

Étude expérimentale des phénomènes de dégradation de certains insecticides organiques de synthèse

I. — Résultats préliminaires

Jean PIART

Entomologiste agricole ORSTOM
S.S.C., 70-74, route d'Aulnay - 93140 Bondy.

RÉSUMÉ

Des doses exactement connues de quelques insecticides organiques de synthèse sont appliquées à un certain nombre de substrats végétaux (coton, blé, riz) ou animaux (insectes), ainsi qu'à des échantillons de sols et d'eaux. Leur persistance dans le temps est suivie par analyse des résidus par chromatographie en phase gazeuse.

Dans les conditions du laboratoire, la dégradation observée est rapide, tant pour la dieldrine que pour les produits organophosphorés. Il semble que dans un certain nombre de cas des phénomènes de blocage interviennent, en particulier chez des criquets ayant reçu des doses sublétales d'insecticide.

Les conséquences pratiques de ces phénomènes sont brièvement discutées.

MOTS-CLÉS : Dégradation des insecticides — Chromatographie en phase gazeuse — Dieldrine — Fenthion — Fenitrothion — Doses sublétales d'insecticides.

ABSTRACT

Precisely known doses of several synthetic organic insecticides were applied to several plant (cotton, wheat, rice) and animal substrates (insects), as well as to soil and water samples. Their persistence with time was monitored by gas chromatography of residues.

Under laboratory conditions, degradation was rapid in the case of dieldrin and organophosphates. It appears that blocking phenomena occur in a certain number of cases, particularly in crickets having received sublethal doses of insecticides.

The practical implications of these phenomena are briefly discussed.

KEY WORDS : Insecticide degradation — Gas chromatography — Dieldrin — Fenthion — Fenitrothion — Sublethal insecticide doses.

1. INTRODUCTION

L'expansion des productions agricoles, aussi bien alimentaires qu'industrielles, constitue une nécessité vitale pour l'humanité. Depuis quelques décennies, la lutte antiparasitaire est devenue un facteur essentiel de cette expansion, au même titre que l'emploi des engrais chimiques ou l'amélioration génétique des plantes cultivées. Parmi l'arsenal de moyens dont l'homme dispose pour réaliser au mieux la protection de ses récoltes, — façons culturales, choix des variétés, lutte biologique ou dirigée... — la lutte chimique par l'emploi des pesticides demeure l'élément le plus important, le plus efficace et le plus constant.

Les pesticides agricoles se composent de deux éléments, la matière active, souvent hautement toxique, et les adjuvants qui lui servent de support tout en renforçant éventuellement son action du fait de leurs caractéristiques physiques. En raison de cette toxicité élevée, il est indispensable que tout traitement phytosanitaire soit au préalable très soigneusement étudié et préparé.

Il n'est généralement pas possible de faire en sorte que l'action des pesticides utilisés se limite aux seuls objectifs de lutte, par suite de la complexité du milieu naturel et des multiples interactions entre les organismes nuisibles visés, l'écosystème dans lequel ils évoluent et l'homme. Il a été constaté depuis longtemps, par exemple, que l'emploi inconsidéré de certains insecticides

ticides est susceptible d'entraîner des effets secondaires parfois catastrophiques sur la faune environnante, « indifférente » ou utile (Graham P., 1964 et Koeman J.H. *et al.*, 1971).

L'efficacité de l'action toxique d'un produit, tout comme sa capacité à atteindre un certain stade de l'organisme cible, sont largement fonction de sa persistance dans le milieu et donc des processus et de la vitesse de sa dégradation. On a constaté depuis quelques décennies que certains pesticides très employés — en particulier la plupart des insecticides organochlorés — présentent une remarquable stabilité. Ils peuvent être stockés, à des doses sublétales, par les organismes vivants, et sont ainsi susceptibles d'être progressivement accumulés et concentrés tout au long des chaînes alimentaires (Hunt (E.G.) et Bischoff, 1960; Ramade (F.), 1968; Ramade (F.), 1974; Woodwell (G.M.) *et al.*, 1971; Wurster (C.F.) et Wingate (D.B.), 1968). La vie animale toute entière se trouve ainsi menacée, l'homme en particulier que sa qualité de super prédateur place tout naturellement au sommet de ces chaînes.

Ainsi, tout traitement phytosanitaire doit respecter deux impératifs parfaitement contradictoires :

- d'une part une notable persistance de l'action du pesticide utilisé est nécessaire pour obtenir un contrôle efficace et durable de l'organisme nuisible visé;
- il est d'autre part tout aussi indispensable, pour éviter les risques d'effets cumulatifs évoqués plus haut, que ce produit perde rapidement la plus grande partie de sa toxicité.

