

## Résistance de certaines populations de *Culex pipiens* (L.) au Chlorpyrifos (Dursban<sup>R</sup>) en Languedoc-Roussillon (France)

Gilbert SINEGRE \*

Jean-Louis JULLIEN \*\*

Odilie CRESPO \*\*

avec la collaboration technique des unités opérationnelles de l'E.I.D.\*\*\*

### RÉSUMÉ.

Une soixantaine de souches de *Culex pipiens* prélevées sur l'ensemble du littoral Languedoc-Roussillon ont fait l'objet de tests de sensibilité larvaire en laboratoire avec le chlorpyrifos, utilisé depuis 3 ans pour combattre cette espèce. Une méthode est proposée pour interpréter les résultats acquis au cours de l'enquête. Celle-ci montre un « îlot » de résistance croisée des souches prélevées dans une zone viticole faisant l'objet de traitements intensifs avec du parathion, de l'azinphos éthyl et méthyl. En dehors de cette zone, les populations larvaires ont conservé leur sensibilité d'origine.

Un vaste programme de lutte contre les Culicidés agressifs pour l'homme a été entrepris en 1963 en Languedoc-Roussillon, dans le cadre de l'aménagement touristique du littoral méditerranéen français. Cinq départements côtiers sont intéressés par cette entreprise soit, de l'est à l'ouest : les Bouches-du-Rhône, le Gard, l'Hérault, l'Aude et les Pyrénées-Orientales.

En milieu urbain et péri-urbain, les larves de *Culex* (*C.*) *pipiens* (Linné, 1758) colonisent les collections d'eaux les plus diverses et tout particulièrement celles riches en matières organiques. La nuisance à l'intérieur des habitations est due en majeure partie à cette espèce. Sur le littoral méditerranéen on subdivise couramment cette espèce en deux biotypes, l'un typiquement urbain et autogène (le « *Culex pipiens* autogenicus » de Roubaud, 1933) l'autre colonisant plus volontiers les

### ABSTRACT.

The larval susceptibility levels to chlorpyrifos of 59 *Culex pipiens* strains collected along the Languedoc-Roussillon coast were determined in laboratory tests. This organophosphorus insecticide has routinely been used for 3 years to control this species. A method is described for the interpretation of the results of this investigation. They show that a cross-resistance exists in a vine growing area where parathion, azinphos ethyl and azinphos methyl are extensively used. Elsewhere the larval populations are susceptible.

biotopes périurbains ou ruraux et hibernant à l'état adulte.

Antérieurement au vaste et actuel programme, une lutte sporadique contre *Culex pipiens* était effectuée à l'aide d'un mélange fuel-DDT, ou avec l'HCH. Dès 1959, Hamon *et al.* constataient la présence à Narbonne de souches fortement résistantes à ce dernier organochloré. Les délais nécessaires à la mise en place de structures opérationnelles permettant une lutte efficace, basée sur la prospection et le recensement méthodique des différents gîtes urbains des villes et communes du littoral, ont conduit l'Entente Interdépartementale pour la Démoustication du Littoral Méditerranéen à utiliser au sein des villes les formulations chlorées jusqu'en 1968, à défaut d'étude de pesticides mieux adaptés. A cette époque et à la suite de résultats encourageants obtenus avec certains esters phosphorés, nous options

\* Entomologiste.

\*\* Techniciens.

\*\*\* Entente Interdépartementale pour la Démoustication du Littoral Méditerranéen, 165, Av. Paul Rimbaud — B.P. 6036, 34030 Montpellier — Cedex.

pour l'utilisation du Dursban (1) en tant qu'agent larvicide contre le « moustique citadin » (Sinègre, 1967). Depuis, ce produit est utilisé sur l'ensemble du Littoral avec succès.

La résistance aux insecticides organophosphorés est en général moins importante que celle qui se développe sous la pression des organochlorés, elle est en effet plurifactorielle et ne met pas en jeu de mécanismes de détoxification. Néanmoins, elle est apparue déjà dans toutes les parties du monde. Lewallen et Nicholson signalent, dès 1959 en Californie, la résistance d'*Aedes nigromaculis* au Parathion; deux ans après, l'espèce était résistante à l'Ethyl-Parathion, puis devenait insensible au Méthyl-Parathion en 1963 (Brown *et al.*, 1963). Le Fenthion a été alors utilisé avec succès jusqu'en 1968, date à laquelle l'espèce-cible a été reconnue résistante non seulement à ce dernier produit mais à d'autres organophosphorés, notamment à l'Abate (2) et au Dursban (Ramke, 1969) par résistance croisée. Le premier cas de résistance de *Culex pipiens fatigans* aux organophosphorés a été observé à Douala (Cameroun) en 1958, à la suite de traitements au Malathion (in Mouchet *et al.*, 1960). Chauvet *et al.*, (1971) signalent un début de résistance au Fenthion et une baisse de sensibilité au Malathion des souches de *Culex pipiens* urbains à Madagascar. La liste des cas de résistance enregistrés çà et là dans le monde ne cesse de s'accroître: mentionnons entre autre la tolérance à l'Abate d'*Anopheles sergenti* en Jordanie (Pal, 1974) et de *Culex fuscocephalus* à Formose (Mitchell et Chen, 1974).

En 1972, après 3 années de lutte urbaine et périurbaine au Dursban, nous entreprenons une enquête destinée à évaluer le niveau de sensibilité des diverses populations larvaires de *Culex pipiens* réparties sur l'ensemble du littoral.

