

**Étude de la réceptivité  
à *Plasmodium yoelii yoelii*  
d'*Anopheles stephensi*  
soumis au stade adulte  
à des doses toxiques  
de différents pyréthri-noïdes**

Nohal ELISSA <sup>(1)</sup>,  
Christiane SANNIER <sup>(1)</sup>, Jean COZ <sup>(2)</sup>

---

**Résumé**

L'évaluation de l'activité antiplasmodique de trois pyréthri-noïdes : deltaméthrine, bioalléthrine et fenvalerate, utilisés à des doses sublétales contre les adultes d'*Anopheles stephensi* révèle une action défavorable sur le développement de *Plasmodium yoelii yoelii*. Par contre, aucune influence à la suite de l'utilisation d'un quatrième produit : la cyperméthrine, n'a été observée.

**Mots-clés** : Réceptivité — *Plasmodium yoelii yoelii* — *Anopheles stephensi* — Pyréthri-noïdes.

---

**Summary**

STUDY ON THE RECEPTIVITY TO *PLASMODIUM YOELII YOELII* OF *ANOPHELES STEPHENSI* SUBMITTED AT THE ADULT STAGE TO TOXIC DOSES OF DIFFERENT PYRETHROIDS. Four pyrethroids : deltamethrin, bioallethrin, cypermethrin and fenvalerate have been tested for their antiplasmodic activity. Experiments are made on adult females of *Anopheles stephensi* infected by *Plasmodium yoelii yoelii* by pulverisation with a Potter tower. Each insecticide is used at sublethal doses (mortality is in between 12 and 50 %). After two weeks, dissections are made and the plasmodial infection rate is evaluated more by the presence of sporozoites in the salivary glands than by that of oocysts on the external side of the stomach wall. As a result, this infection rate was somewhat lower in tested batches by deltamethrin, bioallethrin and fenvalerate than in control batches and tested batches by cypermethrin. Two hypotheses are established to explain this result : it may be either a direct effect of these pyrethroids on the parasite making him unable to continue his life or an indirect effect on mosquitoes which, owing to physiological perturbations binded to intoxication by insecticides, would block the evolution of the cycle.

**Key words** : Receptivity — *Plasmodium yoelii yoelii* — *Anopheles stephensi* — Pyrethroids.

De précédents résultats (Elissa *et al.*, 1986) ont montré l'action de la deltaméthrine sur l'évolution du cycle sporogonique de *Plasmodium yoelii yoelii* chez des anophèles dont les larves ont été traitées à des doses sublétales de cet insecticide. Cette action se traduit par le ralentissement et parfois l'inhibition du développement du *Plasmodium* chez les anophèles.

Nous avons poursuivi ces expérimentations en traitant, toujours à des doses sublétales, des anophèles adultes avec quatre pyréthri-noïdes différents : deltaméthrine, bioalléthrine, cyperméthrine et fenvalerate, dans le but, d'une part, de compléter les résultats obtenus précédemment et, d'autre part, de comparer l'action de ces différents insecticides.

---

(1) Laboratoire d'Entomologie médicale, ORSTOM, 70-74 route d'Aulnay, 93140 Bondy, France.

(2) Directeur du laboratoire d'Entomologie médicale, même adresse.

## 1. Matériel et méthodes

Les insecticides utilisés au cours des traitements sont : la deltaméthrine, la bioalléthrine, la cyperméthrine et le fenvalérate dont les structures sont représentées figure 1.