L'utilisation de pesticides à longue persistance — cette « rémanence » a longtemps été l'une des qualités les plus recherchées pour ces produits — permettait de diminuer la fréquence des applications en n'étant pas trop étroitement tributaire de la biologie du ravageur. Leur remplacement par des produits moins stables impose d'effectuer les traitements à des dates précises, correspondant à des événements dont la durée peut être très brève (émergences d'adultes, éclosions de larves...). Il nécessite alors des études précises des cycles biologiques et de l'écologie des ravageurs et la mise sur pied de systèmes d'avertissements agricoles précis et efficaces.

La récente prise de conscience des dangers présentés par les pesticides a conduit les autorités responsables :

- d'une part à faire entreprendre des études précises de leur devenir dans les écosystèmes dans lesquels ils sont introduits (vitesse de leur dégradation, nature des résidus, effets secondaires sur les organismes vivants...);
- d'autre part à rechercher et à mettre au point de nouveaux produits, aussi efficaces mais moins stables, susceptibles de se dégrader rapidement sans présenter

le risque, mortel à long terme, d'accumulation dans le milieu.

C'est dans cet esprit qu'a été conçu le *Projet MAB n° 9*, intitulé « *Evaluation écologique des conséquences de l'utilisation des pesticides dans les écosystèmes terrestres et aquatiques* », auquel l'ORSTOM s'est étroitement associé. Pour ce qui concerne l'Entomologie Agricole, un projet avait été élaboré, comportant d'une part des études de terrain s'inscrivant dans le cadre du programme de recherches sur les insectes du champ de coton en Côte d'Ivoire, d'autre part des études de laboratoire menées aux Services Scientifiques Centraux de Bondy. L'achèvement en 1975 du programme « insectes du champ de coton » n'a pas permis d'entreprendre les travaux de terrain envisagés, qui comportaient l'étude de l'impact des traitements insecticides sur un certain nombre de familles d'insectes utiles, ainsi que l'analyse de l'action éventuelle de ces traitements sur certains vertébrés, oiseaux et mammifères en particulier.

Les études de laboratoire ont été entreprises au Laboratoire d'Entomologie Agricole des Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM à Bondy à partir de 1975. Elles comportent :

- l'évaluation quantitative de l'activité insecticide, et l'étude des caractéristiques de cette activité, pour un certain nombre de produits organochlorés ou organophosphorés d'utilisation courante (dieldrine, fenthion, fenitrothion...), ou nouveaux et non encore commercialisés (CGA 15324). L'action de doses sublétales de ces produits sur certaines caractéristiques biologiques des insectes, en particulier sur leur potentiel de reproduction, fait l'objet d'une étude particulière;
- l'étude du devenir de ces produits au niveau du végétal traité, du sol, de l'eau et de l'insecte lui-même, et l'étude expérimentale de l'influence des principaux facteurs climatiques — température, hygrométrie, radiations lumineuses — sur leurs processus de dégradation.

L'objectif final de cette recherche est en effet de connaître les conséquences écologiques des applications de pesticides dans les pays tropicaux, afin de pouvoir dans l'avenir recommander ces traitements en toute connaissance de cause. Il faut faire remarquer que la grande majorité des travaux réalisés à ce jour en ce domaine l'ont été dans des régions de climat tempéré (Crosby (D.G.), 1973; Laveglia (J.) et Dahm (P.A.), 1977; Menzie (C.M.), 1972). Avant d'élaborer des techniques simples d'échantillonnage et d'extraction, applicables sur le terrain en l'absence d'un matériel trop sophistiqué, il nous paraît indispensable d'étudier au laboratoire les effets sur les dépôts de pesticides des conditions climatiques particulières aux régions tropicales.

Nous présentons dans cet article les résultats d'une série d'expériences préliminaires réalisées dans ce

domaine. Des publications ultérieures traiteront, d'une part des effets de doses sublétales d'insecticide sur le potentiel de reproduction du criquet pélerin, d'autre part de l'action de différents traitements thermiques sur la dégradation des insecticides dans les sols.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude expérimentale de la dégradation des pesticides, tout comme la recherche de leurs résidus dans les milieux naturels traités, nécessite la mise au point de méthodes de dosage très fines. Sur le plan analytique, ce dosage présente un certain nombre de problèmes, dont quelques uns ne sont encore qu'imparfaitement résolus. En premier lieu, il s'agit en général de très faibles quantités de substances (on parle de « parties par million » ou même par milliard), et ces traces sont fréquemment diluées dans un milieu biologique fort complexe. L'analyste est ainsi conduit à mettre au point des techniques efficaces d'extraction, d'isolement et de purification des substances recherchées. En second lieu, en raison de l'augmentation considérable de l'utilisation des différents pesticides, plusieurs substances d'appartenances chimiques diverses peuvent être présentes simultanément dans un même échantillon, dont l'historique des traitements reste la plupart du temps inconnu. Il est alors indispensable de pouvoir mettre en œuvre des techniques d'analyse permettant l'identification et le dosage simultanés de ces substances.