## 1. MÉTHODOLOGIE.

Le dénombrement des individus morts ou moribonds s'effectue après 24 heures d'exposition dans l'eau maintenue à 25 °C. Les solutions d'épreuves sont préparées au début de l'enquête, en utilisant l'Ethanol comme solvant. Conservées en réfrigérateur à 4 °C, leur titre est contrôlé tous les 15 jours sur une souche témoin élevée en laboratoire. Pour toutes les concentrations, choisies en progression géométrique de raison 2, le test est répété 4 fois. Les pourcentages de mortalité sont

(1) Dursban<sup>(R)</sup> ou OMS 971 ou Chlorpyrifos (ISO) — Thiophosphate de 0,0 — diéthyle et de 0 — (trichloro — 3,5,6 pyridyle — 2).

(2) ou OMS 786 — Nom ISO proposé: Téméphos 0,0,0,0' — tétraméthyl 0,0' — thiodo — p — phénylène phosphorothioate.

établis en conséquence sur 100 larves par concentration. Parfois le nombre limité de larves ne permet pas d'effectuer plus de trois essais, quelques rares fois deux.

Avant d'opter pour l'eau du réseau urbain, nous nous sommes assurés qu'il n'y avait pas de différence significative entre les valeurs des CL 50 obtenues avec cette eau et l'eau distillée. En effet, Mouchet *et al.*, (1972) ont enregistré des CL 50 au Fenthion sur *Culex fatigans* et *Aedes aegypti* très différentes selon la provenance de l'eau. Ces auteurs rapportent que le phénomène qui pouvait laisser penser à une résistance, est dû en réalité à la dégradation du Fenthion par l'hypochlorite de Calcium (Metcalf *et al.*, 1963). Ces mêmes chercheurs n'ont pas retrouvé d'action similaire de l'hypochlorite sur les autres organophosphorés.

Les pourcentages de mortalité enregistrés aux différentes concentrations pour chaque souche testée, sont reportés sur papier gaussien-logarithmique. Les CL 50 et CL 90 sont lues directement à partir de la droite de régression log-probit tracée à vue. Mouchet *et al.*, (1972) ont confronté les résultats obtenus par cette méthode simple et rapide à ceux fournis par ordinateur: les deux modes de détermination ne diffèrent pas significativement. Nous considérerons donc que la précision obtenue par lecture directe est largement suffisante pour notre étude.

Par contre, la discrimination entre souches sensible, tolérante et résistante pose un problème plus délicat. Nous nous sommes efforcés d'établir une méthode simple qui paraît rendre compte correctement du degré de résistance d'une souche donnée.

## 2. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS : MÉTHODE ORIGINALE PROPOSÉE.

Au cours d'un vaste programme de l'évaluation globale de la résistance aux insecticides d'*Aedes aegypti*, Mouchet *et al.* (cf. sup.), ont eu l'occasion de tester environ 250 souches provenant de toutes les parties du monde. Les auteurs établissent alors le taux normal de variation des CL 50 et déterminent les seuils pouvant être considérés comme significatifs d'une tolérance ou d'une résistance. Cette méthode, particulièrement intéressante, semble applicable seulement dans les pays exempts de pollution chimique par pesticides agricoles. En effet, comme le souligne ces chercheurs, le taux de variation doit être établi à partir de souches « peu susceptibles d'être résistantes ». L'application de cette méthode dans une région donnée, implique donc qu'avant toute utilisation d'un organophosphoré soit établi le taux normal de variation intrinsèque et qu'il n'y ait, de plus, aucun risque d'interférence dû à l'emploi d'autres insecticides. Or, dans les zones à vocations

## RÉSISTANCE DE *CULEX PIPIENS* (L.) AU CHLORPYRIFOS

agricole ou viticole comme le Languedoc-Roussillon, ce délicat problème d'un phénomène de résistance croisée, ne peut que se poser ! Il ne paraît plus possible à l'heure actuelle, d'établir dans nos régions, les « sensibilités de base », à partir de populations prélevées sur le terrain. Les résultats présentés dans les pages suivantes le démontreront d'ailleurs clairement.

On sait, par contre, que généralement, la résistance aux organophosphorés disparaît rapidement au cours des élevages en laboratoire lorsque les souches sont soustraites aux pressions de sélection. Une souche prélevée sur le terrain, élevée durant de nombreuses générations, constituera donc un précieux élément de référence.

Les résultats obtenus au cours de notre enquête sont comparés à ceux établis sur la souche de référence de *Culex pipiens* sténogame et autogène élevée depuis plusieurs années en insectarium, dont les CL 50 et CL 90 pour le Chlorpyrifos, demeurent très voisines de 0,0003 et 0,00065 ppm respectivement.

Rappelons que tolérance et résistance peuvent se manifester graphiquement de plusieurs façons :

- soit un déplacement vers les concentrations élevées de la CL 50, la pente de la droite log-probit restant forte. Ce cas, peu fréquent caractérise alors des souches homogènes ;
- soit une CL 50 peu modifiée, mais la présence d'un plateau dans la ligne de régression (Hoskins, 1960), caractérise alors une population hétérogène composée en partie d'individus sensibles, en partie d'individus tolérants ou résistants ;
- soit une ligne de régression à faible pente, qui témoigne d'une population composée d'individus sensibles, tolérants et résistants.

Compte tenu de ces rappels, nous proposons une méthode de classification tenant compte des valeurs observées pour la CL 50 et du rapport CL 90/CL 50 dont la valeur caractérise la pente de la droite ou témoigne d'une inflexion de celle-ci entre les valeurs CL 50 et CL 90.

Une première discrimination est basée sur la valeur du rapport CL 50 corrigé/CL 50 de base que nous dénommerons arbitrairement coefficient « K » :

- inférieur à  $\times 2,5$  : La souche est sensible (en totalité ou en partie) ;
- compris entre  $\times 2,5$  et  $\times 5$  : Au minimum tolérante ;
- supérieur à  $\times 5$  : Résistante.