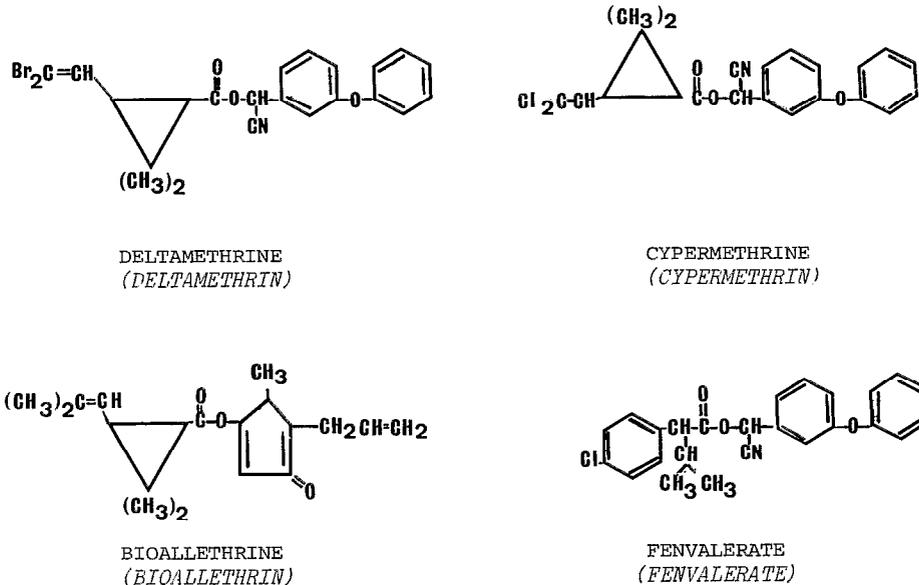


FIG. 1. — Structure des pyréthrinoïdes utilisés. Structure of pyrethroids used

en tulle moustiquaire plastique semi-rigide (77 mm de diamètre  $\times$  90 mm de hauteur). L'une des extrémités est fermée par un tulle en tissu dont un orifice permet l'introduction des moustiques. L'autre extrémité, fermée par le tulle moustiquaire plastique, est dirigée vers le haut, face au gicleur (photo 2).

Trois séries de tests avec la deltaméthrine ont été effectuées en suivant deux protocoles différents. Un seul protocole a été retenu pour mener une série de tests avec chacun des trois autres insecticides : bioalléthrine, cyperméthrine et fenvalérate.

Les lots témoins reçoivent une pulvérisation d'alcool absolu.

Dans le premier test avec la deltaméthrine (série n° 1, tabl. I), des femelles n'ayant effectué aucun repas sanguin constituent notre effectif expérimental. Les lots traités reçoivent une pulvérisation de deltaméthrine à une concentration de 0,03 mg/l provoquant une mortalité théorique de 60 %. Les infestations paludéennes ont été effectuées simultanément pour les lots témoins et les lots traités 24 heures après les pulvérisations.

Des femelles d'*Anopheles stephensi* sont traitées aux insecticides par pulvérisation au moyen d'une tour de Potter (S. T-4 laboratory tower, photo 1) sous une pression de 5 lb/in<sup>2</sup>.

Plusieurs lots de 50 femelles âgées de sept à dix jours sont introduits dans de petites cages cylindriques

Dans les autres séries, le protocole est inversé : les traitements sont effectués après la prise de sang infectieux.

Pour les deux autres séries de tests avec la deltaméthrine (séries n° 2 et 3, tabl. I), chaque cage a reçu une pulvérisation de 0,03 mg/l provoquant 12 % de mortalité chez les femelles gorgées (une différence de mortalité entre les femelles à jeun et les femelles gorgées a été observée par David et Bracey en 1946). Pour la série n° 4 avec la bioalléthrine, chaque cage est soumise à une dose de 4 mg/l provoquant 30 % de mortalité. Dans la série n° 5 effectuée avec la cyperméthrine, la dose de 0,5 mg/l ayant provoquée 50 % de mortalité a été utilisée. Quant à la dernière série de tests (série n° 6), chaque cage a été traitée au fenvalérate avec une concentration de 3 mg/l (20 % de mortalité).

La lecture des mortalités a lieu après les traitements. Les survivants sont mis en observation pendant le déroulement du cycle plasmodial. Les effectifs restants sont disséqués deux semaines après les repas sanguins infectieux pour contrôler les infestations.

