

O.R.S.T.O.M.
Institut Français de Recherche Scientifique
pour le Développement en Coopération

CENTRE DE NOUMÉA

**MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
ET DE LA RECHERCHE**

**TERRITOIRE DE NOUVELLE CALEDONIE
ET DEPENDANCES**

C O R D E T

**Commission de Coordination des Recherches
menées dans les D.O.M. – T.O.M**

**ETUDE DE L'EVOLUTION DES CHIMIORESISTANCES
AUX ACARICIDES DE LA TIQUE DU BETAIL
BOOPHILUS MICROPLUS**

**Réponses à l'Ethion, au Carbaryl, Chlorpyrifos, Coumaphos,
Cyanophos, Diazinon, Dioxathion, Promacyl et au DDT,
de cinq souches résistantes à l'Ethion.**



Contribution de l'ORSTOM aux projets C4.15 – C4 20

L.O. BRUN

Année I – 1985

**Centre ORSTOM-BP A5-NOUMÉA
NOUVELLE-CALÉDONIE**



INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION
O.R.S.T.O.M.

ETUDE DE L'EVOLUTION DES CHIMIORESISTANCES
AUX ACARICIDES DE LA TIQUE DU BETAIL
BOOPHILUS MICROPLUS

ANNEE I

Réponses à l'Ethion, au Carbaryl, Chlorpyrifos,
Coumaphos, Cyanophos, Diazinon, Dioxathion,
Promacyl, et au DDT, de cinq souches résistantes
à l'Ethion.

Contribution de l'ORSTOM aux projets C4.15-C4.20

L.O. BRUN
Entomologiste - ORSTOM

S O M M A I R E

	Pages
- AVANT-PROPOS	1
- INTRODUCTION	3
- METHODE DE TRAVAIL	4
- RESULTATS ET DISCUSSION	7
- BIBLIOGRAPHIE	13
- FIGURES	15-23
. Localisation des cinq souches étudiées	15
. Carbaryl	16
. Promacyl	17
. Chorpyrifos	18
. Cyanophos	19
. Diazinon	20
. Coumaphos	21
. Dioxathion	22
. Ethion	23
- TABLEAUX	24-38
. Thio 2	24
. Thio 1	27
. Poya	30
. Moneo	33
. Nakety	36

AVANT - PROPOS

Le travail présenté dans ce rapport s'intègre dans les recherches initiées par l'ORSTOM il y a plus de 25 années dans le domaine des arthropodes d'intérêt médical ou vétérinaire.

Dans ces recherches, les travaux portant sur les tiques de Nouvelle-Calédonie, ont concerné les principaux sujets suivants :

1) Travaux réalisés sur la distribution et la biologie des trois espèces de tiques présentes sur le Territoire : Rhipicephalus sanguineus (Latreille), 1806, Haemaphysalis longicornis Neumann, 1901 et Boophilus microplus (Canestrini) 1888 (Rageau, 1958, 1967 ; Rageau et Vervent, 1959).

2) Travaux portant sur la dynamique des populations de la tique du bétail au cours de sa phase parasitaire (Daynes et Gutierrez 1980).

3) Travaux portant sur les problèmes liés à l'utilisation des insecticides (Cochereau, 1971 a et b ; Brun, 1984, Brun et Colas, 1986).

4) Travaux sur la résistance de B. microplus aux acaricides (Daynes et al., 1980 ; Brun, 1982 ; Brun et al. 1983, Brun, 1986). Enfin en 1984 un rapport de synthèse indiquait les perspectives d'avenir de la lutte contre cet ectoparasite en Nouvelle-Calédonie (Brun et Troncy, 1984).

Le présent document est une contribution à la connaissance des souches de B. microplus résistantes à l'Ethion, matière active du Rhodiocide dans lequel sont "baignés" les bovidés de Nouvelle-Calédonie depuis une dizaine d'années.

Cette étude permet, notamment par analogie avec les souches de référence résistantes australiennes, de prévoir l'évolution probable des souches Néo-Calédoniennes vis-à-vis du Rhodiocide et des autres Organophosphorés, mais également par rapport à d'autres groupes chimiques qui pourraient être introduits sur le Territoire tel celui des Pyréthrinoides.

.../...

Les recherches entreprises ici doivent être suivies d'autres études visant, à cartographier l'extension actuelle de la résistance à l'éthion, à tester dans les conditions de terrain des insecticides de remplacement et à promouvoir d'autres méthodes de contrôle afin de diminuer notre dépendance vis-à-vis de la lutte chimique.

Nous tenons à remercier les Services Ruraux Territoriaux ainsi que les éleveurs qui ont contribué à la collecte des souches de tiques sur le terrain.

Enfin ce programme a pu être réalisé grâce à une subvention de la Commission CORDET qui a permis de financer une partie du fonctionnement.

INTRODUCTION

Vers la fin des années 80, après environ sept ans d'usage répété du même produit insecticide, le Rhodiocide, des pullulations de tiques ont été signalées dans plusieurs régions de la Côte Est de la Nouvelle-Calédonie.

L'accroissement très rapide des populations de femelles gorgées sur les animaux était tel que plusieurs élevages ont subi de lourdes pertes, tout d'abord de bêtes mal alimentées ou malades, ensuite de vaches allaitantes ou de jeunes veaux.

En 1980, les prospections et études de laboratoire permettaient de localiser les premiers foyers de résistance à l'Ethion dans la région de Thio. Les travaux qui suivirent précisaient les niveaux de résistance dans différentes zones d'élevage.

La Côte Ouest hébergeant plus de 84% du cheptel bovin de Nouvelle-Calédonie, la majeure partie des prélèvements de tiques concernait cette zone. Malgré le nombre d'échantillons testés, seule une localité (Poya) révélait sur la Côte Ouest un niveau de résistance se rapprochant de ceux des prélèvements de la Côte Est.

C'est donc de cette localité (Poya) ainsi que de Nakety, Moneo et Thio (1 et 2) que proviennent les cinq souches qui font l'objet de cette étude, (Voir Figure 1).

METHODE DE TRAVAIL

Les récoltes des échantillons de tiques ont été faites à l'occasion de baignades ou d'abattage de bétail. Les femelles gorgées ont été placées dans des boîtes plastiques entre deux couches de papier absorbant humide. Ces boîtes furent ensuite transportées au laboratoire à l'abri de la chaleur, dans une glacière.

Au laboratoire les femelles gorgées sont collées sur le dos, grâce à un ruban adhésif, sur le couvercle des boîtes en plastique. Ce système permet une ponte normale de 2000 à 3000 oeufs par femelles et facilite la récolte ultérieure des oeufs qui se retrouvent sur le fond. Dans les conditions où se sont passés tous les élevages ($27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$ et 85 à 95% d'humidité relative) les éclosions ont eues lieu environ 28 jours après la ponte.

Quelques jours avant l'éclosion les oeufs sont transférés dans des tubes de plastique entourés d'une double "barrière" d'eau additionnée d'un mouillant qui empêche toute migration des jeunes larves.

Aussitôt après l'éclosion, les jeunes larves qui présentent un géotropisme négatif, se déplacent automatiquement vers le bord supérieur des tubes où elles demeurent jusqu'au moment du test.

La méthode de test que nous avons utilisée pour déterminer la sensibilité de ces différentes souches résistantes à l'éthion vis-à-vis de 9 acaricides est la méthode de référence mondiale recommandée par la F.A.O. (Anon 1971, méthode F.A.O. N° 7) qui a été mise au point par Stone et Haydock (1962).

.../...

Les matières actives des insecticides suivants ont été utilisées :

Carbaryl* (1-naphthyl methyl carbamate),
Chlorpyrifos (diethyl 3, 5, 6-trichloropyrid-2-pyridyl phosphorothionate),
Coumaphos* (3-chloro-4-methyl-7-coumarinyl diethyl phosphorothionate),
Cyanophos (4-cyanophenyl dimethyl phosphorothionate),
Diazinon* (diethyl 2-isopropyl-6-methyl-4-pyrimidinyl phosphorothionate),
Dioxathion* $\left[(S,S^1-1,4\text{-dioxan-2,3-ylidene bis (0,0-diethyl phosphorothiolothionate)})_2 \right]$,
Ethion* $\left[\text{tetraethyl } S,S^1\text{-methylenebis (phosphorothiolothionate)}_2 \right]$,
Promacyl* (3-isopropyl-5-methylphenyl N-butyryl -N-methyl carbamate).

Les tests de mortalité en fonction des concentrations ont été systématiquement doublés et le nombre de concentrations utilisées a varié de 6 à 8 en progression arithmétique de raison 2.

Les gammes de concentrations retenues ont été les suivantes :
Carbaryl 0,00039 à 0,1% ; Chlorpyrifos 0,0039 à 0,125 ; Coumaphos 0,0078 à 0,5% ; Cyanophos 0,0024 à 0,312 ; Diazinon 0,0024 à 0,312 ; Dioxathion 0,039 à 5% ; Promacyl 0,0078 à 1%.

Les larves F1 ont également été testées pour leur sensibilité au DDT et à l'Ethion aux doses discriminantes respectives (DD) de 2% et 0,5% de matière active. Ces dernières concentrations ont été choisies pour donner 100% de mortalité chez les souches de tiques demeurées sensibles et des

*Nom commun recommandé par l'Organisation Internationale de standardisation (ISO/R 1750-1970).

Nom commun recommandé par la British Standards Institution (BS 1831 : 1969 et additifs).

mortalités moyennes chez les souches résistantes. Les droites de régression obtenues lors d'un précédent travail (Brun et al. 1983) ont été utilisées pour les échantillons provenant de Poya, Thio (1) et Thio (2).