Ces seuils ont été choisis sur vue des résultats généraux de l'enquête donnés en annexe. On remarquera, en effet, qu'à de rares exceptions près, toutes les souches prélevées dans les départements des Bouches-du-Rhône, de l'Aude et des Pyrénées-Orientales, ont un coefficient inférieur à 2,5. D'autre part, pour Schaeffer

et Wilder (1970), si une souche a une tolérance au Dursban supérieure à 5 fois par rapport à la souche sensible en laboratoire, il faut s'attendre à des échecs sur le terrain.

La deuxième discrimination permet de statuer sur l'état de la souche et sera fonction des valeurs limites du rapport CL 90/CL 50 que nous nommerons coefficient de Pente « P ».

Lorsque ce rapport est inférieur à 2,5 la ligne de régression, fortement penchée ou l'absence de plateau témoigne d'une population homogène, qui sera sensible, tolérante ou résistante en fonction de la valeur du coefficient « K ». La quasi totalité des souches récoltées dans les 3 départements précédemment cités ont un coefficient « P » inférieur à 2,5. Ajoutons ici que Gillies *et al.* (1968) montrent que ce coefficient n'excède pas 2 pour des souches sensibles d'*Aedes nigromaculis* au Parathion. Au-delà de cette limite, les auteurs concluent à la présence d'un pourcentage d'individus tolérants.

Lorsque le coefficient « P » est supérieur à 2,5 ou à 5 (cf. tabl. 1) nous considérons que la souche est hétérogène, partiellement résistante ou tolérante selon la valeur de « K ».

Le tableau I permet une application aisée de la méthode.

TABLEAU I. — Interprétation de la sensibilité suivant la valeur des coefficients « K » et « P ».

CL 50 corrigée / CL 50 de base Coefficient « K »	CL 50 corrigée / CL 90 corrigée Coefficient « P »	Interprétation	Symboles utilisés
$K \leq 2,5$	$P \leq 2,5$	Homogène sensible	Hom - S
	$2,5 < P \leq 5$	Hétérogène à tolérance partielle	Hét - Tp
	$5 < P$	Hétérogène à résistance partielle	Hét - Rp
$2,5 < K \leq 5$	$P \leq 2,5$	Homogène tolérante	Hom - T
	$P > 2,5$	Hétérogène à résistance partielle	Hét - Rp
$5 < K$	$P \leq 2,5$	Homogène résistante	Hom - R
	$P > 2,5$	Hétérogène résistante	Hét - R

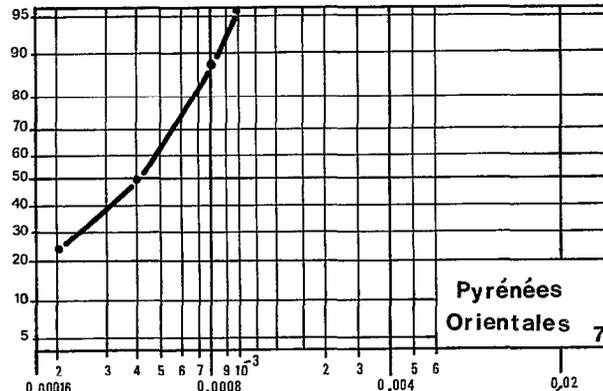
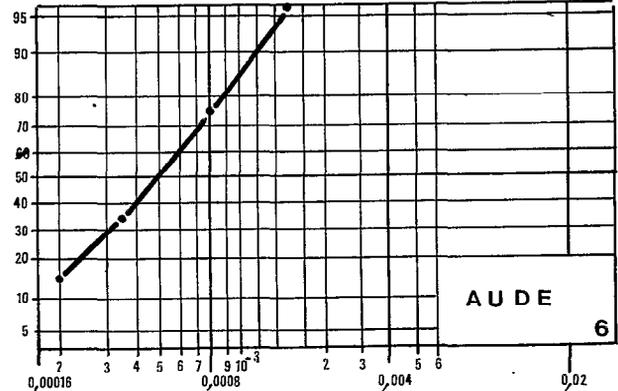
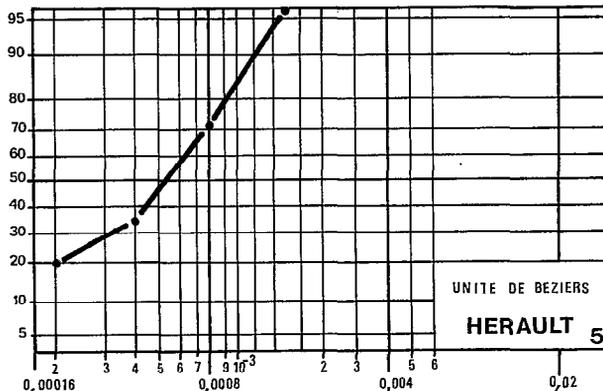
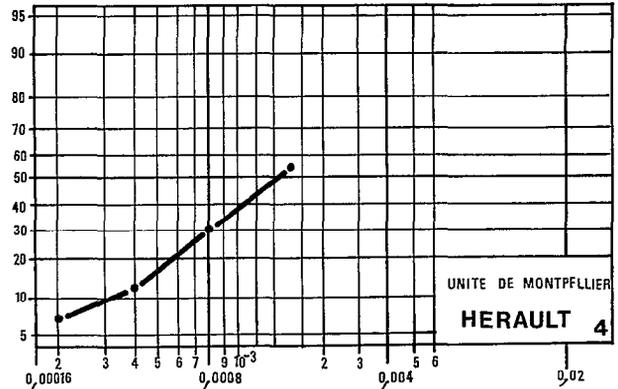
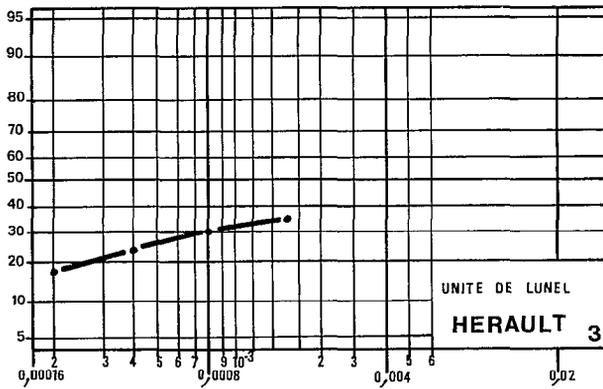
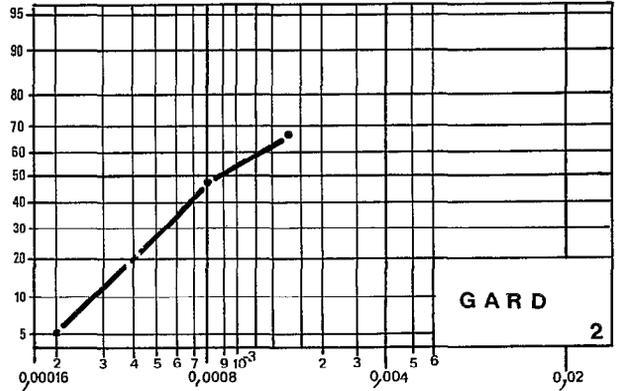
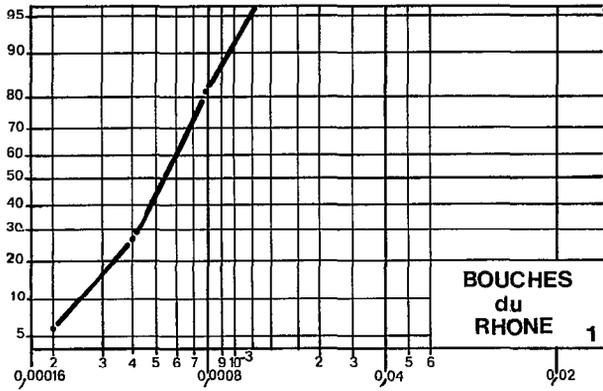