Des techniques très diverses ont été utilisées pour étudier la persistance des insecticides et les métabolites résultant de leur dégradation. Citons en particulier les méthodes colorimétriques, les méthodes biologiques (*Drosophiles*, larves d'*Aedes*), la chromatographie sur couche mince, l'utilisation d'insecticides marqués, les méthodes basées sur les propriétés anticholinestérase des insecticides organophosphorés, enfin la chromatographie en phase gazeuse, que nous avons nous-même utilisée pour l'ensemble de nos expériences.

Les premières expériences ont consisté à appliquer des quantités connues de certains pesticides à un certain nombre de substrats végétaux (touffes de blé et de riz, feuilles de cotonnier), ou animaux (insectes traités), ainsi qu'à des échantillons de sols et d'eaux, et à suivre dans le temps leur disparition. Les quantités de produit appliquées sont naturellement du même ordre de grandeur que celles qui se trouvent déposées lors de traitements en nature (traitements antiacridiens effectués par avion, par exemple).

La vitesse de disparition, ou inversement le degré de persistance d'un produit dépendent d'un certain nombre de facteurs qui peuvent être :

- mécaniques (pluie, vent) ou physiques (tension de vapeur, solubilité dans l'eau ou les lipides, codistillation avec l'eau, phénomènes d'adsorption...);
- chimiques (hydrolyse, oxydation, réduction, décarboxylation, isomérisation, irradiation solaire...);
- biologiques (action des micro-organismes dans le sol, réactions enzymatiques dans les végétaux dans le cas des produits endotherapies...);

Les méthodes de dosage des résidus de pesticides ne peuvent naturellement donner que des résultats globaux, sans fournir d'indications sur le ou les facteurs qui sont intervenus dans la disparition du produit étudié.

Dans la pratique, avant le passage au chromatographe en phase gazeuse, les échantillons à analyser doivent subir une série d'opérations visant à obtenir un extrait final aussi pur que possible, exempt de toute substance organique risquant d'interférer avec le ou les produits recherchés. Ces opérations sont les suivantes :

2.1. EXTRACTION

Les insecticides contenus dans les échantillons à analyser sont extraits par le méthanol ou l'acétate d'éthyle, puis repris par le chloroforme, le chlorure de méthylène ou l'éther de pétrole, suivant la nature de la matière active qu'ils renferment. Les extraits obtenus sont évaporés sous vide en présence de sulfate de sodium anhydre, puis transférés en milieu benzénique ou à l'éther de pétrole par un certain nombre d'évaporations successives.

2.2. PURIFICATION

L'extrait que l'on obtient à ce stade de l'analyse contient encore généralement des impuretés organiques provenant des échantillons et susceptibles de masquer en partie le produit étudié lors du passage au chromatographe en phase gazeuse. Il est purifié par chromatographie sur colonne renfermant 30 cm³ de florisol dans du benzène et 10 g. de sulfate de sodium anhydre en tête de colonne. L'extrait benzénique est placé en tête de colonne et élué par :

- 150 ml de chloroforme pour le fenthion et le fénitrothion.
- 150 ml d'un mélange à 50 % d'éther éthylique et d'éther de pétrole pour la dieldrine.
- 150 ml de solution à 5 % d'acétone dans le chlorure de méthylène pour le CGA 15324.

L'éluat est alors évaporé sous vide et repris par un volume connu d'acétone. Cette solution acétonique cons-

titue l'extrait final qui sera analysé au chromatographe en phase gazeuse.

2.3. CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE

L'appareil utilisé est le Pye Unicam 104, équipé d'un détecteur à capture d'électrons, présentant les caractéristiques suivantes :

- les colonnes sont constituées par des tubes en verre, de 1,50 m de long, remplies de SE 30 à 3 et 5 % sur gaz chrom Q 100-120 mesh ou de QF 1 à 3 % sur gaz chrom Q 80-100 mesh.
- le gaz vecteur utilisé est l'azote (débit 30-40 ml/mn).
- le four est chauffé à 200° pour les colonnes SE 30 et à 220° pour les colonnes QF 1.
- le volume d'injection est de 2 µl.
- les gammes étalons, préparés à partir des solutions de contamination, sont à des concentrations de 0,1 à 0,5 µ/ml.
- pour déterminer le pourcentage d'extraction (rendement) de l'appareil pour le produit étudié, on effectue un essai à partir d'un échantillon sans traitement que l'on contamine immédiatement avant l'extraction, au moment du broyage.
- pour chaque expérience un essai « à blanc », sans traitement, sert de témoin.

3. RÉSULTATS

3.1. DÉGRADATION DES PESTICIDES SUR DIFFÉRENTS SUBSTRATS VÉGÉTAUX

Des quantités exactement connues de certains pesticides en solution dans l'éther ou l'acétone sont appliquées à l'aide d'une seringue de précision sur des

feuilles de cotonnier en place (à la dose de 4 ppm), ainsi que sur des touffes de blé et de riz (0,4 à 20 ppm), en évitant toute perte par ruissellement. Après ce traitement, les différents supports végétaux sont conservés en serre tempérée (température 20-22 °C; hygrométrie 50-70 %; éclairage atténué), et donc à l'abri de toute cause mécanique d'élimination des dépôts.

