

**Etude comparative de l'efficacité d'appâts  
toxiques utilisables contre  
*Wasmannia auropunctata***

**Lettre de commande Province Sud-IRD  
N°6049-3330/ DRN/PRT du 05/08/2003**

**H. Jourdan & J. Chazeau**

US 001- Enbiopac  
Laboratoire de Zoologie Appliquée  
IRD  
BP A5 -98848 Nouméa Cedex

# Etude comparative de l'efficacité d'appâts toxiques utilisables contre *Wasmannia auropunctata*

Hervé Jourdan & Jean Chazeau

US001 ENBIOPAC – Laboratoire Zoologie Appliquée - IRD Nouméa

## Contexte et objectif de l'étude

Native d'Amérique centrale et tropicale, à l'Est de la région andine, la petite fourmi de feu *Wasmannia auropunctata* (Roger) progresse en Nouvelle-Calédonie depuis son introduction accidentelle, datant d'une quarantaine d'années. Cette invasion a des conséquences majeures pour l'agriculture, l'économie et le bien-être des populations, en particulier, du fait de sa piqûre et son mutualisme avec les hémiptères phytophages (Chazeau *et al.* 2000, 2002; Maïrouch 2002). Ubiquiste et opportuniste, cette fourmi pionnière colonise aussi bien les milieux agricoles et urbains que les milieux naturels, où son impact est sensible sur les faunes (Jourdan 1999 ; Jourdan *et al.* 2001, 2002, Le Breton *et al.* 2003). Son extension est particulièrement préoccupante pour la conservation des habitats naturels néo-calédoniens (forêt dense humide, forêt sclérophylle, maquis minier ...). L'éradication est un but idéal, qui n'a été atteint qu'exceptionnellement dans l'histoire de la lutte contre les pestes agricoles. Il est donc indispensable de disposer d'outils de contrôle et de management permettant de stopper, ralentir ou maintenir à un niveau de nuisance faible des populations en progression dans des zones reconnues d'intérêt patrimonial par les services en charge de la gestion de l'environnement.

L'arsenal chimique disponible pour lutter contre les fourmis comprend des insecticides de contact plus ou moins rémanents (utilisés notamment dans le cadre de traitements de type barrière autour d'infrastructures), des toxiques par ingestion (inhibiteurs métaboliques à effet retard) et des inhibiteurs de croissance des insectes (analogues de l'hormone juvénile (JH) ou inhibiteurs de la synthèse de la chitine).

Les 2 dernières catégories font appel à des appâts empoisonnés. La nature de l'appât mis en œuvre varie selon l'espèce cible. En jouant sur leur attractivité, qui diffère selon les préférences alimentaires des espèces, on obtient une action mieux ciblée, qui permet d'utiliser des concentrations de matière active et des doses d'applications plus faibles. On peut alors parler d'appâts à faible toxicité « *low dose toxicants* » (Klotz *et al.* 1997). L'utilisation d'appâts met à profit le comportement social des fourmis, qui amplifie l'action des toxiques grâce aux transports des appâts vers les nids (Klotz *et al.* 1997). Ils offrent donc les meilleures perspectives pour un contrôle à long terme des populations de fourmis envahissantes.

L'objectif de l'étude est l'évaluation comparative au laboratoire de l'appétence et de la toxicité, vis à vis de *Wasmannia auropunctata*, de trois produits insecticides qui ont été développés pour lutter contre la fourmi de feu *Solenopsis invicta*.

## Matériel et méthodes

### 1) Récolte des Fourmis dans leur milieu naturel

Au cours de la première quinzaine d'octobre 2003, des colonies de *Wasmannia auropunctata* (Roger) ont été récoltées dans 3 sites différents : les bois du Sud, le piedmont du Mont Bouo à Yahoué et une galerie forestière à Touaourou. Ces colonies ont été ramenées au laboratoire et séparées de leur substrat de nidification (bois mort, litière...) par migration sous éclairage artificiel. Ces colonies ont ensuite été fusionnées dans des nids de stockage (boîtes plastiques circulaires ; diam. 15cm), dont le fond est recouvert de plâtre, en contact avec une réserve d'eau, pour maintenir une humidité compatible avec la survie des colonies. Ces colonies stocks regroupent ainsi plusieurs milliers d'ouvrières et des dizaines de reines. Lors de ce transfert et pendant les jours qui suivent, il existe une forte mortalité notamment des ouvrières. Aussi, les nids expérimentaux n'ont été constitués 2 semaines plus tard (début novembre), afin de réduire les risques de surmortalité avant le début des tests de toxicité.

### 2) Descriptif des produits testés

Trois appâts commerciaux développés principalement pour lutter contre la fourmi de feu *Solenopsis invicta* ont été évalués au cours de l'étude. Ces 3 produits paraissent particulièrement intéressants, dans la mesure où ils associent un appât lipidique (huile de soja) à la matière active insecticide, enrobant de la brisure de maïs ou de blé. Ces granules, qui assurent un support physique neutre et biodégradable pour l'appât, seront ramenés au nid). En effet, *W. auropunctata* montre une plus grande attraction pour les substances grasses (Le Breton 1999, Williams et Whelan 1992), ce qui n'est pas le cas d'un grand nombre de Formicidae. De ce fait, ces produits, *a priori* attractifs et de bonne appétence, présentent un bon potentiel dans la perspective d'une lutte contre *W. auropunctata*.

#### **Amdro**<sup>®</sup>, American Cynamid Co.

*Matière active* : 5,5-diméthylperhydropyrimidin-2-one 4-trifluorométhyl- $\alpha$ -(4-trifluorométhyl-styryl)-cinnamylidènehydrazone

*Nom commercial* : **Hydraméthylnon** (dosé à 7,5g/kg soit 0,75% dans l'appât commercial)

Il s'agit d'un inhibiteur métabolique qui empoisonne les reines, les ouvrières et le couvain (Vandermeer *et al.* 1982). Son action est rapide.

#### **Distance ant bait**<sup>®</sup>, Queensland Ant Technologies / Sumitomo Chemical Australia

*Matière active* [2-[1-méthyl-2-(4-phénoxyphénoxy)éthoxy]pyridine

*Nom commercial* : **Pyriproxifène** (dosé à 5g/kg soit 0,5% dans l'appât commercial).