FIG. 1. — Lignes de régression moyenne de différentes populations larvaires de *Culex pipiens* au Dursban en Languedoc-Roussillon.  
 En ordonnée : mortalité  
 En abscisse : concentration insecticide en mg/l.

## RÉSISTANCE DE *CULEX PIPIENS* (L.) AU CHLORPYRIFOS

Cet essai de système de classification n'est pas à l'abri de critiques et devra probablement être revu. Notons d'ores et déjà les deux remarques suivantes :

a. — Le fait de considérer le rapport CL 90/CL 50, peut biaiser l'interprétation en faveur de la sensibilité. En effet, dans le cas où au sein de la population testée seule une fraction inférieure à 10 % est tolérante ou résistante, la souche sera classée sensible, l'inflexion n'apparaissant qu'au-delà de la CL 90. Les gammes de concentrations choisies 0,0002, 0,0004, 0,0008 et 0,0016 mg/l nous ont imposé de prendre en compte cette valeur mais il est préférable à l'avenir de considérer pour une meilleure précision la CL 98 ou tout au moins la CL 95 pour plus de commodité.

b. — Le fait de considérer la CL 50, pour le rapport de Pente peut biaiser l'interprétation en faveur de l'homogénéité. En effet, l'apparition de la résistance commence par des inflexions au-delà de la CL 50, mais au cours du temps, lorsque plus de la moitié de la population devient résistante le plateau de la ligne de régression se situe en-deçà de cette concentration. L'interprétation du rapport CL 90/CL 50 fera alors abstraction de la fraction sensible de la population. Cette objection, certes valable au point de vue recherche, n'a en fait que peu de valeur d'un point de vue opérationnel.

Enfin, il est bien entendu que le coefficient « P » doit être déterminé pour chaque espèce et pour chaque insecticide en ayant soin de travailler à une même température. Nous citerons pour exemple les variations de ce coefficient obtenues sur des larves de *Mansonia richiardii* (Sinègre *et al.*, 1971). Chez cette espèce qui semble constituer un des cas extrêmes en raison de sa tolérance constitutionnelle particulièrement élevée à l'égard de tous les produits testés, « P » peut prendre les valeurs suivantes :

- 3,75 pour le Chlorpyrifos,
- 1,65 pour le Cidial (1),
- 9,09 pour le Fenthion (2).

### 3. RÉSULTATS

#### 3.1. Constatations générales.

Les résultats détaillés de l'enquête sont présentés en annexe. Nous regroupons ci-dessous, par départements.

(1) Cidial<sup>(R)</sup> ou Fenthoate (OMS 1075) éthyl mercapto-phenylacetate ester with 0,0 — dimethyl phosphorodithoate.

(2) Il est possible que ce résultat s'explique par la présence d'hypochlorite dans l'eau.

les résultats obtenus pour les Bouches-du-Rhône, le Gard, l'Aude et les Pyrénées-Orientales, les taux de variations observés étant peu importants. Par contre, au sein du département de l'Hérault, l'amplitude de ces taux conduit à scinder les zones de prélèvements en trois parties : régions de Lunel, de Montpellier et de Béziers. On obtient alors des amplitudes de variations relativement faibles au sein de chacune de ces classes. Ce qui nous autorise à regrouper les résultats.

TABLEAU II. — Récapitulatif des CL 50 et CL 90 lues sur graphiques n° 1 à n° 7.

Pro-venance	CL 50 ppm	CL 90 ppm	«K»	«P»	Inter-prétation
Bouches du Rhone	0,00051	0,00095	1,7	1,8	Hom - S
Gard	0,0008	0,004 (1)	2,6	5	Hét - Rp
Unité de Lunel	0,0016	—	5,3	—	R
Unité de Montpellier	0,0014	0,007 (1)	4,6	5	Hét - Rp
Unité de Béziers	0,00048	0,0012	1,6	2,5	Hom - S
Aude	0,00048	0,0012	1,6	2,5	Hom - S
Pyrénées-Orientales	0,00037	0,0009	1,2	2,4	Hom - S

(1) par extrapolation proche.

