

**Suivi Environnemental des Activités  
de Lutte Antiacridienne à  
Malaimbandy, Madagascar**

Août 2000

# **Suivi Environnemental des Activités de Lutte Antiacridienne à Malaimbandy, Madagascar**

Mission à Madagascar du 05 au 29 mai

Rapport Final  
Ralf Peveling  
Université de Bâle, Suisse  
Consultant de International Resources Group

Titre du projet : Conditions incitatives au développement durable (USAID)

Environmental Policy and Institutional Strengthening Indefinite Quantity Contract (EPIQ)

*Partners:* International Resources Group, Winrock International, and Harvard Institute for International Development

*Subcontractors:* PADCO; Management Systems International; and Development Alternatives, Inc.

*Collaborating Institutions:* Center for Naval Analysis Corporation; Conservation International; KBN Engineering and Applied Sciences, Inc.; Keller-Bleisner Engineering; Resources Management International, Inc.; Tellus Institute; Urban Institute; and World Resources Institute.

# Table des matières

Table des matières.....	i
1. Introduction.....	1
2. Zone d'étude.....	4
3. Dispositif expérimental.....	5
4. Délimitation et traçage des parcelles expérimentales.....	7
5. Traitement.....	9
6. Méthodes d'échantillonnage.....	13
7. Études complémentaires.....	16
8. Effets aigus observés dans le bloc 2.....	17
9. Conclusions.....	19
10. Recommandations.....	20
Recommandations à l'ONE.....	20
Recommandations à l'équipe de recherche.....	20
Remerciements.....	21
11. Références.....	22
Annexe I. Cartes des Sites Traités.....	23
Annexe II. Données de traitement.....	28
Annexe III. Itinéraire.....	31
Annexe IV. Proposition Originale Suivi des Impacts Ecologiques de Lutte Antiacridienne.....	34

# 1. Introduction

En 1997, une importante invasion de criquet migrateur malgache, *Locusta migratoria capito* (Sauss.) (Orthoptères: Acrididae), a déclenché une des plus vastes campagnes de lutte antiacridienne de l'histoire de Madagascar. Jusqu' en avril 2000, environ 33.000 kilomètres carrés de forêts sèches et de savanes ont été traités par des insecticides à large spectre. Les opérations de lutte antiacridienne dans l'aire grégarigène dans le Sud-Ouest de Madagascar ont principalement visé les essaims de criquets, en utilisant une formulation concentrée de fipronil (Adonis<sup>®</sup> 7,5 UL), un nouvel insecticide phénylpyrazole utilisé pour les traitements en barrière. Le contrôle des essaims (pulvérisation en couverture totale) dans l'aire grégarigène et la zone d'invasion, qui représentent près de 80% de l'île, a été effectué au départ avec une formulation moins concentrée de fipronil (Adonis<sup>®</sup> 4 UL). Cependant, suivant une décision du Ministère de l'Agriculture en 1999 (*Décision n° 10/99*), cette formulation a été remplacée plus tard par le deltaméthrine (Decis<sup>®</sup> 17,5 UL), un insecticide pyréthrianoïde largement utilisé contre les criquets africains. Bien que divers autres insecticides soient enregistrés à Madagascar, ces derniers n'ont pas été utilisés à une échelle significative.

Il a été largement reconnu que la sévérité et l'ampleur de l'invasion acridienne justifiaient la lutte à grande échelle pour prévenir les pertes importantes de récoltes. Cependant, l'inquiétude – et la polémique – au sujet des impacts écologiques de la campagne s'amplifiaient, en particulier en ce qui concerne l'écotoxicité des insecticides utilisés. Ainsi, plusieurs études de suivi environnemental ont été entreprises sous les auspices de l'*Office National de l'Environnement* (ONE), qui ont vu la participation d'équipes de recherche des Universités d'Antananarivo et de Tuléar, la *Direction de la Protection des Végétaux* et le National Resource Institute (NRI) du Royaume-Uni (ONE, 1999). Ces études ont été axées sur le fipronil et le triflumuron, un régulateur de croissance d'insecte non utilisé dans la campagne actuelle, et ont mis en évidence les effets secondaires sévères et à long terme du fipronil sur les "key stone insects" tels que les termites, qui sont vitaux au fonctionnement écologique des écosystèmes tropicaux, ainsi que les effets nocifs éventuels sur les reptiles. Les résultats ont incité certains chercheurs à demander le retrait immédiat du fipronil, mais leur demande a été contestée par des représentants des milieux industriel et universitaire qui soutenaient que les expériences de terrain n'étaient pas représentatives. Une mission de la FAO en 1999 a reconnu que des données supplémentaires sont nécessaires avant la prise des décisions finales sur la gestion des risques, et a proposé la réalisation d'études de suivi d'impact environnemental qui se concentreront sur les questions les plus controversées (FAO, 1999). La mission a

également proposé d'inclure le deltaméthrine dans ces études, étant donné qu'aucune information à ce sujet n'a été recueillie à Madagascar jusqu'à présent.

En réponse à ces propositions, et suite à une demande de l'ONE, l'Agence des Etats-Unis pour le Développement International (USAID) a octroyé le financement nécessaire pour le présent projet. L'ONE a engagé une équipe de chercheurs de l'Université d'Antananarivo pour entreprendre une étude de suivi environnemental sur les effets des pulvérisations en couverture totale de fipronil (4 g a.i./ha) et de deltaméthrine (15 g a.i./ha) sur les organismes terrestres non cibles. L'équipe de recherche était composée de 10 biologistes (3 biologistes senior, 7 biologistes junior), et dirigée par le Prof. Olga Ravoahangimalala, le Dr. Daniel Rakotondrivony, *Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo*. Pour assister l'équipe dans tous les aspects d'élaboration et d'exécution du programme, l'Institut des Sciences Environnementales, NLU-Biogéographie, Université de Bâle, Suisse, a été contracté comme consultant en écotoxicologie par l'International Resources Group (IRG). Les termes de référence sont:

