

Technique d'emploi du D. D. T.

PAR

Louis van den BERGHE.

La découverte de nouveaux insecticides organiques non toxiques dans la lutte antiparasitaire apparaît comme une des plus remarquables acquisitions de la science moderne. L'un d'eux a acquis récemment une réputation considérable sous l'appellation de DDT (« Gesarol » et « Neocide » Geigy). La grande presse, surtout anglo-saxonne, à la suite de l'utilisation spectaculaire du DDT au cours de la guerre, a relaté les vertus « magiques » de ce produit. Son emploi fut décisif contre les poux et le typhus en Afrique du Nord et en Italie et contre les moustiques et la malaria dans la zone du Pacifique. Plus de deux cents articles originaux ont paru sur son emploi et ses effets. Et cependant aucun d'eux n'offre un exposé complet de la question qui puisse satisfaire le spécialiste toujours un peu sceptique devant l'annonce d'un produit nouveau dont on affirme qu'il surclasse nettement tous les autres. C'est que les deux milieux qui possédaient sur le sujet des informations précises avaient des raisons particulières de ne pas répandre hâtivement celles-ci. D'une part, la firme J. R. Geigy, sûre de l'exceptionnelle valeur de son produit, après l'avoir très soigneusement breveté en 1939, observa pendant la guerre une neutralité réservée laissant aux belligérants le soin de découvrir les applications militaires de sa découverte. Elle continue d'être fort discrète même à l'heure actuelle en raison probablement des recherches qu'elle effectue avec des produits apparentés. D'autre part, les chercheurs américains ont réuni de 1942 à 1944 une somme incroyable d'expériences avec le DDT qui toutes furent soumises au secret militaire et ne firent l'objet le plus

souvent que de rapports confidentiels. Jusqu'il y a peu de temps enfin le chercheur isolé et civil ne pouvait se procurer de quantité importante du produit et se faire une opinion personnelle sur l'efficacité de celui-ci. Insuffisamment informé sur le mode d'action et les modalités d'emploi du produit il était le plus souvent exposé à des erreurs d'interprétation fondamentales et à une appréciation erronée.

L'utilisation du DDT nécessite en effet des connaissances précises et un entraînement spécial. Pendant plusieurs mois j'ai eu l'occasion aux Etats-Unis de recueillir les opinions des spécialistes de la campagne du Pacifique et de malarialogues réputés de la Rockefeller Foundation, tels que Mark F. Boyd et Paul F. Russell. J'ai pu rencontrer, d'autre part, en Floride, à la station expérimentale du département d'agriculture à Orlando, le groupe de chercheurs qui sous la direction de E. F. Knipling a effectué tous les essais au laboratoire et dans la nature avec le DDT, ces derniers avec la coopération de la base aérienne militaire voisine. Enfin, j'ai pu confronter les informations recueillies aux Etats-Unis avec les opinions des entomologistes de la firme J. R. Geigy à Bâle.

Le présent exposé n'a d'autre but que de mettre à la disposition de nos hygiénistes du Congo belge les principales données de la question ainsi qu'une bibliographie sélectionnée. Celle-ci se limite toutefois aux articles et brochures accessibles au lecteur sans autorisation spéciale.

1. — *Historique.*

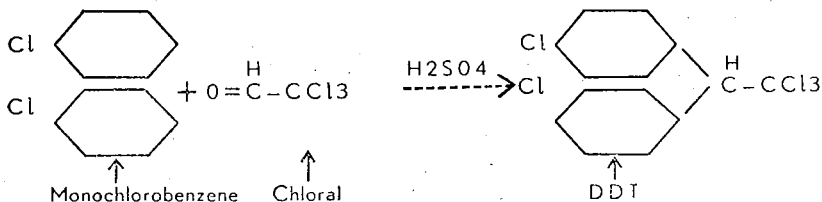
Le DDT fut synthétisé dès 1874 par O. Zeidler, mais ce n'est qu'en 1939 que ses propriétés insecticides furent découvertes par les spécialistes de la maison suisse J. R. Geigy. Dès cette époque le produit fut préconisé dans la lutte contre certains insectes nuisibles pour l'agriculture. En novembre 1942, le Département de l'Agriculture des Etats-Unis entreprit des essais avec un échantillon de DDT et découvrit qu'il tuait presque tous les insectes. Lorsqu'en 1943 le laboratoire du Département de l'Agriculture à Orlando en Floride envoya ses premiers rapports sur le DDT, certains faits relatés par ceux-

ci parurent à peine croyables. Des mouches en expérience dans une cage furent tuées accidentellement après une pulvérisation de DDT pratiquée à grande distance. Un canard qui s'était posé sur un étang traité au DDT, s'en vint nager dans un autre étang. On découvrit plus tard que toutes les larves de ce second étang avaient été tuées. Des expérimentateurs qui n'avaient que des traces de DDT sur les doigts ne pouvaient manipuler des cages sans tuer les insectes qui s'y trouvaient. Dans la proportion de un pour vingt millions, le DDT détruisait toutes les larves d'insectes aquatiques. A un pour cent million, 40,7 % des larves étaient tuées.

Toutes les expériences faites confirmaient largement les premiers résultats et il n'était plus possible de douter de l'étonnante efficacité du produit.

2. — Constitution chimique.

L'appellation DDT se rapporte à une substance appelée brièvement dichloro-diphényl-trichloréthane ou plus correctement 2-2 Bis (p-chlorophényl) 1-1-1-trichloréthane (appellation américaine usuelle ou 4,4'-dichlor. diphényltri chlorméthylméthane (appellation suisse). Ce produit est le résultat de l'action d'une molécule de chloral sur deux molécules de monochlorobenzène en présence d'acide sulfurique.