Les résultats obtenus sur les cinq souches testées en Nouvelle-Calédonie ont été comparés avec les réponses obtenues en Australie d'une part avec la souche sensible de référence (Yeeronypilly) d'autre part avec les principales souches résistantes (Tully, Ridglands, Mackay et Biarra). La souche sensible australienne a été maintenue par le CSIRO depuis 1948, sans contact avec aucun acaricide.

Les souches résistantes sont des populations homogènes sélectionnées au laboratoire à partir de populations de terrain hétérogènes. Cette sélection s'est faite en plaçant chaque génération au contact de l'insecticide pour lequel la sélection est recherchée, puis après 24 heures de contacts, les individus résistants sont replacés sur un animal pour une nouvelle génération. Cette procédure de sélection a été maintenue jusqu'à ce qu'une réponse homogène soit obtenue.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats bruts de tous les tests figurent dans les tableaux I à V pages 23 à 37.

Au total le nombre d'individus testés pour chaque localité a été le suivant : Thio (2) (18.783) ; Thio (1) (21.195) ; Poya (13.478) ; Monéo (18.853), Nakety (19.511).

Les réponses de ces populations de tiques aux divers acaricides sont regroupées dans les figures 1 à 8 pages 15 à 22.

Poya, Monéo et Thio (2) sont pratiquement homogènes et des droites de régression mortalité/concentration logarithmique ont été tracées à l'oeil.

Leur spectre de résistance, comparé à celui de la souche australienne sensible "Yeerongpilly" est le suivant :

- Monéo et Poya montrent une résistance modérée au Coumaphos et au Dioxathion mais peu ou pas de résistance au Carbaryl, Promacyl, Diazinon, Cyanophos et Chlorpyriphos.
- Thio (2) a un niveau de résistance au Carbaryl et au Dioxathion plus élevé que Monéo et Poya, une résistance moyenne au Coumaphos, Diazinon, Cyanophos et Promacyl. Pour ce dernier composé on note une résistance légèrement plus élevée que celle de la souche australienne résistante "Biarra".

Les réponses obtenues pour les divers produits testés indiquent quelques similitudes entre les échantillons de Nouvelle-Calédonie et les souches résistantes isolées en Australie :

- Poya et Monéo ont des réponses similaires à celles de la souche australienne "Tully" dans les tests avec le Promacyl, Carbaryl, Coumaphos, Chlorpyriphos, Diazinon et Cyanophos mais pas avec le Dioxathion.
- Thio (2) a des réponses très proches de celles de la souche "Mackay" dans les tests avec le Carbaryl, le Coumaphos et le Dioxathion, mais en ce qui concerne les réactions par rapport au Diazinon et au Cyanophos les réponses

sont très proches de celles de la souche "Ridgelands". Quant aux réponses au Promacyl et au Chlorpyrifos, elles sont intermédiaires par rapport à celles de ces deux souches australiennes.

- Thio (2) est l'échantillon le plus résistant de ceux testés en Nouvelle-Calédonie mais excepté pour le Dioxathion, les réponses obtenues avec les autres produits ne le rapprochent pas de la souche australienne hautement résistante aux OP : "Biarra". Les différences avec cette dernière souche sont particulièrement évidentes avec le Cyanophos et le Coumaphos pour lesquels "Biarra" est normalement très résistante.

Les deux souches de Nakety et de Thio (1) sont des populations encore hétérogènes avec, pour Thio (1), une proportion d'individus sensibles inférieure à celle notée pour Nakety. En fonction de la réponse de ces souches au Carbaryl la proportion d'individus sensibles est de 15-20% pour Nakety alors qu'elle ne dépasse guère 5% pour Thio (1).

Il semble que ces deux souches soient en cours d'évolution et leur potentialité future devrait être du même ordre que celle acquise actuellement par Thio (2).

Les réponses de Nakety et Thio (1) sont variables ; certaines les rapprochent de "Ridgelands" alors que d'autres les assimilent à "Mackay". Cependant, comme les échantillons de Nakety et Thio (1) sont des populations hétérogènes, il est plus difficile d'identifier leurs réponses à celles de souches homogènes résistantes obtenues en Australie après sélection au laboratoire avec un insecticide. Ces deux échantillons de la Côte Est ont le même type de réponse excepté en ce qui concerne le Coumaphos. Dans tous les cas Thio (1) est plus résistant que Nakety. Leurs réponses au Coumaphos, un produit qui permet normalement de différencier "Ridgelands" de "Mackay", indiquent que Nakety est plus proche de la souche "Ridgelands". Dans cette hypothèse, Nakety devrait également avoir un niveau de résistance au Cyanophos plus élevé que Thio (1) comme on peut le constater pour "Ridgelands" par rapport à "Mackay". Comme cette différence n'apparaît pas, il est probable que Nakety soit une population hétérogène en cours d'évolution, qui tend, comme Thio (1), vers le type de résistance de Thio (2), mais à stade beaucoup moins avancé.

Cette hypothèse est confirmée par la mortalité obtenue pour l'Ethion avec ces diverses souches : Nakety (97,5%), Thio (1) (5,9%), Thio (2) (1,3%). Les autres résultats concernant la dose discriminante de 0,5% d'Ethion sont : 5,3% pour Monéo et 14,7% pour Poya. Ces résultats confirment les études précédentes (Brun et al., 1983) qui montraient que parmi les trois échantillons de Thio (1), Thio (2) et Poya, Thio (2) est le plus résistant à l'Ethion et Poya le moins résistant. Cependant le faible niveau de résistance à l'Ethion de Nakety est étonnant car l'étude précitée indiquait, pour la côte Est où se trouve situé Nakety, des taux de mortalité à 0,5% d'Ethion de 0 à 29,4%. Cette différence peut être due au fait que dans cette localité montagneuse les troupeaux sont difficiles à regrouper et donc ils sont baignés très irrégulièrement.

L'utilisation de la dose discriminante de 2% de DDT montre que trois échantillons présentent des larves résistantes : Monéo (97,5% de mortalité), Thio (1) (97,7%), et Poya (98,3%) ; les deux derniers échantillons peuvent être résistants mais les mortalités observées sont trop élevées pour confirmer une telle hypothèse : Thio (2) (99,8%), Nakety (99,8%). Comme mentionné par Stone (1962), le gène pour la résistance au DDT est incomplètement récessif et la dose discriminante retenue (2%) a pu ne détecter que les individus homozygotes. La fréquence des individus résistants au DDT est cependant faible dans les cinq échantillons testés. Une étude récente donne une situation similaire pour l'Australie (Roulston et al., 1981) où plus de 90% des échantillons résistants au DDT produisent une descendance ayant moins de 10% d'individus résistants.

La présence de survivants (2 à 3%) à la dose discriminante indique que des tiques résistantes au DDT sont encore présents sur le terrain, malgré l'arrêt de l'utilisation du DDT en Nouvelle-Calédonie depuis 1973.

En Australie un taux de réversion très lent a également été noté : la résistance au DDT sur le terrain a été retrouvée après environ 20 années de non-utilisation du DDT. Ce fait a pu être constaté chez plus de 8% des propriétés infestées de tiques (Roulston et al., 1981).

.../...

Malheureusement, la démonstration par Nolan et al., en 1979, de l'existence de résistance croisée entre les souches résistantes au DDT et le groupe très récent des Pyréthrinoides pose un problème d'utilisation de cette nouvelle gamme d'insecticides.

Du fait du passé historique - acaricides très particulier et complexe qu'à connu l'Australie par rapport à la Nouvelle-Calédonie où des produits comme le dioxathion, le diazinon ou le coumaphos n'ont jamais été employés, il est logique que le spectre de résistance des souches Néocalédoniennes diffère quelque peu de celui des souches résistantes australiennes de référence.

En conclusion il semble évident que les souches de Nouvelle-Calédonie ont développé leurs propres caractéristiques dont l'incidence pratique ne pourra être mesurée qu'à la suite d'expérimentations de terrain sur des animaux infestés à partir de populations de tiques résistantes.

L'apparition tardive en Nouvelle-Calédonie de la résistance à l'Ethion permet d'envisager le remplacement progressif de ce composé par plusieurs autres composés qui ont donné en Australie de bons résultats :

- 1) Le chlorpyrifos, un Organophosphoré qui a permis en Australie un excellent contrôle jusqu'à l'apparition de la souche Mt Alford en 1970. Cependant étant du même groupe que l'Ethion, sa durée d'utilisation risque dans la pratique de n'être que de quelques années.
- 2) Le promacyl, un carbamate acétylé introduit en Australie donne encore de bons résultats avec 95% de mortalité induite chez les souches résistantes "Mackay" et "Tully" (Wharton et Roulston, 1977).
- 3) L'amitraz, un triazapentadiène assure un excellent contrôle de toutes les souches australiennes résistantes aux OP (Wharton et Roulston, 1977).
- 4) Les Pyréthrinoides assurent également un excellent contrôle des tiques à des concentrations très faibles, mais la persistance de souches résistantes au DDT avec lequel les Pyréthrinoides ont des résistances croisées, demande que la concentration retenue soit suffisamment élevée pour atteindre les individus les plus résistants et retarder le développement de résistances à ce nouveau groupe chimique.

Ces divers acaricides peuvent assurer à l'industrie animale de Nouvelle-Calédonie une protection chimique contre le fléau que représente la tique du bétail pour 10 à 20 ans. Il semble cependant impératif d'utiliser ce délai pour développer d'autres méthodes de lutte indépendantes des insecticides.

A l'exclusion de l'utilisation de races de bovins résistants aux tiques, il n'y a pas jusqu'à présent de méthode biologique ou génétique de lutte (Anon., 1975).

En Australie, l'introduction régulière dans les troupeaux depuis une quinzaine d'années, de sang brahman (Bos indicus) a permis à la majorité des éleveurs de réduire le nombre des baignades à 6 par an, (Elder et al., 1985).