Le tableau I représente l'ensemble des résultats obtenus au cours de cette série d'expériences, exprimés en pourcentages du produit initial retrouvés après, 1, 2, ...n jours.

Il montre que dans tous les cas les vitesses de dégradation obtenues au cours de ces expériences sont relativement élevées puisqu'il ne subsiste plus que 15 à 20 % du produit initial après une semaine, même dans le cas de la dieldrine dont la stabilité chimique peut être considérée comme bonne.

Les courbes de dégradation construites en coordonnées arithmétiques à partir des valeurs du Tableau I présentent d'une manière générale, une allure logarithmique (fig. 1).

Le remplacement des pourcentages de produit restant par leur logarithmes, sur l'axe des ordonnées, permet de transformer ces courbes en droites ou éléments de droite dont l'interprétation est généralement plus aisée (fig. 2). En particulier, cette transformation permet d'estimer facilement ce que l'on appelle la durée de demi-vie des pesticides, notion caractérisant, dans des conditions données, la persistance d'un produit par le temps nécessaire à la disparition de la moitié du dépôt initial. Dans le même ordre d'idées, elle permet également de déterminer le temps nécessaire pour que la quantité de résidus devienne inférieure à une valeur fixée, par exemple à un seuil de tolérance fixé par la loi (Hascoet (M.) et Missonnier (J.), 1975).

La figure 2 montre que, dans les conditions mentionnées ci-dessus, nous avons obtenu des durées de demi-

TABLEAU I
VITESSE DE DEGRADATION DE QUELQUES PESTICIDES APPLIQUES SUR DIFFERENTS SUPPORTS VEGETAUX EN PLACE.

	Jours après le traitement									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fénitrothion sur riz	74,6	60,8	51,2	43,7	—	—	20,6	—	—	—
Fenthion sur blé	56,1	28,7	—	—	—	4,8	—	—	—	3,0
CGA 15324 sur blé	88,2	67,7	43,1	—	31,5	17,9	—	16,3	—	—
CGA 15324 sur coton	84,6	68,2	—	—	30,9	—	—	16,4	—	—
Dieldrine sur riz	40,1	28,3	21,7	—	—	—	20,3	—	—	18,3

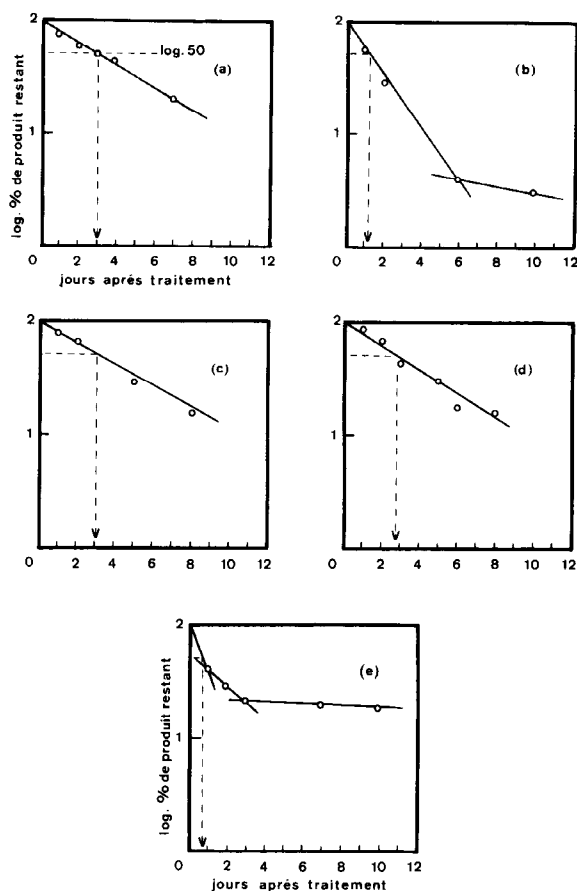
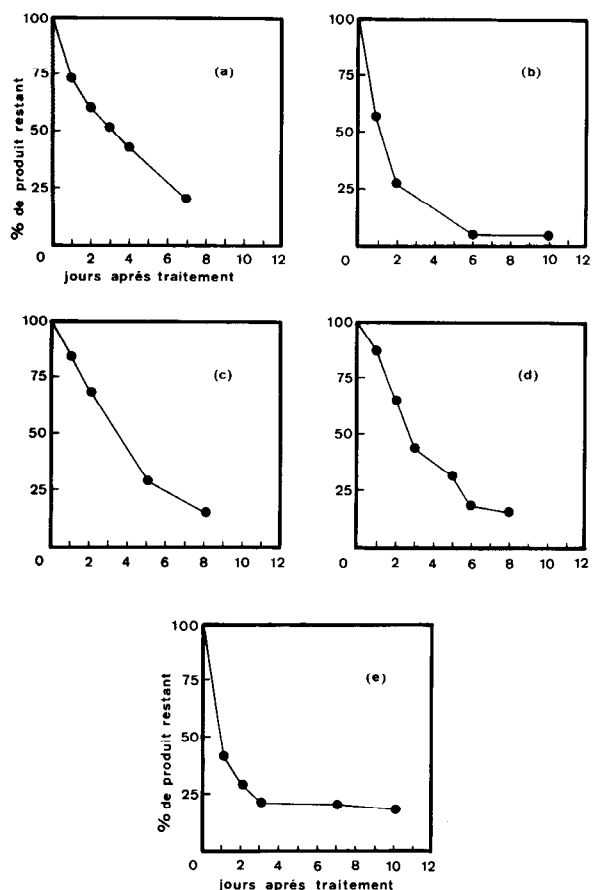


