DDT ? Nous trouvons, dans les résultats de nos essais, quelques chiffres explicatifs. Si nous mouillons le thorax du hanneton

par la suspension de DDT à une concentration supérieure à 1 %, l'insecte absorbe moins de nourriture que s'il est touché par le HCH. Répétons les expériences avec des suspensions d'une teneur plus faible en matière active, le hanneton mange alors davantage lorsqu'il est traité au DDT qu'au HCH (p. 422). Donnons à l'animal des feuilles aspergées la veille par le toxique à étudier et nous savons qu'il absorbe une quantité supérieure de celles recouvertes de HCH que de DDT. Des résultats identiques sont obtenus dans les premiers essais de persistance du poison sur les feuilles. Le lendemain de l'application de l'insecticide sur les arbres, le hanneton absorbe donc moins de nourriture traitée au DDT qu'au HCH, parce que l'effet de paralysie du premier insecticide est plus rapide que celui du second (voir fig. 1). Nous ne pouvons pas affirmer, comme le dit WIESMANN (1943, 1945) à la suite des essais qu'il entreprend au plus tard 48 heures après l'application du DDT sur les arbres, que le dichlorodiphényltrichloréthane provoque un mouvement répulsif chez le hanneton. Si, par contre, nous nourrissons l'animal avec des feuilles traitées par l'insecticide plusieurs jours auparavant, nous voyons que la bestiole absorbe davantage de nourriture recouverte de DDT que de HCH. Les lignes représentant l'alimentation du hanneton dans les essais de persistance illustrent quelque peu cette affirmation (fig. 3 et 4). De plus, nous savons que 23 jours après le traitement, le hanneton absorbe 16,0 cm^2 de feuille recouverte de DDT et 10,6 cm^2 de celle traitée au HCH. Le contrôle régulier d'arbres voisins traités par le DDT ou par le HCH laisse aussi l'impression suivante : Le lendemain de l'application des insecticides, le HCH paraît « meilleur » (parce qu'il y a beaucoup d'insectes morts et paralysés sous les arbres), puis il semble « plus mauvais » (parce qu'on observe un ravage légèrement plus grand sur les arbres traités au HCH qu'au DDT) et quelques jours après le HCH est de nouveau « meilleur » (parce que l'on compte davantage de hannetons sur les arbres traités au DDT et que le dégât sur les feuilles augmente). Avec une diminution de la concentration du DDT (action par contact) ou un intervalle plus grand entre le jour de l'application du DDT et celui de l'essai, le ravage du hanneton croît.

Nous n'avons pas observé la réversibilité de la paralysie du hanneton provoquée par le contact ou après ingestion de HCH ou de DDT, nos animaux ne pouvant pas se soustraire à l'action des insecticides. En ce qui concerne le DDT, WIESMANN (1943, 1945) relève la possibilité du rétablissement du hanneton légèrement paralysé. BRAUN (1946) parle également d'une assez grande résistance du hanneton au DDT, résistance s'exprimant par la guérison de l'animal paralysé et la continuation de son ravage. Plusieurs arboriculteurs valaisans, qui ont traité au DDT les essences fruitières sujettes aux ravages de l'insecte, affirment aussi avoir observé des hannetons paralysés reprendre leur envol.

VIEL (1946) ramasse des hannetons en terre avant leur sortie et les soumet à l'action de différents insecticides organiques de synthèse. Il suit à cet effet une méthode analogue à celle utilisée pour l'examen des produits antidoryphoriques et obtient des résultats comparables avec le HCH, le SPC et le DDT. RÉGNIER précise que les produits à base de sulfure de polychlorocyclane (SPC) ou de HCH tuent le hanneton plus rapidement que les produits de DDT. Les résultats de nos essais démontrent aussi l'action plus rapide du HCH que du DDT. La différence entre les résultats communiqués par les chercheurs français et les nôtres réside dans leur ordre de grandeur. Ceci tient à la provenance et à l'état physiologique hétérogène des animaux utilisés. Pour la même raison, WIESMANN obtient dans ses essais avec le DDT une longévité des hannetons traités qui est supérieure à celle que nous indiquons. Dans un cas, ce savant mentionne cependant la présence de 40 hannetons morts et de 141 gravement paralysés le lendemain de l'application d'une suspension de DDT à 2 % sur des cerisiers.