La réaction donne plusieurs isomères. Le produit courant du commerce ne contiendrait que 70 à 77 % de 1-trichloro-2,2-bis (p-chlorophényl) éthane ou p,p'-DDT et 15 à 25 % d'un isomère non actif constituant une impureté, le 1-trichloro-2-0-chlorophényl 2-p-chlorophényléthane ou 0,p'-DDT. Il faut procéder à des recristallisations successives pour obtenir du p,p'-DDT pur.

Plusieurs méthodes d'analyse quantitative de DDT ont été décrites, notamment par :

1. Hall, S. A., Schechter, M. S., and Fleck, E. E. Chemical determination of DDT. U. S. Bur. and Plant Quar. ET-211, 6 pp., 1944.

2. Umhoefer, R. R. Determination of halogens in organic compounds. Indus. and Eng. Chem. Anal. Ed. 15: 383, 1943.

3. Gunther, F. A. A rapid method for the quantitative estimation of DDT and of DDT spray or dust deposits. Cali. Univ. Citrus Expt. Sta. 4 pp. (June 1944, addenda ip, October 1944).

4. Cristol, S. J., Rayes, R. A. and Haller, H. L. Determinations of 1-trichloro-2, 2-bis (p-chlorophenyl) ethane in technical DDT, Ind. and Engin. Chem., Anal. Ed. (In press) (O.S. R.D. com. Med. Res. Insect Control Com. Rpt, No. 5. Interim Rpt. 1-2, 1944).

5. Schechter, M. B. and Haller, H. L. Colorimetric tests for DDT and related compounds, Journ. Amer. Chem. Soc. 66; 2129-2130. 1944 (Cette méthode donne une précision de 10 gammas).

6. Stiff, H. A., and Castillo, J. C. The determination of 2-2-bis (p-chlorophenyl) 1,1,1-trichloroethane (DDT) in organs and body fluids after oral administration. U. S. Army. Antilles Dept. Med. Lab., March 1945. Méthode sensible aussi à 10 gammas.

7. Jones, W. L. Colorimetric estimation of DDT in smokes. Australia Munitions Supply Lab., Feb. 1945.

3. — *Propriétés physico-chimiques du DDT.*

Le DDT se présente sous la forme de cristaux blancs dont le point de fusion est de 109° C. Le produit du commerce a l'aspect d'une poudre fine, possédant une légère odeur aromatique. Doué d'une tendance à l'évaporation négligeable, le DDT ne s'altère en outre ni par l'action de la lumière ni par celle de l'exposition à l'air. Exposé durant 24 heures à une température de 150° C., il n'accuse aucune décomposition appréciable (Domenjoz). Le DDT est insoluble dans l'eau. Il

se dissout facilement dans les huiles, les graisses et les solvants organiques. Voici quelques solubilités dans les produits les plus usuels à la température de 27° à 30° C :

	Grammes par 100 c.c.
	—
Cyclohexanone	100 — 120
Benzene	78
Trichlorethylène... ..	64
Acetone	58
Xylene	53
Tetrachlorure de carbone	45
Benzoate de benzyle	42
Ether	27
« Triton »... ..	20
Essence carburant	7 — 11
Pétrole brut	5 — 8
Pétrole raffiné	2 — 4
« Freon »	2

4. — Action insecticide.

Contrairement à beaucoup d'insecticides, aux pyréthrine notamment, le DDT n'est pas répulsif pour les insectes. C'est là un avantage marqué qui permet de détruire un plus grand nombre d'insectes. L'avenir est même aux substances attractrices que l'on associera à de puissants insecticides en vue d'obtenir une destruction maximale. Des recherches sont effectuées dans ce sens par les principales écoles d'entomologie appliquée.

Le DDT est un insecticide d'ingestion mais aussi de contact et c'est par cette dernière propriété que son action est la plus remarquable. Il suffit qu'un insecte ait eu l'extrémité d'une patte en contact avec une particule de DDT pour que l'intoxication soit déclenchée. Celle-ci est dès lors irréversible et toujours fatale. Elle a été minutieusement étudiée chez de nombreux insectes et il nous suffira de résumer le développement des phénomènes chez le poux et chez le moustique.

Les poux sont posés sur une étoffe imprégnée d'une solution à 0,01 %. L'action est déjà très accusée avec des solutions d'imprégnation à 0,0001 % et encore nette à 0,00001 %.

Déjà après une heure les poux deviennent agités, courent en tous sens. Ils cessent aussitôt de se nourrir et de pondre. Leurs mouvements deviennent incoordonnés, puis ils sont frappés d'immobilité et sont agités d'un trémor ininterrompu. Cet état persiste pendant des heures jusqu'à la mort qui survient après 24 à 30 heures chez 100 % des poux (expériences des entomologistes suisses).

Dans les expériences les plus rigoureuses, les moustiques sont enfermés dans une pièce close dont les murs ont été traités avec une émulsion ou une suspension de DDT à 5 % vaporisée dans la proportion de deux centigrammes pour une surface de un pied carré. Un orifice de sortie est aménagé en trappe pour la capture des moustiques qui quittent la pièce. Dès que les moustiques ont été en contact avec les particules de DDT résiduel abandonnées sur les murs, ils présentent une excitation très nette, ne piquent plus, et par l'action précipitée de leur pompe oesophagienne distendent leur estomac avec l'air aspiré. Cette phase d'excitation s'accompagne d'un tropisme vers la lumière et l'extérieur. Les moustiques s'envolent et s'échappent. Aucun des insectes capturés dans la trappe de sortie ne survit cependant, tous meurent en moins de 24 heures. Il est nécessaire de connaître ce réflexe d'envol vers l'extérieur après le déclenchement de l'intoxication car il explique que très souvent on ne trouve aucun moustique mort sur les lieux mêmes soumis au traitement au DDT, ce qui pourrait faire croire à l'inefficacité de celui-ci.