FIG. 1. — Courbes de dégradation de quelques insecticides sur différents substrats végétaux (coordonnées arithmétiques). a : fénitrothion sur riz. b : fenthion sur blé. c : CGA 15324 sur coton. d : CGA 15234 sur blé. e : dieldrine sur riz.

FIG. 2. — Courbes de dégradation de quelques insecticides sur différents substrats végétaux (coordonnées semi-logarithmiques). Même légende que la Figure 1.

vie égales à 72 heures pour le fénitrothion sur riz, ainsi que pour le CGA 15 324 sur blé et sur coton, 30 heures environ pour le fenthion sur blé et moins de 24 heures pour la dieldrine sur riz. Ces résultats, ainsi que les formes des courbes de dégradation obtenues, seront discutés plus loin.

3.2. DÉGRADATION DES PESTICIDES DANS LES SOLS ET DANS LES EAUX

Les expériences effectuées jusqu'ici n'ont porté que sur le nouvel insecticide organophosphoré CGA 15 324. Les échantillons de sol utilisés proviennent de la région de Foro Foro près de Bouaké, en Côte d'Ivoire centrale. Il s'agit d'un sol de savane portant des cultures de

coton, de nature ferrallitique, pauvre en matières organiques, contaminé à la dose de 0,10 ppm. Les échantillons d'eau utilisés, contaminés à raison de 0,02 ppm, sont constitués d'eau de ville.

Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau II.

Les courbes de dégradation tracées à partir de ces résultats montrent pour les sols une dégradation d'allure logarithmique, très rapide (la demi-vie est inférieure à 48 heures), se résolvant en deux éléments de droite en coordonnées semi-logarithmique (fig. 3). Pour les échantillons d'eau de ville, la courbe de dégradation obtenue en coordonnées arithmétiques est linéaire. La dégradation du CGA est donc proportionnelle au temps, et beaucoup moins rapide que dans les sols puisque la durée de demi-vie est ici supérieure à 8 jours.

TABLEAU II
VITESSE DE DEGRADATION DU CGA 15324 DANS DES ECHANTILLONS DE SOLS ET D'EAUX.

	Jours après le traitement									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12
CGA 15324 sur sol ferrallitique	68,2	—	32,5	—	17,4	13,5	—	11,5	11,0	
CGA 15324 dans eau de ville	—	87,6	74,5	—	—	65,5	54,1	—	46,7	22,8

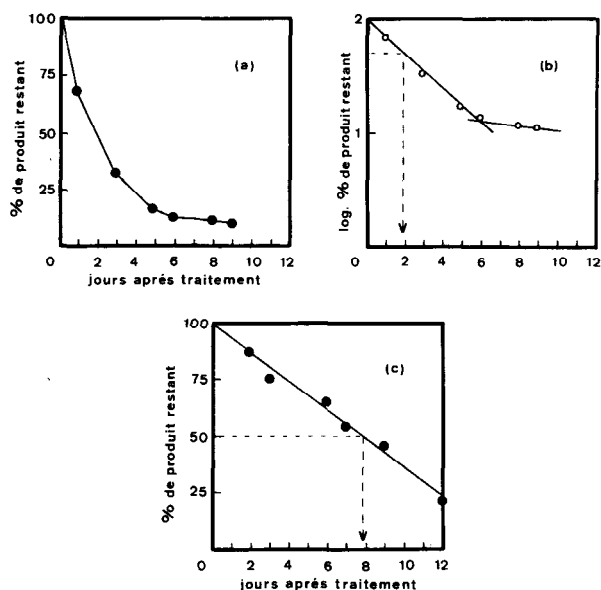


FIG. 3. — Courbes de dégradation du CGA 15234 dans des échantillons de sols et d'eaux. a : sol (coordonnées arithmétiques). b : sol (coordonnées semi-logarithmiques). c : eau (coordonnées arithmétiques).