En Nouvelle-Calédonie, le nombre moyen de baignades par an est de 12 à 15, mais les éleveurs qui connaissent des difficultés de lutte traitent leurs troupeaux jusqu'à 20 à 24 fois.

Dans l'avenir, la priorité des recherches devra être donnée à toutes les méthodes de lutte qui visent à diminuer la dépendance envers les acaricides. Outre l'introduction progressive de races résistances, la pratique de la rotation des pâtures adaptée à la durée de survie des larves selon les zones climatiques, peut réduire considérablement le contact hôte-acarien. Le recours simultané à ces diverses mesures devrait permettre de diminuer la pression de sélection exercée par les acaricides et donc retarder l'apparition de souches résistances augmentant ainsi la durée de vie de chaque composé.

BIBLIOGRAPHIE

ANON, (1971). Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. Tentative methods for larvae of cattle tick Boophilus spp. FAO method n° 7. FAO Plant Protection Bulletin 19 : 15-18.

ANON, (1975). Cattle tick in Australia - inquiry by the Cattle Tick Control Commission. Australian Government Publishing Service, Canberra.

BRUN, L.O. (1982). Etude de la résistance de la tique du bétail (Boophilus microplus) canestrini au Diethion (Rhodiocide) en Nouvelle-Calédonie. ORSTOM Nouméa, rapp. ronéo., 19 pp. 2 fig.

BRUN, L.O. (1984). Observations sur le dosage en éthion et en matières organiques de 18 piscines et douches de traitements contre la tique du bétail en Nouvelle-Calédonie. Rev. El. Méd. Vét. N.C. (2) 21-27.

BRUN, L.O. (1986). Extension de la résistance à l'Ethion chez Boophilus microplus (CAN.) (ACARI, IXODIDAE) sur la côte Ouest de la Nouvelle-Calédonie de 1980 à 1985. IV Congrès sur la protection de la Santé Humaine et des cultures en Milieu Tropical. Marseille, France 2-4 Juillet 1986. 6 pp., 1 Fig.

BRUN, L.O. et COLAS, F. (1986). Etude en laboratoire et sur le terrain de l'efficacité du Dursban 24 E (chlorpyrifos-éthyl) contre une souche de Boophilus microplus résistante à l'ethion. Rev. El. Méd. Vét. N.C. (7) (sous presse).

BRUN, L.O. et TRONCY, P.M. (1984). La tique du bétail : Etat et perspectives de lutte. Bull. UPRA 4 : 36-40.

BRUN, L.O., WILSON, J.T., DAYNES, P. (1983). Ethion resistance in the cattle tick Boophilus microplus (Canestrini) in New Caledonia. Trop. Pest. Manag. 29 (1) : 16-22.

COCHEREAU, P. (1971a). Les problèmes entomologiques liés à l'élevage des bovidés en Nouvelle-Calédonie et aux Nouvelles-Hébrides. ORSTOM, NOUMEA, rapp. ronéo., 10 pp. 2 cart.

COCHEREAU, P. (1971b). Problèmes posés par la lutte chimique contre la tique du bétail Boophilus microplus (Canestrini) - Acarina - Ixodidae - en Nouvelle-Calédonie. Symposium régional sur la conservation de la nature, des récifs et des lagons, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 4-14 Août 1971. ORSTOM, Nouméa, Rapp. ronéo. 4 pp.

DAYNES, P, BRUN, L.O., WILSON, J.T. (1980). Note préliminaire sur l'apparition de résistances à l'éthion chez certaines souches de Boophilus microplus en Nouvelle-Calédonie. Rev. Elev. Méd., Vét. Pays Trop., 33 (4) : 399.

DAYNES, P., et GUTIERREZ, J. (1980). Variations saisonnières de l'activité parasitaire de la tique du Bétail Boophilus microplus (ACARI, IXODIDAE), en Nouvelle-Calédonie. Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop., 33 (3), 305-10.

ELDER, J.K., HASS, C.R., REID, T.J., KERMAN, J.F. et EMMERSON, F.R. (1985). Changes in cattle tick control practices in south eastern Queensland from 1977 to 1982. Aust. Vet. J. 62 (7) : 218-222.

NOLAN, J., ROULSTON, W.J. and SCHNITZERLING, H.J. (1979). The potential of some synthetic pyrethroids for control of the cattle tick (Boophilus microplus). Australian Veterinary Journal 55 : 463-466.

RAGEAU, J. (1958). Insectes et autres arthropodes d'intérêt médical ou vétérinaire en Nouvelle-Calédonie et aux Iles Loyauté. Etudes mélanésiennes, Nouméa, 60-104.

RAGEAU, J. et VERVERT, G. (1959). Les tiques (Acariens Ixodidae) des Iles Françaises du pacifique. Bull. Soc. Path. exo., 52 (6), 819-35.

RAGEAU, J. (1967). Observations biologiques sur les tiques (Acari, Argasidae et Ixodidae) des îles Françaises d'Océanie. Viadomosci Paraz., XIII (4-5), 547-53.

ROULSTON, W.J., WHARTON, R.H., NOLAN, J., KERR, J.D., WILSON, J.T., THOMPSON, P.G. and SCHOTZ, M. (1981). A survey for resistance in cattle ticks to acaricides. Australian Veterinary Journal 57 : 362-371.

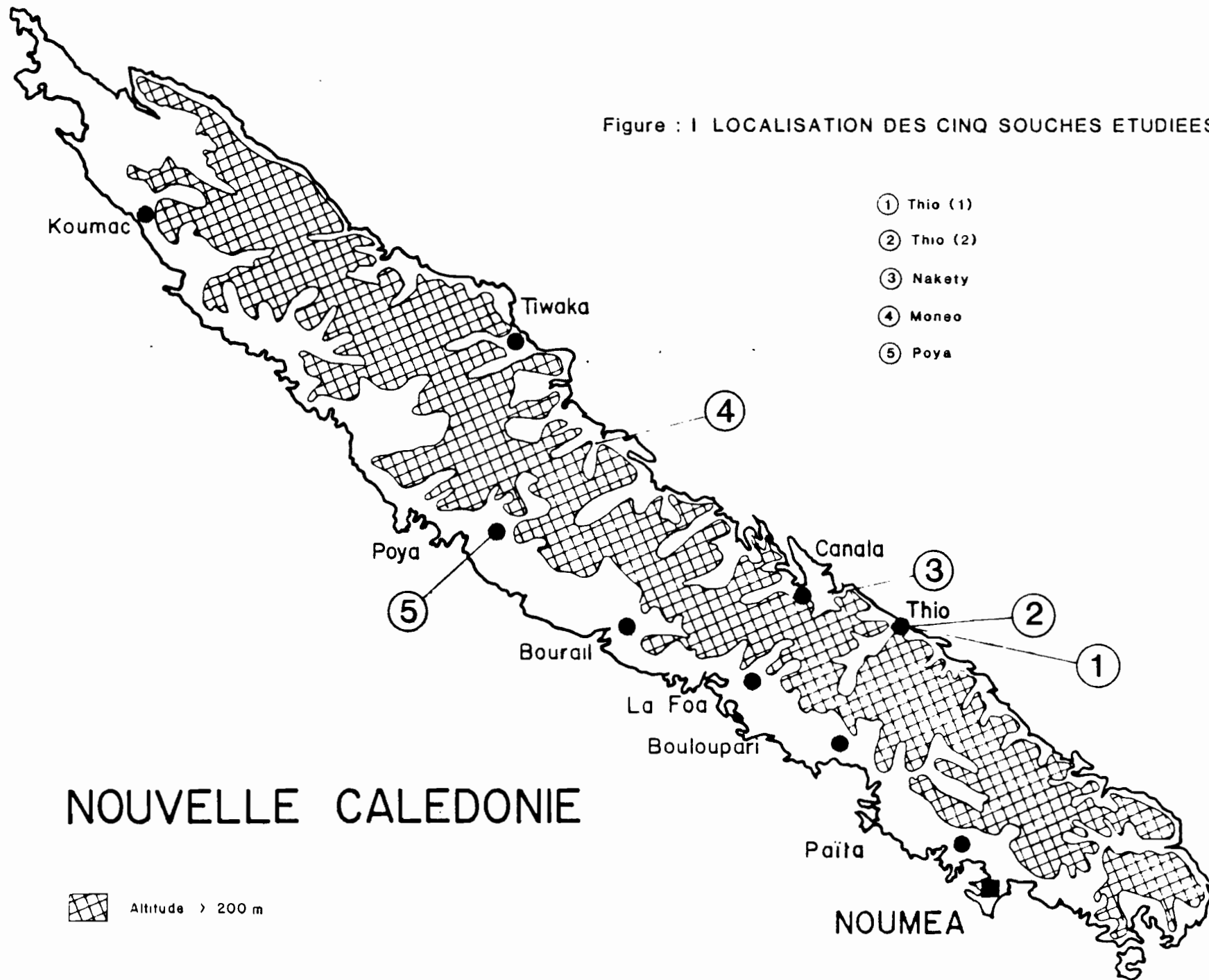
.../...

STONE, B.F. (1962). The inheritance of DDT resistance in the cattle tick, Boophilus microplus. Australian Journal of Agricultural Research 13 : 984-1007.

STONE, B.F., and HAYDOCK, K.P. (1962). A method for measuring the acaricide susceptibility of the cattle tick Boophilus microplus (Can.). Bull. Entomol. Res., 53 : 563-78.

WHARTON, R.H. and ROULSTON, W.J. (1977). Acaricide resistance in Boophilus microplus in Australia. pp. 73-92, In Workshop on Hemoparasites (Anaplasmosis and Babesiosis), Cali, Colombia, 17-22 March 1975. Ed. Wells, E.A. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Columbia.

