

ACTES DES COLLOQUES INSECTES SOCIAUX

Édités par l'Union Internationale pour l'Étude des Insectes Sociaux
Section française

VOL. 4 – COMPTE RENDU COLLOQUE ANNUEL,

PAIMPONT 17-19 Sept. 1987



Charles Fernal
1899

TOXICITE DES ALCALOIDES DE FOURMIS

Nouveaux insecticides naturels

par

P.ESCOUBAS⁽¹⁾, J.L.CLEMENT⁽²⁾, M.S. BLUM⁽²⁾T.H.JONES⁽²⁾, G.LHOMMET⁽³⁾, J.P.CELERIER⁽³⁾*(1) Université Paris VI, Lab. d'Evolution, 105 Bd Raspail, 75006 Paris**(2) University of Georgia, Dept. of Entomology, ATHENS, Ga 30602 USA**(3) Université Paris VI, Lab. de Chimie Organique et Structurale,
4 place Jussieu, 75005 Paris***RESUME :**

Les alcaloïdes de fourmis sont des insecticides naturels. Leur toxicité a été testée contre différentes espèces d'insectes et comparée avec celle d'insecticides commerciaux. Bien que leur toxicité soit variable, ces composés représentent un domaine peu exploité de l'écologie chimique, pour le développement de nouveaux pesticides naturels.

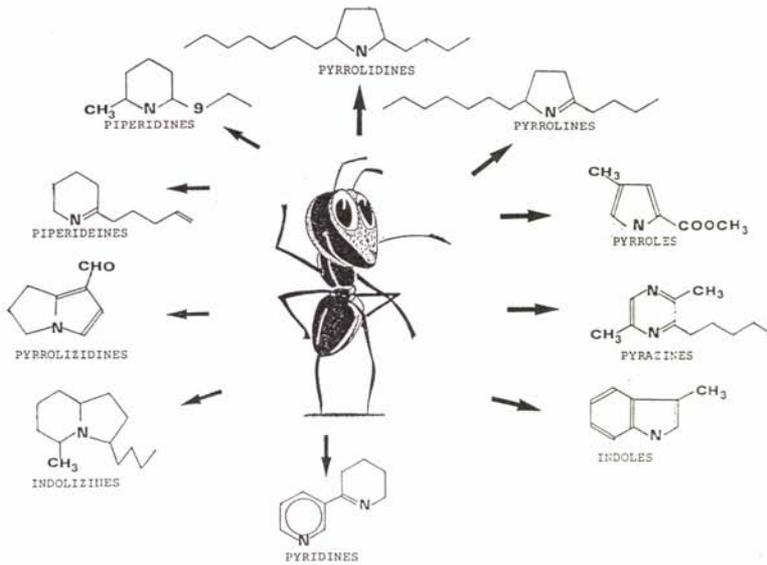
MOTS - CLES : Alcaloïdes, pyrrolidines, piperidines, fourmis, termites, insecticides.

SUMMARY :

Natural alkaloids have an insecticidal activity against termites and other insects. Among these compounds, piperidines and pyrrolidines are the most toxic ones.

Their activity was assayed in a LD50 test where arthropods alkaloids generally demonstrated insecticidal activity. However, although many of these molecules are produced as defensive compounds, many of them are probably multifunctional as well. They represent a very broad field of investigation for anyone interested in the development of naturally occurring alkaloids as new pesticides

KEYWORDS : Alkaloids, pyrrolidines, piperidines, ants, termites, insecticides.



*Figure 1 : Alcaloïdes émis par les fourmis
(D'après JONES & BLUM , 1982)*

INTRODUCTION :

Les arthropodes secrètent de nombreux composés à rôle défensif, et parmi ceux-ci un grand nombre d'alcaloïdes. Ces molécules, généralement de petite taille, possèdent au moins un hétérocycle azoté. Elles furent tout d'abord étudiées chez les plantes pour leur rôle pharmaceutique, puis chez les animaux. De nombreux alcaloïdes ont été isolés chez les arthropodes, et nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux composés produits par les fourmis et à leur activité insecticide (Figure 1). En effet nombre de ces molécules sont utilisées comme substances défensives ou comme armes chimiques.

Chez les fourmis du genre *Monomorium*, ces alcaloïdes sont des toxines de contact utilisées lors de la prédation sur les termites du genre *Reticulitermes*, avec une très grande efficacité. Une adaptation comportementale et morphologique correspondant à ce mode particulier de dépôt, peut être constatée chez ces fourmis.

Nous avons évalué au laboratoire l'efficacité de ces molécules, et l'avons comparée à celles d'autres alcaloïdes et d'insecticides commerciaux.