Il s'agit d'un régulateur de croissance d'insecte (analogue de l'hormone juvénile) qui affecte la physiologie de la reproduction des reines et interfère avec le développement larvaire (inhibition de la nymphose). Il existerait également une toxicité potentielle vis à vis des adultes (Vail et Williams 1995)

#### **Engage ant bait**<sup>®</sup>, Queensland Ant Technologies / Sumitomo Chemical Australia

*Matière active*: Isopropyl(2E,4E,7S)-11-méthoxy-3,7,11-triméthyl-dodéca-2,4-dodécadiénoate

*Nom commercial*: **S-Méthoprène** (dosé à 5g/kg soit 0,5% dans l'appât commercial).

Il s'agit d'un régulateur de croissance d'insecte (analogue de l'hormone juvénile), qui affecte la physiologie de la reproduction des reines et interfère avec le développement larvaire. Le Méthoprène est considéré comme non toxique pour les adultes et les nymphes. Par contre les larves traitées ne peuvent pas nymphoser (Ulloa-Chacon 1990).

### 3) *Expérimentation en laboratoire*

Chaque nid expérimental est constitué par un tube plastique (Diam. : 9 cm ; Longueur : 2 cm), dont les 2/3 sont remplis d'eau. Un tampon de coton sépare l'eau d'une cavité de nidification (Figures 2a, b, c). Chaque tube est placé dans un cylindre de plastique noir et souple. Les conditions d'obscurité et l'humidité ainsi obtenues permettent l'installation des colonies. Chaque nid expérimental est constitué par 4 reines et 400 ouvrières. Les nids artificiels sont laissés 2 semaines dans ces conditions, afin que les reines puissent pondre (établissement de couvain) et constituer des colonies fonctionnelles, préalablement au lancement des essais de toxicité. Les nids sont disposés dans des arènes de fourragement dont les parois sont recouvertes de Fluon® afin d'éviter les risques de fuite. Les ouvrières accèdent librement, via un pont, à une aire de nourrissage dont les parois sont également fluonnées. Les fourmis disposent d'un apport en protéines, lipides et glucides sous la forme d'un milieu à base de beurre de cacahuètes, renouvelé chaque semaine. Les nids sont maintenus dans une salle d'élevage régulée, dans des conditions d'éclairage naturel (Figures 1 a, b).

Les 3 matières actives testées sont offertes en concurrence avec la ressource alimentaire. Cette situation simule la situation naturelle, où le choix alimentaire existe. Avant d'être offertes aux fourmis électriques, les 3 substances sont broyées avec un mixer de cuisine, pendant une vingtaine de secondes, en une série de broyages courts pour éviter l'échauffement et la dénaturation de la matière active. Cette opération est faite afin d'accorder la granulométrie de la brisure de maïs avec la taille des ouvrières, des essais préliminaires ayant montré que les débris de maïs des conditionnements originaux ont une taille trop importante pour être transportés par les ouvrières de *W. auropunctata*.

Au cours de l'expérimentation, chacune des substances est testée selon 2 modalités.

- Première modalité

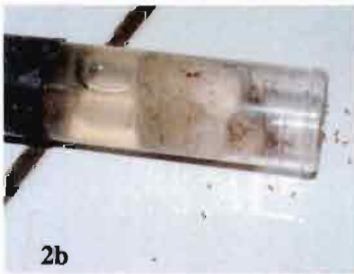
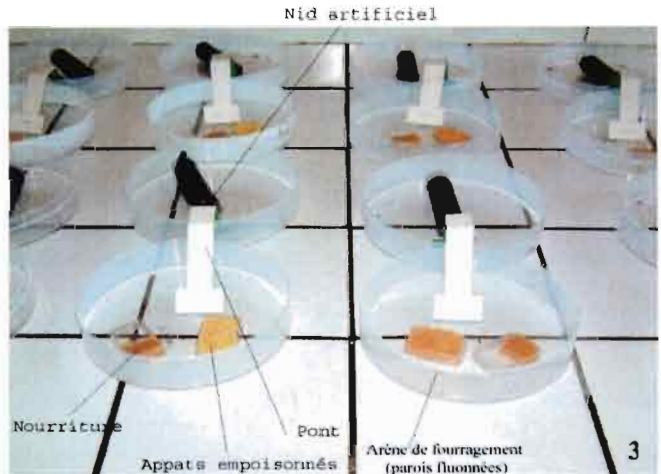
Présentation continue des substances en concurrence avec le régime d'élevage normal. Les produits sont renouvelés chaque semaine, à l'image de la nourriture. Dix répétitions sont réalisées pour chaque formulation.

- Deuxième modalité

Les appâts toxiques ne sont disponibles que 5 jours. Cette situation a pour but de contrôler l'efficacité des molécules toxiques, dont les fourmis peuvent se détourner assez rapidement si elles en ont "détecté" la nocivité (ce qui est un cas fréquent). Dix répétitions sont réalisées pour chaque formulation.

- Série témoin

Une série de contrôle est également mise en place. Dans ce cas, Le composé toxique n'est pas offert aux fourmis ne sont pas exposées au composé toxique. Elles ont à leur disposition de la nourriture saine, remplacée chaque semaine. Dix répétitions sont réalisées.



**Figures 1 a,b** : Vues de la salle d'élevage, les dispositifs expérimentaux en place  
**Figures 2 a,b,c** : Détails des nids artificiels et des arènes de fourragement (occupé et non occupé)  
**Figure 3** : Détail des dispositifs expérimentaux (aires de nidification et de fourragement)

4) *Evaluation des résultats et traitements statistiques:*

Les tests de toxicité ont été conduits entre le 21 novembre et le 29 décembre 2003, soit une durée d'expérimentation de 40 jours. Cette période est celle à l'issue de laquelle une action sensible doit être observée, selon les prescriptions d'emploi des 3 produits. Au cours de l'expérience, la nourriture et les appâts ont été renouvelés chaque semaine, soit 5 fois.

Au bout de ce laps de temps, on détermine par comptage le nombre d'ouvrières et de reines survivantes et on vérifie si les reines sont restées fonctionnelles (via l'estimation du couvain, oeufs et larves). Pour analyser les différences observées, les pourcentages de mortalité et la production de couvain sont comparés à la situation de contrôle (témoin sans traitement insecticide) par un test de Mann-Whitney sur les rangs.