Figure : I LOCALISATION DES CINQ SOUCHES ETUDIEES



NOUVELLE CALEDONIE

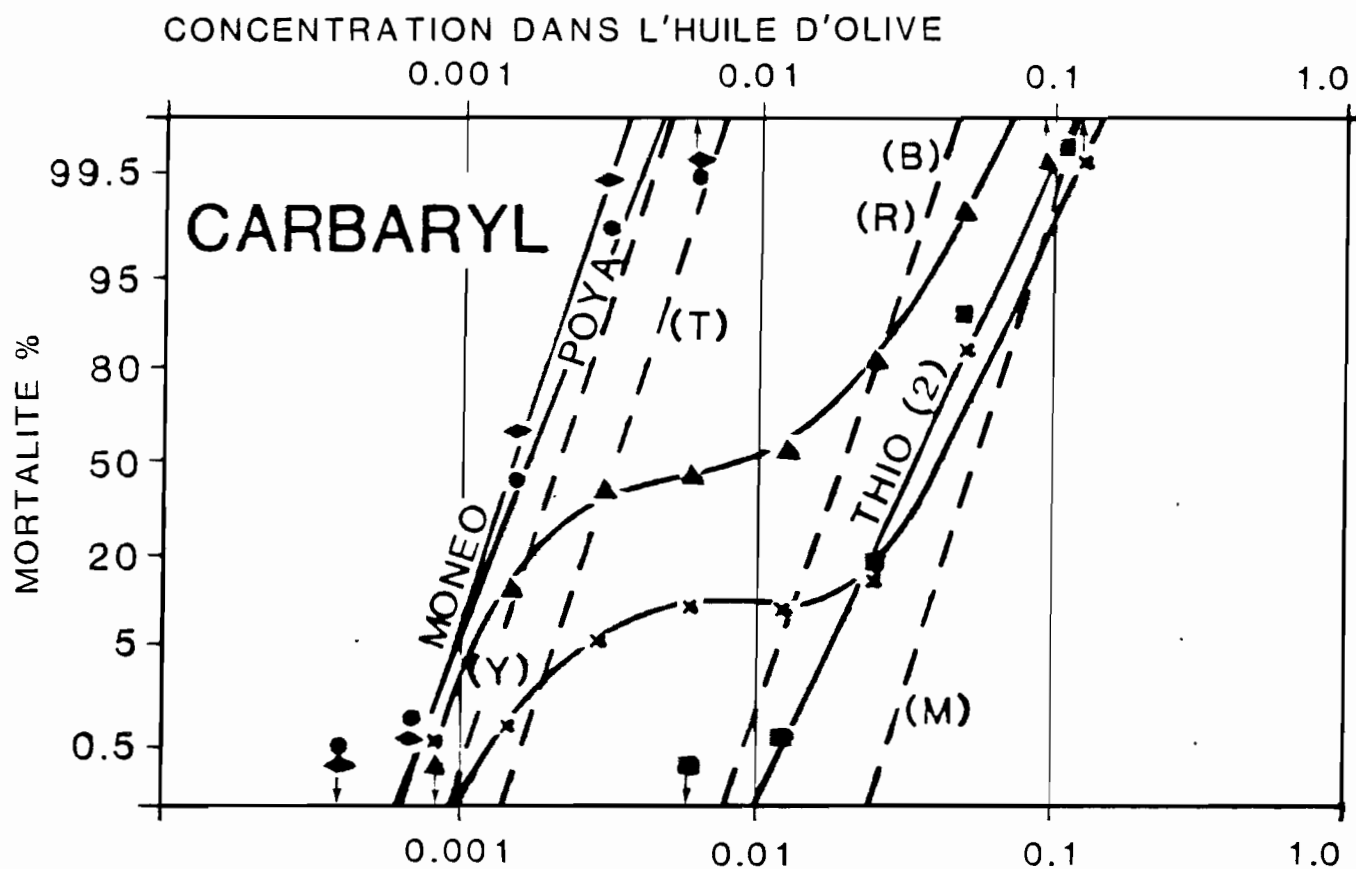
 Altitude > 200 m

0 50 km

Echelle

Figure : II

REPONSES AU CARBARYL DE CINQ POPULATIONS DE TIQUES DE NOUVELLE CALEDONIE EN COMPARAISON AVEC LES SOUCHES AUSTRALIENNES DE REFERENCE.



NOUVELLE CALEDONIE
(LOCALITES)

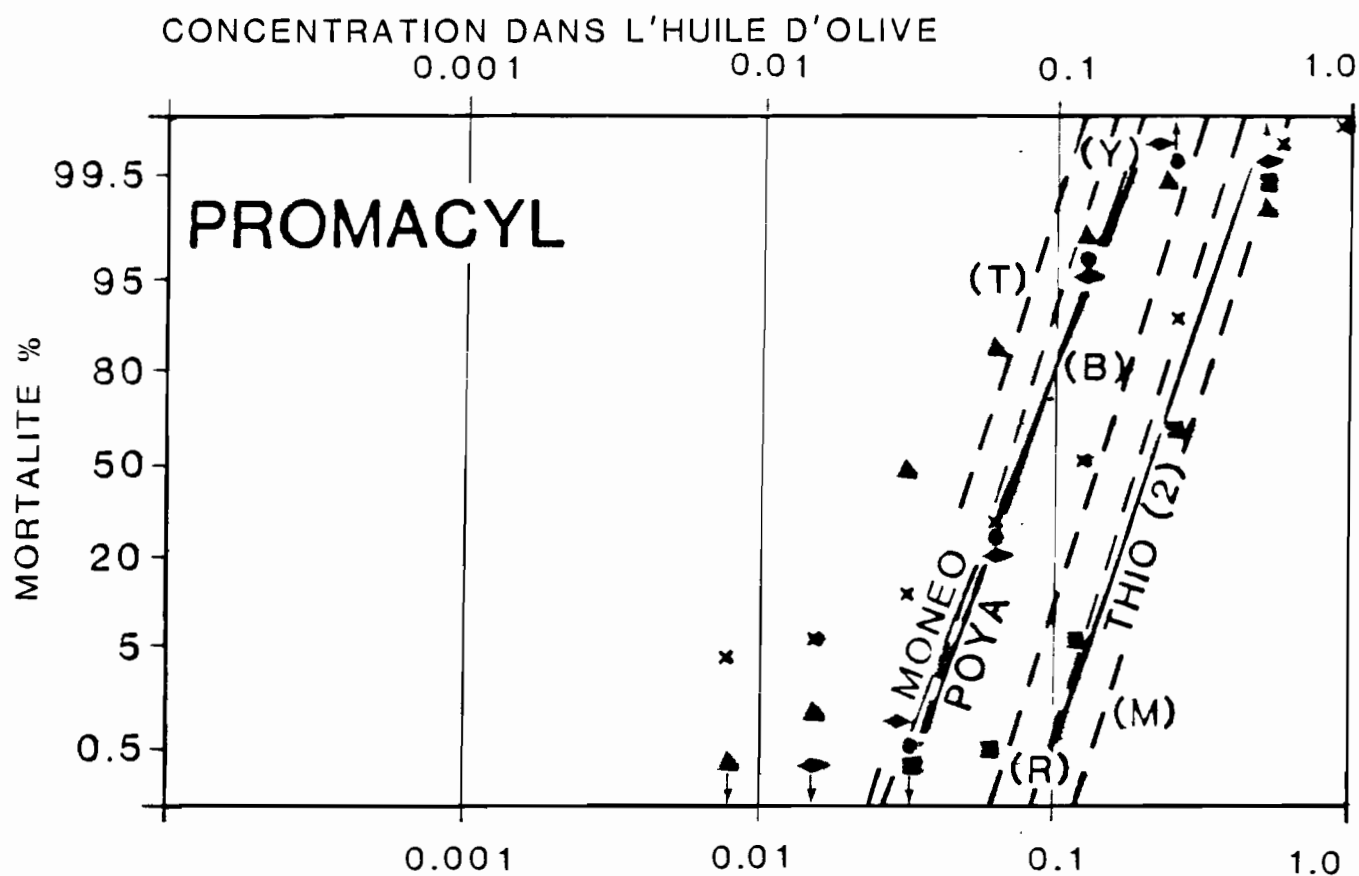
- × THIO (1)
- POYA
- ▲ NAKETY
- THIO (2)
- ◆ MONEO

SOUCHES AUSTRALIENNES
DE REFERENCE

- (Y) YEERONGPILLY (SENSIBLE)
- (B) BIARRA (RESISTANTE)
- (T) TULLY (RESISTANTE)
- (R) RIDGELANDS (RESISTANTE)
- (M) MACKAY (RESISTANTE)

Figure : III

REPONSES AU PROMACYL DE CINQ POPULATIONS DE TIQUES DE NOUVELLE CALEDONIE EN COMPARAISON AVEC LES SOUCHES AUSTRALIENNES DE REFERENCE.