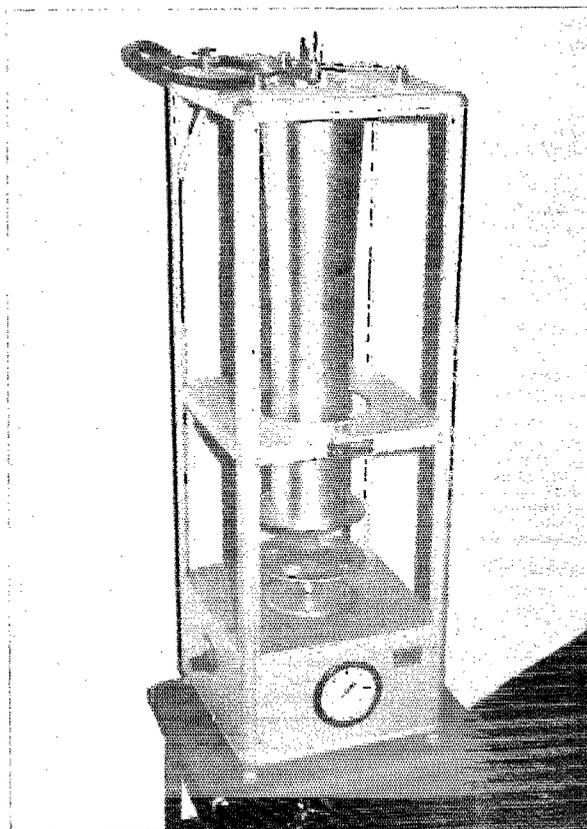


PHOTO 1. — Tour de Potter (S.T.-4 Laboratory tower). *Potter tower (S.T.-4 Laboratory tower)*

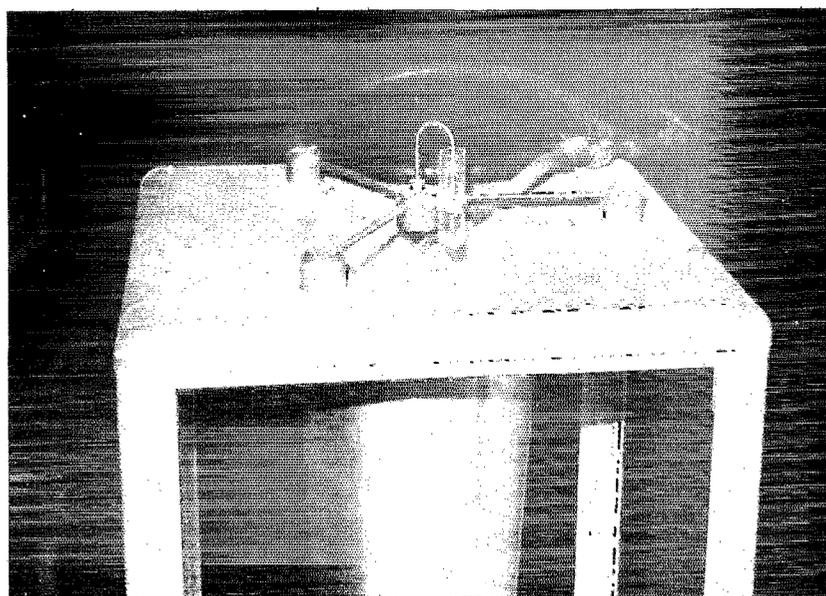


PHOTO 2. — Gicleur de la tour de Potter situé en haut de l'appareil. *Potter tower's atomizer situated at the top of the apparatus*

TABLEAU I

Effet de quatre pyréthri-noïdes sur la réceptivité à *Plasmodium yoelii yoelii* d'*Anopheles stephensi* soumis au stade adulte à des doses sublétales de ces insecticides. *Effect of four pyrethroids on the receptivity to Plasmodium yoelii yoelii of Anopheles stephensi submitted at the adult stage to sublethal doses of these insecticides*

Séries	Lots	Nº de moustiques utilisés	% mortalité à 24h	Nº de femelles survivantes et disséquées	% femelles ayant des oocystes	$\chi^2$ de Pearson	% femelles ayant des sporozoïtes	$\chi^2$ de Pearson
Series	Batches	Nº of mosquitoes used	% mortality at 24h	Nº of females surviving and dissected	% females with oocysts	$\chi^2$ of Pearson	% females with sporozoites	$\chi^2$ of Pearson
1	Témoin Control	150	0	20	100	27,14 ddl = 2 (df) = 2 p < 0,001	65	6,46 ddl = 1 (df) = 1 p < 0,02
	Deltaméthrine Deltamethrin 0,03 mg/l	400	60	20	45		25	
2	Témoin Control	120	0	81	97,6	NS*	69,7	4,77 ddl = 1 (df) = 1 p < 0,05
	Deltaméthrine Deltamethrin 0,03 mg/l	450	12	81	97,6		46,5	
3	Témoin Control	150	0	84	93,3	NS*	50	NS*
	Deltaméthrine Deltamethrin 0,03 mg/l	400	12	84	90		65	
4	Témoin Control	150	0	60	68,3	NS*	68,3	4,93 ddl = 1 (df) = 1 p < 0,05
	Bioalléthrine Bioallethrin 4 mg/l	400	30	60	55		48,3	
5	Témoin Control	200	0	30	96,7	NS*	67,7	NS*
	Cyperméthrine Cypermethrin 0,5 mg/l	400	50	30	96,7		77,4	
6	Témoin Control	160	0	34	100	NS*	76,4	10,16 ddl = 1 (df) = 1 p < 0,001
	Fenvalérate Fenvalerate 3 mg/l	250	20	34	97		38,2	