Les CL 50 et CL 90 moyennes figurant au tableau II, correspondent aux données de la figure 1 (graphiques n° 1 à 7); les lignes de régression ont été tracées à partir des pourcentages moyens de mortalité obtenus, pour chaque souche, à la concentration correspondante.

#### BOUCHES-DU-RHÔNE.

Sur huit souches testées provenant de différentes villes, hormis une seule (cf. annexe) très légèrement tolérante, on note des valeurs de CL 50 corrigées n'excédant jamais le double de la CL 50 de base.

La droite de régression récapitulative, fortement inclinée (P = 1,8), indique que les populations sont homogènes et sensibles vis-à-vis du Dursban.

#### GARD.

Une différence manifeste apparaît dans ce département. Sur les cinq souches provenant de la zone d'Aigues-Mortes, on enregistre une hétérogénéité cons-

tante traduite par une inflexion de la droite de régression signifiant qu'une fraction de la population est tolérante ou résistante. L'une des souches prélevées dans un camping est nettement résistante.

#### HÉRAULT.

a. — Cinq souches parmi les six récoltées dans le secteur de Lunel sont résistantes, leurs CL 50 étant supérieures à 5,33 fois la CL 50 de référence (1).

b. — Les résultats des tests réalisés à partir de larves prélevées dans le secteur de Montpellier montrent, comme dans le Gard, une hétérogénéité avec tolérance ou résistance partielle.

c. — La sensibilité se retrouve dans les populations issues du secteur de Béziers.

#### AUDE ET PYRÉNÉES-ORIENTALES.

Les souches sont sensibles au seuil limite de l'hétérogénéité et donc proche de la tolérance pour une partie de la population ( $P = 2,5$ ).

#### 3.2. Observation sur le niveau de résistance.

Quelques rares souches prélevées dans le secteur de Lunel ont pu faire l'objet de tests avec des concentrations en insecticide plus élevées que celles utilisées au cours de l'enquête générale sur le littoral. Sur ces dernières, nous avons pu apprécier le coefficient de résistance.

A titre d'exemple, nous donnons dans la figure 2 la droite de régression obtenue à partir d'une souche prélevée dans un bassin du village de Lansargues (département de l'Hérault).

Les CL 50 et CL 90, respectivement égales à 0,0035 et 0,009 ppm, sont 11,6 et 13,8 fois supérieures aux valeurs obtenues sur souches d'élevage. Ces valeurs permettent d'affirmer la présence d'une résistance dans la région de Lunel. Rappelons quelques valeurs de CL 50 de base de *Culex pipiens* au Dursban en d'autres parties du monde : les CL 50 des souches africaines variaient de 0,00029 à 0,00095 ppm (Mouchet *et al.*, 1968). A Bangkok, Lofgren *et coll.* (1967) obtiennent une valeur de 0,00096. Ludwig et McNeil (1966) rapportent des sensibilités de 0,0003 ppm. Seuls Mulla *et al.*, (1966) notent une sensibilité de 0,003.

(1) Il est regrettable que le comportement de ces souches n'ait pu être étudié à des concentrations supérieures. L'E.I.D. étant essentiellement un Organisme opérationnel, tout gîte reconnu positif fait l'objet d'un prélèvement pour le laboratoire mais son traitement est immédiat.

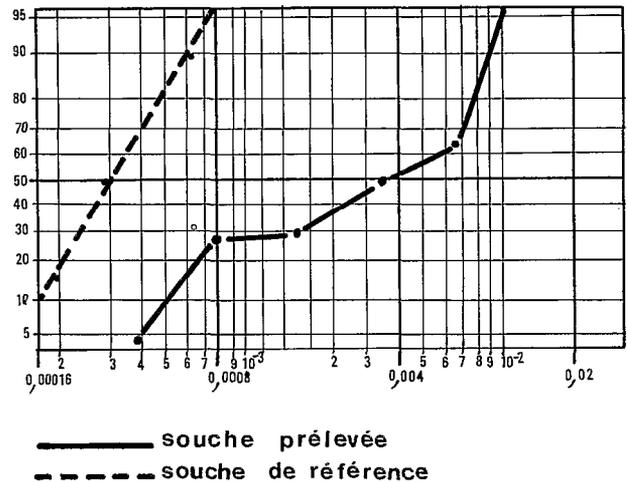


FIG. 2. — Sensibilité des larves de *Culex pipiens* au Dursban, à partir d'une souche prélevée dans le secteur de Lunel.

#### 4. DISCUSSION.

L'enquête effectuée sur l'ensemble du Littoral Méditerranéen Français fait apparaître un « îlot » de résistance dans la région de Lunel, secteur du département de l'Hérault à l'E.N.E. de la ville de Montpellier. Les prélèvements les plus proches de cette zone, ceux effectués à Montpellier et à Aigues-Mortes, permettent de reconnaître une tolérance nette à l'égard du Dursban. Ces constatations permettent de penser logiquement que l'on est, dans ces zones limitrophes, en présence d'une « irradiation » des populations résistantes de Lunel qui seraient brassées avec les populations sensibles de Montpellier et d'Aigues-Mortes.

TABLEAU III. — Quantité de Dursban (matière active) épanchée sur le littoral jusqu'à la date de l'enquête (1972), soit pendant trois ans.

Lieu	Quantité (kg)
Bouches du Rhône	17,98
Gard	73,37
Lunel (unité)	4,26
Montpellier (unité)	269,71
Sauvian (unité)	91,47
Aude	58,26
Pyrénées-Orientales	12,81

## RÉSISTANCE DE *CULEX PIFIENS* (L.) AU CHLORPYRIFOS

Les traitements au Dursban des différentes villes des 5 départements concernés par la démoustication ont débuté conjointement en 1969. Les quantités totales de produit épandu jusqu'à l'époque de l'enquête sont données dans le tableau III.