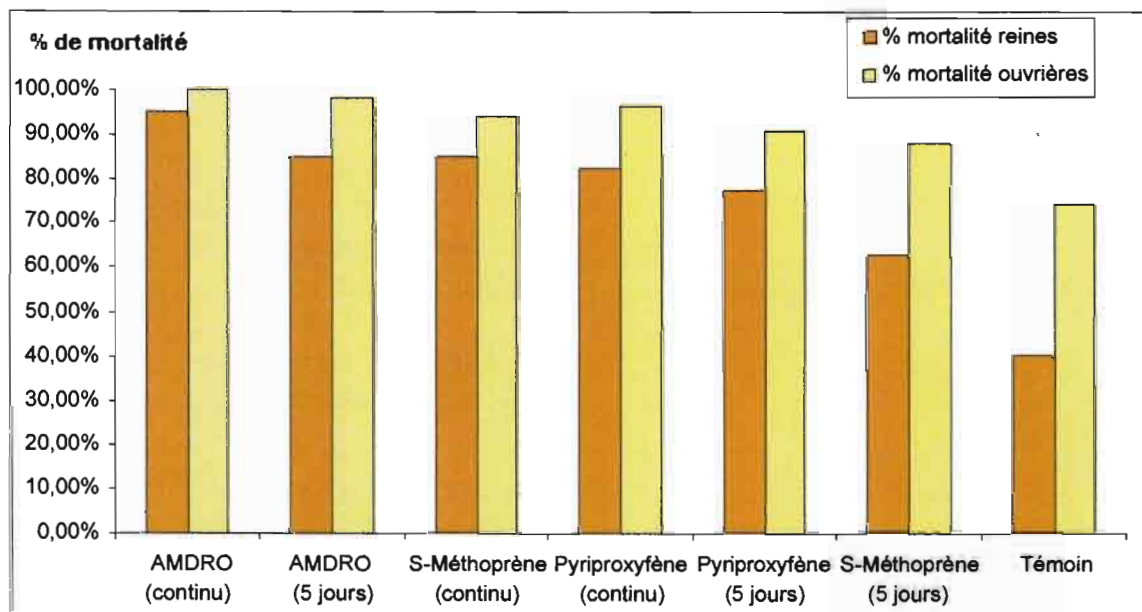
Les données ont été traitées avec le logiciel SigmaStat® 6.10 (1996-2000 SPSS Inc.).

## Résultats

Le détail des données obtenues au cours de l'expérimentation se trouve en annexe du rapport.

1) *Mortalité des reines*

La figure 4 présente la mortalité comparée selon les matières testées et la modalité (exposition continue ou 5 jours).



**Figure 4 :** Mortalité des reines et des ouvrières après 40 jours, pour les différentes modalités testées

Pour les lots témoins, la mortalité naturelle des reines atteint 40 % (24 reines survivantes réparties dans les 10 colonies expérimentales), mais toutes les colonies ont conservé au moins une reine vivante. Cette mortalité peut paraître importante, mais elle reflète les conditions de constitution des nids. Les populations ont été prélevées dans la nature à un moment où il existe un remplacement important des reines, comme l'indique l'abondance de nymphes de sexués et de jeunes reines vierges dans les colonies prélevées. On peut donc penser qu'une partie des reines récoltées étaient proche de leur durée de vie maximale.

Pour les lots exposés à l'Amdro en continu, la mortalité observée est de 95% (2 reines survivantes dans une seule colonie) alors qu'elle atteint 85% pour l'exposition à l'Amdro pendant 5 jours, comme pour l'exposition continue au S-Méthoprène (6 survivantes réparties respectivement dans 2 et 5 colonies). Les lots exposés au Pyriproxifène (en continu et à 5 jours) montrent des taux de



mortalités proches, respectivement 82,5% et 77,5% (7 et 9 reines survivantes réparties respectivement en 6 colonies). La plus faible mortalité royale est observée pour les lots exposés 5 jours au S-Méthoprène avec un taux de 62,5 % (soit 15 reines survivantes réparties en 7 colonies).

Ces résultats sont significativement différents de la mortalité naturelle observée pour les lots témoins (respectivement  $T = 59,00$ ;  $p = <0,001$  ;  $T = 69,00$  ;  $p = 0,007$ ;  $T = 147,00$  ;  $p = 0,002$ ;  $T = 64,00$ ,  $p = 0,002$  ;  $T = 140,00$  ;  $p = 0,009$ ), à l'exception des lots exposés 5 jours au S-Méthoprène (respectivement  $T=85,00$ ,  $p=0,14$ ).

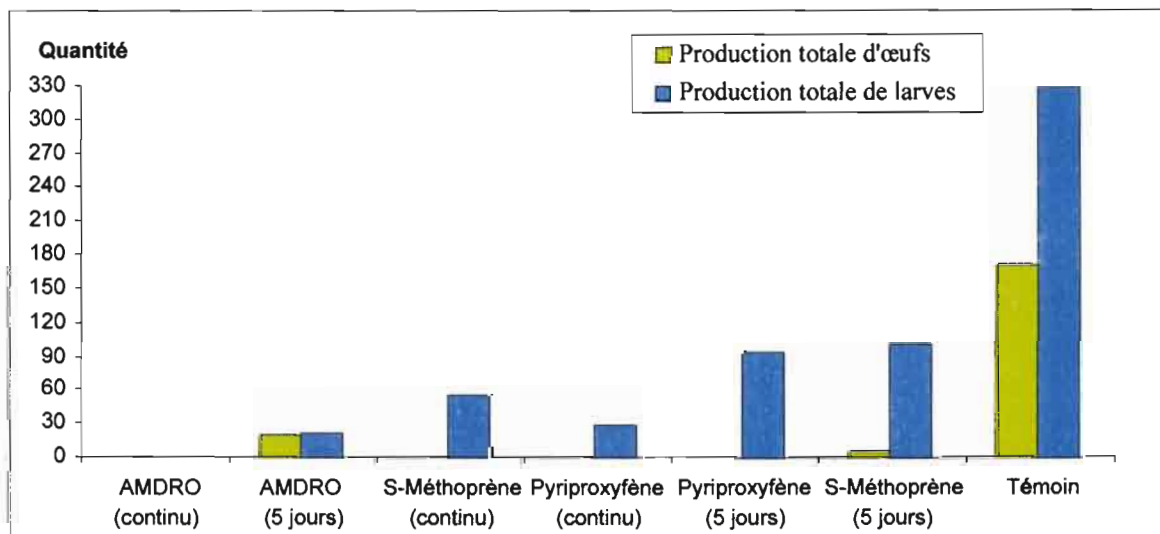
### 2) Mortalité des ouvrières

La mortalité des ouvrières dans les lots témoins atteint 74,38 %, avec de fortes variations inter-nids (entre 46,75% et 96,5 %). Ce chiffre correspond ici encore à la mortalité naturelle des ouvrières, compte tenu des conditions de constitution des nids. Les lots testés sont constitués par des ouvrières récoltées dans la nature donc d'âge inconnu et on peut penser qu'une partie de ces ouvrières étaient âgées de plusieurs semaines, donc proches du terme naturel de leur vie. Comme le cycle évolutif de l'œuf à l'adulte chez la fourmi électrique s'effectue en une quarantaine de jours (Ulloa-Chacon 1990) et que les dénombrements ont été faits au bout de 40 jours d'expérimentation, les naissances dans les nids nouvellement constitués n'ont pu compenser cette mortalité naturelle.