NOUVELLE CALEDONIE
(LOCALITES)

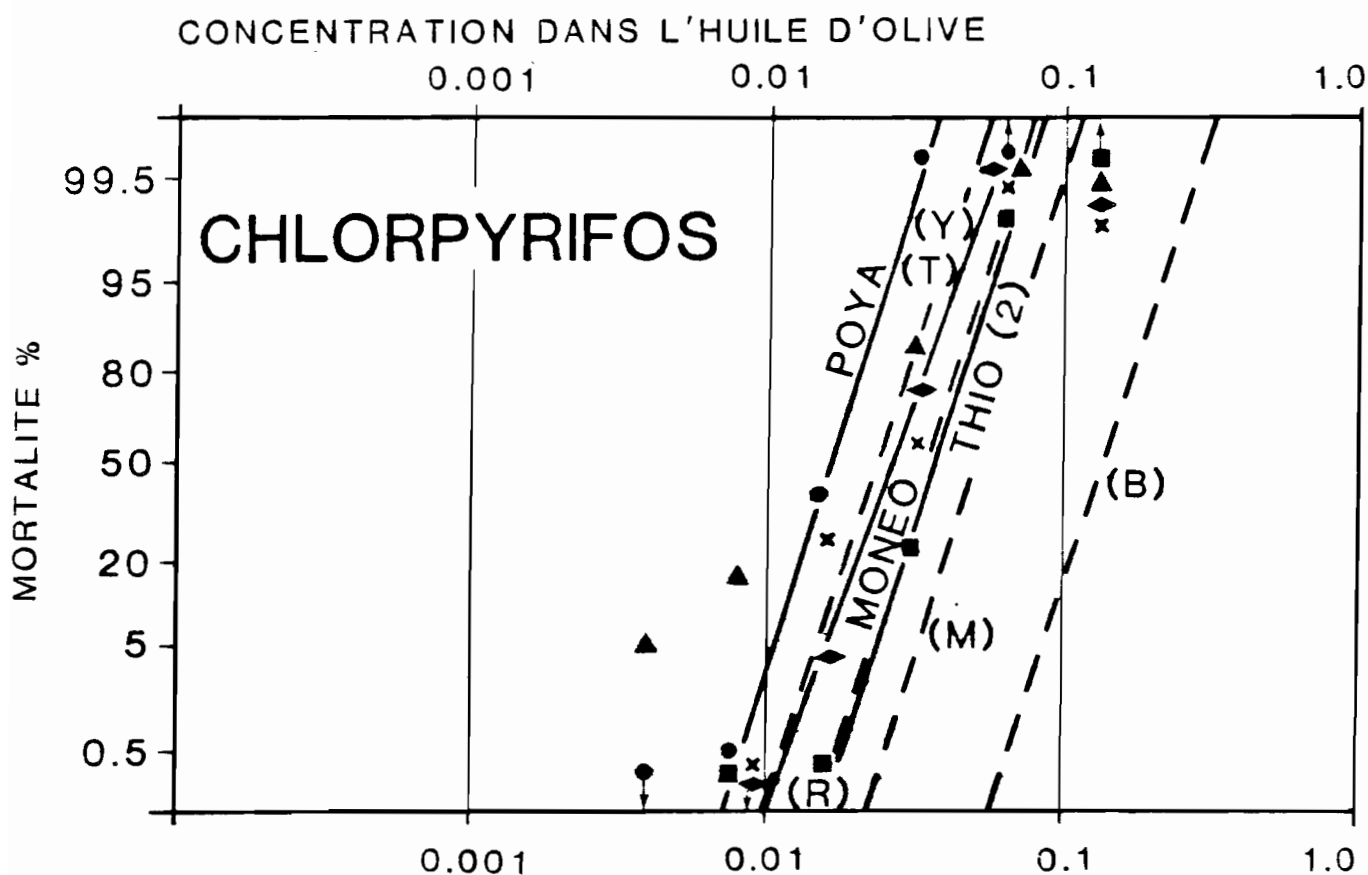
- * THIO (1)
- POYA
- ▲ NAKETY
- THIO (2)
- ◆ MONEO

SOUCHES AUSTRALIENNES
DE REFERENCE

- (Y) YEERONGPILLY (SENSIBLE)
- (B) BIARRA (RESISTANTE)
- (T) TULLY (RESISTANTE)
- (R) RIDGELANDS (RESISTANTE)
- (M) MACKAY (RESISTANTE)

Figure : IV

REPONSES AU CHLORPYRIFOS DE CINQ POPULATIONS
DE TIQUES DE NOUVELLE CALEDONIE EN COMPARAISON
AVEC LES SOUCHES AUSTRALIENNES DE REFERENCE.



NOUVELLE CALEDONIE
(LOCALITES)

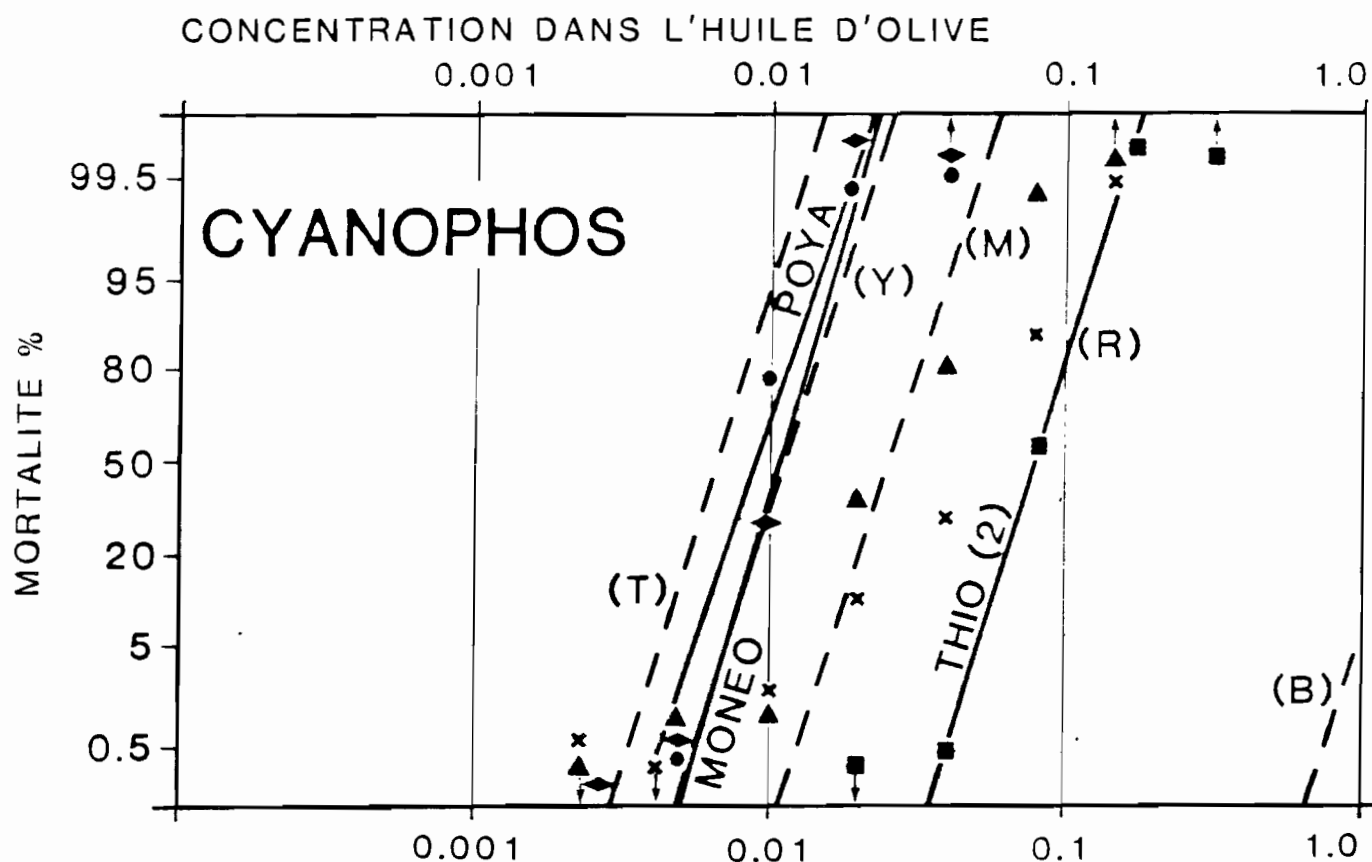
- x THIO (1)
- POYA
- ▲ NAKETY
- THIO (2)
- ◆ MONEO

SOUCHES AUSTRALIENNES
DE REFERENCE

- (Y) YEERONGPILLY (SENSIBLE)
- (B) BIARRA (RESISTANTE)
- (T) TULLY (RESISTANTE)
- (R) RIDGELANDS (RESISTANTE)
- (M) MACKAY (RESISTANTE)

Figure : V

REPONSES AU CYANOPHOS DE CINQ POPULATIONS
DE TIQUES DE NOUVELLE CALEDONIE EN COMPARAISON
AVEC LES SOUCHES AUSTRALIENNES DE REFERENCE.



NOUVELLE CALEDONIE
(LOCALITES)