3.3. DÉGRADATION ET ÉLIMINATION DES PESTICIDES PAR LES INSECTES

Le but de cette étude est de suivre l'évolution d'une certaine quantité d'insecticide au niveau de l'insecte après le traitement. Le produit utilisé est la dieldrine, dont l'action ne se manifeste qu'après un délai suffisamment long pour permettre ce genre d'étude, même s'il s'agit d'une dose létale. Elle est administrée à la dose de 6 µg/g d'insecte, voisine de la Dose Létale 50 et permettant donc théoriquement la survie de la moitié des insectes traités. Deux séries d'expériences ont été réalisées portant l'une sur des larves du 4^e stade, l'autre sur des adultes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* L, provenant d'un élevage de masse au laboratoire mené dans des cages type « Anti-Locust Research Center » (éclairage continu, température au centre de la cage 35 °C, alimentation sur jeunes plantules de blé). Au cours des jours qui ont suivi le traitement, un certain nombre d'insectes ont été prélevés et analysés. En ce qui concerne les larves du 4^e stade, les fèces déposés au cours de cette période ont été recueillis et également analysés, afin de rechercher si le pesticide peut être éliminé par cette voie.

Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau III.

TABLEAU III
ELIMINATION DE LA DIELDRINE PAR LE CRIQUET PELERIN *SCHISTOCERCA GREGARIA* : EXCRETION + DEGRADATION.

	Jours après le traitement							
	1	2	3	4	5	6	7	13
Criquets adultes	72,6	67,3	69,4	—	75,5	—	—	50,7
Criquets L4	67,5	56,8	51,7	—	46,8	—	—	37,3
Feces L4 (résultats cumulés)	8,4	10,5	26,8	—	—	—	36,6	

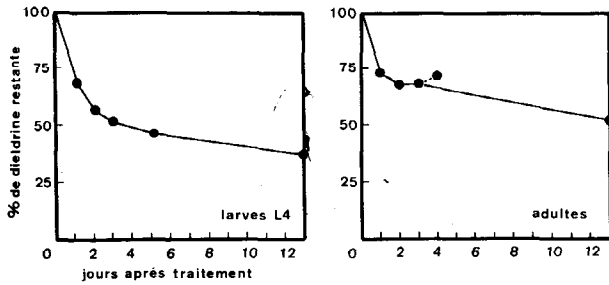


FIG. 4. — Courbes d'élimination de la dieldrine par des larves de quatrième stade et des adultes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* L.

Les courbes tracées à partir de ces résultats (fig. 4) montrent, d'une part une élimination plus rapide de la dieldrine par les larves que par les adultes, pour lesquels les résultats obtenus manquent de netteté, d'autre part que dans les deux cas il semble y avoir un stockage important de la dieldrine au niveau du corps de l'insecte puisqu'on en retrouve encore 50,7 % chez les adultes et 37,3 % chez les larves au bout de 13 jours.

Sur la figure 5, nous avons représenté les quantités de dieldrine éliminées par les larves de 4^e stade de *S. gregaria* (courbe supérieure) et excrétées par ces mêmes larves (courbe inférieure).

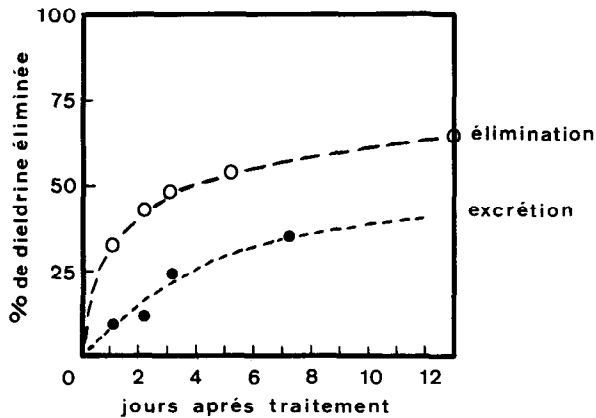


FIG. 5. — Courbes d'élimination et d'excrétion de la dieldrine par des larves de quatrième stade du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* L.

Les courbes obtenues montrent très clairement qu'au moins dans le cas des larves, et dans les conditions de nos expériences, l'insecticide étant administré aux insectes par voie orale, l'excrétion par la voie digestive constitue un élément important dans l'élimination globale du produit.

A partir de ces deux courbes, il est alors possible de construire la courbe de dégradation de la dieldrine dans le corps de l'insecte. La figure 6 montre qu'après une dégradation rapide au cours des premières 24 h, la courbe obtenue atteint presque immédiatement un palier, de l'ordre de 75 %. Une hypothèse tout à fait vraisemblable est qu'une grande partie de l'insecticide qui n'est pas éliminé par voie digestive se trouve très rapidement fixée dans le corps de l'insecte, stockée par les lipides au niveau du tissu adipeux et du système nerveux, et ainsi soustraite aux phénomènes de dégradation.