Il est clair qu'il n'existe aucune corrélation positive entre les quantités de produit déversé dans une zone donnée et la résistance observée dans cette zone et en particulier pour le secteur de Lunel. Par ailleurs, le laps de temps séparant le début du traitement de la date à laquelle la résistance est constatée semble insuffisant pour accréditer l'hypothèse d'une résistance acquise sous la pression des traitements antilarvaires, compte tenu de ce que la fréquence et le nombre des gîtes traités sont faibles en raison des quantités peu importantes de produit employé.

Après enquête auprès des Services de la Protection des Végétaux, il est apparu que sur l'ensemble des zones agricoles et viticoles du Languedoc-Roussillon, seule la région de Lunel est soumise à des attaques répétées d'un parasite du vignoble : la tordeuse de la grappe (*Polychrosis botrana Tortricidae*). C'est précisément et uniquement dans cette région qu'une lutte intensive à base de plusieurs Organophosphates et essentiellement de Parathion et d'Azinphos-méthyl est engagée par les viticulteurs depuis plusieurs années (M. Bervillier, Service de la Protection des Végétaux, Communication pers.).

La résistance des Culicidés, constatée à Lunel, est donc due très certainement à une pression de sélection par les pesticides agricoles auquel le biotype périurbain et rural de *Culex pipiens* est soumis.

Les cas de résistance croisée reconnus dans le monde sont de plus en plus fréquents. Citons pour mémoire les travaux de Breeland *et al.* (1970), de Georghiou *et al.* (1972 et 1975).

La résistance croisée n'est pas spécifique des groupes de composés : Brown et Abedi, 1960; Georghiou et Calman, 1969. C'est une des raisons, parmi d'autres, qui nous incite à penser que l'établissement des sensibilités de base à partir de populations prélevées dans des zones ayant été soumises à des épandages de pesticides est actuellement un leurre.

Nous poursuivons à l'heure actuelle l'étude destinée à préciser quels sont les pesticides agricoles, utilisés dans la région de Lunel, qui pourraient être responsables de la résistance au Chlorpyrifos constatée dans cette région.

Une deuxième observations, apparue également après enquête, doit être soulignée :

Les lignes de régression log-probit (non présentées dans l'article) afférentes à chaque souche tolérante ou résistante présentent une inflexion nette ou un plateau. Cette allure de courbe apparaît lorsqu'on est en présence d'une résistance monofactorielle ou lorsque en cas de résistance plurifactorielle, l'apparition des facteurs s'effectue dans un ordre tel que leurs effets deviennent prédominants les uns après les autres. A un moment donné, il y a donc un seul facteur jouant un rôle majeur qui pourrait être, dans notre cas, la présence de l'allèle Est. 2<sup>0.64</sup>, une alliestérase (Pasteur et Sinègre, 1975).

## 5. CONCLUSION.

L'enquête réalisée après trois années de lutte contre les larves de *Culex pipiens* avec le Chlorpyrifos montre que l'espèce a conservé dans les départements des Bouches-du-Rhône, de l'Aude et des Pyrénées-Orientales sa sensibilité d'origine. Une zone de résistance croisée, mise en évidence dans la région de Lunel (Département de l'Hérault) correspond à un secteur viticole faisant l'objet, depuis de nombreuses années, de traitements au Parathion, à l'Azinphos éthyl et méthyl. Des taux d'accroissement de 11,6 fois par rapport à la CL 50 de base sont notés sur une souche prélevée dans la localité de Lansargues (Hérault). Les zones limitrophes de « l'îlot de résistance » (localités de Montpellier dans l'Hérault et d'Aigues-Mortes dans le Gard) sont colonisées par des populations composées d'individus sensibles et tolérants.

Aucun échec de traitement n'a cependant été enregistré à la date de l'enquête. En effet, pour prolonger l'effet résiduel du produit afin d'éviter des traitements trop fréquents, le Service Opérationnel de l'E.I.D. est conduit à surdoser l'insecticide dans la plupart des biotopes urbains et périurbains. Compte tenu de la nature de ces gîtes, l'application de doses supérieures à celles normalement requises ne semble pas préjudiciable à l'environnement mais ne permet évidemment pas de tirer les conséquences opérationnelles de la résistance lorsque celle-ci n'atteint pas des valeurs trop élevées.

## REMERCIEMENTS.

Ce travail a bénéficié de la critique de Messieurs les Docteurs Chauvet et Cousserans. Nous tenons à les en remercier.

Manuscrit reçu au S.C.D. de l'O.R.S.T.O.M., le 25 septembre 1975

## ANNEXE

Détermination de la sensibilité de différentes populations de *Culex pipiens* au niveau des CL 50 et CL 90.  
Interprétation au moyen des coefficients « K » et « P »