- établir l'approche méthodologique générale en collaboration avec l'équipe
- aider dans l'identification d'un site d'essai approprié
- aider dans l'analyse et l'interprétation des données de terrain
- élaborer le rapport intermédiaire et le rapport final

En mars 2000, la NLU a proposé deux alternatives de dispositifs expérimentaux à l'ONE (Annexe IV), et sur la base de l'une de ces propositions (le "randomized complete block design" avec quatre parcelles répétées), l'équipe de recherche a commencé ses travaux de terrain à Malaimbandy (Ouest de Madagascar) le 4 mai. Au départ, l'appel d'offre voulait que le suivi commence en mars. Cependant, le recrutement de tous les chercheurs et consultants n'a été accompli qu'en mai. Par conséquent, les travaux de terrain à Malaimbandy ont commencé assez tard dans la saison, avant mon arrivée le 10 mai.

Du 4 au 14 mai, l'équipe a été dirigée par l'ONE qui était également chargé du suivi technique des pulvérisations. Au cours de cette période, trois blocs expérimentaux différents ont été sélectionnés, chacun comprenant trois parcelles (suivi, deltaméthrine, fipronil). Le premier bloc a été traité par un avion à ailes fixes le 11 mai. Le traitement suivant était programmé pour le 15 mai. Cependant, les activités de lutte antiacridienne dans d'autres régions de Madagascar ont mobilisé tous les avions pulvérisateurs du *Comité National de Lutte Antiacridienne* (CNLA). Par conséquent, le deuxième traitement n'avait pas encore eu lieu lorsque je suis arrivé à Malaimbandy le 17 mai.

Le présent rapport est axé sur (1) la conception générale de l'étude de suivi environnemental (2) l'épandage aérien dans le deuxième bloc expérimental et (3) les observations de terrain sur la toxicité aiguë du fipronil et du deltaméthrine sur les araignées et les invertébrés aquatiques. L'équipe de recherche malgache compile actuellement les données sur les effets sur les organismes terrestres non cibles, qui seront présentées dans le prochain rapport.

## 2. Zone d'étude

Le suivi environnemental est réalisé près de Malaimbandy, à environ 200 kilomètres au sud ouest d'Antsirabe. Le bloc 1 est situé cinq kilomètres au nord sur la route de Miandrivazo, le bloc 2 à dix kilomètres et le bloc 3 à quarante kilomètres à l'ouest sur la route de Morondava. Depuis que le CNLA a fermé la base Miandrivazo en début juin, et pour d'autres raisons exposées plus tard, le quatrième bloc prévu (parcelle répétée) a dû être annulé. La distance entre les parcelles dans les blocs est au moins de 2 kilomètres. Cependant, la distance séparant les blocs peut atteindre 50 kilomètres, étant donné que les zones accessibles et suffisamment larges avec types de végétation et état saisonnier similaires (couverture d'herbe verte, absence de feux de brousse) sont éloignées les unes des autres. Tous les blocs étaient situés dans la zone de couverture de la flotte d'avions pulvérisateurs du CNLA, basée à Miandrivazo, un critère important pour la sélection des sites. La lutte contre les essaims était encore en cours pendant cette période. Bien qu'aucun essaim n'ait été observé durant les travaux de terrain, l'abondance des fèces sur le sol dans certaines parcelles était une preuve manifeste de visites récentes.

Le paysage est caractérisé par une zone boisée ouverte et de savane herbeuse, fortement érodée (ravines) entrecoupée de couloirs étroits de forêt fluviale le long des fossés. Les sols comprennent une mosaïque de terreaux sablonneux bruns et de latosols rouges, parsemés d'affleurements calcaires et de graviers. La couverture herbeuse est dominée par des touffes relativement espacées de *Heteropogon contortus* sur les latosols, et des bosquets denses de *Hyparrhenia spp.* pouvant atteindre 1,5 m de hauteur près des ravins et des vallées. La forêt fluviale est principalement composée de *Bismarckia nobilis* (un palmier), de *Tamarindus indica*, de *Sclerocaria caffra* et de manguiers dispersés. Le *Terminalia mantali*, le *Zizyphus jujuba* et le *Cordia spp.* sont les arbres dominants sur les pentes et les monticules. Les habitats aquatiques comprennent les mares saisonnières, les ruisseaux et ruisselets, et les cours d'eau permanents.

Les sites sont généralement inaccessibles en voiture à cause du relief accidenté. Par ailleurs, avec des différences de hauteur d'environ 50 m entre les fossés et les monticules, il est également impossible pour l'avion pulvérisateur de survoler à une hauteur standard de 10 m au-dessus du sol. Cette situation est caractéristique de toute la région entre Miandrivazo et Malaimbandy.

### 3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est basé sur le dispositif appelé *Before-After-Control-Impact* (dispositif "BACI"), c.-à-d. la faune a été suivie pendant une période donnée (trois jours pour la présente étude) immédiatement avant *et* après l'application de l'insecticide pour évaluer les effets nocifs aigus, poursuivi ensuite avec des évaluations successives à 4-6 semaines d'intervalle jusqu'au début de la prochaine saison des pluies (octobre) afin d'évaluer les effets à plus long terme. Par souci de validité statistique, ces observations avant et après traitement doivent être effectuées dans *chaque* bloc. Le premier bloc a fait l'objet des deux observations ; cependant aucune observation avant traitement n'avait été prévue dans les autres blocs.

Par conséquent, et conformément à la proposition originale, qui n'était probablement pas assez claire sur ce point, le traitement aérien à faire sur le deuxième bloc a été immédiatement reporté afin d'effectuer l'observation avant traitement de trois jours dans ce bloc. La nouvelle date de traitement proposée au CNLA était le 22 mai, et l'opération a eu lieu comme prévu. Des ajustements similaires ont dû être faits pour le troisième bloc, et le traitement a eu lieu le 31 mai.