Au début de l'intoxication le moustique pratique parfois l'autotomie de ses pattes, le plus souvent au niveau de l'articulation, entre le fémur et le trochanter (Wiesmann et Feujves) mais cette autotomie s'opère toujours trop tard, alors que le toxique a déjà pénétré plus haut. L'autotomie n'empêche pas le vol et nombre de moustiques qui s'échappent ont perdu des articles de leurs pattes. Très rapidement les mouvements deviennent incoordonnés, le moustique si on l'observe dans une cage d'expérience présente des tremblements, il exécute des sauts désordonnés et effectue bientôt une culbute finale sur le dos.

La résistance individuelle des moustiques au DDT varie considérablement, le temps d'exposition léthal allant de 14 à 60 minutes, aussitôt après la pulvérisation. Une semaine après celle-ci, le temps léthal maximum monte à 75 minutes, après quatre semaines à 100 minutes, après huit semaines à 2 1/2 heures, après douze semaines à 3 1/2 heures et après 20 semaines à quatre heures. Les moustiques meurent dans la proportion de 100 % de quatre à cinq heures après de telles expositions. Le dosage de vingt centigrammes de DDT par pied carré de surface ne doit pas être dépassé. Dans des maisons inhabitées ce dosage suffit après une seule application à tuer 100 % des moustiques dans les 24 heures pendant cinq mois. Dans des maisons occupées le pourcentage est légèrement inférieur à 100 % parce qu'il y a toujours des fragments de meubles, des vêtements, des tentures, des arrières de tableaux qui n'ont pas été recouverts d'un film de DDT lors de la pulvérisation et qui constituent ainsi des abris sûrs pour les moustiques qui s'y posent. Dans des chambres vides une seule application de DDT au dosage de vingt centigrammes par pied carré de surface provoque encore d'appréciables mortalités après 11 mois. Le temps de foudroiement « Knockdown time » s'allonge avec l'intervalle qui sépare la pulvérisation de l'exposition des moustiques. Il est aussi légèrement plus long avec des dosages plus faibles en DDT. Le « Knockdown time » est plus court aux températures élevées (Simmons). Cependant des expériences faites sur les mouches (Stierli et Tarzwell) ont démontré qu'alors que le pyrèthre agit mieux à 95° Fahr. qu'à 70°, le DDT au contraire intoxique plus rapidement à 70° qu'à 95°. Toutes ces données touchant l'action du DDT sur les moustiques (*Anopheles quadrimaculatus* la plupart du temps) sont tirées des travaux des auteurs américains. Il est important pour nous de noter que leurs expériences furent pratiquées en Floride, dont le climat est franchement tropical.

Le mécanisme d'action du DDT sur l'insecte a été minutieusement étudié par les chercheurs suisses. Sa liposolubilité semble le facteur essentiel de son action insecticide. S'il est exact comme l'affirme Hurst que la cuticule des insectes est une

membrane semi-perméable, l'action d'un insecticide de contact peut se ramener à un problème de perméabilité et d'absorption. Si nous joignons toutefois à cette conception, nos connaissances sur la mature grasse et cireuse de l'épicuticule (Wigglesworth, Wiesman), le mécanisme d'intoxication d'un insecticide de contact doit être ramené plutôt à une diffusion, voire à une adsorption de combinaisons chimiques liposolubles par la cuticule de l'insecte (Laüger, Martin et Müller). Par le même processus physico-chimique le toxique « neurotrophe » cheminerait le long des nerfs en s'unissant aux lipoïdes des gaines nerveuses et atteindrait ainsi rapidement les centres abdominaux de l'insecte. Il semble toutefois qu'en dehors de l'action sur le système nerveux central de l'insecte, le rôle décisif du mécanisme d'intoxication par le DDT soit joué par le système ganglionnaire périphérique. Dans ses constatations d'autotomie par le DDT des pattes de mouches, Wiesman a observé des mouvements spontanés des membres amputés. Sous l'effet de l'éther ou du chloroforme ces phénomènes moteurs sont abolis. Il ne les observe pas non plus dans les pattes isolées de mouches normales. Tout indique qu'il existe bien chez l'insecte un système nerveux périphérique qui remplirait le rôle du système extrapyramidal des mammifères. C'est l'autonomie très poussée de ce système périphérique qui explique l'étonnante simplicité du système nerveux central chez les Arthropodes. Le fait que ce système périphérique ganglionnaire est sub-épidermique le rend particulièrement important pour les insecticides de contact.

Chez la mouche tout au moins, l'action décisive du DDT paraît se porter sur le système ganglionnaire périphérique (Domenjoz).

La sensibilité des arthropodes à l'action du DDT n'est pas la même. Il semble que les arthropodes phylogénétiquement jeunes (diptères) sont beaucoup plus sensibles que les arthropodes anciens (acariens). Cependant peu d'insecticides ont une action comparable sur une série d'arthropodes aussi longue. Elle fut en effet mise en évidence tant en Suisse qu'aux États-Unis sur les arthropodes suivants (liste certes incomplète) :

Acare du chat.	Notoedres cati.
Acare du lapin.	Psoroptes cuniculi.
Acare de la volaille.	Conioides.
Cafard.	Blatta orientalis.
Fourmi.	Formicides.
Lépisme.	Lepisme saccharina.
Mallophage du cheval.	Trichodectes pilosum.
Mallophage des bovidés.	Trichodectes scalaris.
Mouche.	Musca domestica, Calliphora vomitoria.
Moustique.	Culex, Anopheles.
Oestre des bovidés.	Hypoderma bovis.
Pou des bovidés.	Haematopinus eurysternus.
Pou des canidés.	Haematopinus piliferus.
Pou des équidés.	Haematopinus asini.
Puce de l'homme.	Pulex irritans.
Pou de poussière.	Copeognathes.
Pou du pubis.	Phthirus pubis.
Puce du chien.	Ctenocephalus canis.
Punaises des lits.	Cimex lectularius.
Puce des muridés.	Ceratophyllus fasciatus.
Tique.	Ixodes ricinus, Rhipicephalus sanguineus.
	Amblyomma americanum.