Département	Localité	Biotope	CL 50	CL 90	Coefficient "P"	Coefficient "K"	Interprétation
Bouches du Rhône	Berre	mare	0,0006	0,0009	1,5	× 2	Hom - S
	Istres	mare	0,00045	0,00088	1,95	× 1,50	Hom - S
	Berre	écoulement eau usée	0,0008	0,0014	1,75	× 2,66	Hom - T
	Istres	écoulement eau usée	0,00045	0,00075	1,66	× 1,50	Hom - S
	Port St. Louis	bassin	0,00055	0,00080	1,45	× 1,83	Hom - S
	Berre	fossé	0,00055	0,0009	1,63	× 1,83	Hom - S
	Marignane	plan d'eau	0,0005	0,0008	1,6	× 1,66	Hom - S
Fos sur Mer	bassin	0,00035	0,00065	1,85	× 1,16	Hom - S	
Gard	Aigues-Mortes	puits	0,00045	> 0,0016	> 3,55	× 1,60	Het Tp ou Rp
	Aigues-Mortes	fossé	0,0008	> 0,0016	> 2	× 2,66	Het T ou Rp
	Aigues-Mortes	camping	> 0,0016	-	-	> 5,33	- R
	Mas Desmarais	fossé	0,0008	> 0,0016	> 2	× 2,66	Het T ou Rp
	Mas Chaumont	roubine	0,0007	> 0,0016	> 2,28	× 2,33	Het ou Tp ou S Hom
Hérault Secteur de Lunel	Marsillargues	bassin	0,0007	> 0,0016	2,28	> 2,33	Het ou S ou Tp Hom
	Marsillargues	fossé	> 0,0016	-	-	> 5,33	- R
	Marsillargues	fossé	> 0,0016	-	-	> 5,33	- R
	Lunel	cuve	> 0,0016	-	-	> 5,33	- R
	Lunel	cuve	> 0,0016	-	-	> 5,33	- R
	Lunel Viel	fossé	> 0,0016	-	-	> 5,33	- R
	Lansargues	bassin	0,0035	0,009	2,57	11,6	Het Rp
Hérault Secteur de Montpellier	Castelnau	bassin	0,0004	> 0,0016	> 4	× 1,33	Het Rp ou Tp
	Vauguiere	comporte	0,001	> 0,0016	> 1,6	× 3,33	- T ou Rp
	Montpellier	bassin	0,001	> 0,0016	> 1,6	× 3,33	- T à Rp
	Montpellier	piscine	0,001	> 0,0016	> 1,6	× 3,33	- T à Rp
	Montpellier	cave	> 0,0016	-	-	> 5,33	- R

Département	Localité	Biotope	CL 50	CL 90	Coefficient "p"	Coefficient "K"	Interprétation
Hérault Secteur de Beziers	Bessan	puits	0,0006	0,0012	2	× 2	Hom S
	Florensac	bassin	0,0006	0,0012	2	× 2	Hom S
	Sete	bassin	0,0007	0,0012	1,71	× 2,33	Hom S
	Sauvian	puits	0,00035	0,0008	2,28	× 1,16	Hom S
	Valras	mare	0,00024	> 0,0016	> 6,66	× 0,8	Het Rp
Aude	Peyriac	fossé	0,00035	0,00055	1,57	× 1,16	Hom S
	Cuxac	fossé	0,00022	0,00045	1,87	× 0,80	Hom S
	Fleury	bassin	0,0004	0,0008	2	× 1,33	Hom S
	Cuxac	bassin	0,0003	0,00055	1,83	× 1	Hom S
	Coursan	comporte	0,0006	0,0009	1,50	× 2	Hom S
	Coursan	bassin	0,0012	> 0,0016	> 1,33	× 4	Hom (?) T
	Salles d'Aude	puits	0,0007	0,0012	1,71	× 2,33	Hom S
Pyrénées Orientales	Canet	bassin	0,0005	0,0016	3,2	× 1,66	Het Tp
	Ponteilla	roubine	0,0005	0,001	2	× 1,66	Hom S
	Mas Bernard	bassin	0,00035	0,0008	2,28	× 1,16	Hom S
	Argeles	puits	0,0003	0,0006	2	× 1	Hom S
	Canet	fossé	0,0003	0,0007	2,33	× 1	Hom S
	Canohes	mare	0,00028	0,0005	1,78	× 0,93	Hom S
	Argeles	mare	0,0003	0,0007	2,33	× 1	Hom S
	Argeles	écoulement eau usée	0,00028	0,0008	2,85	× 0,93	Het Tp
	Alenya	bassin	0,00045	0,0012	2,66	× 1,50	Het Tp
	St Nazaire	puits	0,0005	0,00075	1,50	× 1,66	Hom S
	St Nazaire	mare	0,0004	0,001	2,5	× 1,33	Hom S
	St Cyprien	mare	0,00055	0,0008	1,45	× 1,96	Hom S
	Perpignan	écoulement eau usée	0,00077	0,0011	1,42	× 2,56	Hom T
	Perpignan	fosse à purin	0,00028	0,0005	1,78	× 0,93	Hom S
	Perpignan	bassin	0,00085	0,0011	1,29	× 3,03	Hom T
	Villeneuve	fossé	0,0005	0,0008	1,6	× 1,78	Hom S
	Argeles	fossé	0,0003	0,00055	1,83	× 1	Hom S
	Pia	fossé	0,0006	0,001	1,66	× 2	Hom S
	Bages	bassin	0,0002	0,0004	2	× 0,66	Hom S
	Bages	puits	0,0003	0,0006	2	× 1	Hom S
	Bages	bassin	0,0004	0,0008	2	× 1,33	Hom S
	Argeles	camping	0,00055	0,0009	1,63	× 1,83	Hom S
Argeles	camping	0,00045	0,0007	1,55	× 1,50	Hom S	