L'objectif de la présente étude est de comparer les effets écologiques des pulvérisations en couverture totale de deltaméthrine et de fipronil pour lutter contre les essaims de criquets. Cependant, à cause du retrait de l'Adonis<sup>®</sup> 4 UL de la lutte anti-essaim, cette formulation n'était plus disponible en stock à Madagascar. Même la formulation plus concentrée d'Adonis<sup>®</sup> 7,5 a été soit complètement épuisée pendant les traitements en barrière à grande échelle des essaims de criquets en 1999, soit irrécupérable des stocks de pesticides dans d'autres régions de Madagascar. De ce fait, le CNLA a pu seulement fournir  $\approx 220$  l d'Adonis<sup>®</sup> 4 UL. Cette quantité était suffisante pour traiter deux des quatre parcelles prévues.

Par conséquent, le traitement au fipronil dans le bloc trois a dû être remplacé par un autre traitement de deltaméthrine. Ainsi, le bloc trois comprenait une parcelle de suivi et deux parcelles de deltaméthrine. Le nombre final de traitements pour tous les blocs était respectivement quatre, trois et deux pour le deltaméthrine, le suivi et le fipronil, résultant en un soi-disant "randomized incomplete block design". Un quatrième bloc éventuel a dû être annulé non seulement à cause de l'insuffisance du fipronil et de la fermeture prévue de la base de CNLA à Miandrivazo, mais également pour les raisons suivantes:

1. La réintroduction des observations avant traitement entraîne la prolongation de la première visite sur le terrain en juin, une prolongation d'environ une semaine par rapport à la période prévue et budgétisée par l'ONE.
2. Au début de la saison sèche, très peu de sites ont été jugés appropriés aux expérimentations de terrain, à cause du déclin saisonnier naturel de la flore et de la faune.
3. Les feux de brousse avaient commencé dans le bloc sélectionné initialement pour le troisième traitement, ainsi que dans une zone alternative avoisinante. Une étendue de verdure a été finalement localisée à environ 40 kilomètres de Malaimbandy comme site de remplacement mais il était peu probable qu'on puisse trouver une autre zone de condition similaire située à une distance adéquate.

En conclusion, le dispositif final ne correspond pas à la proposition originale qui recommandait soit six (sans observation avant traitement), soit quatre (avec observation avant traitement) véritables traitements répétés. Néanmoins, le dispositif est jugé supérieur aux autres études d'impact environnemental menées auparavant, qui le plus souvent manquaient de répétitions. En outre, le fait d'avoir dû accentuer "involontairement" l'utilisation de deltaméthrine est certainement utile parce qu'aucune évaluation environnementale de cet insecticide très utilisé dans la lutte antiacridienne n'a été menée à Madagascar.

## 4. Délimitation et traçage des parcelles expérimentales

A l'arrivée à Malaimbandy, les trois parcelles du bloc 1 (déjà traité) et du bloc 2 (traitement en suspens) avaient été délimitées. Les blocs provisoires 3 et 4 avaient été identifiés, mais les parcelles individuelles n'étaient pas encore tracées. La délimitation a été faite en érigeant des drapeaux blancs en haut de grands arbres dans chaque angle des parcelles de traitement à l'aide de compas et de mètre rubans parce que les appareils GPS (Global Positioning System) appropriés n'étaient pas à la disposition de l'équipe. La position des dispositifs d'échantillonnage (pièges "Malaise" et "Sherman") et des transepts (comptage visuel des animaux, lignes d'échantillonnage au filet fauchoir) a été déterminée de la même façon avec des drapeaux d'angle servant de points topographiques. Malheureusement, naviguer avec exactitude dans ce type de terrain érodé et accidenté s'est avérée extrêmement difficile. Par conséquent, il est fort possible que les sites ne soient pas exactement de 100 ha et que les pièges et les transepts soient situés trop près des limites des parcelles, ce qui aurait pu biaiser l'échantillonnage (effet de limite).

Ce problème de navigation a été confirmé plus tard dans le bloc 1 (traité le 15 mai). Bien que la superficie de la parcelle de deltaméthrine était proche de celle requise (99 ha), la superficie de la parcelle de fipronil était seulement de 90 ha environ (Annexe I). D'ailleurs, les pièges et les transepts étaient concentrés soit dans la moitié nord (deltaméthrine) soit dans la moitié sud (fipronil), avec quelques pièges situés à seulement 30 m de la limite de la parcelle. C'était également le cas pour les zones où les échantillons de végétation pour l'analyse des résidus de pesticide ont été prélevés : pour le traitement au deltaméthrine, ces zones s'étendaient le long de la ligne nord (points b-e) ; pour le traitement au fipronil, deux des cinq zones s'étendaient soit dans l'angle sud-ouest (point a), soit juste à l'extérieur de la ligne sud-est (point e). Les différentes positions des pièges, des transepts et des zones d'échantillonnage de la végétation doivent être prises en considération lors de l'analyse des données pour éviter une interprétation erronée. Par exemple, avec les vents d'ouest dominant dans la zone d'étude, les faibles résidus de pesticide dans l'échantillon "a" (fipronil) seraient dus plus à l'extrême exposition aux vents du point d'échantillonnage qu'à un faible dosage de pesticide à l'intérieur de la parcelle.

Un autre problème se posait au niveau de l'orientation des parcelles de traitement. Les lignes n'étaient pas perpendiculaires à la direction dominante du vent (Annexe I). Cependant, la pulvérisation avec le vent en angle par rapport à l'appareil peut entraîner

une distribution inégale du pesticide (FAO, 1992), donnant lieu à une mosaïque de parcelles sur-dosées, sous-dosées et correctement dosées à l'intérieur et à l'extérieur de la parcelle cible. L'orientation idéale aurait été sud-nord/ouest-est. D'autre part, il faut reconnaître que la direction du vent peut être extrêmement instable, ce qui rend l'orientation optimale des parcelles dans ce dispositif expérimental extrêmement difficile, sachant que les limites des parcelles ont dû être fixées plusieurs jours *avant* la pulvérisation en vue de l'observation avant traitement.