Les lots exposés à l'Amdro présentent les plus forts taux de mortalité respectivement 99,95 % (2 ouvrières survivantes dans une seule colonie) et 98,30 % (75 ouvrières survivantes dans 3 colonies). Les mortalités observées respectivement pour le Pyriproxyfène (en continu) et le S-Méthoprène (en continu) sont également élevées, du même ordre de grandeur, respectivement 96,57 % (137 ouvrières survivantes répartie en 7 colonies) et 94,22 % (231 survivantes réparties en 6 colonies). Enfin les lots exposés 5 jours au Pyriproxyfène et au S-Méthoprène montrent des mortalités légèrement plus faibles respectivement 90,92% et 88,20% (soit 342 survivantes dans 10 colonies et 472 survivantes dans 9 colonies). Les mortalités sont significativement plus élevées que dans les lots de la situation témoin (respectivement  $T = 55,00$ ;  $p = <0,001$  ;  $T = 59,00$  ;  $p = <0,001$ ;  $T = 67,00$  ;  $p = 0,005$ ;  $T = 61,00$  ;  $p = 0,001$ ;  $T = 71,00$  ;  $p = 0,011$ ), à l'exception des lots exposés 5 jours au S-Méthoprène ( $T=79,00$ ,  $p=0,054$ ).

### 3) Production de couvain et ponte

La figure 5 présente la ponte et la production de larves pour les différentes modalités des tests.



**Figure 5** : Production totale d'œufs et de couvain après 40 jours pour les modalités de traitement testées

Pour les lots témoins, à l'issue des 40 jours, on a pu comptabiliser 330 larves réparties en 8 colonies (à l'exception des colonies présentant une mortalité ouvrière >90%). Les différents stades larvaires sont représentés (L1, L2 et L3) en proportions équilibrées. On a également noté la présence de pré-nymphes et de nymphes (voir Annexes), ce qui témoigne du renouvellement des colonies. On a aussi observé 171 œufs, répartis en 6 colonies, qui témoignent de la fonctionnalité des reines.

Les lots exposés à l'Amdro en continu ne présentent pas de couvain, alors que les lots exposés 5 jours présentent des larves aux différents stades (L1, L2 et L3), réparties dans les 3 colonies survivantes. La quantité de couvain est cependant significativement différente des lots témoin ( $T = 140,00$  ;  $p = 0,009$ ). On observe la présence d'œufs dans l'une au moins des colonies et cette activité de ponte n'est pas significativement différente des lots témoins ( $T=130,00$ ,  $P= 0,062$ ) : il n'y a donc pas inhibition de la ponte.

Les lots exposés en continu au Pyriproxifène et au S-Méthoprène présentent des larves, mais uniquement au stade L3 (28 et 56 larves, respectivement dans 5 et 6 colonies) (voir annexes). La quantité de couvain observée est significativement différente de celle des lots témoins (respectivement  $T = 134,5,00$  ;  $p = 0,028$ ;  $T = 137,50$  ;  $p = 0,015$ ), ce qui témoigne d'une inhibition de la ponte des reines. Par contre, dans les lots exposés 5 jours au Pyriproxifène et au S-Méthoprène, on constate la présence de couvain (94 et 102 larves respectivement dans 7 colonies), mais uniquement aux stades L2 et L3 (voir annexes). Les quantités observées ne sont pas significativement différentes des lots témoins (respectivement  $T=128,00$ ,  $p=0,089$  ;  $T=82,50$ ,  $p=0,096$ ). On note également la présence d'une ponte récente dans l'une des colonies exposées au S-méthoprène pendant 5 jours. Cette dernière observation indique une reprise de ponte, que l'on peut relier à une levée de l'inhibition qui avait été causée par l'ingestion du S-Méthoprène.

### Discussion et recommandations

Les différents produits testés apparaissent appétant vis à vis de *W. auropunctata* : malgré la concurrence avec de la nourriture saine. La broyage supplémentaire de la brisure de maïs ne semble pas altérer la matière active et la nouvelle granulométrie apparaît mieux adaptée à la taille modeste des ouvrières de la fourmi électrique. La matière active a été ingérée par les ouvrières et il ne semble pas y avoir, au fil du temps, de détournement d'intérêt, comme en témoignent la mortalité significative observée des reines et l'inhibition de la ponte pour les expositions en continu.

Cependant, aucune des modalités de traitement n'a conduit à l'élimination de l'ensemble des colonies exposées aux appâts toxiques. Les lots traités à l'Amdro sont les plus affectés. Cela confirme des résultats obtenus précédemment aux Galápagos, en Nouvelle-Calédonie ou à Hawaii (Abedrabbo 1994, Chazeau et al. 2000, Chazeau et al. 2001, Causton et al. in press, Reimer com. pers.). Mais même les lots exposés en continu à l'Amdro présentaient des reines vivantes en fin d'expérience ; pourtant, les conditions expérimentales offraient l'appât toxique en très large excès, bien au-delà des doses prescrites, et les ressources alimentaires non toxiques étaient bien moins variées que dans la nature. Ces observations peuvent éclairer les résultats mitigés obtenus sur le terrain contre *Wasmannia* avec cet appât, malgré une application à des doses supérieures aux doses préconisées (Chazeau et al. 2001). L'hypothèse d'une recolonisation à partir de zones voisines doit être complétée par l'hypothèse d'une survie au sein même de la zone traitée. Ces « poches relictuelles » peuvent être à l'origine de la reprise des populations (l'Amdro étant un poison métabolique, il y a maintien de la capacité de ponte des reines qui peuvent initier cette dynamique), renforcée par la capacité de l'espèce à fusionner des calies lorsque les conditions deviennent adverses.

La survie des reines pourrait être traduite la moindre distribution de l'Amdro au sein des populations, par rapport aux inhibiteurs de croissance. Klotz et al. (1997) signale, d'après des travaux conduits sur *Monomorium pharaonis* le rôle possible d'une moindre diffusion des produits, dans le cadre de la lutte contre des espèces polydomes du type « tramp species ». Ces éléments de bibliographie et les résultats de cette étude au laboratoire permettent donc une meilleure interprétation



des résultats plutôt décevants obtenus avec l'Amdro en Nouvelle-Calédonie (caférie et forêt sèche) (Chazeau et al. 2000, Chazeau et al. 2001) : les inhibiteurs métaboliques seraient distribués de façon moins performante que les inhibiteurs de croissance au sein des populations ciblées.