D'autres expériences ont montré qu'il y avait également fixation de la dieldrine au niveau des ovaires des femelles au moment de la vitellogenèse. Ces résultats feront l'objet d'une publication ultérieure.

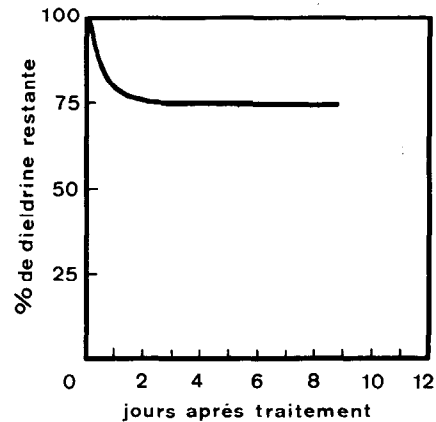


FIG. 6. — Courbe de dégradation de la dieldrine dans le corps de larves de quatrième stade du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* L.

4. DISCUSSION

4.1. PESTICIDES SUR SUBSTRATS VÉGÉTAUX

L'examen de la figure 2 montre que dans un certain nombre de cas — fénitrothion sur riz, CGA 15 324 sur blé et sur coton — la représentation en coordonnées semi-logarithmiques transforme les courbes de dégradation obtenues en droites uniques, originaires du point de l'axe des ordonnées qui correspond à la quantité initiale de pesticide ($\log. 100 = 2$). Il est très vraisemblable que ces résultats sont la traduction de phénomènes de dégradation s'effectuant selon un processus unique, de nature physique — volatilisation, par exemple — ou chimique, sans que cette nature puisse être précisée.

Dans d'autres cas — fenthion sur blé, dieldrine sur riz — les courbes de dégradation se transforment en plusieurs éléments de droite. Les différences de pente entre ces droites traduisent les différences de vitesse entre les processus qui se succèdent au cours de la dégradation. Dans le cas de la dieldrine en particulier, la représentation obtenue est très analogue à la courbe théorique traduisant la disparition d'un insecticide après un traitement en nature (action mécanique, puis physique ou chimique, enfin blocage d'une certaine quantité de produit) (Hascoet (M.) et Missonnier J., 1975). Au laboratoire, il peut y avoir transformation très rapide d'une certaine quantité de dieldrine en un métabolite non décelé par le chromatographe, et dégradation plus lente de la dieldrine restante, dont une partie (20 % environ) reste bloquée au niveau du végétal.

En tout état de cause, il s'agit là d'un phénomène très général. La plupart des insecticides organiques de synthèse, qu'il s'agisse des organochlorés (Menzie (C.M.), 1972), des organophosphorés ou des carbamates (Laveglia (J.) et Dahm (P.A.), 1977), se décomposent selon des schémas divers en une série de métabolites, dont certains conservent une certaine toxicité. Ces phénomènes ont surtout été étudiés au niveau des sols contaminés par les traitements insecticides. Il est nécessaire d'en tenir compte chaque fois que l'on envisage ces problèmes de dégradation du point de vue des risques encourus par l'homme ou son environnement.

4.2. PESTICIDES SUR SOLS ET EAUX

Dans le cas du traitement d'un sol ferrallitique de Côte d'Ivoire par le nouvel insecticide organo-phosphoré CGA 15 324, il semble y avoir également blocage d'une petite quantité de produit (10 % environ), après une dégradation très rapide puisque la durée de demi-vie obtenue est inférieure à 48 heures. Ces valeurs sont tout à fait comparables avec celles qu'ont obtenues différents auteurs avec d'autres insecticides organo-phosphorés tels que le parathion, le méthyl parathion, le fénitrothion, le malathion, dans les conditions du laboratoire (Laveglia J. et Dahm P.A., 1977).

Dans des échantillons d'eau de ville, la dégradation du CGA 15 324 se traduit en coordonnées arithmétiques par une droite (fig. 3). Il y aurait donc là encore un processus unique, sans doute de nature chimique (une hydrolyse ?) mais agissant proportionnellement au temps.

4.3. PESTICIDES SUR INSECTES

Nous avons vu que chez les larves de *Schistocerca gregaria* L. traitées à la dieldrine par voie orale, une partie non négligeable (36 % environ) du produit était éliminée par les excréments, tandis que la plus grande partie de la dieldrine restante était rapidement bloquée dans le corps de l'insecte. Des observations analogues ont été effectuées avec le DDT chez les criquets *Melanoplus femur-rubrum* et *M. differentialis*, qui excrètent une grande partie de l'insecticide ingéré et pour lesquels on considère qu'il s'agit d'un facteur de résistance, dû à une moindre pénétration à travers la paroi du tube digestif (Metcalf R.L., 1955).