\* NS : test non significatif. \* non significant test

## 2. Résultats

Réceptivité à *P. y. yoelii* d'*A. stephensi* soumis au stade adulte à des doses sublétales de quatre pyréthri-noïdes.

Les résultats, consignés dans le tableau I, montrent un effet très significatif quant au blocage du cycle complet du *P. y. yoelii* chez des moustiques traités avec certains pyréthri-noïdes, notamment la deltaméthrine, la bioalléthrine et le fenvalérate. Il n'y a pas eu d'effet de réduction ou de blocage du cycle sporogonique à la suite du traitement à la cyperméthrine.

Dans les deux premières séries traitées à la deltaméthrine, ce blocage est situé autant au niveau de l'appari-tion des oocystes que celui des sporozoïtes (tabl. II et

III). Cependant, dans les séries exposées aux traitements à la bioalléthrine et au fenvalérate, l'action se manifeste principalement au niveau de la réduction des charges sporozoïtiques chez les adultes survivants traités. Les résultats de ces deux séries permettraient de penser que ce blocage s'effectuerait après la formation des oocystes.

Il est néanmoins nécessaire de souligner l'importance des charges oocystiques. Nous avons établi pour chaque moustique disséqué différentes classes pour désigner la quantité d'oocystes présents sur l'estomac (tabl. II à VII) :

- : absence d'oocystes.
- + : < 10 oocystes.
- ++ : de 10 à 40 oocystes.
- +++ : > 40 oocystes.

TABLEAU II

Tests avec la deltaméthrine (première série). Tests with deltamethrin (first series)

	NOMBRE D'OOCYSTES PAR FEMELLE NUMBER OF OOCYSTS PER FEMALE				TOTAL
	+++	++	+	-	
TEMOIN CONTROL	15	2	3	0	20
TRAITE TREATED	0	1	8	11	20

Répartition des charges oocystiques. Repartition of the oocystic charges  
 — : absence d'oocystes. Absence of oocysts  
 + : < 10 oocystes. < 10 oocysts  
 ++ : de 10 à 40 oocystes. From 10 to 40 oocysts  
 +++ : > 40 oocystes. > 40 oocysts

TABLEAU III

Tests avec la deltaméthrine (seconde série). Tests with deltamethrin (second series)

	NOMBRE D'OOCYSTES PAR FEMELLE NUMBER OF OOCYSTS PER FEMALE				TOTAL
	+++	++	+	-	
TEMOIN CONTROL	42	23	11	5	81
TRAITE TREATED	28	19	30	4	81

Répartition des charges oocystiques. Repartition of the oocystic charges  
 — : absence d'oocystes. Absence of oocysts  
 + : < 10 oocystes. < 10 oocysts  
 ++ : de 10 à 40 oocystes. From 10 to 40 oocysts  
 +++ : > 40 oocystes. > 40 oocysts

TABLEAU IV

Tests avec la deltaméthrine (troisième série). Tests with deltamethrin (third series)

	NOMBRE D'OOCYSTES PAR FEMELLE NUMBER OF OOCYSTS PER FEMALE				TOTAL
	+++	++	+	-	
TEMOIN CONTROL	40	22	19	3	84
TRAITE TREATED	40	19	16	9	84

Répartition des charges oocystiques. Repartition of the oocystic charges  
 — : absence d'oocystes. Absence of oocysts  
 + : < 10 oocystes. < 10 oocysts  
 ++ : de 10 à 40 oocystes. From 10 to 40 oocysts  
 +++ : > 40 oocystes. > 40 oocysts

TABLEAU V

Tests avec la bioallethrine. Tests with bioallethrin

	NOMBRE D'OOCYSTES PAR FEMELLE NUMBER OF OOCYSTS PER FEMALE				TOTAL
	+++	++	+	-	
TEMOIN CONTROL	6	9	26	19	60
TRAITE TREATED	7	12	14	27	60