Bien qu'il était trop tard pour ajuster la superficie et l'orientation des sites dans le bloc 1, il était encore possible de le faire dans les blocs restants. La position exacte des angles, des pièges et des transepts des sites de traitement dans le bloc 2 a été mesurée à l'aide d'un GPS (Garmin 45). La disposition finale a été modifiée afin de garder une distance minimum de 200 m entre les limites des parcelles et les sites d'échantillonnage. Les cartes des sites de traitement ont été établies sur la base du système de grille décimal de l'UTM (Universal Transversal Mercator) (Annexe I), et l'équipe a été formée sur les techniques de navigation et de traçage requises. Dans le troisième bloc, où l'échantillonnage avant pulvérisation a commencé le 27 mai, les dispositifs d'échantillonnage ont été installés dès le début à la bonne distance par rapport aux limites des parcelles. Toutes les coordonnées appropriées ("waypoints") ont été sauvegardées dans le GPS qui a été laissé avec l'équipe. Ainsi, l'équipe pourra facilement localiser avec exactitude les points d'échantillonnage lors des prochaines campagnes.

## 5. Traitement

Il est crucial d'effectuer correctement les traitement pour réussir le programme de suivi actuel. Les résultats des études environnementales antérieures ont été contestés sous prétexte que les paramètres de pulvérisation n'ont pas été enregistrés ou n'ont pas été fournis par les sociétés de pulvérisation. Le problème principal était que la pulvérisation avait été réalisée dans la précipitation de la lutte opérationnelle, les criquets cibles ayant été traités l'un après l'autre, parfois aux dépens d'un enregistrement approprié des données. C'est pourquoi la NLU a exigé que la technique de pulvérisation soit suivie pendant l'expérience, ce qui implique l'obtention des protocoles de calibrage et de vol du CNLA et/ou de sociétés de pulvérisation contractées et des vérifications sur le terrain.

A ce jour, des copies d'un protocole ont été reçues (bloc 2). La pulvérisation dans ce bloc a été réalisée dans les règles de l'art, à l'aide d'un avion moderne équipé d'un système d'orientation informatisé. Selon le protocole, la surface totale traitée était supérieure à ce qui était prévu (deltaméthrine: 151 ha, fipronil: 107 ha). Dans le cas du deltaméthrine, ceci était dû à une prolongation des passes d'épandage (n = 11) au nord ou au sud (pour des raisons jusqu'à maintenant inconnues), tandis que la déviation dans le cas du fipronil était dans les limites normales de variation. Cependant, les dosages nominaux (15 g et 4 g a.i./ha respectivement pour le deltaméthrine<sup>1</sup> et le fipronil) avaient été respectés dans les deux pulvérisations (Annexe II). Les autres protocoles n'étaient pas encore disponibles au moment de la rédaction de ce rapport. Il est donc extrêmement important de les obtenir. Chaque bloc a été traité par un avion pulvérisateur différent, selon la disponibilité durant la campagne. De même, le temps de traitement réel n'était pas maîtrisé par l'équipe. Bien que l'utilisation d'avions différents constituait un inconvénient certain, ce n'est pas considéré comme un problème majeur dans le dispositif expérimental actuel, puisque les effets de bloc ont été pris en compte. Les données de traitement rassemblées jusqu'ici sont récapitulées dans l'Annexe II. Le tableau présente les paramètres principaux à enregistrer dans un protocole de pulvérisation concluant, et doit être complété dans la mesure du possible.

Le suivi de pulvérisation sur le sol nécessite généralement des relevés des paramètres météorologiques (vitesse et direction du vent, humidité relative (RH), température au début et à la fin de la pulvérisation) et la déposition de gouttelettes, à l'aide de papiers oléosensibles. Malheureusement, les anémomètres et les hygromètres pour mesurer la

---

<sup>1</sup> La dose de terrain enregistrée est de 17,5 g a.i./ha. Dans la campagne actuelle, elle a été réduite à 15 g a.i./ha par le CNLA.

vitesse du vent et le RH n'étaient pas à la disposition de l'équipe. La vitesse du vent pouvait être estimée sans anémomètre, en utilisant un système de classification basé sur les mouvements des feuilles et des branches des arbres, mais le RH n'a pas été enregistré et peut seulement être supposé sur la base du rapport général entre la température et le RH pendant la saison sèche.

La déposition de gouttelettes a été enregistrée le long de trois lignes parallèles distantes de 300 m et de 700 m de long (lignes A-C, Annexe I). La distance par rapport aux limites de parcelle était de 150 m. Quatre-vingt-dix papiers oléosensibles ont été placés tous les cinquante mètres le long des lignes, avec un papier (la couche vers le haut) sur le sol et un second papier cylindrique enroulé et attaché en position verticale à des piquets à environ 1 m au-dessus du sol. Ainsi les gouttelettes tombant au sol et celles emportées par le vent sont collectées. Les papiers ont été récupérés immédiatement après la pulvérisation, et les gouttelettes comptées cinq fois sur chaque papier. Le nombre moyen de gouttelettes/cm<sup>2</sup> (NG) a été calculé pour les papiers en position horizontale, et le NG maximum pour les papiers en position verticale (face au "drift" de pulvérisation). Les valeurs reportées au Tableau I sont les médianes de ces nombres moyens ou maximum.

**Tableau I. Déposition de gouttelettes dans les sites de traitement**

Orientation des papiers oléosensibles	# médiane des gouttelettes/cm <sup>2</sup> (min-max; pourcentage de papiers <sup>3</sup> 1 gouttelette)			
	horizontal (niveau du sol)		vertical (1 m au-dessus du niveau du sol)	
	Deltaméthrine	Fipronil	Deltaméthrine	Fipronil
Bloc 1	2 (0-11; 67%)	2 (0-7; 80%)	13 (0-68; 98%)	4 (0-49; 80%)
Bloc 2	3 (0-16; 91%)	4 (0-14; 100%)	6 (1-80; 100%)	7.5 (1-32; 98%)
<sup>1</sup> Bloc 3 D a	<sup>1</sup> à compléter		<sup>2</sup> à compléter	
<sup>1</sup> Bloc 3 D b	<sup>2</sup> à compléter		<sup>2</sup> à compléter	

<sup>1</sup> les deux parcelles du bloc 3 ont été traités au deltaméthrine (D a et D b); <sup>2</sup> les données n'ont pas encore été reçues.