Tous ces arthropodes meurent après un contact avec le DDT. Les cimex et blatte paraissent résister le plus longtemps à l'intoxication. Les mouches et les moustiques y sont les plus sensibles.

5. — Toxicité du DDT.

L'insolubilité presque complète du DDT dans l'eau en fait à priori une substance très peu toxique pour les vertébrés supérieurs. Sa résorption fut étudiée tant en Suisse qu'aux Etats-Unis par une série d'expériences aussi variées que possible lors de l'administration orale, par injection sous-cutanée, par application cutanée sous toutes ses formes et par inhalation de la substance solide, dissoute ou en aerosol.

Par la voie intestinale, 100 milligrammes de DDT par kilog. et par jour ne développent chez les animaux de laboratoire aucun symptôme. Une dose de 200 milligrammes par kilo et par jour produit un tableau d'intoxication analogue à celui qui existe chez les insectes : excitabilité accrue, incoordinations,

tremblements intentionnels puis permanents, convulsions épileptiformes. On observe un allongement du temps de prothombine, de la nécrose du foie et une néphrite terminale. Les premiers signes apparaissent au plus tôt quelques heures après l'administration, et la mort survient généralement après deux ou trois jours. En solutions huileuses la toxicité du DDT est beaucoup plus élevée, ce qui est dû à sa liposolubilité.

Une prise accidentelle par la bouche est toujours possible avec le DDT, poudre blanche sans odeur et sans goût qui ressemble à de la farine. Les stocks de DDT en poudre doivent donc être mis à l'abri. Il est préférable aussi, lors d'une pulvérisation de recouvrir les aliments. Aucune intoxication n'est cependant à craindre avec les dosages insecticides, infiniment plus faibles que les chiffres indiqués plus haut. De petites doses accumulées sont aussi inoffensives. C'est ainsi que des rats et des souris recevant chaque jour pendant 70 jours une dose quotidienne de 50 mg. de DDT par kilo d'aliment, augmentèrent de poids et ne présentèrent aucun symptôme d'intoxication. L'absorption de 250 mgr. de substance pure, trois fois par jour pendant trois jours, ne détermine chez l'homme aucun malaise, si bien qu'il est possible aussi d'exclure chez un homme une intoxication éventuelle par une eau potable traitée au DDT dans un but larvicide.

Par injections sous-cutanées ou intramusculaires d'émulsions, il n'y a guère de résorption, la substance active se retrouvant encore après 40 jours au siège de l'injection.

Le DDT sec n'a aucune action sur la peau parce qu'il n'est pas adhérent. Maintenu par compresses pendant 15 jours sur les bras ou les jambes de l'homme, on n'a observé aucune irritation locale ni aucun signe de résorption. Du linge et des bas imprégnées de DDT furent portés pendant 24 jours sans le moindre inconvénient. Posée sur l'œil du lapin, la poudre de DDT ne crée d'autre irritation que celle toute mécanique due aux cristaux.

Des solutions concentrées huileuses de DDT placées sur la peau des animaux de laboratoire permettent la résorption par liposolubilité et déterminent des intoxications. Le maniement

de ces solutions par les hommes chargés d'un service de désinsectisation doit par conséquent se faire prudemment, et les contacts répétés et prolongés doivent être évités.

L'action possible du DDT par inhalation fut particulièrement examinée en raison de son importance pratique. Aucune intoxication ne fut jamais observée chez des chiens, des rats et des souris soumis pendant 12 heures à des aérosols plusieurs fois plus chargés en substance active (2 mg. par litre) que ceux qui sont suffisants et recommandés pour la lutte contre les insectes. Des observations identiques furent effectuées chez des hommes et des singes soumis pendant trente jours à l'exposition quotidienne d'une heure d'un nuage de talc contenant 5 % de DDT.

Il résulte de toutes ces expériences que le DDT aux doses insecticides efficaces est absolument inoffensif. Répandu dans l'eau comme larvicide ou dans l'atmosphère en « spray », en poussière, ou en aerosol il ne détermine aucune intoxication.

Il ne suffit pas cependant d'enregistrer les risques très faibles d'intoxication pour les vertébrés supérieurs. Le DDT a été employé dans la nature sur de vastes espaces à l'aide de puissants pulvérisateurs (poudre, aerosols), actionnés par des camions à terre ou mieux encore par des avions.

Il importe alors de savoir quelle action le DDT exerce sur les vertébrés inférieurs (oiseaux, batraciens, poissons), sur les invertébrés (insectes fécondeurs, mollusques aquatiques) et sur les plantes. Des opinions contradictoires ont été émises à ce sujet, les unes affirmant que la dispersion de DDT par avion tuait tous les oiseaux et les poissons et brûlait la végétation, les autres prétendant qu'aucun dommage n'était fait aux animaux et aux plantes par un traitement au DDT qui ne dépassait par les doses insecticides utiles.

De l'ensemble de la littérature et de nombreuses opinions recueillies il résulte que :

1. Les oiseaux peuvent quitter une région traitée au DDT faute d'y trouver les insectes nécessaires à leur nourriture. Ils

peuvent cependant eux-mêmes être gravement intoxiqués par l'ingestion d'insectes empoisonnés par le DDT.

2. Les animaux à sang froid sont, plus que les animaux à sang chaud, sensibles à l'action toxique du DDT. La concentration de 1 pour 10.000 de DDT en émulsion (forme cependant la plus toxique), largement suffisante comme larvicide, n'est cependant pas dangereuse pour les poissons.

3. L'application de DDT par avion est une technique fort délicate. On observe d'énormes variations dans la concentration au sol. Celle-ci est mesurée par le dosage des gouttelettes recueillies sur des carrés de papier buvard. Il faut utiliser soit des avions lourds et stables volant à une certaine altitude et à l'abri des pressions et dépressions sur leurs réservoirs, soit des avions très légers et maniables, évoluant à ras du sol et de l'eau et épousant toutes les ondulations du terrain. Les résultats pratiques enregistrés varient fortement d'après les types d'avions, d'après le dispositif adapté aux avions, ainsi que d'après l'habileté du pilote.