Répartition des charges oocystiques. Repartition of the oocystic charges  
 — : absence d'oocystes. Absence of oocysts  
 + : < 10 oocystes. < 10 oocysts  
 ++ : de 10 à 40 oocystes. From 10 to 40 oocysts  
 +++ : > 40 oocystes. > 40 oocysts

TABLEAU VI

Tests avec la cyperméthrine. Tests with cypermethrin

	NOMBRE D'OOCYSTES PAR FEMELLE NUMBER OF OOCYSTS PER FEMALE				TOTAL
	+++	++	+	-	
TEMOIN CONTROL	26	4	0	0	30
TRAITE TREATED	23	7	0	0	30

Répartition des charges oocystiques. Repartition of the oocystic charges  
 — : absence d'oocystes. Absence of oocysts  
 + : < 10 oocystes. < 10 oocysts  
 ++ : de 10 à 40 oocystes. From 10 to 40 oocysts  
 +++ : > 40 oocystes. > 40 oocysts

TABLEAU VII

Tests avec le fenvalérate. Tests with fenvalerate

	NOMBRE D'OOCYSTES PAR FEMELLE NUMBER OF OOCYSTS PER FEMALE				TOTAL
	+++	++	+	-	
TEMOIN CONTROL	22	4	8	0	34
TRAITE TREATED	25	3	5	1	34

Répartition des charges oocystiques. Repartition of the oocystic charges  
 — : absence d'oocystes. Absence of oocysts  
 + : < 10 oocystes. < 10 oocysts  
 ++ : de 10 à 40 oocystes. From 10 to 40 oocysts  
 +++ : > 40 oocystes. > 40 oocysts

### 3. Conclusion

Il semble, au vu des résultats que nous avons obtenu, que le cycle sporogonique complet se réalise difficilement chez les moustiques ayant été en contact avec certains pyréthriinoïdes.

Les survivants des adultes d'*A. stephensi* traités par de faibles concentrations de pyréthriinoïdes témoignent d'une réceptivité au *Plasmodium* significativement plus faible que les insectes sains. Si le blocage se situe déjà au niveau des oocystes, à la suite des traitements à la deltaméthrine, il n'apparaît de façon significative qu'à l'apparition des sporozoïtes dans les glandes salivaires chez les femelles traitées par la bioalléthrine et le fenvalérate. Le traitement à la cyperméthrine, par contre, ne semble pas avoir une incidence sur le cycle.

Deux hypothèses sont envisageables pour expliquer ce blocage du cycle chez le vecteur :

— soit un effet direct de ces pyréthriinoïdes sur le parasite, le rendant incapable de poursuivre son cycle ;  
— soit par effet sur le moustique qui, du fait de perturbations physiologiques liées à l'intoxication par l'insecticide, deviendrait inapte à l'évolution du cycle.

A ce stade de l'expérimentation il n'est pas possible de conclure quant au mécanisme en cause. Les observations sont très en faveur de l'existence de perturbations physiologiques durables chez les moustiques ayant survécu à des traitements aux pyréthriinoïdes. D'autre part, les effets observés *in vitro* sur des cultures de *P. falciparum* soumises à des concentrations de deltaméthrine (Carle *et al.*, 1986) semblent aussi expliquer la diminution de l'infestation des anophèles traités par certains pyréthriinoïdes.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 22 décembre 1987.

### BIBLIOGRAPHIE

- DAVID (W. A. L.) et BRACEY (P.), 1946. — Factors influencing the interaction of insecticidal mists on flying insects. *Bull. ent. Res.*, 37, 2 : 177-190.
- CARLE (P. P.), COZ (J.), ELISSA (N.), GASQUET (M.), SANNIER (C.), RICHARD (A.) et TIMON-DAVID (P.), 1986. — Activité antiplasmodique intravectorielle d'un pyréthriinoïde : la deltaméthrine. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 303, série III, n° 13.
- ELISSA (N.), SANNIER (C.) et COZ (J.), 1986. — La réceptivité à *Plasmodium yoelii yoelii* d'Anophèles soumis à des doses sublétales de deltaméthrine. IV<sup>e</sup> Congrès sur la Protection de la Santé Humaine et des Cultures en Milieu Tropical, Marseille 2-3-4 juillet 1986.