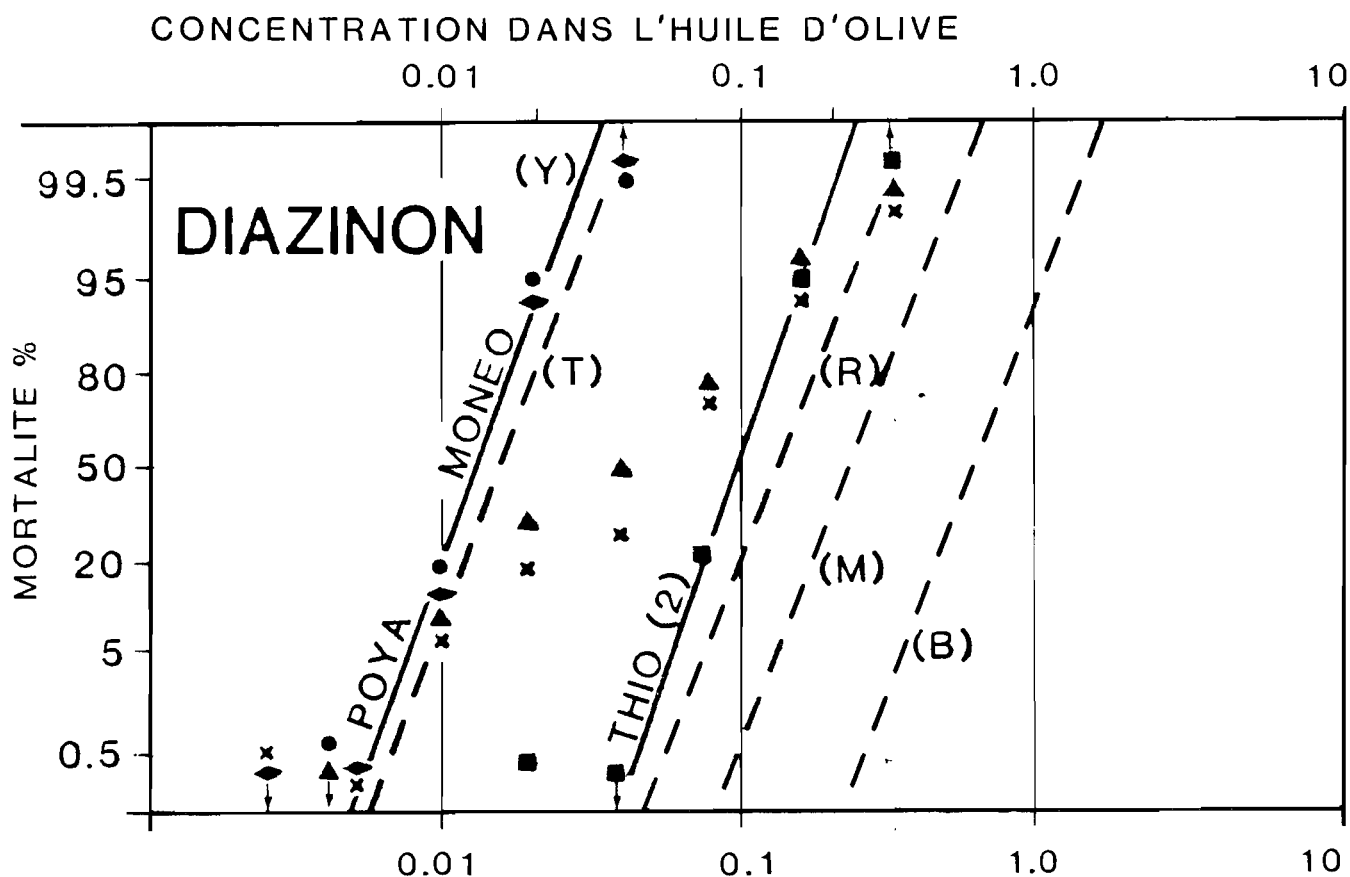
- x THIO (1)
- POYA
- ▲ NAKETY
- THIO (2)
- ◆ MONEO

SOUCHES AUSTRALIENNES
DE REFERENCE

- (Y) YEERONGPILLY (SENSIBLE)
- (B) BIARRA (RESISTANTE)
- (T) TULLY (RESISTANTE)
- (R) RIDGELANDS (RESISTANTE)
- (M) MACKAY (RESISTANTE)

Figure : VI

REPONSES AU DIAZINON DE CINQ POPULATIONS
DE TIQUES DE NOUVELLE CALEDONIE EN COMPARAISON
AVEC LES SOUCHES AUSTRALIENNES DE REFERENCE.



NOUVELLE CALEDONIE
(LOCALITES)

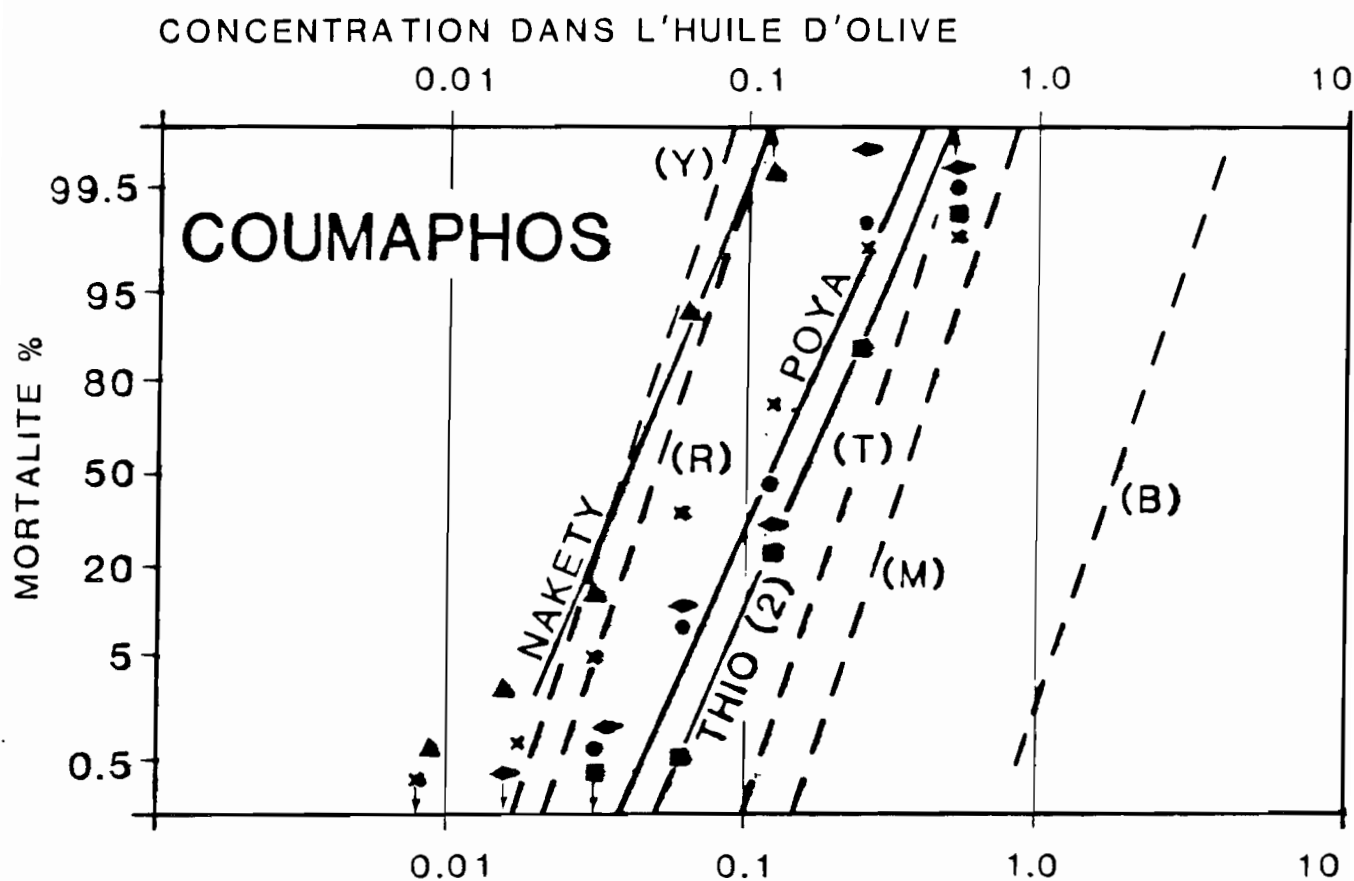
- × THIO (1)
- POYA
- ▲ NAKETY
- THIO (2)
- ◆ MONEO

SOUCHES AUSTRALIENNES
DE REFERENCE

- (Y) YEERONGPILLY (SENSIBLE)
- (B) BIARRA (RESISTANTE)
- (T) TULLY (RESISTANTE)
- (R) RIDGELANDS (RESISTANTE)
- (M) MACKAY (RESISTANTE)

Figure : VII

REPONSES AU COUMAPHOS DE CINQ POPULATIONS
DE TIQUES DE NOUVELLE CALEDONIE EN COMPARAISON
AVEC LES SOUCHES AUSTRALIENNES DE REFERENCE.



NOUVELLE CALEDONIE
(LOCALITES)

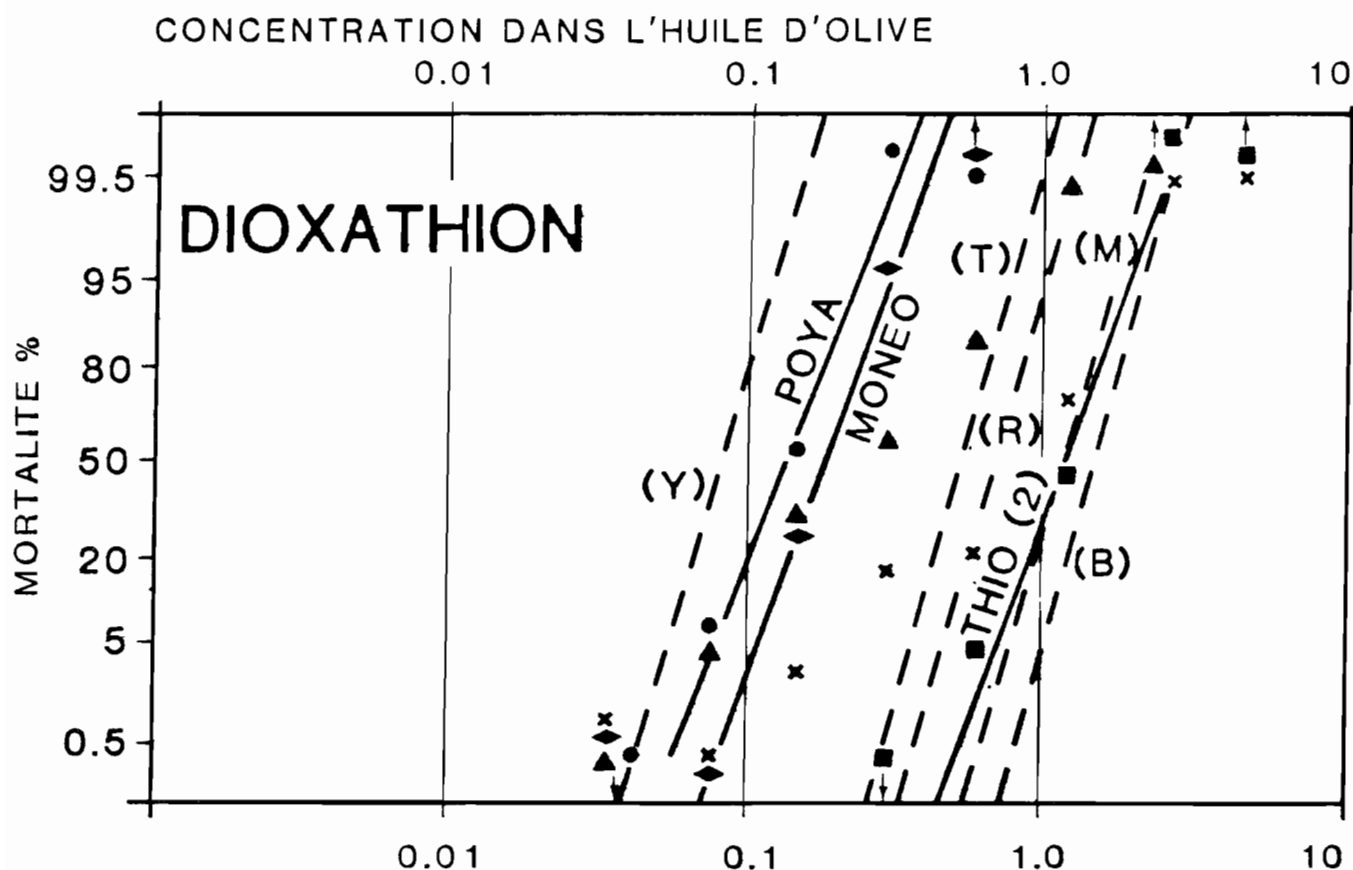
- ✕ THIO (1)
- POYA
- ▲ NAKETY
- THIO (2)
- ◆ MONEO