## BIBLIOGRAPHIE

- BREELAND (S. G.), KLIEWER (J. W.), AUSTIN (J. R.), MILLER (C. W.), 1970. — Observations on Malathion — resistant adults of *Anopheles albimanus* Wiedemann in coastal El Salvador. *Bull. Org. mond. Santé*, **43**, 4 : 627-631.
- BROWN (A.W.A.), ABENI (Z.H.), 1960. — Cross resistance characteristics of a Malathion tolerant strain developed in *Aedes aegypti*. *Mosq. News*, **20**, 2 : 118-124.
- BROWN (A.W.A.), LEWALLEN (L.L.), GILLIES (P.A.), 1963. — Organophosphorus resistance in *Aedes nigromaculis* in California. *Mosq. News*, **23**, 4 : 341-345.
- CHAUVET (G.), RAVAONJANAHARY (C.), BRUNHES (J.), 1971. — Sensibilité et résistance à divers insecticides organophosphorés chez *Culex pipiens fatigans* Wied. en milieu urbain à Madagascar. *C.r. Soc. Biol.*, **165**, 2 : 444-448.
- GEORGHIOU (G.P.), CALMAN (J.R.), 1969. — Results of fenitrothion selection of *Culex pipiens fatigans* Wied. and *Anopheles albimanus* Wied. *Bull. Org. mond. Santé*, **40** : 97-101.
- GEORGHIOU (G.P.), ARIARATNAM (V.), BREELAND (S.G.), 1972. — Development of resistance to carbamates and organophosphorus compounds in *Anopheles albimanus* in nature. *Bull. Org. mond. Santé*, **46** : 551-554.
- GEORGHIOU (G.P.), BREELAND (S.G.), ARIARATNAM (V.), 1973. — Seasonal escalation of organophosphorus and carbamate resistance in *Anopheles albimanus* by agricultural sprays. *Environm. Ent.*, **2**, 3 : 369-374.
- HAMON (J.), GRJEBINE (A.), COZ (J.), KLEIN (J.M.), MICHEL (R.), 1959. — Observations sur le niveau de sensibilité aux insecticides de quelques moustiques du littoral méditerranéen. Présence d'une souche de *Culex pipiens* L. résistance au Dieldrin. *Bull. Soc. Path. exot.*, **52**, 2 : 199-208.
- HOSKINS (W.M.), 1960. — Use of the dosage-mortality curve in quantitative estimation of insecticide resistance. *Misc. Publ. ent. Soc. Amer.*, **2** : 85-91.
- LEWALLEN (L.L.), NICHOLSON (L.M.), 1959. — Parathion resistant *Aedes nigromaculis* in California. *Mosq. News*, **19** : 12-14.
- LOFGREN (C.S.), SCANLON (J.E.), ISRANGURA (V.), 1967. — Evaluation of insecticides against *Aedes aegypti* L. and *Culex pipiens quinquefasciatus* Say in Bangkok, Thailand. *Mosq. News*, **27**, 1 : 16-21.
- LUDWIG (P.D.), MACNEIL (J.C.), 1966. — Results of laboratory and field tests with Dursban insecticide for mosquito control. *Mosq. News*, **26**, 3 : 344-351.
- METCALF (R.L.), FUKUTO (T.R.), WINTON (M.Y.), 1963. — Chemical and biological behaviour of Fenthion residues. *Bull. Org. mond. Santé*, **29** : 219-226.
- MITCHELL (C.L.), CHEN (P.S.), 1974. — Susceptibility and resistance of four *Culex* species in Taiwan to certain insecticides. *J. Formos. med. Ass.*, **73** : 185-195.
- MOUCHET (J.), ELLIOT (R.), GARIOU (R.), VOELCKEL (J.), VARRIERAS (J.), 1960. — La résistance aux insecticides chez *Culex pipiens fatigans* Wied. et les problèmes d'hygiène urbaine au Cameroun. *Med. trop.*, **20** : 447-456.
- MOUCHET (J.), DEJARDIN (J.), SUBRA (R.), 1968. — Sensibilité aux insecticides de *Culex pipiens fatigans* en Afrique de l'Ouest. *Med. trop.*, **28**, 3 : 374-394.
- MOUCHET (J.), DEJARDIN (J.), BARATHE (J.), SANNIER (C.), SALES (S.), 1972. — Doses discriminatives pour la résistance d'*Aedes aegypti* aux insecticides organophosphorés et étude de quelques éléments susceptibles de modifier les résultats des tests. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. Parasitol.*, **10**, 1 : 77-83.
- MULLA (M.S.), METCALF (R.L.), GEIB (A.F.), 1966. — Laboratory and field evaluation of new mosquito larvicides. *Mosq. News*, **26**, 2 : 236-242.
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, 1963. — Résistance aux insecticides et lutte contre les vecteurs. Treizième rapport du Comité O.M.S. d'experts des Insecticides. — Genève, Organisation Mondiale de la Santé, *Sér. Rapp. techn.*, n° 265, 242 p.
- PAL (R.), 1974. — The present status of insecticide resistance in anopheline mosquitos. *J. trop. Med. Hyg.*, **77** : 28-41.
- PASTEUR (N.), SINÈGRE (G.), 1975. — Esterase polymorphism and sensitivity to Dursban organophosphorous insecticide in *Culex p. pipiens* populations. *Biochemical Genetics* (sous presse).
- RAMKE (D.), 1969. — Development of organophosphorus resistant *Aedes nigromaculis* (Ludlow) in the Tulare Mosquito Abatement District. — Proc. 37th. ann. Conf. Calif. Mosq. Contr. Ass., **37** : 63.
- ROUBAUD (E.), 1933. — Essai synthétique sur la vie du moustique commun (*Culex pipiens*). *Ann. Sci. nat. (Zool.)*, **16**, 10 : 5-168.
- SCHAEFER (C.H.), WILDER (W.H.), 1970. — Association of insecticide structure and resistance in *Aedes nigromaculis*. — Proc. 38th ann. Conf. Calif. Mosq. Contr. Ass., **38** : 54-55.

RÉSISTANCE DE *CULEX PIFIENS* (L.) AU CHLORPYRIFOS

SINÈGRE (G.), 1967. — Toxicité de 4 insecticides sur quelques espèces de Culicidés et sur la faune des gîtes larvaires. — Montpellier, Entente Interdépartementale pour la Démoustication, Doc. E.I.D. n° 8, 78 + IV p.

SINÈGRE (G.), COUSSERANS (J.), VIGO (G.), CRESPO (O.), 1971. — Sensibilité des larves de *Mansonia (C.) richiardi* (Ficalbi) à quelques insecticides. Effet de l'abate dans un biotope larvaire. *Cah. O.R.S.T. O.M., sér. Ent. méd. Parasitol.*, 9, 3 : 255-263.