Les traitements en continu avec les inhibiteurs de croissance présentent des résultats voisins de ceux de l'Amdro. Il y a eu une forte mortalité des reines, mais également une inhibition de la ponte et une faible survie du couvain. La population d'ouvrières est également réduite de façon plus importante qu'en situation témoin, mais cela reflète essentiellement l'impossibilité du renouvellement naturel de la population d'ouvrières. Ce phénomène peut d'ailleurs amplifier la mortalité du couvain qui, tout comme les reines, ne sera plus nourri. On ne peut cependant exclure que ces substances aient une certaine toxicité pour les ouvrières : chez la fourmi *Monomorium pharaonis*, une toxicité pour les adultes a été enregistré avec un appât à base de Pyriproxifène (Vail et Williams 1995).

Les résultats d'une exposition à 5 jours sont moins intéressants, mais illustrent une moindre efficacité à court terme du S-Méthoprène comparé au Pyriproxifène. Nos résultats confirment donc la lente action du S-Méthoprène déjà signalée par Ulloa Chacon (1990) pour *W. auropunctata*. Dans la lutte contre la fourmi de feu *S. invicta*, on considère aussi que l'action du Méthoprène est plus lente à observer (Klotz et al. 1997). Cependant le Méthoprène a un profil toxicologique plus propre et il peut être utilisé dans presque toutes les situations, comme c'est le cas en Australie et aux USA dans la lutte contre la fourmi de feu.

A la lumière de ces résultats de laboratoire, une stratégie de management consisterait à alterner les traitements avec un inhibiteur de croissance, qui réduirait considérablement le potentiel de renouvellement des colonies (inhibition de la ponte et mortalité du couvain au moment de la nymphose) et les interventions avec un appât à toxique métabolique à action rapide sur les adultes (tuant les ouvrières et provoquant, faute d'alimentation, la mort des reines et du couvain qui auraient survécu). A titre de comparaison des applications aériennes sur de grandes surfaces sont faites aux USA avec un mélange 50 : 50 Amdro/Siege et Méthoprène (Extinguish). En Australie, le programme d'éradication utilise un mélange 50 :50 Amdro / inhibiteur de croissance (eux même utilisés à 50 : 50, en fonction du contexte (avec des restrictions pour le Pyriproxifène : Vanderwoude, com. pers.). Dans la nature, l'efficacité des méthodes de contrôle dépend également de la période d'application (Collins et al. 1992 ; Chazeau et al. 2000) ces variations saisonnières sont en relation avec la phénologie de l'espèce cible. Dans le cas de *W. auropunctata*, la fin de la saison fraîche (septembre - octobre) semble préférable, car les populations de *Wasmannia* sont à leur minimum (Chazeau et al ; 2000, 2001).

### **Caractéristiques des appâts toxiques testés : synthèse bibliographique**

Les caractéristiques toxiques des matières actives ont été réunies à partir des *security fact sheets* délivrés par les compagnies qui produisent les matières actives et les commentaires s'appuient sur les publications citées dans le texte.

#### **1) Le Méthoprène**

Le Méthoprène n'est pratiquement pas toxique pour les mammifères quand il est ingéré ou inhalé (DL50 orale chez le rat > 34.600 mg/kg, chez le chien > 5000 mg/kg. DL50 par inhalation chez le rat >210 mg/L), très peu toxique par contact avec la peau (DL50 chez le lapin >2000 à 3000 mg/kg). Pas de risque pour la reproduction, pas d'effet tératogène connue, pas d'action mutagène, connue ni d'action carcinogène lorsqu'il y a exposition chronique (testé chez le rat). Non irritant pour la peau et les yeux (testé chez le rat et le lapin). Chez les mammifères, le Méthoprène est détruit et excrété par l'urine et les fèces. Dans les fèces de ruminants, il est toujours actif (capable de tuer des larves qui se nourrissent de fèces). Effets sur les oiseaux : le Méthoprène est légèrement toxique pour les oiseaux DL50 à 5-8 jours > 10000 ppm chez le canard mallard et les cailles, > 4640 ppm chez le poulet. Des

effets non létaux ont été observés chez des cailles et des canards mallards (lenteur, immobilité, non coordination des mouvements pour une exposition au-delà de 500 mg/kg. Ces effets peuvent réduire la survie des oiseaux en les exposant à leurs prédateurs. Effets sur les organismes aquatiques : le Méthoprène est légèrement à modérément toxique pour les poissons (à 96 heures DL50 atteint 4,6 mg/L chez le *bluegill sunfish*, 4,4 mg/L chez la truite, et > 100 mg/L chez des poissons chats. Par contre le Méthoprène peut être hautement toxique pour des invertébrés d'eau douce, d'estuaire ou marins : DL50>100 mg/L in crevette d'eau douce, >0.1 mg/L chez les crabes de la boue des estuaires (*estuarine mud crab*). Par contre très faible effet sur les puces d'eau, les demoiselles, les escargots aquatiques, les têtards et les guppies. Pas de toxicité de contact vis à vis des vers de terre, non toxique pour les abeilles. Dégradation dans l'environnement : faible persistance dans le sol et les eaux souterraines (période de demi-vie de l'ordre de 10 jours), en raison d'une dégradation par les micro-organismes. Le Méthoprène est détruit par exposition prolongée au soleil (UV) et il est rapidement adsorbé sur les sols humides. Il est très peu soluble dans l'eau (1,4 mg/L @ 25° C), il n'est pas lessivé en profondeur par la pluie (uniquement en surface). La dégradation dans l'eau est rapide (en 30 - 40 h pour des concentrations initiales respectivement de 0,001 mg/L et 0,01 mg/L. Dégradation dans la végétation : le Méthoprène apparaît non persistant et biodégradable, avec une demi-vie de 2 jours dans la luzerne, moins d'une journée dans le riz, mais 3 à 7 semaine dans le blé selon le degré d'humidité de la plante.

Consignes d'application: son profil toxicologique lui permet d'être appliqué de façon non restrictive aussi bien pour traiter de l'eau de consommation humaine (pour le contrôle des larves de moustiques) que dans des industries alimentaires destinées à l'homme ; le principal problème réside dans la lenteur d'action.