SOUCHES AUSTRALIENNES
DE REFERENCE

- (Y) YEERONGPILLY (SENSIBLE)
- (B) BIARRA (RESISTANTE)
- (T) TULLY (RESISTANTE)
- (R) RIDGELANDS (RESISTANTE)
- (M) MACKAY (RESISTANTE)

Figure : VIII

REPONSES AU DIOXATHION DE CINQ POPULATIONS
DE TIQUES DE NOUVELLE CALEDONIE EN COMPARAISON
AVEC LES SOUCHES AUSTRALIENNES DE REFERENCE.



NOUVELLE CALEDONIE
(LOCALITES)

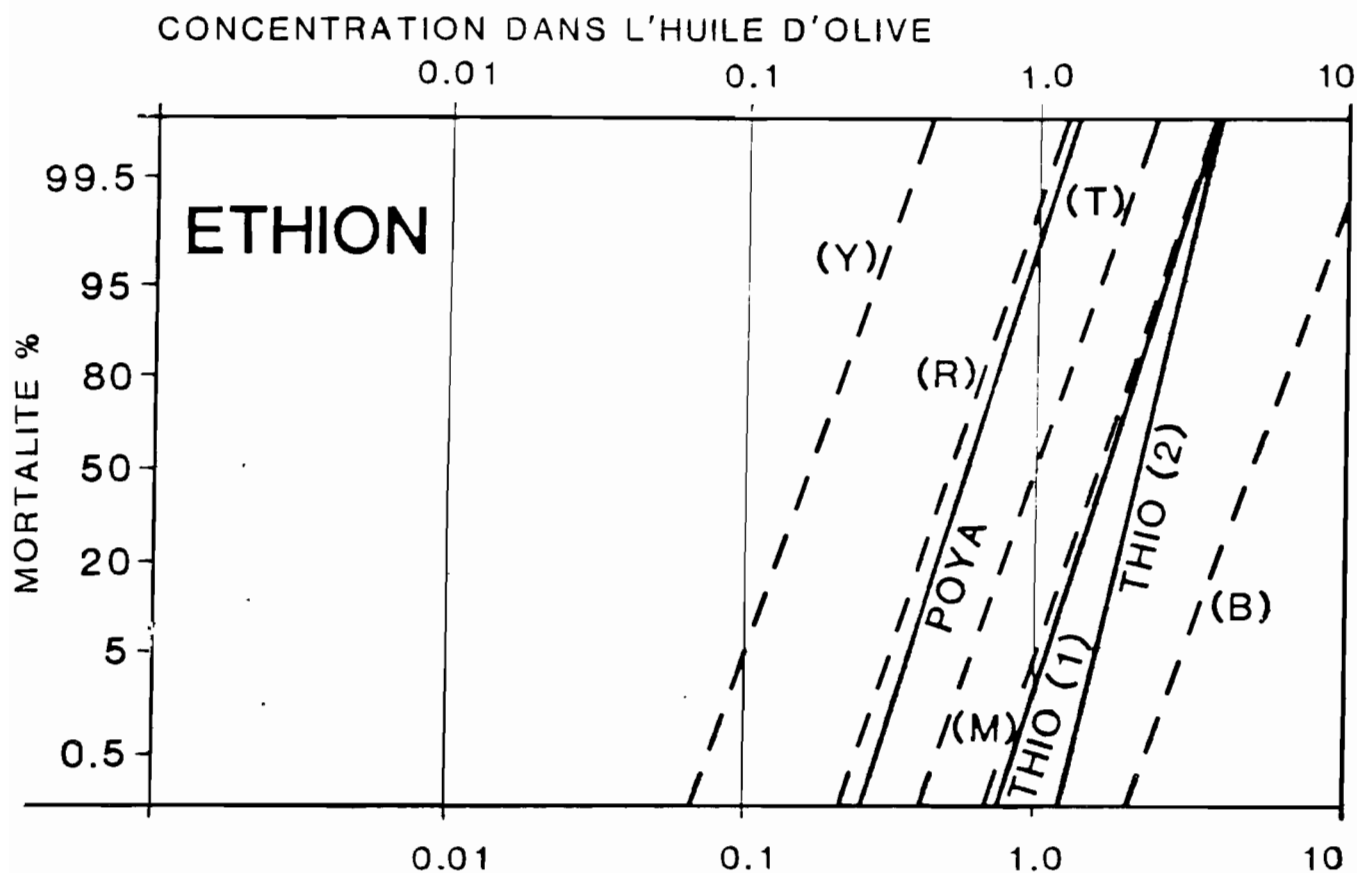
- * THIO (1)
- POYA
- ▲ NAKETY
- THIO (2)
- ◆ MONEO

SOUCHES AUSTRALIENNES
DE REFERENCE

- (Y) YEERONGPILLY (SENSIBLE)
- (B) BIARRA (RESISTANTE)
- (T) TULLY (RESISTANTE)
- (R) RIDGELANDS (RESISTANTE)
- (M) MACKAY (RESISTANTE)

Figure : IX

REPONSES A L'ETHION DE CINQ POPULATIONS
DE TIQUES DE NOUVELLE CALEDONIE EN COMPARAISON
AVEC LES SOUCHES AUSTRALIENNES DE REFERENCE.



NOUVELLE CALEDONIE
(LOCALITES)

- ✱ THIO (1)
- POYA
- ▲ NAKETY
- THIO (2)
- ◆ MONEO

SOUCHES AUSTRALIENNES
DE REFERENCE

- (Y) YEERONGPILLY (SENSIBLE)
- (B) BIARRA (RESISTANTE)
- (T) TULLY (RESISTANTE)
- (R) RIDGELANDS (RESISTANTE)
- (M) MACKAY (RESISTANTE)

TABLEAU I
(THIO - 2 -)

	Concentration %	Nombre testé	Mort	Mortalité %
- 1 - <u>DIAZINON</u>	0.019	279	1	0.4
	0,039	229	0	0
	0,078	342	71	20.8
	0.156	308	293	95.1
	0.312	331	331	100
	Témoin	255	0	0
	TOTAL		1.744	
- 2 - <u>DIOXATHION</u>	0.312	293	0	0
	0.625	368	15	4.1
	1,25	324	137	42.3
	2,50	361	360	99.7
	5	375	375	100
	Témoin	298	0	0
	TOTAL		2.019	
- 3 - <u>COUMAPHOS</u>	0,0312	321	0	0
	0.0625	428	2	0.5
	0,125	503	114	22.7
	0,25	495	427	86.3
	0,50	509	509	100
	Témoin	360	0	0
	TOTAL		2.616	

- 4 - <u>CYANOPHOS</u>	0.0095	309	0	0
	0.019	409	0	0
	0.039	375	2	0.5
	0,078	403	223	55.3
	0.156	400	399	99.7
	0.312	337	337	100
	Témoin	388	0	0

TOTAL	2.621		
-------	-------	--	--

- 5 - <u>CHLORPYRIFOS</u>	0,0078	362	1	0.3
	0,0156	500	2	0.4
	0,0312	466	108	23.2
	0,0625	487	481	98.8
	0,125	429	429	100
	Témoin	312	0	0

TOTAL	2.556		
-------	-------	--	--

- 6 - <u>CARBARYL</u>	0,00312	473	0	0
	0,00625	529	0	0
	0,0125	404	3	0.7
	0,025	505	91	18.0
	0,050	584	532	91.1
	0,1	491	490	99.8
	Témoin	451	0	0

TOTAL	3.437		
-------	-------	--	--

- 7 - <u>PROMACYL</u>	0,0312	347	0	0
	0,0625	413	2	0.5
	0.125	467	21	4.5
	0.25	540	337	62.4
	0.50	408	408	100
	Témoin	383	0	0

TOTAL	2.558			
-------	-------	--	--	--

- 8 - <u>ETHION</u>	0,5	385	5	1.3
<u>D.D.T.</u>	2	478	477	99.8
	Témoin	369	0	0

TOTAL	847			
-------	-----	--	--	--

TABLEAU II
(THIO - 1 -)