Dans la campagne du Pacifique où toutes les considérations étaient subordonnées aux exigences militaires et par conséquent à la santé des troupes, des dosages fort élevés furent appliqués par avions avec une atteinte certaine de la faune et de la flore de la région. Dans des conditions expérimentales plus prudentes les essais effectués en Floride, dans une région d'arbres fruitiers très délicats, n'entraînèrent aucun dommage à la végétation, non plus qu'aucun trouble dans la pollinisation.

En temps de paix toutefois il semble que l'application de DDT par des « spray planes » doive être limitée aux marais, bords de rivière, rives de lac, où un dosage même un peu trop élevé en DDT n'aura que des effets limités dans l'espace. Sur de plus grandes étendues la méthode n'est pas économiquement réalisable. Le coût de l'application est estimé à 50 francs l'hectare (en Floride) et celle-ci doit être appliquée au moins une fois par mois. Les moustiques réapparaissent en effet, en petit nombre toutefois, dès la deuxième semaine qui suit le spray en avion.

6. — *Formes et modes d'application du DDT.*

Nombreux sont les modes de présentation et les formules d'application du DDT. Il n'est guère possible de les énumérer toutes mais seulement d'en dégager les principes généraux.

Il y a lieu de remarquer tout d'abord que les firmes américaines associent très souvent les pyréthrine au DDT dans leurs émulsions ou aerosols insecticides. En dehors de l'effet spectaculaire qu'entraîne le foudroiement (Knock down), presque instantané, par le pyrèthre, on ne découvre pas cependant l'avantage de joindre ce dernier insecticide au DDT. Les auteurs suisses remarquent avec pertinence à ce sujet (communication verbale) que l'adjonction de pyrèthre au DDT réalise un mélange moins actif que le DDT seul. En effet, le pyrèthre très répulsif écarte les insectes que l'on veut tuer, ce qui n'est pas l'effet désiré alors que, tous les chercheurs s'efforcent précisément de découvrir des attracteurs pour les associer aux insecticides. Le pyrèthre exerce une action létale infiniment moins forte que le DDT et d'ailleurs souvent réversible sur les insectes. Enfin le pyrèthre est extraordinairement labile et son efficacité est limitée le plus souvent à quelques heures, aux doses usuelles.

Il convient, d'autre part, d'insister sur le fait qu'on ne peut apprécier le dosage du DDT qu'en fonction de la quantité de ce produit dans le mélange et non de celle du mélange total. La quantité du diluant n'a d'autre importance que celle d'assurer une répartition uniforme du produit actif. Ainsi sur une eau tranquille et dépourvue de végétation, il suffira de répandre 2 1/2 litres d'une solution de DDT à 5 % dans du pétrole pour atteindre le dosage larvicide recommandé pour une surface d'un hectare (125 gr.). Sur des étendues d'eau exposées à des vents forts et envahies de végétation dense, on atteindra une répartition plus uniforme de la même dose en utilisant 12 1/2 litres d'une solution à 1 %. De la même façon il sera plus aisé de répandre uniformément 50 kg. de poudre à 1 % sur un hectare de terre que 500 gr. à 10 %. Il faut donc veiller à adapter les dilutions de DDT aux circonstances particulières du terrain ou du climat où l'on se trouve.

Le DDT s'emploie généralement sous cinq formes physiques :

1 — *en poudre* — à 10 % dans du talc ou de la pyrophyllite. Ce mélange a pour but d'éviter l'agglomération des grains de DDT et de maintenir leur fine division. La poudre à 10 % est surtout utilisée contre les ectoparasites de l'homme et des animaux. On l'utilise aussi à 5 % et à 1 % comme larvicide contre les moustiques. A la dose de 125 grammes par hectare (0,1 livre de DDT par acre) (*), le DDT est 25 fois plus larvicide que le vert de Paris.

La poudre de DDT est dispersée par pulvérisateurs, « duster », à main ou à moteur.

2 — *en solution* — dans le mazout, le DDT se dissout dans la proportion de 10 grammes pour 100 cc. Cette solution convient à la pulvérisation par les « sprayer » usuels (à main, à rucksack, à moteur monté sur brouette ou camion). Pour des sprays très fins, en brouillard, et lorsque l'on veut éviter des taches sur les murs ou les tissus, on utilise des solutions dans l'essence brute (de 5 à 8 grammes par 100 cc.) ou dans l'essence rectifiée (2 à 4 grammes par 100 cc.). Le coefficient de solubilité du DDT peut être augmenté par l'addition de cyclohexanone au solvant.

Bien que la dispersion du DDT par avion ait été pratiquée en poussière et en aérosol (fumée artificielle), c'est en solution que la méthode a été la plus efficace. Divers types d'avions militaires américains ont été équipés à cet effet. Les réservoirs de solution contiennent 27 gallons (111 litres) ou 45 gallons (170 litres). Cinq litres de solution à 5 % sont nécessaires par hectares pour obtenir un effet larvicide et il faut dix litres pour atteindre aussi les moustiques adultes.

3 — *en émulsion* dans l'eau. — La solution concentrée dont on part (par exemple 3,5 parties en poids de DDT dans 9 par-

(*) Un acre = 0,404 hectare.
Un U. S. gallon = 3,785 litres.
Un U. S. quart = 0,946 litres.
Un pied carré = 0,092 m².

ties en poids de Xylol, agitées avec 1 partie en poids d'un émulsionneur le Triton X-100) est mélangée par agitation avec 4 parties d'eau.

L'émulsion de DDT dans l'eau a été beaucoup utilisée dans le traitement antimoustiques des maisons pour l'obtention d'un « spray résiduel ». Le dosage de 200 milligrammes de DDT par pied carré, soit près de 2 grammes par mètre carré, réduit de 100 % les adultes à l'intérieur des maisons pendant cinq mois. L'émulsion de DDT est aussi utilisée dans le traitement du linge de corps, des vêtements et de la literie. A des concentrations plus élevées (10 à 30 %) les émulsions sont surtout employées dans la lutte par injection du sol contre les insectes nuisibles pour l'agriculture.