Nous savons que le DDT, appliqué plusieurs fois de suite sur les végétaux, peut être la source d'un déséquilibre entre certains ennemis des plantes et leurs prédateurs ou parasites. GÜNTHART (1945) signale la pullulation de l'araignée rouge des arbres fruitiers *(Metatetranychus ulmi K.)* consécutive à la destruction prolongée par le DDT des prédateurs de cet animal. BOVEY (1946) constate également l'augmentation de l'araignée rouge et du puceron lanigère à la suite de pulvérisations répétées de DDT sur des pommiers. Après avoir fait un seul traitement comparatif avec une suspension de DDT et une de HCH contre le hanneton sur des charmes, GÜNTHART (1946) observe l'accroissement de la population de l'araignée rouge sur les feuilles des arbres aspergés par le DDT. Par contre, le ravageur n'abonde pas dans la parcelle voisine traitée par le HCH. Nous avons aussi examiné avec soin tous nos arbres d'essais un, deux, trois et quatre mois après l'application des insecticides ; nous n'avons pas pu constater de différence dans la population de l'araignée rouge sur les feuilles des arbres traités avec l'un ou l'autre des toxiques.

* * *

Il est certainement possible de détruire des hannetons en les ramassant ou en utilisant contre eux les insecticides organiques de synthèse découverts récemment. Est-ce que les méthodes préconisées permettent d'entrevoir une solution pratique du problème posé ? Les résultats obtenus par le hannetonnage sont douteux, mais est-ce que la lutte chimique contre le ravageur offre de meilleures possibilités de réussite ? Il est facile de protéger les arbres fruitiers et d'autres végétaux sujets aux attaques des hannetons en les traitant par un insecticide approprié. Cependant, cette mesure de lutte

rencontrera de sérieuses difficultés lorsqu'elle devra être étendue aux lisières des forêts, où les hannetons évoluent pendant la plus grande partie de leur existence.

A côté de la lutte directe contre le hanneton, les recherches sont aussi orientées vers le problème de l'anéantissement du ver blanc. La lutte peut être indirecte (ramassage, méthodes culturales) mais surtout aussi chimique. L'hexachlorocyclohexane incorporé dans le sol semble se prêter particulièrement bien à la destruction du ravageur (CLAUSEN et GÜNTHART, 1946 ; RÉGNIER et ARNOUX, 1946 ; VIEL, 1946 ; GÜNTHART, 1947). Le produit peut être utilisé sous forme liquide, en arrosage ou en injections, ou sous forme solide en épandage avec des engrais. Suivant la concentration du toxique, le moment et le mode d'application et la nature des terrains, l'insecte cesse vite de manger et périt quelques jours à quelques mois après. La majorité des végétaux semble relativement peu sensible à l'action de l'hexachlorocyclohexane, mais la qualité gustative de bulbes, de racines et de plantes traités peut être altérée (HAENNI, 1946).

La possibilité de détruire le ver blanc aurait l'avantage de réduire l'ampleur de la lutte contre le hanneton, car de collective que cette dernière doit être (hannetonnage, lutte chimique le long des forêts), elle deviendrait individuelle contre l'insecte parfait sur les essences fruitières sujettes à ses attaques et contre le ver blanc dans les terrains où il est à redouter.

III. CONCLUSIONS

Les insecticides organiques de synthèse récemment découverts, en particulier le Dichlorodiphényltrichloréthane ou DDT et l'Hexachlorocyclohexane ou HCH, provoquent, par contact et aussi après ingestion, la mort du hanneton commun, *Melolontha melolontha* L. L'insecte réagit vite au contact du DDT ; il devient rapidement inoffensif, mais il meurt lentement. Touché par le HCH, le hanneton ne réagit pas au début, puis il trépasse rapidement. Les moyennes de mortalité obtenues en mouillant le thorax de l'animal avec une goutte de HCH ou de DDT sont dans le rapport de 1 à 2. Mis en présence de feuilles aspergées du toxique et de feuilles saines, le hanneton mange en moyenne davantage des premières, et de plus il dévore une quantité supérieure de celles recouvertes d'un film de HCH que de DDT. Cette dernière différence entre l'action des insecticides tient à la rapide paralysie de l'animal provoquée par le DDT ; mais cette différence s'atténue et elle devient même inverse quand l'intervalle grandit entre le moment de l'application du toxique sur les feuilles et celui de la consommation par la bestiole des feuilles traitées. Une suspension de HCH, titrant 260 à 390 g. de substance active à l'hectolitre, provoque la mort du hanneton dans les

48 heures encore 11 à 13 jours après son application sur les arbres. De même la pulvérisation d'une suspension de DDT de 200 à 300 g. de matière active à l'hectolitre tue encore le hanneton en 72 à 96 heures 10 à 16 jours après. Les comparaisons faites dans les vergers, en utilisant les insecticides à raison de 195 à 200 g. de substance active à l'hectolitre, prouvent la parité de l'efficacité entre le HCH et le DDT.