Pour un volume d'application donné (généralement 1 l/ha pour les traitements UBV des criquets), la déposition réelle de gouttelettes varie en fonction des caractéristiques techniques, météorologiques et du paysage (viscosité et volatilité du pesticide, type d'avion et de pulvérisateur, hauteur d'épandage, distance entre les passes, largeur de dérive, température, vent, relief, densité et structure de la végétation, etc.). Ainsi, il n'y a

pas de valeurs de NG standard. En général, le NG sur les feuilles des récoltes annuelles uniformément plantées devrait se situer autour de 20. Dans les sites naturels tels que les savanes, les valeurs sont largement inférieures, en raison de la superficie plus étendue de la végétation. Ceci a été confirmé au cours des deux premiers traitements. Le NG médian (papiers verticaux) variait de 4 (fipronil, bloc 1) à 13 (deltaméthrine, bloc 1). Le NG sur le sol était généralement inférieur, variant entre 2 (deltaméthrine et fipronil, bloc 1) et 4 (deltaméthrine, bloc 2). Pour un suivi efficace, la distribution uniforme de la pulvérisation est également importante. Ceci est reflété par le pourcentage des papiers collectant  $\geq 1$  gouttelette. A 1 m au-dessus du sol, le pourcentage était le plus faible dans la parcelle de fipronil, bloc 1 (80%), et le plus élevé dans la parcelle de deltaméthrine, bloc 2 (100%). Ceci suppose qu'environ 20% de la parcelle de fipronil dans le bloc 1 auraient échappé à la pulvérisation. Cependant, les conclusions finales peuvent seulement être tirées sur la base des protocoles de vol. En outre, les lignes avec les papiers oléosensibles n'ont pas été encore tracées.

En raison du terrain fortement érodé, il était difficile de maintenir la hauteur d'épandage de pesticide de 10 m recommandée pendant les opérations de pulvérisation. Afin de vérifier l'hypothèse que les différences relatives de hauteur d'épandage n'ont pas entraîné une distribution inégale de la pulvérisation (= NG différent), nous avons analysé la déposition de gouttelettes dans le bloc 2 par rapport aux caractéristiques du paysage. Pendant la collecte des papiers oléosensibles, chaque position a été classifiée comme suit : A = fonds de vallées et fossés, B = bas de pente, C = haut de pente, D = sommet de monticules. La végétation a été classifiée comme suit: A = forêt fluviale dense, B = forêt ouverte, C = savane boisée, D = savane herbeuse. Pour l'analyse statistique, les classes supérieures et inférieures ont été combinées, ce qui a donné les classes 1 (A + B) et 2 (C + D). Les différences entre ces classes combinées ont été comparées à l'aide d'un test non paramétrique de Mann-Whitney. Une différence importante a été observée dans le site de fipronil au niveau du sol (Tableau II), avec NG = 2 dans la classe 1 et ND = 5 sur les monticules. Toutefois, les autres NG n'étaient ni sensiblement différents, ni n'avaient montré une tendance cohérente vers des valeurs supérieures sur les sommets de colline ou les savanes ouvertes. On peut donc conclure que la déposition réelle de gouttelettes était largement indépendante des caractéristiques du paysage et de la variation de la hauteur relative d'épandage qui en résulte.

**Tableau II. Déposition de gouttelettes en fonction des caractéristiques du paysage dans le bloc 2**

		# médian de gouttelettes/cm <sup>2</sup> NG (min-max)											
		Relief						Végétation					
Papier	Classe	Fipronil			Deltaméthrine			Fipronil			Deltaméthrine		
		NG	n	import.	NG	n	import.	NG	n	import.	NG	n	import.
Niveau du sol	1	2 (0-6)	14		3 (0-16)	24		2.5 (1-12)	10	n.i.	3 (0-4)	8	n.i.
	2	5 (1-14)	30	p<0.01	3 (0-8)	21	n.i.	4.5 (0-14)	34		3 (0-16)	3	7
1 m au-dessus du sol	1	7.5 (2-18)	14	n.i.	6 (2-80)	24	n.i.	8 (2-12)	10	n.i.	6 (3-16)	8	n.i.
	2	7.5 (1-32)	30		6 (1-28)	21		7 (1-32)	34		6 (1-18)	3	7

import. = important; n.i. = non important

## 6. Méthodes d'échantillonnage

Les principales méthodes d'échantillonnage et de suivi utilisées dans la présente étude sont similaires à celles appliquées par les études environnementales menées auparavant sous les auspices de l'ONE (ONE, 1999), et sont récapitulées au Tableau III. La NLU n'a pas été impliquée dans la planification du programme d'échantillonnage en question, et aurait recommandé moins de paramètres pour pouvoir effectuer plus de répétitions et de sous-échantillons. Néanmoins, les méthodes sont considérées appropriées pour atteindre les objectifs de l'étude d'impact environnemental.