MATERIEL ET METHODES :

La toxicité des différents alcaloïdes a été évaluée par un test d'application topique sur des termites du genre *Reticulitermes*.

Les ouvriers de termites isolés par lots de dix, reçoivent individuellement 1 l d'une solution pentanique du produit. Une gamme de dilutions est réalisée pour chaque test (de 0,1 à 50 mg/ml). Les morts sont dénombrés après 20 heures. La courbe corrélant le nombre de morts à la dose de toxique, d'allure sigmoïde, est linéarisée par la méthode des logits.

Ceci permet le calcul de la dose létale 50 (DL50) exprimée en $\mu\text{g}/\text{mg}$ d'insecte.

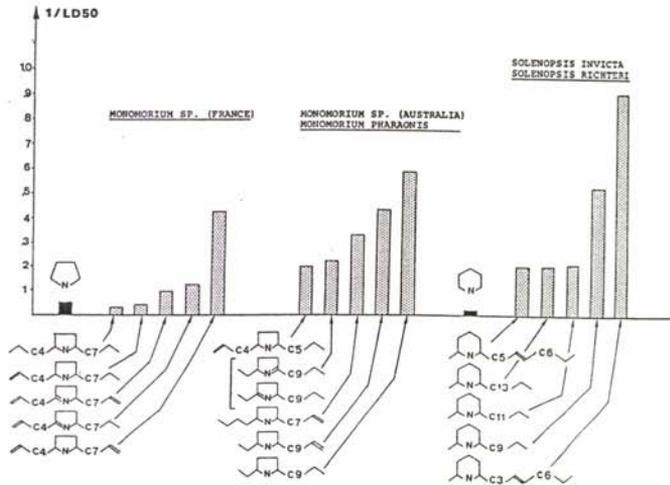


Figure 2 : Toxicité comparée des pyrrolidines, pyrrolines et pipéridines naturelles de fourmis contre *Reticulitermes*.
(DL50 exprimées en g/mg de termite)

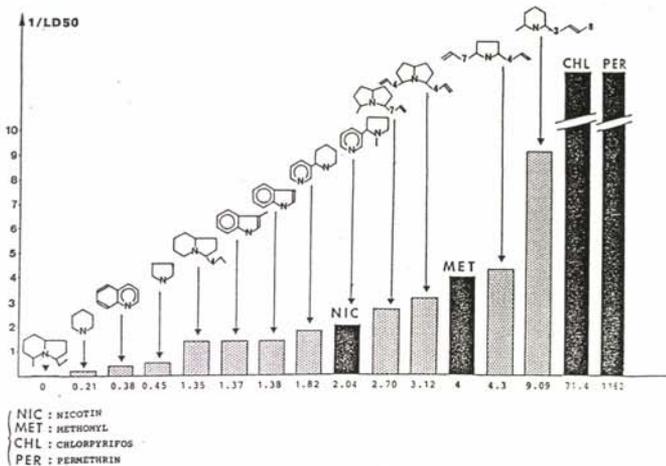


Figure 3 : Toxicité comparée d'alkaloïdes naturels contre *Reticulitermes* (DL50 en g/mg de termite).

RESULTATS :

L'activité des alcaloïdes contenus dans la glande à venin de *Monomorium* a été comparée à celle d'insecticides (tableau 1).

	Formule	DL50/Reticulitermes
PYR1		0.23 +/- 0.02
PYR2		2.79 +/- 0.05
PYR3		3.34 +/- 0.48
PYR4		1.07 +/- 0.08
PYR5		0.81 +/- 0.08
METHOMYL		0.25 +/- 0.02
NICOTINE		0.49 +/- 0.02
DIELDRINE		0.01 +/- 0.002

Tableau 1 : Toxicité des alcaloïdes de *Monomorium*

D'autre part, des tests menés sur des produits de structures chimiques analogues (pipéridines et pyrrolidines), mais provenant de différentes espèces de fourmis (*Monomorium* et *Solenopsis* ssp.), ont montré que la toxicité par contact de tous ces produits était très comparable (figure 2).

En ce qui concerne les alcaloïdes naturels, la toxicité des divers composés est variable, sans être toutefois négligeable. Les pyrrolidines et pipéridines figurent parmi les molécules les plus toxiques (figure 3).

Cependant les rôles biologiques de ces divers composés, ainsi que leurs modes d'application dans la nature, sont certainement très différents et ne peuvent être reflétés par un seul test de toxicité. Malgré tout, nombre de ces substances sont employées comme armes chimiques, ou comme substances défensives au sein des écosystèmes.