Il est vraisemblable que des traitements par contact donneraient des résultats un peu différents, l'excrétion ne jouant plus alors qu'un rôle négligeable. Par contre, comme dans le cas de l'administration par voie orale, le produit pénètre dans la cavité générale de l'hémolymphe de l'insecte à travers le tégument. Il est alors susceptible de se fixer électivement sur certains tissus riches en lipides ou lipoprotéines, les tissus adipeux et nerveux en particulier. Nous avons signalé qu'on le retrouve également dans les ovocytes de femelles de la *S. gregaria* lorsque celles-ci sont traitées au moment de la vitellogenèse avec des doses sublétales. On constate, dans ces conditions, des taux de mortalité très importants chez les larves néonates issues des œufs déposés par ces femelles.

Ainsi des doses sublétales d'insecticide — résidus après dégradation, par exemple, ou traitements à très faibles doses — s'avèrent dans certaines conditions efficaces sur la descendance des insectes qui les ont reçues. Une telle constatation est importante dans la mesure où elle permet d'envisager une diminution des doses appliquées toutes les fois où on ne recherche pas un effet immédiat du traitement.

5. CONCLUSION

Les résultats de ces premières expériences ont montré que, même dans les conditions simplifiées du laboratoire, les phénomènes d'élimination et de dégradation des pesticides sont complexes, par suite de la multiplicité des facteurs qui interviennent, tant au niveau de la nature chimique du produit qu'à celui du substrat qui le reçoit.

À la suite d'un traitement en nature, une partie importante du produit se retrouve sur ou dans le sol, directement au moment de l'application ou par suite de l'action mécanique de la pluie ou du vent. C'est à partir des sols traités que s'effectue le plus souvent la pollution des eaux, davantage d'ailleurs par suite de l'entraînement de la terre contaminée que par solubilisation des pesticides. De plus, la persistance de ces produits dans les sols est généralement très supérieure à celle que l'on peut observer à l'air libre, spécialement pour les organo-chlorés. Pour toutes ces raisons, il nous paraît important de poursuivre cette recherche par l'étude du comportement des pesticides dans les sols tropicaux, en analysant l'influence de leurs caractéristiques — structure, humidité, teneur en matières organiques — et celle des conditions du milieu, la température en particulier, sur leurs processus de dégradation. C'est la connaissance de ces comportements, dont dépendent à la fois l'efficacité et les inconvénients des pesticides, qui permettra de définir au mieux les conditions et les limitations éventuelles de leur utilisation.

REMERCIEMENTS

L'auteur exprime ses très vifs remerciements à M^{lle} J. Justin et M. G. Pansu, du Laboratoire de Spectrographie des Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM, pour l'aide précieuse qu'ils lui ont apportée dans la réalisation de cette étude.

Manuscrit reçu au Service des Publications de l'ORSTOM
le 26 mai 1978.

BIBLIOGRAPHIE

- CROSBY (D.G.), 1973. — The fate of pesticides in the environment. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 24 : 467-92.
- GRAHAM (P.), 1964. — Destruction of birds and other wild life by dieldrex spraying against Tsétsé fly in Bechuanaland. *Arnoldia (S. Rhod.)*, 1 : 1-4.
- HASCOET (M.) et MISSONNIER (J.), 1975. — Quelques aspects de l'élimination des produits pesticides dans les conditions naturelles. *Agriculture*, 382 : 19-25.
- HUNT (E.G.) et BISCHOFF, 1960. — Inimical effects on wildlife of periodic application of DDD to Clear Lake. *California Fish Game*, 46 (1) : 91-106.
- KOEMAN (J.H.), RIJKSEN (H.D.), SMIES (M.), NA'ISA (B.K.) and MACLENNAN (K.J.R.), 1971. — Faunal changes in a swamp habitat in Nigeria sprayed with insecticide to exterminate *Glossina*. *Neth. J. Zool.* : 21-4.
- LAVEGLIA (J.) and DAHM (P.A.), 1977 — Degradation of organophosphorus and carbamate insecticides in the soil and by soil microorganisms. *Ann. Rev. Entomol.*, 22 : 483-513.
- MENZIE (C.M.), 1972 — Fate of pesticides in the environment. *Ann. Rev. Entomol.*, 17 : 199-222.
- METCALF (R.L.), 1955 — Organic insecticides — Their chemistry and mode of action. Interscience Publishers inc. New York.
- RAMADE (F.), 1968. — La pollution des eaux par les insecticides organochlorés et ses effets sur la faune aquatique. *Sci., Progr., Nat.*, 3404 : 441-8.
- RAMADE (F.), 1974. — *Éléments d'écologie appliquée* Ediscience/Mc Grawhill Paris.
- RIDGEON (P.J.), 1971 — Gas chromatography separations. Pye Unicam Ltd. Cambridge.
- WOODWELL (G.M.), CRAIG (P.P.) and JOHNSON (H.A.), 1971 — DDT in the biosphere: where does it go? *Science*, 174, 1101.
- WURSTER (C.F.) and WINGATE (D.B.), 1968 — DDT residues and declining reproduction in the Bermuda Petrel. *Science*, 159 : 979-81.