4 — *associé au gaz liquéfié « aerosol »*, le DDT est surtout employé dans les « aerosol bombs », petits engins de la dimension d'une grenade de guerre qui dispersent sans autre appareillage un brouillard très fin de particules de solution de DDT par exemple dans une chambre ou la carlingue d'un avion. Le mélange contient de 1 à 5 % de solution de DDT dans 10 % de cyclohexanone avec 83 à 89 % de Freon (aerosol). Les « aerosol » du commerce, pour des raisons essentiellement psychologiques (Knockdown rapide), contiennent généralement du pyréthre (0,3 % de pyrethrines par exemple pour 3 % de DDT).

5 — *en suspension* — dans l'eau. Bien que cette forme de présentation du DDT ne soit que peu signalée dans la littérature américaine, il semble qu'elle présente de très gros avantages sur l'émulsion. Des suspensions dans l'eau à 5 % sont aisément obtenues en partant d'un produit sec contenant de 40 à 50 % de DDT et 60 à 50 % d'une poudre de suspension. Réduisant au minimum les frais de transport sur un produit sec riche de 50 % environ de DDT, on réalise en outre l'économie du solvant, plus pondéreux et plus onéreux que le DDT lui-même. En outre, l'émulsion ne se prête bien qu'à l'obtention d'un résidu sur des surfaces lisses et non poreuses (murs peints à l'huile). Or dans beaucoup de maisons en régions tropicales les parois des habitations sont extrêmement poreuses (murs de pisé, murs chaulés, toits de chaume) et perméables aux gout-

telettes de l'émulsion. Il ne reste ainsi souvent que bien peu de DDT en surface et l'effet-insecticide ne sera pas obtenu en dépit d'un dosage apparemment correct. Par la pulvérisation d'une suspension, par contre, les grains de DDT sont retenus à la surface du filtre que constituent les parois poreuses. Seule l'eau pénètre en profondeur. Il apparaît donc que le « spray » de suspension dans l'eau soit la forme à la fois la plus économique et la plus logique d'application du DDT dans les régions tropicales comme le Congo. La suspension dans l'eau de DDT, s'applique au « spray résiduel » dans les maisons, au traitement des bords de rivières, lacs et marais, ainsi qu'au « dipping » du bétail.

7. — Possibilité d'emploi du DDT.

L'une des grandes supériorités d'emploi du DDT sur tous les autres insecticides consiste dans ses possibilités d'action sur des espèces très variées d'insectes : mouches, poux, puces, punaises, larves de moustiques, aussi bien que moustiques adultes. Enumérons rapidement les principales maladies dont la prophylaxie causale sera grandement facilitée, voire résolue, par l'emploi du DDT.

1. *Le groupe des dysenteries, fièvres typhoïdes, choléra.* — Les mouches sont particulièrement sensibles à l'intoxication de DDT. Ce fait ne fut pleinement réalisé que le jour où par accident dans un laboratoire d'essai, toutes les mouches moururent dans une cage située à plus de cent mètres de l'endroit où se pratiquait un mélange de DDT. Le « spray » des étables, des écuries, des maisons et de leurs dépendances est efficace à près de 100 % contre les mouches pendant au moins deux mois. Le DDT agit le mieux en poudre dans les latrines, sur les immondices et les tas de fumier.

2. *Trypanosomoses humaine et animale.* — Nous sommes très peu documentés sur l'action du DDT contre les glossines. Pour atteindre les *Glossina palpalis*, on pourrait envisager de traiter par avion, tous les vingt jours par exemple, le réseau de galeries forestières d'une région par ailleurs peu boisée.

Outre que cette méthode s'avèrerait fort coûteuse dans les régions économiquement très démunies de l'Afrique centrale, les naturalistes doivent rester sceptiques quant à la possibilité d'éradication artificielle d'une espèce zoologique quelconque à l'intérieur d'un continent. On a pu détruire toute vie sur un atoll du Pacifique mais par leur immensité même les forêts et les savanes continentales échappèrent toujours à des tentatives de destruction totale d'une espèce sauvage.

Pour la lutte contre la trypanosomose animale, le dipping du bétail dans les suspensions de DDT paraît devoir être une arme très efficace. Les particules de DDT présentes sur les poils du bétail tuent les mouches piqueuses pendant plusieurs semaines (Wiesemann, communication verbale).

3. *Typhus exanthématique*. — Le poudrage de toute la population par le DDT à 10 % dans du talc ou de la pyrophyllite constitue actuellement une méthode radicale de protection contre les poux. Si le DDT est inefficace contre les lentes, son action résiduelle se prolonge au point de tuer les jeunes poux au moment de l'éclosion. Le linge de corps, les bas et les vêtements, trempés dans une émulsion à 2 % de DDT, puis séchés restent, même après un lavage, hautement insecticides contre les poux.

4. *Typhus murin. Peste*. — Les puces sont également très sensibles à l'action du DDT. Le poudrage des individus, des animaux, des terriers à rats, des cases, et le trempage des vêtements seront très efficaces dans la lutte contre les maladies transmises par les puces.

5. *Fièvre de tsutsugamushi et maladies à Tiques*. — Les résultats obtenus avec le DDT contre les *Thrombidium* et les tiques sont peu satisfaisants. L'intoxication par le DDT est trop lente que pour mettre l'homme à l'abri de la morsure de ces arthropodes. La protection la plus appréciable reste ici encore l'emploi de substances répulsives « repellent » tel le diméthylphthalate.