Tout comme le hannetonnage, l'emploi des produits organiques de synthèse n'apporte pas la solution du problème de la lutte contre le hanneton. L'insecte évolue sur les arbres situés aux endroits les plus divers et sa destruction nécessiterait l'organisation périodique contre lui d'une campagne coûteuse et de grande envergure.

La solution pratique du problème du hanneton réside, à côté de la lutte contre l'insecte parfait, dans la destruction de la larve. Ainsi l'agriculteur pourrait anéantir l'animal où la nécessité s'en ferait sentir et à n'importe quel moment. Les recherches de ces dernières années ont mis en évidence le pouvoir toxique de l'hexachlorocyclohexane sur le ver blanc et elles sont activement poursuivies en vue d'élaborer des méthodes rationnelles de lutte contre le ravageur et sans inconvénient pour les végétaux.

IV. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERNHARDT, E., 1939. *Versuche zur Bekämpfung des Maikäfers mit Kontaktmitteln.* Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Vol. 49, p. 321-338.

BLUNCK, H., 1937. *Der Stand der Maikäferfrage.* Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Vol. 47, p. 257-277.

— 1938. *Über die Möglichkeiten zur Verminderung der Eiablage des Maikäfers...* Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Vol. 48, p. 27-39.

— 1938. *Das Schrifttum über die Möglichkeiten zur Bekämpfung der Maikäferengerlinge...* Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Vol. 48, p. 64-87.

— 1938. *Feinde und Krankheiten der Maikäfer.* Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Vol. 48, p. 488-507.

— 1939. *Natürliche Feinde und biologische Bekämpfung der Maikäferengerlinge.* Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Vol. 49, p. 338-381.

BOUCHET, R.-L., 1947. *La lutte chimique contre les Hannetons.* Congrès pomologique de France, Perpignan, septembre 1947, p. 146-156.

BOVEY, P., 1946. Voir : Rapport d'activité 1945, Stations fédérales d'essais à Lausanne et à Pully.

BRAUN, W., 1946. *Heutiger Stand der Bekämpfung der Maikäfer und Engerlinge.* Schweiz. landw. Monatshefte, Jg. 24, H. 12.

CLAUSEN, R. et GÜNTHART, E., 1946. *Essais de lutte contre le ver blanc (M. melolontha* L.) *avec l'hexachlorocyclohexane.* Premier Congrès de Phytopharmacie, Louvain, septembre 1946.

ECKSTEIN, F., 1938. *Die Engerlingsplage in Vorpommern.* Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Vol. 48, p. 179-199.

EXT., W., 1941. *Maikäferbekämpfung jetzt und in Zukunft.* Mitt. Biol. Reichsanstalt H. 64, p. 67-71.

FERRIÈRE, DÉFAGO et ROOS, 1944. *Lutte contre le doryphore de 1923 à 1943.* Verbandsdruckerei, Berne.

GERSDORF, E., 1940. *Über eine Maikäferbekämpfung in Bauernwäldern...* Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Vol. 50, p. 456-464.

GÜNTHART, E., 1945. *Über Spinnmilben und deren natürliche Feinde.* Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., Vol. 19, p. 279-308.

— 1946. *Lutte contre des insectes exerçant leurs ravages à l'intérieur de plantes crucifères.* Premier Congrès international de Phytopharmacie, Louvain, sept. 1946.

— 1947. *Die Bekämpfung der Engerlinge mit Hexachlorcyclohexan-Präparaten.* Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., Vol. 20.

HADORN, CH., 1936. *Nouvelle méthode de traitement contre la galéruque de l'orme.* Revue horticole suisse, n° 12.

HAENNI, H., 1946. *Wird der Geschmack der Feldfrüchte durch die Anwendung der Hexachlor-cyclohexan-Produkte beeinträchtigt?* Schweiz. Landw. Monatshefte, p. 355-356.

HARPE, DE LA. Voir : Bull. Soc. Vaud. Sc. nat., Vol. 10, p. 523, 1868-1870.

JANCKE, O., 1927. *Beiträge zur Biologie und Bekämpfung des Maikäfers.* Zeitschr. angew. Entomologie, Vol. 13, p. 97-107.

— 1940. *Versuche zur Maikäferbekämpfung.* Prakt. Blätter Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Vol. 18, p. 33-39.

KALANDADZE, L., 1927. *Die Wirkung von Arsenpräparaten auf die wichtigsten Forstschädlinge.* Zeitschr. f. angew. Entomologie, Vol. 13, p. 1-96.