## 2) Le Pyriproxifène :

Le Pyriproxifène présente une capacité d'irritation des yeux chez le lapin, qui disparaît dans les 72 h après le contact mais n'est pas irritant pour la peau. La toxicité dermique est DL 50>2000 mg/kg chez le lapin et la DL50 orale est >5000 mg/kg. Une exposition chronique n'entraîne pas d'activité carcinogène (testé chez le chien, le rat et la souris). Le Pyriproxifène n'a pas d'activité tératologique chez le rat et le lapin, même si à forte dose il peut être toxique pour la femelle gravide. Le Pyriproxifène ne présente pas de risque pour la reproduction des mammifères. Le Pyriproxifène est considéré comme non toxique pour les oiseaux (DL50 orale >2000 mg/kg chez le canard mallard et certaines cailles (*Bobwhite quails*) : DL50 alimentaire >5200 pp. Par contre, il est toxique à très toxique pour les poissons et les invertébrés aquatiques (CL 50 (96 h)> 207 ug/l chez le *bluegill sunfish*, CL 50 (96 h) > 325 ug/l chez la truite arc-en-ciel) et les invertébrés aquatiques (CE 50 *Daphnia magna* = 400 ug/l ; crevette Mysidae DL50=65 ug/l). Le Pyriproxifène est considéré comme pratiquement non toxique pour les abeilles (CL50 = 100 ug/abeille).

Consignes d'application : ne pas appliquer près des cours d'eau et des points d'eau en raison de sa toxicité vis à vis des organismes aquatiques ; il est plus rémanent que le S-Méthoprène (7 jours en moyenne contre 3-4 jours) ; son action est plus rapide que celle du S-Méthoprène.

## 3) L' Hydramethylnon :

L'Hydramethylnon est faiblement toxique par ingestion (DL50 orale de 1100 à 1300 mg/kg chez le rat), faiblement toxique par contact par la peau (DL 50 dermale chez le lapin >5000 mg/kg). La toxicité par inhalation est faible :, la DL 50 pour une exposition à l'inhalation de 4h est > 5 mg/L. Il n'y a pas d'irritation de la peau chez le lapin, mais il peut être irritant pour les yeux. Une exposition important chez l'homme peut entraîner une irritation des yeux et des muqueuses du tractus respiratoire. D'après les tests sur animaux (rat, souris, lapin, chien), il ne présente pas de risque pour la reproduction, ni d'activité carcinogène ou tératogène pour des expositions chroniques chez l'humain. Chez les mammifères, il est détruit et excrété par l'urine et les fèces (testé chez le rat). Il n'y a pas de

résidus dans le lait ou les tissus de chèvres traitées journallement avec des doses de 0,2 ppm pendant 8 jours, ni dans le lait et les tissus de vaches exposées journallement à une dose alimentaire de 0,05 ppm pendant 21 jours consécutifs. Effets sur les oiseaux : DL50 chez le canard mallard >2510 mg/kg et >1828 mg/kg chez certaines cailles (*bobwhite quails*), ce qui montre que le produit est pratiquement non toxique pour les oiseaux. Effets sur les organismes aquatiques: l'Hydraméthylnon est toxique ou très toxique pour les poissons (en laboratoire) : DL50 à 96 h de 160 ug/L pour la truite arc-en-ciel, 100 ug/L pour des poissons chats et 1700 ug/L chez le *bluegill sunfish*. DL50 à 72 h chez la carpe est de 340 ug/L ; DL50 à 48 h chez les puces d'eau (*Daphnia*) est de 1.14 mg/L. L'Hydraméthylnon s'accumule jusqu'à 1300 fois chez le *bluegill sunfish* (capacité modérée de bioaccumulation). Mais, compte tenu de faible solubilité dans l'eau, il y a peu de chance d'en trouver dans les eaux de surface dans la nature. Il est considéré comme non toxique pour les abeilles. Dégradation dans le sol et les eaux : sa persistance dans les sols est faible, avec une demi-vie de 7 à 28 jours. Il est légèrement soluble dans l'eau (0,005-0,007 mg/L à 25° C) et il est fortement adsorbé par les particules organiques et l'argile des sols ; il est donc très peu mobile notamment par lessivage. Dégradation dans l'eau : la demi-vie d'hydrolyse est de 10 à 11 jours pour une gamme de pH de 7 à 8,9 et de 24 à 33 jours à pH 4,9. Dégradation dans la végétation : il n'y a pas d'accumulation dans les plantes après une rotation de culture de 90 jours ; les résidus après 4 mois dans de la végétation traitée ne dépassaient pas 0,01 ppm. Des résidus négligeables ont été enregistrés dans des radis, de l'orge et des haricots 3 mois après traitement du sol.

Consignes d'application : l'Amdro est étiqueté pour une utilisation hors zones de cultures, pâturages, prairies et zones naturelles ; il ne faut pas l'appliquer directement dans des points d'eau ou des cours d'eau (toxicité vis à vis des poissons) ou dans les zones d'élevage de volailles et les enclos d'oiseaux sauvages (susceptibles d'en picorer rapidement des quantités suffisantes pour qu'il y ait un risque de toxicité).

Pour l'ensemble des 3 produits, dans le cas de traitements dans la nature, les problèmes d'effets collatéraux sur le reste de la faune sont réduits pour plusieurs raisons :

- Les appâts sont formulés à de très faibles concentrations (<1%) et sont appliqués à des doses faibles (2kg à 2,5 /Ha) ce qui est faible pour les autres organismes, notamment les vertébrés dont la plupart devraient consommer l'équivalent d'une part non négligeable de leur poids corporel pour atteindre une dose toxique ; les granules et l'huile de soja ont plus de chance de les rendre malades que la matière active elle-même.
- Les risques pour le reste de la myrmécofaune non cible sont réduits, du fait de la spécificité de l'attractif (Le Breton 1999, Williams et Whelan, 1992), de la faible rémanence des matières actives après exposition au soleil et à la pluie (Krushelnycky et Reimer, 1998 ; Vandermer *et al.* 1982) et de la forte capacité de *W. auropunctata* à monopoliser les ressources: même à faible densité, l'envahisseur va dominer l'appât et exclure les autres fourmis (Delsinne *et al.* 2001, Le Breton 2003).
- Comme pour tout produit insecticide, le risque d'apparition de résistance existe, mais il est faible pour les analogues d'hormone juvénile ; ce risque peut être réduit par une application alternative des différents produits au cours des stratégies de lutte.

Pour valider ces résultats de laboratoire, une expérimentation sur le terrain (test de différentes doses, alternance de produits utilisés) sera nécessaire, avec la mise en place d'un suivi post-traitements.