Les pipéridines et pyrrolidines peuvent toutefois être considérées comme de véritables insecticides naturels: elles sont utilisées en tant que tels par les fourmis et sont toxiques pour de nombreuses espèces d'insectes (figure 4).

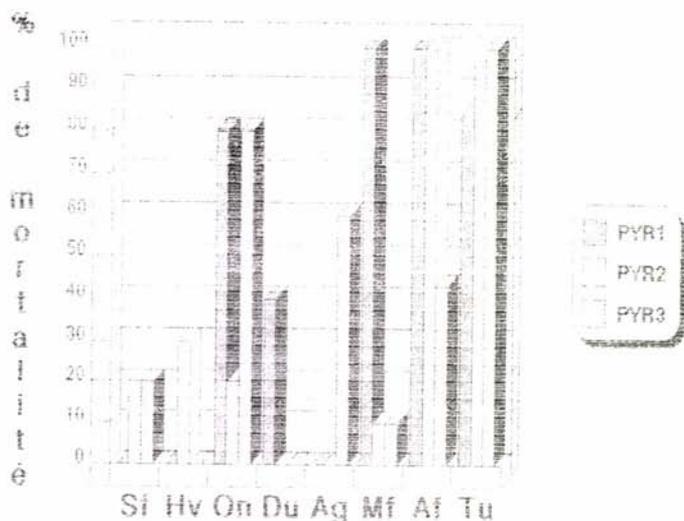


Figure 4 : Mortalité de 8 espèces d'insectes pour 3 pyrrolidines naturelles de *Monomorium* (PYR1, PYR2, PYR3 : dose de 1000 ppm en spray).

Sf = *Spodoptera frugiperda*

Hv = *Heliothis virescens*

On = *Ostrinia nubilalis*

Du = *Diabrotica undecimpunctata*

Ag = *Anthonomus grandis*

Mf = *Macrostelus fascifrons*

Af = *Aphis fabae*

Tu = *Tetranychus urticae*

Cependant, la fourmi elle-même n'est pas intoxiquée par son propre venin: la dose létale 50 du produit le plus toxique contre les termites (PYR1), est 330 fois plus élevée pour la fourmi que pour sa proie.

(DL50 *Monomorium* = 75,3 $\mu\text{g}/\text{mg}$ insecte)

(DL50 *Reticulitermes* = 0,23 $\mu\text{g}/\text{mg}$ d'insecte)

Il semble donc bien que la fourmi émettrice du venin soit auto-protégée contre l'action de celui-ci.

CONCLUSION :

Les alcaloïdes d'arthropodes, et de fourmis en particulier, peuvent agir comme toxines de contact lors des actions de prédation ou pour la défense d'un individu ou d'une société. Ce sont alors de véritables insecticides, utilisés comme armes chimiques.

Ces molécules possèdent des propriétés physico-chimiques très particulières et intéressantes du point de vue de leur toxicité, puisqu'elles sont capables de traverser la protection épicuticulaire des insectes-cibles.

Les alcaloïdes toxiques émis par les arthropodes sont intéressants en tant que source de nouveaux pesticides naturels. Cependant leur diversité de structure implique des modes d'action et des rôles biologiques variés, malgré une fonction commune de défense. Ils constituent un domaine encore peu exploré du point de vue fonctionnel et un champ d'investigation très large pour la découverte de nouvelles molécules d'intérêt agrochimique ou pharmacologique.

REFERENCES :

- BLUM MS, 1985
Alkaloïdal ant venoms, chemistry and biological activities.
ACS Symposium ser. USA (1985) 276, pp.393-408
- BRAND, BLUM MS, FALES HM, MacCONNELL JG, 1972
Fire ant venoms: comparative analysis of alkaloïdal constituents.
Toxicon, 10, pp.306-307
- CLEMENT JL, LEMAIRE M, LANGE C. 1986
Toxicité à l'égard des termites du genre *Reticulitermes* des pyrrolidines et pyrrolines de la glande à poison de *Monomorium minutum*.
C.R.Acad.Sci.Paris,T.303,série III,N°6,pp.669-672
- JONES TH, BLUM MS, FALES HM, 1982
Ant venom alkaloïds from *Solenopsis* and *Monomorium* species. Recent developments.
Tetrahedron, 38, N°13, pp.1949-1958
- JONES TH, BLUM MS, 1982
Arthropods alkaloïds: distribution, function and chemistry.
In " Alkaloïds, chemical and biological perspectives ". SW PELLETIER Ed. pp. 33-84
- HERMANN HR, BLUM MS, 1981
Defensive mechanisms in the social hymenoptera
In " Social insects Vol.II ". Acad.Press pp.77-197