**Tableau III. Techniques d'échantillonnage et de suivi utilisées dans l'étude environnementale de Malaimbandy**

Taxon	Technique d'échantillonnage/suivi	# de sous-échantillon/parcelle	Paramètre
Arthropodes vivant sur le sol <sup>1</sup>	Pièges d'interception (tasses en plastique) alignés le long des barrières de feuilles en plastique (100 m)	3 lignes	Abondance relative
Arthropodes vivant sur l'herbe <sup>1</sup>	Filets fauchoirs le long des transepts (100 m)	3 transepts	Abondance relative
Insectes volants <sup>1</sup>	Pièges Malaise	3 pièges	Abondance relative
Termites <sup>1</sup>	Destruction délibérée du sommet des termitières	20 termitières	Réparation de l'activité; survie de la colonie
Petits mammifères	Pièges "Sherman"	15 pièges; 2 contrôles par piège par jour	Abondance relative <sup>2</sup>
Reptiles	Comptages visuels le long de lignes de transept fixes (1 kilomètre)	3 transepts ; 2 comptages par transept par jour	Abondance relative
	Pièges d'interception (seaux) alignés le long des barrières de feuilles en plastique (150 m)	3 lignes; 2 contrôles par ligne par jour	Abondance relative <sup>2</sup>

<sup>1</sup>L'identification et l'énumération des spécimens sont réalisées à l'Université. <sup>2</sup> Les animaux capturés sont identifiés, marqués et libérés. La méthode de marquage libération-recapture peut être employée pour estimer les densités absolues de population. Cependant, elle nécessite généralement des périodes de prélèvement plus longues que dans la présente étude (≥5 jours).

La différence principale par rapport aux études antérieures réside dans la courte période d'échantillonnage. Au cours de chaque échantillonnage, la faune est surveillée pendant trois jours consécutifs uniquement. La séquence relativement courte est un ajustement nécessaire au dispositif de répétition de l'étude. Dans les blocs, l'échantillonnage se fait de façon synchronique dans toutes les parcelles. L'équipe est donc divisée en trois groupes, chacun responsable d'une parcelle par bloc. Une description plus détaillée des méthodes d'échantillonnage sera présentée dans le rapport intermédiaire de l'Université d'Antananarivo.

Tous les membres de l'équipe ont participé aux études environnementales antérieures et les travaux pratiques ont été menés avec professionnalisme. Des améliorations mineures concernant la normalisation des méthodes d'échantillonnage ont été suggérées sur site. Des paramètres supplémentaires auraient pu être suivis pour une évaluation environnementale plus approfondie, en particulier en ce qui concerne les effets toxiques sur la faune aquatique (voir ci-dessous). Cependant, l'équipe était déjà assez chargée. Par conséquent, pendant la première mission sur le terrain, la consolidation des travaux en cours a été soulignée plutôt que l'intégration de nouveaux paramètres dans le programme de travail. Les considérations qui suivent se concentrent sur certains aspects méthodologiques et écologiques généraux des travaux.

Comme indiqué précédemment, les pulvérisations ont été réalisées assez tard dans la saison. Un certain nombre d'implications doivent de ce fait être prises en compte. Dans le cas des invertébrés, la diversité et l'abondance spécifiques diminuent de manière significative au début de la saison sèche. Plusieurs espèces survivent à cette période en diapause (chrysalides, œufs) ou sous forme de larves vivant dans les endroits protégés (sol, bois mort, etc.). A cette période de l'année, une sensibilité supposée aux insecticides serait à peine discernable. Ainsi, la question se pose si l'étude actuelle peut donner une image représentative des effets nocifs potentiels sur les invertébrés non cibles. Au moins quatre arguments peuvent être avancés pour justifier l'étude:

1. Les criquets sont traités sur le lieu où ils sont observés et à chaque fois qu'ils sont observés (jusqu'en juin dans la région de Miandrivazo). Ainsi, l'exposition aux pulvérisations de pesticide représente un risque *réel* à toute époque de l'année.
2. Les communautés naturelles d'invertébrés sont très dynamiques en termes de temps et d'espace, avec chevauchements ou non des maximums de population pour les différents taxa. Par conséquent, il n'y a pas de possibilité *unique* "la plus représentative" pour les évaluations d'impact.

3. Les études écotoxologiques n'exigent pas nécessairement un échantillonnage exhaustif de la diversité des invertébrés pour les évaluations des risques – ce qui constitue une différence fondamentale par rapport aux études écologiques et aux évaluations de biodiversité. L'objectif est plutôt de suivre un groupe *limité* de taxa représentant différents groupes écologiques et différents stades de vie.
4. Plusieurs invertébrés sont *actifs* pendant la saison sèche (fourmis, termites, etc.), y compris les taxa survivant à la saison sèche dans leur stade adulte, ce qui les rend plus vulnérables au stress causé par les pesticides par rapport aux espèces en diapause.

Les vertébrés terrestres sont très sensibles aux pesticides pendant leur phase reproductive, c.-à-d. pendant la saison des pluies. Par conséquent, les effets secondaires pendant la saison sèche sont moins probables. En outre, la toxicité du fipronil et du deltaméthrine pour les vertébrés à sang chaud est faible comparée à d'autres insecticides antiacridiens tels que les organophosphorés. Dans cette perspective, les effets secondaires sur les mammifères ne sont pas prévus. Au contraire, les tests effectués en Mauritanie ont démontré que la toxicité orale aiguë du fipronil est aussi élevée que la toxicité du chlorpyrifos organophosphoré (Peveling et Demba, 1997). Un risque potentiel sur les reptiles a été confirmé à Madagascar, où des résidus élevés de fipronil ont été trouvés dans des caméléons vivants et morts (ONE, 1999). Malheureusement, le suivi des caméléons est optimal pendant les recherches nocturnes à l'aide de torches, ce qui n'était pas possible à Malaimbandy pour des raisons de sécurité. Les lézards diurnes les plus abondants étaient les jeunes *Chalarodon madagascariensis* (Iguanidae) et les *Mabuya elegans* (Scincidae). Les adultes commencent leur hibernation en mai, tandis que les jeunes restent actifs en début juillet jusqu'à ce que le poids de leur corps soit plus élevé. Par conséquent, ce sont les jeunes plus vulnérables qui ont été exposés aux pulvérisations de pesticide à Malaimbandy. Afin d'évaluer l'exposition réelle au deltaméthrine et au fipronil, il a été recommandé de collecter au moins cinq individus de jeunes *C. madagascariensis* ou *M. elegans* dans chaque parcelle du bloc 3 pour l'analyse des résidus.