## Références Bibliographiques

- Abedrabbo S 1994. Control of the little fire ant *Wasmannia auropunctata*, on Santa Fe Island in the Galapagos Islands. In: Exotic Ants: Biology Impact, and Control of Introduced Species (D.F. Williams, Ed.), Westview Press, Boulder, pp. 219-227.
- Causton CE, Sevilla CR, Porter SD *in press* Eradication, of the little fire ant, *Wasmannia auropunctata* from Marchena island, Galapagos: on the edge of success? *Environm. Entomol.*
- Chazeau J, Potiaroa T, Bonnet Larbogne L, Konghouleux J, Jourdan H 2000. Etude de la "fourmi électrique" *Wasmannia auropunctata* (Roger) en Nouvelle-Calédonie : expression de l'invasion, moyens d'une maîtrise de la nuisance en milieu agricole, praticabilité d'une préservation des milieux naturels. *Conventions Sciences de la Vie, Zoologie Appliquée, IRD Nouméa, 10* : 63 pp.
- Chazeau J, Pinna S, Bonnet de Larbogne L, Jourdan H, Konghouleux D, Potiaroa T 2001. Essais de contrôle des populations de la "fourmi électrique" *Wasmannia auropunctata* au moyen d'appâts toxiques. Convention Province Nord/IRD N°1131/2001. Rapport final. Nouméa, IRD : 39 p., annexes.
- Collins HL, Callcott AM, Lockley TC, Ladner A 1992. Seasonal trends in effectiveness of hydramethylnon (AMDRO) and fenoxycarb (LOGIC) for control of red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *J. Econ. entomol.* 85: 2131-2137.
- Horwood MA 1988. Control of *Pheidole megacephala* (F.) (Hymenoptera: Formicidae) using methoprene baits. *J. Aust. entomol. Soc.* 27: 257-258.
- Jourdan H 1999. Dynamique de la biodiversité de quelques écosystèmes terrestres néo-calédoniens sous l'effet de l'invasion de la fourmi peste *Wasmannia auropunctata* (Roger) (Hymenoptera : Formicidae). Thèse de Doctorat de l'Université Paul Sabatier : 376 p. + annexes
- Jourdan H, Sadlier R, Bauer A 2001. Little fire ant invasion (*Wasmannia auropunctata*) as a threat to New Caledonian lizards : evidences from a sclerophyll forest (Hymenoptera : Formicidae). *Sociobiology* 38 (3A) : 283-301.
- Jourdan H, Bonnet de Larbogne L Chazeau J, 2002. The recent introduction of the neotropical tramp ant *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) into Vanuatu archipelago (Southwest Pacific). *Sociobiology* 40 (3) : 483-509.
- Klotz JH, Greenberg L, Shorey HH, Williams DF, 1997. Alternative control strategies for ants around homes. *J. Agric. entomol.* 14 : 249-257.
- Krushelnycky PD, Reimer NJ 1998. Bait preference by the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) in Haleakala National Park, Hawaii. *Environ. Entomol.* 27: 1482-1487.
- Le Breton J 1999. Etude de l'invasion d'une forêt dense humide de Nouvelle-Calédonie par la fourmi électrique *Wasmannia auropunctata* (Roger), Annexes. IRD, Nouméa : 14p.
- Le Breton J 2003. Etude des interactions entre la fourmi *Wasmannia auropunctata* et la myrmécofaune. Comparaison d'une situation en zone d'introduction, la Nouvelle-Calédonie, et d'une situation en zone d'origine, la Guyane Française. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse III - Paul Sabatier, 233 p.
- Le Breton J, Chazeau J, Jourdan H 2003. Immediate impacts of invasion by *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera : Formicidae) on the native litter ant fauna in a New Caledonian rainforest. *Austral Ecology* 28 : 204-209.
- Maïrouch N 2002. Fourmis introduites par l'Homme en milieu Océanien. Importance et perception d'un phénomène invasif en Nouvelle-Calédonie. DEA Aménagement, Développement, Environnement (ADEn), Université d'Orléans, 127 p + annexes.

- Petty GJ, Manicom BQ 1995. Control of big-headed ant, *Pheidole megacephala*, in pineapple plantations with the proprietary bait Amdro. *Fruits* 50(5): 343-346.
- Ulloa-Chacon P 1990. Biologie de la reproduction chez la petite fourmi de feu *Wasmannia auropunctata* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae), Faculté de Lausanne, Lausanne, 161 p.
- Vail KM, Williams DF 1995. Pharaoh ant (Hymenoptera: Formicidae) colony development after consumption of pyriproxyfen baits. *J. Econ. entomol.* 88: 1695-1702.
- Vander Meer RK, Williams DF, Lofgren CS 1982. Degradation of the toxicant AC 217,300 in Amdro imported fire ant bait under field conditions. *J. Agric. Food Chem.* 30: 1045-1048.
- Williams DF, Whelan P 1992. Bait attraction of the introduced pest ant, *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) in the Galàpagos Islands. *J. Entomol. Sci.* 27 (1): 29-34.



## Annexes

<b>Amdro Continu</b>								
	Reines vivantes	Ouvrières vivantes	Larves	Œufs	Nbre Initial	% mortalité reines	% mortalité ouvrières	Commentaires
Nid 1	0	0	0	0	400	1	1,0000	
Nid 2	0	0	0	0	400	1	1,0000	
Nid 3	0	0	0	0	400	1	1,0000	
Nid 4	0	0	0	0	400	1	1,0000	
Nid 5	0	0	0	0	400	1	1,0000	
Nid 6	0	0	0	0	400	1	1,0000	
Nid 7	2	2	0	0	400	0,5	0,9950	
Nid 8	0	0	0	0	400	1	1,0000	
Nid 9	0	0	0	0	400	1	1,0000	
Nid 10	0	0	0	0	400	1	1,0000	
	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4000</b>	<b>0,95</b>	<b>0,9995</b>	

<b>Amdro 5 jours</b>								
	Reines vivantes	Ouvrières vivantes	Larves	Œufs	Nbre Initial	% mortalité reines	% mortalité ouvrières	Commentaires
Nid 1	0	0	0	0	400	1	1,0000	0
Nid 2	0	0	0	0	400	1	1,0000	0
Nid 3	0	0	0	0	400	1	1,0000	0
Nid 4	0	0	0	0	400	1	1,0000	0
Nid 5	0	0	0	0	400	1	1,0000	0
Nid 6	3	37	9	19	400	0,25	0,9075	3 L1 + 2 L2 + 4 L3 + 19 œufs
Nid 7	0	0	0	0	400	1	1,0000	0
Nid 8	3	26	10	0	400	0,25	0,9350	1 L1 + 6 L2 + 3 L3
Nid 9	0	12	3	0	400	1	0,9700	3 L2
Nid 10	0	0	0	0	400	1	1,0000	0
	<b>6</b>	<b>75</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>4000</b>	<b>0,85</b>	<b>0,9813</b>	