	Concentration %	Nombre testé	Mort	Mortalité %
- 1 - <u>DIAZINON</u>	0.0024	315	4	1.3
	0.0047	364	6	1.6
	0.0095	307	22	7.2
	0.019	417	81	19.4
	0.039	312	84	26.9
	0.078	391	283	72.4
	0.156	445	422	94.8
	0.312	410	410	100
	Témoin	353	5	1.4
TOTAL		3.314		
- 2 - <u>DIOXATHION</u>	0,019	269	0	0
	0,039	295	1	0.3
	0,078	269	2	0.7
	0,156	261	8	3.1
	0,312	295	45	15.2
	0,625	308	58	18.8
	1,25	298	209	70.1
	2,50	432	429	99.3
	5	329	329	100
	Témoin	223	1	0.4
TOTAL		2.979		

- 3 - COUMAPHOS

0,0078	334	0	0
0,0156	294	4	1.4
0,0312	273	14	5.1
0,0625	415	144	34.7
0,125	341	247	72.4
0,25	426	418	98.1
0,5	369	369	100
Témoin	302	2	0.7

TOTAL	2.754
-------	-------

- 4 - CYANOPHOS

0,0024	238	1	0.4
0,0047	295	3	1
0,0095	358	10	2.8
0,019	367	43	11.7
0,039	387	119	30.7
0,078	491	429	87.4
0,156	393	393	100
Témoin	284	3	1.1

TOTAL	2.813
-------	-------

- 5 - CHLORPYRIFOS

0,0039	287	8	2.8
0,0078	311	6	1.9
0,0156	273	75	27.5
0,0312	335	199	59.4
0,0625	372	370	99.5
0,125	359	359	100
Témoin	240	8	3.3

TOTAL	2.177
-------	-------

- 6 - <u>CARBARYL</u>	0,00078	279	0	0
	0,00156	282	3	1.1
	0,00312	337	18	5.3
	0,00612	407	40	9.8
	0,0125	372	36	9.7
	0,025	355	56	15.8
	0,05	335	285	85.1
	0,1	343	343	100
	Témoin	319	319	0

TOTAL	3.029		
-------	-------	--	--

- 7 - <u>PROMACYL</u>	0,0078	243	15	6.2
	0,0156	267	20	7.5
	0,0312	405	53	13.1
	0,0625	318	98	30.8
	0,125	340	175	51.5
	0,25	329	299	90.9
	0,5	440	439	99.8
	1	366	366	100
	Témoin	359	8	2.2

TOTAL	3.067		
-------	-------	--	--

- 8 - <u>ETHION</u>	0,5	355	21	5.91
---------------------	-----	-----	----	------

- 9 - <u>D.D.T.</u>	2	354	346	97.7
	Témoin	353	1	0.3

TOTAL	707		
-------	-----	--	--

TABLEAU III
(POYA)

	Concentration %	Nombre testé	Mort	Mortalité %
- 1 - <u>DIAZINON</u>	0,0047	261	1	0.4
	0.0095	300	57	19.0
	0,019	326	310	95.1
	0,039	347	347	100
	Témoin	394	3	0.8
	TOTAL	1.628		
- 2 - <u>DIOXATHION</u>	0,039	312	1	0.3
	0,078	314	18	5.7
	0,156	307	161	52.4
	0,312	346	345	99.7
	0,625	333	333	100
	Témoin	290	0	0
	TOTAL	1.902		
- 3 - <u>COUMAPHOS</u>	0,0156	270	0	0
	0,0312	325	0	0
	0,0625	307	29	9.4
	0,125	266	124	46.6
	0,25	285	281	98.6
	0,5	331	331	100
	Témoin	205	2	1
	TOTAL	1.989		

- 4 - <u>CYANOPHOS</u>	0,0047	279	1	0.4
	0.0095	321	246	76.6
	0,019	289	287	99.3
	0.039	334	334	100
	Témoin	252	0	0

TOTAL	1.475
-------	-------

- 5 - <u>CHLORPYRIFOS</u>	0,0039	235	0	0
	0.0078	279	1	0.4
	0,0156	250	100	40
	0.0312	355	354	99.7
	0.0625	323	323	100
	Témoin	300	0	0

TOTAL	1.742
-------	-------

- 6 - <u>CARBARYL</u>	0,00039	338	0	0
	0,00078	322	3	0.9
	0,00156	324	146	45.1
	0,00312	320	314	98.1
	0,00625	339	339	100
	Témoin	350	0	0

TOTAL	1.993
-------	-------

- 7 - <u>PROMACYL</u>	0,0156	327	0	0
	0,0312	285	0	0
	0,0625	263	67	25.5
	0,125	342	331	96.8
	0,25	288	288	100
	Témoin	271	0	0

TOTAL	1.776
-------	-------

- 8 - <u>ETHION</u>	0,5	299	44	14.71
---------------------	-----	-----	----	-------

- 9 - <u>D.D.T.</u>	2	301	296	98.3
---------------------	---	-----	-----	------

	Témoin	373	0	0
--	--------	-----	---	---

	TOTAL	674		
--	-------	-----	--	--

TABÉAU IV
(MONEO)

	Concentration %	Nombre testé	Mort	Mortalité %
- 1 - <u>DIAZINON</u>	0.0024	409	1	0.2
	0.0047	343	2	0.6
	0.0095	469	63	13.4
	0,019	553	525	94.9
	0.039	520	520	100
	Témoin	449	2	0.4
	TOTAL	2.743		
- 2 - <u>DIOXATHION</u>	0,039	349	0	0
	0,078	474	1	0.2
	0,156	411	110	26.8
	0,312	462	441	95.5
	0,625	431	431	100
	Témoin	370	0	0
	TOTAL	2.497		
- 3 - <u>COUMAPHOS</u>	0,0156	213	0	0
	0,0312	397	3	0.8
	0,0625	462	45	9.7
	0,125	414	131	31.6
	0,25	441	440	99.8
	0,5	198	198	100
	Témoin	347	0	0
	TOTAL	2.472		

- 4 - <u>CYANOPHOS</u>	0.0024	371	2	0.5
	0.0047	349	3	0.9
	0,0095	364	105	28.8
	0.019	437	436	99.8
	0.039	366	366	100
	Control	357	1	0.3

TOTAL	2.244
-------	-------

- 5 - <u>CHLORPYRIFOS</u>	0,0078	345	0	0
	0,0156	464	21	4.5
	0.0312	500	378	75.6
	0.0625	473	472	99.8
	0.125	465	465	100
	Témoin	350	0	0

TOTAL	2.597
-------	-------

- 6 - <u>CARBARYL</u>	0,00039	237	0	0
	0.00078	437	3	0.7
	0,00156	439	268	61.0
	0.00312	404	402	99.5
	0,00625	361	361	100
	Témoin	465	0	0

TOTAL	2.343
-------	-------

- 7 - PROMACYL	0.0156	195	0	0
	0.0312	383	4	1.
	0.0625	357	92	25.6
	0.125	429	413	96.3
	0.25	422	421	99.8
	0.50	416	416	100
	Témoin	457	0	0

TOTAL	2.659			
-------	-------	--	--	--

- 8 - <u>ETHION</u>	0.5	416	22	5.28
---------------------	-----	-----	----	------

- 9 - <u>D.D.T.</u>	2	528	515	97.5
	Témoin	354	0	0

TOTAL	882			
-------	-----	--	--	--

TABLEAU V
(NAKETY)

	Concentration %	Nombre testé	Mort	Mortalité%
- 1 - <u>DIAZINON</u>	0,0047	393	2	0.5
	0,0095	388	34	8.8
	0,019	407	124	30.5
	0,039	313	152	48.6
	0,078	301	226	75.1
	0,156	461	444	96.3
	0,312	328	328	100
	Témoin	313	2	0.6
TOTAL		2.904		
- 2 - <u>DIOXATHION</u>	0,039	287	3	1
	0,078	359	32	8.9
	0,156	331	105	31.7
	0,312	509	293	57.6
	0.625	525	449	85.5
	1,25	486	482	99.2
	2,50	343	343	100
	Témoin	451	22	4.9
TOTAL		3.291		
- 3 - <u>COUMAPHOS</u>	0,0078	400	11	0.6
	0,0156	424	18	2.1
	0,0312	362	56	13.7
	0,0625	417	384	91.9
	0,125	487	487	100
	Témoin	339	7	2.1
TOTAL		2.429		

- 4 - <u>CYANOPHOS</u>	0.0024	296	1	0.3
	0,0047	389	8	2.1
	0,0095	377	9	2.4
	0,019	394	143	36.3
	0,039	448	357	79.7
	0,078	354	351	99.1
	0,156	331	331	100
	Témoin	301	3	1

TOTAL	2.890
-------	-------

- 5 - <u>CHLORPYRIFOS</u>	0,0039	340	18	5.3
	0,0078	453	71	15.7
	0,0156	384	158	41.1
	0,0312	435	373	85.7
	0,0625	394	393	99.7
	0,125	366	366	100
	Témoin	285	0	0

TOTAL	2.657
-------	-------

- 6 - <u>CARBARYL</u> [*]	0,00039	128	1	0.8
	0,00078	162	0	0
	0,00156	133	18	13.5
	0,00312	164	64	39.0
	0,00625	155	73	47.1
	0,0125	133	76	57.1
	0,025	146	122	83.6
	0.05	173	171	98.8
	0.1	166	166	100
	Témoin	120	1	0.8

TOTAL	1.480
-------	-------

- 7 - <u>PROMACYL</u>	0,0078	312	4	1.3
	0,0156	350	9	2.6
	0,0312	343	164	47.8
	0,0625	347	291	83.9
	0,125	451	441	97.8
	0,25	373	371	99.5
	0,50	281	281	100
	Témoin	280	4	1.4

TOTAL	2.737
-------	-------

- 8 - <u>ETHION</u>	0,5	277	270	97.5
---------------------	-----	-----	-----	------

- 9 - <u>D.D.T.</u>	2	490	489	99.8
	Témoin	356	1	0.3

TOTAL	846
-------	-----