En conclusion, il y a de fortes chances de vérifier la validité des observations antérieures au cours de cette étude de fin de saison. Cependant, les effets plus subtils tels que la perturbation du système endocrine, qui est considérée comme responsable en partie du déclin global des amphibiens et des reptiles (Ankley et Giesy, 1998), peuvent seulement être détectés au cours d'études à plus long terme et devraient être précédés d'analyses de laboratoire.

## 7. Études complémentaires

Trois études complémentaires ont été intégrées au programme d'échantillonnage, à savoir:

1. Evaluation rapide de la mortalité des *web-building wolf spider* (Lycosidae) le long des ruisseaux et des étangs (blocs 2 et 3). Cette méthode simple mais extrêmement sensible sert à évaluer la toxicité aiguë sur les araignées et constitue un complément biologique à l'analyse de la distribution de pesticide à l'aide de papiers oléosensibles. Le jour suivant le traitement, 50 filets par site ont été vérifiés pour observer la présence des araignées. Les filets ont été choisis au hasard, à intervalle minimum de 10 m.
2. Mesure de la biomasse de la couche herbeuse (tous les blocs). Quinze quadrats de 1m<sup>2</sup> ont été moissonnés dans chaque parcelle. Une biomasse élevée peut augmenter l'intensité des feux de brousse, ce qui perturberait à certains moments le programme de suivi. L'impact du feu pourrait être inclus comme un facteur de covariance pendant l'analyse et l'interprétation des données.
3. Evaluation qualitative du "drift" (= faune aquatique flottant dans ou sur l'eau des étangs et ruisseaux) et du "fall-out" (= arthropodes tombant le couvert des arbres plus grands le long des cours d'eau). Le "drift" a été prélevé avec un tissu en coton, le "fall-out" avec des feuilles en plastique de 2 x 1,5 m installées près du tronc d'un arbre à environ 50 cm au-dessus du niveau du sol. Ces évaluations ont été seulement effectuées dans le bloc 3, et ont permis de démontrer qu'un nombre plus important d'espèces d'invertébrés sont en danger par rapport à ce qui a été suivi dans la présente étude.

## 8. Effets aigus observés dans le bloc 2

Le deltaméthrine et le fipronil ont causé une mortalité élevée parmi les araignées lycosides (voir Annexe I pour la localisation des cours de l'eau). Dans 100% (fipronil) et 98% (deltaméthrine) des 50 filets inspectés, les araignées étaient soit absentes soit mortes, comparé à 6% lors du suivi. Ces pourcentages élevés démontrent une sensibilité particulière de cette espèce d'araignée – non identifiée jusqu'à présent –, et confirment que la pulvérisation était uniforme sur la zone cible. (Les filets étaient très dispersés le long des cours d'eau qui s'étendent perpendiculairement aux lignes de papiers oléosensibles; cf. carte dans l'Annexe I).

Dans les deux traitements, nous avons observé des décès massifs de crevettes d'eau douce (Decapoda: Caridea, Atyidae), de larves de libellules (Odonata), de punaises aquatiques (Hemiptera: Belostomidae), de Dytiscidae et d'autres arthropodes. Bien qu'il soit reconnu que le deltaméthrine est très toxique pour les poissons et les macro-invertébrés, y compris les crevettes (Nagel, 1995), le fipronil a été jusqu'à présent classifié comme un produit à faible risque, même à la dose de terrain plus de 6,25 g a.i./ha utilisée contre le criquet migrateur (FAO, 1998; Laar, 1998, 2000). Cette classification est fondée sur les données de toxicité sur les espèces branchiopodes telles que l'espèce de puce d'eau *Daphnia magna*, un organisme test standard pour le dépôt des pesticides, et l'anostracé *Streptocephalus sudanicus*, une espèce indigène des eaux temporaires de la région du Sahel, considérée comme plus représentative de la faune crustacéenne des habitats de criquets africains que les puces de l'eau (Tableau IV). Il s'ensuit que les données de toxicité sur les branchiopodes ne prédisent pas de manière fiable les risques pour les crevettes décapodes. Les crevettes d'eau douce sont des espèces se nourrissant sur le fonds de sédiments organiques et d'algues. De ce fait, les pesticides adsorbés par les particules organiques peuvent être accumulés par voie orale, augmentant ainsi la charge de pesticide totale.

**Tableau IV. Toxicités du deltaméthrine et du fipronil pour le *Daphnia magna* et le *Streptocephalus sudanicus* (Branchiopode) comme indicateurs des effets secondaires sur les crevettes d'eau douce (Decapoda, Caridea, Atyidae)**

Insecticide	Espèces tests	<sup>§</sup> LC <sub>50</sub> (mg/l)	La toxicité de laboratoire prévoit des effets sur les crevettes d'eau douce sur le terrain aux doses recommandées
Deltaméthrine	<i>Daphnia magna</i>	0,8 – 3,5	oui
	<i>Streptocephalus sudanicus</i>	0,018	oui
Fipronil	<i>Daphnia magna</i>	190	non
	<i>Streptocephalus sudanicus</i>	9,94	non

<sup>§</sup>sources: Laar, 2000; Nagel, 1995; Tomlin, 1997

La mortalité des crevettes a été également reportée au cours du premier traitement au fipronil (bloc 1). En outre, nos observations rejoignent les rapports des éleveurs de crevettes sur la côte concernant les réductions significatives des peuplements à cause du fipronil en 1998. Etant donné que la preuve actuelle est simplement visuelle, des études complémentaires seront certainement nécessaires pour évaluer l'importance et la signification de ces observations. Bien qu'il soit trop tard pour intégrer un programme d'échantillonnage des macro-invertébrés dans le programme en cours (les différences pourraient être naturelles ou induites par les pesticides), le suivi des crevettes sera mené en octobre pour confirmer sa présence ou son absence dans les endroits où les victimes ont été trouvées pendant la première évaluation.