6. *Paludisme et maladies à moustiques*. — On reconnaîtra sans aucun doute au cours des prochaines années que le DDT

a apporté une solution radicale aux principales maladies transmises par les moustiques, celles dont les vecteurs sont dans leur forme adulte très étroitement domestiques. Si la trypanosomose africaine est essentiellement une maladie d'extérieur, la fièvre jaune et le paludisme sont de façon très générale des maladies d' « intérieur ».

Déjà au Brésil la pulvérisation de pyrèthre à l'intérieur des maisons avait eu les résultats excellents que l'on sait contre les *Aedes*. Une superficie très étendue du Brésil fut même entièrement débarrassée de l'*Anopheles gambiae* qui avait été accidentellement introduit d'Afrique, au point que les spécialistes les plus conservateurs de la Rockefeller Foundation n'hésitèrent pas à parler d'éradication totale de l'espèce au Brésil. Or le DDT surpasse le pyrèthre dans toutes les propriétés essentielles d'un insecticide parfait. Il n'est pas répulsif, il est extrêmement toxique pour le moustique et toujours mortel; sa stabilité est pour ainsi dire complète et son efficacité se manifeste pendant plusieurs mois. Non seulement le DDT surclasse-t-il le pyrèthre comme anti-adultes mais il dépasse largement le vert de Paris comme anti-larvaire.

A la lumière des possibilités incomparables de cet insecticide complet, tout le problème de la lutte antipaludéenne doit être repensé. Il va sans dire que les mesures sanitaires classiques doivent rester en vigueur. Celles-ci restent un acquis irrécusable de la civilisation. Mais aucun paludologue averti n'osera encore concevoir la mise en œuvre de grands travaux d'art, dans le seul but de combattre les Anophèles.

La définition d'un plan antipaludéen par l'emploi raisonné du DDT n'est pas le but de cet exposé. Le paludisme se pose de façons trop diverses d'après les régions et les vecteurs en cause que pour envisager toutes les modalités d'action. Ici il suffira (pour *Anopheles gambiae* par exemple) de procéder deux ou trois fois par an au « spray » à l'intérieur des maisons et des dépendances dans l'agglomération toute entière pour réussir à protéger intégralement le centre de celle-ci. Après quelque temps le « spray » dans les maisons suivant le cercle autour de l'agglomération formera un barrage anti-adultes par-

fait et les villages, autrefois redoutés à la périphérie des centres, deviendront des pièges sûrs pour les Anophèles adultes (Vincke). Ailleurs, on pourra effectuer en outre un barrage à la fois larvicide et anti-adultes (pour Anophèles funestus par exemple) en répandant tous les 15 ou 20 jours un brouillard de DDT sur les gîtes larvaires à l'aide de pulvérisateurs mécaniques sur camions ou chenillettes. Dans des régions d'altitude où les captures anophéliennes paraissent exclure le paludisme dans les habitations des collines et permettent de soupçonner l'infection des hommes près des gîtes larvaires dans les vallons (Vincke et Jadin), cette action combinée anti-adultes et antilarvaire des régions basses paraît très indiquée. L'avion lui-même, dont nous avons défini les limites d'emploi dans la pratique générale, s'avèrera irremplaçable et apparaîtra même économique dans des cas bien particuliers, tels que le traitement des rives des grands lacs, des fleuves, des marais, difficilement accessibles autrement.

Mais c'est l'action du DDT sur le moustique adulte en son stade de développement le plus important comme vecteur de la maladie, qui reste la plus remarquable. Le spray résiduel dans les habitations contribuera le mieux à la disparition du paludisme même dans les régions tropicales les plus déshéritées. Ce serait toutefois une erreur de croire que le DDT rendra simple et certaine la victoire contre le paludisme. L'emploi du DDT suivant une formule toute faite ne pourrait entraîner que de pénibles déceptions, qui bien plus que sur le produit devraient jeter le discrédit sur ceux qui ne surent pas l'appliquer aux contingences du lieu et des vecteurs. Le DDT est un insecticide probablement souverain contre les Anophèles du paludisme, mais il ne donnera de résultats décisifs qu'entre les mains du naturaliste qui connaîtra le mieux la faune anophélienne de la région, ses gîtes, ses mœurs piqueuses, ses habitudes de vol, ses relations avec l'homme, bref toute l'éthologie du moustique, cette science ingrate qui pourrait paraître assez vaine aux profanes et aux spécialistes d'une autre branche, à beaucoup d'hygiénistes même, imbus des seuls travaux relevant de l'art de l'ingénieur. L'entomologiste qui possède une connaissance ap-

profondie de l'éthologie anophélienne d'un pays impaludé sera pour celui-ci et grâce au DDT, son plus grand bienfaiteur.

Samenvatting. — Met het doel de verschillende DDT gebruikswijzen te beschrijven, worden de physico-chemische eigenschappen van dit insecticied alsook zijn werking, toxiciteit, vormen en hoedanigheden uitgelegd. De bijzonderste aanpassingen worden ook opgesomd en zijn gevolgd door een beknopte uitgekozen bibliographie.

BIBLIOGRAPHIE.

La bibliographie qui suit est loin d'être complète Elle cite les travaux consultés dans cette étude. Les rapports confidentiels n'y figurent toutefois pas.