KUETHE, E., 1941. *Über die Maikäferbekämpfung bei Wörgl...* Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Vol. 51, p. 485-497.

MEUNIER, K., 1929. *Experimentelles über den Schwärmtrieb und das periodische Auftreten...* Zeitschr. f. angew. Entomologie, Vol. 14, p. 91.

MEYER, A., 1947. *Untersuchungen über die Bekämpfung des grauen Lärchenwicklers...* Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., Vol. 20.

NEU, W., 1940. *Die Bekämpfung des Maikäfers mit dinitrokresolhaltigen Mitteln.* Forschungsdienst, Vol. 9. p. 369-86.

NOLL, J., und HAENDLER, E., 1940. *Maikäferbekämpfung mit Stäubemitteln.* Kranke Pflanze, Vol. 17, p. 82-88.

PLATEN, V., 1941. *Der Maikäfer im Forstamt Reppen, insbesondere seine Bekämpfung...* Forstwiss. Centralblatt, Vol. 63, p. 25 et p. 85.

PUSTER, 1931. *Der Maikäfer im Bienwald.* Forstwiss. Centralblatt, p. 457.

PUSTET et SELL, 1926. *Verspricht die Bekämpfung der Maikäfer mit gifthaltigen Verstäubungsmitteln vom Flugzeug aus Erfolg?* Prakt. Blätter f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Vol. 4, p. 25-29.

RAUCOURT, M. et BOUCHET, R.-L., 1946. *Un nouvel insecticide de synthèse : l'hexachlorocyclohexane.* Chimie et Industrie, décembre.

RAUCOURT, M., TROUVELOT, B. et BÈGUÉ, H., 1939. *L'essai d'efficacité des produits antidoryphoriques.* Annales des Epiphyties et de Phytogénétique, t. 5, p. 51-83.

RÉGNIER, R., 1941. *Contribution à l'étude de la biologie du hanneton commun.* Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, t. 212, p. 246-249.

— 1941. *Résultats de l'enquête et des récentes recherches sur les hannetons.* Académie Agriculture de France, 12 mars.

— 1946. *Les recherches sur les hannetons : Doit-on continuer à préconiser le hannetonnage?* Académie Agriculture France, 11 décembre.

— 1947. *Résultats des recherches de 1947 sur les vers blancs.* Académie Agriculture France, décembre.

RÉGNIER, R. et ARNOUX, J., 1946. *Recherches sur la biologie des vers blancs...* Académie Agriculture France, 11 décembre.

SACHTLEBEN, H., 1926. *Versuche zur Maikäferbekämpfung mit arsenhaltigen Stäubemitteln.* Arbeiten Biol. Reichsanstalt f. Landw. u. Forstwirtschaft, Vol. 15, p. 19-46.

SCHWERDTFEGER, F., 1937. *Über den Einfluss des Lebensraumes auf den Maikäfer.* Zeitschr. f. Pflanzenkr., Vol. 47, p. 603-612.

STEUDEL, W., 1941. *Die Maikäferbekämpfung 1940 mit Dinitro-o-kresol...* Arb. physiol. angew. Entomol. Dahlem, Vol. 8, p. 1-26.

THIELMANN, K., 1939. *Beiträge zur Maikäferbekämpfung im Walde...* Forstw. Centralblatt, Vol. 61, p. 562 et p. 599.

THIEM, H., 1938. *Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Maikäfers...* Wissenschaft. Jahresber. Biol. Reichsanstalt f. Landw. u. Forstwirtschaft, p. 60-62.
— 1940. *Beiträge zur Maikäfer- und Engerlingsbekämpfung.* Forschungsdienst, Vol. 10, p. 67-80.
— 1942. *Über weitere Erfahrungen zur chemischen Bekämpfung der Maikäfer.* Anz. Schädlingskunde, Vol. 18, p. 16-19.
THIEM, H. et STEUDEL, W., 1939. *Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Maikäfers...* Wissenschaft. Jahresber. 1939 der Biol. Reichsanstalt.
VIEL, G., 1946. *Etudes de laboratoire sur l'efficacité de substances chimiques envers les hannetons...* Académie Agriculture France, 11 décembre.
WIESMANN, R., 1943. *Weitere Versuche mit Gesarol im Obstbau.* Schweiz. Zeit. Obst-Weinbau, Jg. 52, p. 171-204.
— 1945. *Erfolgreiche Bekämpfung des Maikäfers...* Schweiz. Zeit. Obst-Weinbau, Jg. 54, p. 159-166.
— 1947. *Untersuchungen über das physiologische Verhalten von Musca domestica* L... Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., Vol. 20, p. 484-504.