<b>S-Méthoprène continu</b>								
	Reines vivantes	Ouvrières vivantes	Larves	Œufs	Nbre Initial	% mortalité reines	% mortalité ouvrières	Commentaires
Nid 1	0	81	25	0	400	1,0000	0,7975	25 L3
Nid 2	2	31	8	0	400	0,5000	0,9225	8 L3
Nid 3	0	0	0	0	400	1,0000	1,0000	0
Nid 4	1	0	0	0	400	0,7500	1,0000	0
Nid 5	0	12	6	0	400	1,0000	0,9700	6 L3
Nid 6	1	41	5	0	400	0,7500	0,8975	5 L3
Nid 7	1	26	10	0	400	0,7500	0,9350	10 L3
Nid 8	0	0	0	0	400	1,0000	1,0000	0
Nid 9	0	0	0	0	400	1,0000	1,0000	0
Nid 10	1	40	2	0	400	0,7500	0,9000	2 L3
	<b>6</b>	<b>231</b>	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>4000</b>	<b>0,8500</b>	<b>0,9422</b>	

<b>S-Méthoprène 5 jours</b>								
	<b>Reines vivantes</b>	<b>Ouvrières vivantes</b>	<b>Larves</b>	<b>Œufs</b>	<b>Nbre Initial</b>	<b>% mortalité reines</b>	<b>% mortalité ouvrières</b>	<b>Commentaires</b>
Nid 1	2	29	6	0	400	0,5000	0,9275	6 L3
Nid 2	0	0	0	0	400	1,0000	1,0000	0
Nid 3	0	16	2	0	400	1,0000	0,9600	2 L3
Nid 4	1	18	0	0	400	0,7500	0,9550	0
Nid 5	4	90	26	6	400	0,0000	0,7750	26 L3 + 6 Œufs
Nid 6	3	104	22	0	400	0,2500	0,7400	22 L3
Nid 7	1	73	18	0	400	0,7500	0,8175	18 L3
Nid 8	0	20	0	0	400	1,0000	0,9500	0
Nid 9	2	58	16	0	400	0,5000	0,8550	16 L3
Nid 10	2	64	12	0	400	0,5000	0,8400	12 L3
	<b>15</b>	<b>472</b>	<b>102</b>	<b>6</b>	<b>4000</b>	<b>0,6250</b>	<b>0,8820</b>	

<b>Pyriproxyfène continu</b>								
	<b>Reines vivantes</b>	<b>Ouvrières vivantes</b>	<b>Larves</b>	<b>Œufs</b>	<b>Nbre Initial</b>	<b>% mortalité reines</b>	<b>% mortalité ouvrières</b>	<b>Commentaires</b>
Nid 1	1	34	16	0	400	0,7500	0,9150	16 L3
Nid 2	1	15	0	0	400	0,7500	0,9625	0
Nid 3	0	39	6	0	400	1,0000	0,9025	6 L3
Nid 4	0	0	0	0	400	1,0000	1,0000	0
Nid 5	1	11	1	0	400	0,7500	0,9725	1 L3
Nid 6	2	8	1	0	400	0,5000	0,9800	1 L3
Nid 7	1	18	0	0	400	0,7500	0,9550	0
Nid 8	0	0	0	0	400	1,0000	1,0000	0
Nid 9	0	0	0	0	400	1,0000	1,0000	0
Nid 10	1	12	4	0	400	0,7500	0,9700	4 L3
	<b>7</b>	<b>137</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>4000</b>	<b>0,8250</b>	<b>0,9657</b>	

<b>Pyriproxyfène 5 jours</b>								
	<b>Reines vivantes</b>	<b>Ouvrières vivantes</b>	<b>Larves</b>	<b>Œufs</b>	<b>Nbre Initial</b>	<b>% mortalité reines</b>	<b>% mortalité ouvrières</b>	<b>Commentaires</b>
Nid 1	1	34	19	0	400	0,7500	0,9075	19 L2&L3
Nid 2	0	3	0	0	400	1,0000	0,9900	0
Nid 3	2	37	1	0	400	0,5000	0,9075	1 L3
Nid 4	2	46	10	0	400	0,5000	0,8850	10 L2 & L3
Nid 5	1	62	8	0	400	0,7500	0,8450	8 L2 & L3
Nid 6	0	46	1	0	400	1,0000	0,8725	1 L3
Nid 7	0	10	2	0	400	1,0000	0,9725	2 L3
Nid 8	0	9	0	0	400	1,0000	0,9775	0
Nid 9	1	90	53	0	400	0,7500	0,7475	53 L2 & L3
Nid 10	2	5	0	0	400	0,5000	0,9875	0
	<b>9</b>	<b>342</b>	<b>94</b>	<b>0</b>	<b>4000</b>	<b>0,7750</b>	<b>0,9092</b>	

<b>Témoïn</b>								
	<b>Reines vivantes</b>	<b>Ouvrières vivantes</b>	<b>Larves</b>	<b>Œufs</b>	<b>Nbre Initial</b>	<b>% mortalité reines</b>	<b>% mortalité ouvrières</b>	<b>Commentaires</b>
<b>Nid 1</b>	1	25	0	0	400	0,75	0,9375	0
<b>Nid 2</b>	2	14	0	0	400	0,5	0,965	0
<b>Nid 3</b>	4	174	92	47	400	0	0,5675	28 L1 + 27 L2 + 34 L3 + 3 prénymphes + 47 œufs
<b>Nid 4</b>	2	165	47	9	400	0,5	0,5875	7 L1 + 28 L2 + 12 L3 + 9 œufs
<b>Nid 5</b>	3	213	61	57	400	0,25	0,4675	19 L1+ 23 L2 + 19 L3 + 57 œufs
<b>Nid 6</b>	2	105	47	7	400	0,5	0,7375	2 L1 + 17 L2 + 28 L3 + 7 œufs
<b>Nid 7</b>	4	96	38	0	400	0	0,76	4 L1 + 23 L2 + 11 L3
<b>Nid 8</b>	2	112	11	37	400	0,5	0,72	4 L1 + 6 L3 + 1 nymphe + 37 œufs
<b>Nid 9</b>	1	53	6	0	400	0,75	0,8675	6 L2
<b>Nid 10</b>	3	68	28	14	400	0,25	0,83	3 L1 + 10 L2 + 15 L3 + 14 œufs
	<b>24</b>	<b>1025</b>	<b>330</b>	<b>171</b>	<b>4000</b>	<b>0,4000</b>	<b>0,7438</b>	