- Annand P. N. et collaborateurs (1944). — Tests Conducted by the bureau of Entomology and Plant Quarantine to Appraise the usefulness of DDT as an insecticide. *Journ. of Ento.*, vol. 37, n° 1, pp. 125-140.
- Bushland B. C. et collaborateurs (1945). — DDT powder for the control of Lice attacking. Man. *Journ. of Econ. Entom.*, vol. 38, n° 2, pp. 210-217.
- Committee on Medical Research of the Office of Scientific Research and Development National Research Council. Insect control committee report N° 158. Final Report. Investigation of the Control of insects and others Arthropods of importance to the armed forces conducted by the Orlando, Fla., Research Laboratory, April 1942 to October 1945.
- United States Department of Agriculture, Agricultural Research Administration. Bureau of Entomology and Plant Quarantine.
- Deonier C. C. et collaborateurs (1945). — DDT as an anopheline larvicide. Laboratory tests. *Journal of Economic Entomology*, vol. 38, n° 2.
- Airplane Application of DDT larvicides. *Journal of Entomology*, vol. 38, n° 4.
- DDT as an anopheline larvicide : Preliminary field Studies. *Journal of Economic Entomology*, vol. 38, n° 2.
- Domenjoz R. (1944). — Schweizerische Medizinische Wochenschrift. *Journal Suisse de Medecine*, pp. 952-972.
- Dove W. E. (1944). — DDT insecticides in relation to pest control service. *Journal of the Pest control industry*, Kansas City.
- Fleming W. E. et collaborateurs (1944). — Influence of temperature on the effectiveness of DDT and the comparative toxicity of DDT and lead arsenate to larvae of the Japanese beetje in soil. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Administration Bureau of Entomology and Plant Quarantine.
- Gahan J. B. et collaborateurs (1945). — DDT residual sprays applied in built

- dings to control *Anopheles quadrimaculatus*. *Journal of Economic Entomology*, vol. 38, n° 2, pp. 223-230.
- DDT as a Residual. Type treatment to control *Anopheles quadrimaculatus* : Practical tests, vol. 38, n° 2, pp. 231-235.
- DDT as a Residual — Type spray to control Disease — carrying mosquitoes : Laboratory tests, vol. 38, n° 2, pp. 236-240.
- Knipling E. F. (1945). — DDT insecticides developed for use by the armed forces. *Journal of Economic Entomology*, vol. 38, n° 2.
- Knowles Frederick L. et collaborateurs (1945). — DDT residual house spray a method of malaria control in rural areas. *Malaria Control in rural areas*, vol. 60, n° 43.
- Jones A., Howard et collaborateurs (1945). — DDT impregnation of underwear for control of body lice. *Journal of Economic Entomology*, vol. 38, n° 2, pp. 217-223.
- DDT insecticidal preparations. *Journal of Economic Entomology*, vol. 38, n° 22, pp. 207-210.
- Lindquist A. W. et collaborateurs (1945). — Concentrated insecticides preliminary studies of the use of concentrated sprays against houseflies and mosquitoes. Soap and sanitary chemicals.
- DDT and pyrethrum aerosols to control mosquitoes and houseflies under semi-practical conditions. *Journal of Economic Entomology*, vol. 38, n° 2, pp. 255-257.
- DDT as a residual type treatment for control of houseflies. *Journal of Economic Entomology*, vol. 38, n° 2, pp. 257-261.
- Effect of temperatures on knockdown and kill of houseflies exposed to DDT. *Journal of Economic Entomology*, vol. 38, n° 2, pp. 261-264.
- Madden A. H. et collaborateurs (1944). — Tests of repellents against chiggers. *Journal of Economic Entomology*, vol. 37, n° 2, pp. 283-286.
- DDT and other insecticide as residual type treatments to kill bedbugs. *Journal of Economic Entomology*, 1945, vol. 38, n° 2, pp. 265-271.
- DDT treatment of airplanes to prevent introduction of Noxious insects. *Journal of Economic Entomology*, vol. 38, n° 2, pp. 252-254.
- Morrill A. W. (1944). — DDT as a roach poison. *Journal of Economic Entomology*, vol. 37, n° 2, p. 138.
- Neal P. A. et collaborateurs (1944). — Toxicity and Potential dangers of aerosols, mists, and dusting powders containing DDT. Supplement N° 183 to the *Public Health Reports*, n° 177.
- Second report : Toxicity and potential dangers of aerosols and residues from such aerosols containing three percent DDT. Supplement N° 183 to the *Public Health Reports*.
- 1945 : The flight range of *Anopheles quadrimaculatus*. Malaria control in rural areas with DDT residual spray. *Public Health Reports*, Oct. 26, vol. 60.
- The use of DDT in Mosquito Control. *Publ. Health Reports*, suppl. n° 186.

- Roark R. C. (1944). — A list of publications on 2,2-bis (parachlorophenyl)-1,1,1-Trichloroethane (called DDT from 1874 tot April 30th 1944, inclusive. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Administration.
- Russel F. Paul (1943). — Malaria and its influence on world health. *Bull. of the New York Acad. of Medicine*, pp. 509-630.
- Russel F. Paul et collaborateurs. — Malaria control by spray killing adult mosquitoes : Fourth season's results. *Journ. of the Malaria Institute of India*, vol. 5, nov. 1943, pp. 59-76.
- Schroeder H. O. et collaborateurs (1945). — Residual action of DDT against houseflies. *Journal of Economic Entomology*, 38 (2), 227.
- Smith C. N. et collaborateurs (1944). — Effectiveness of DDT in the control of tick on vegetation. *Journal of Economic Entomology*, 37 (4), 128.
- Stage H. H. (1946). — The use of DDT in controlling flees. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Administration. Bureau of Entomology and Plant Quarantine.
- Van Leeuwen E. R. (1944). — Residual effect of DDT against houseflies. *Journal of Economic Entomology*, 37 (4), 134.
- Vincke I. H. (1946). — Note sur la biologie des anophèles d'Elisabethville. *Ann. de la Soc. Belge de Méd. Trop.*, t. XXVI, p. 385.
- Vincke I. H. et Jadin J. B. (1946). — Contribution à l'étude de l'anophélisme en pays d'altitude. *Ann. de la Soc. Belge de Méd. Trop.*, t. XXVI, p. 483.
- Wiesmann R. et collaborateurs (1944). — Autotomie bei lepidopteren und dip-teren nach Berührung mit Gesarol. *Mitteilungen des Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, Band XIX, Heft 4/5, 15 März 1944, Seite 170-184.
- Wisecup and Christian C. Deonier (1945). — DDT for the control of Psorophora Mosquitoes. *Journal of Economic Entomology*, vol. 38, n° 2, pp. 250-252.
-