## 9. Conclusions

Le programme de suivi environnemental de Malaimbandy a été mené avec succès. La plupart des problèmes techniques rencontrés ont pu être résolus sur le terrain. La plus grande déviation de la proposition originale était due au manque de fipronil et au début de la saison sèche. Un ajustement important du programme s'est alors avéré nécessaire pour s'adapter à cette situation. Le nombre de blocs a dû être réduit de quatre à trois, et le traitement au fipronil a été seulement répété deux fois. En dépit de ces déficiences, les objectifs principaux devront être atteints.

Une nouvelle preuve a été trouvée sur les effets nocifs du fipronil et du deltaméthrine sur les macro-invertébrés aquatiques. La mortalité élevée des insectes et des crevettes d'eau douce confirme la toxicité supposée du deltaméthrine, mais contredit la classification actuelle du fipronil comme produit à faible risque. Ces observations préliminaires devront être davantage validées par des tests de toxicité de laboratoire et des programmes de suivi environnemental.

# 10. Recommandations

Les recommandations sont axées sur les questions techniques et organisationnelles, et devraient servir de liste de référence pour la gestion de l'étude environnementale.

## Recommandations à l'ONE

- Obtenir les copies des protocoles de vol restants
- Acquérir trois GPS (1 pour chaque groupe)

## Recommandations à l'équipe de recherche

- Mettre à jour la liste des coordonnées du bloc 3, suivi et deltaméthrine b (localisation des pièges, des transepts, etc.)
- Donner un bref exposé de la pulvérisation (observations, météorologie, distribution de gouttelettes, etc.) et suivi environnemental ("drift", "fall-out", etc.) dans le bloc 3
- Compiler les données de l'analyse des résidus (végétation, reptiles)
- Utiliser un type simple de piège "Malaise" avec un système de collecte similaire. Les pièges devraient être construits de telle sorte que les insectes peuvent entrer des deux côtés et que l'entonnoir de collecte ne soit pas bloqué.
- Envoyer les spécimens des taxa d'arthropodes les plus abondants (espèces indicatrices) à Bâle pour identification. Ceci nécessiterait un permis d'exportation de l'ONE.
- Evaluer, en collaboration avec la NLU, l'abondance relative des macro-invertébrés aquatiques, en particulier les crevettes d'eau douce, pendant la dernière évaluation en octobre.

## **Remerciements**

Je remercie sincèrement le CNLA de leur flexibilité pour la réalisation des traitements aériens aux dates requises, en dépit du changement du calendrier. Je tiens également à remercier l'ONE et l'équipe de recherche de leur accueil chaleureux et leur aimable collaboration.

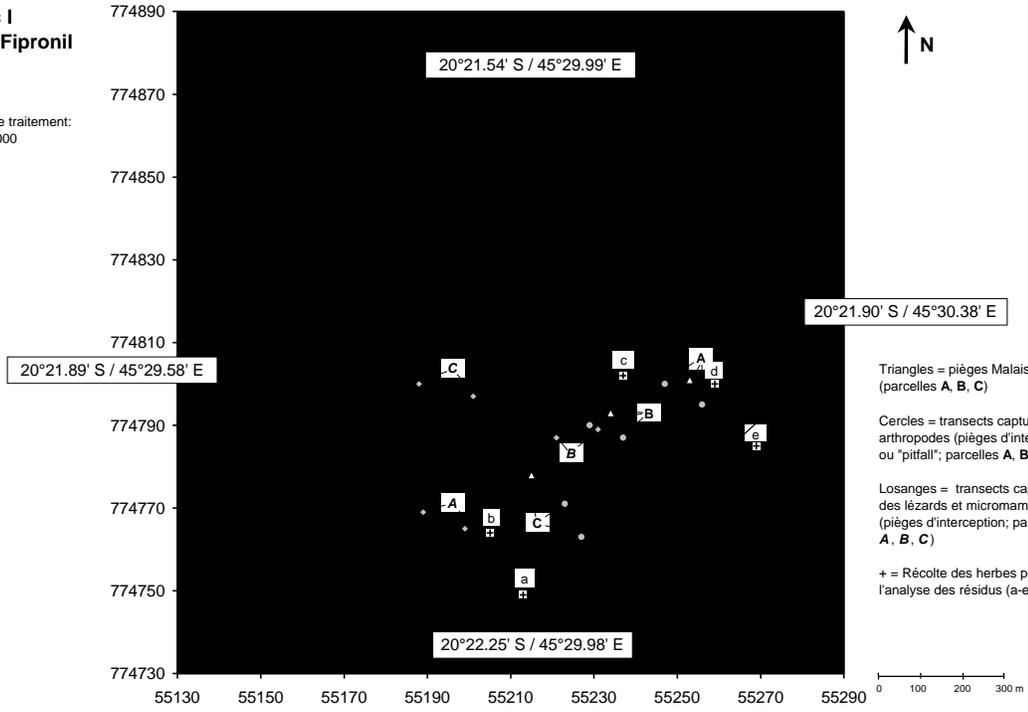
## 11. Références

- Ankley, G.T: and Giesy, J.P. (1998) Endocrine disruptors in wildlife: a weight of evidence perspective. In Kendall, R., Dickerson, R. Giesy, J. and Suk, W. (Eds.) Principles and processes for evaluation endocrine disruption in wildlife. SETAC Technical Publication Series: 349-367
- FAO (1992) The desert locust guidelines. IV Control. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO (1998) Evaluation of field trial data on the efficacy and selectivity of insecticides on locusts and grasshoppers. Pesticide Referee Group of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, 7th meeting, Rome, 2-6 March 1998
- FAO (1999) Mission de formulation d'un programme de lutte antiacridienne a court, moyen et long termes. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome
- Laar, J. (1998) An ecological assessment of the hazard of insecticides used in desert locust control to invertebrates in temporary ponds in the Sahel. *Aquatic Ecology* 32: 153-162
- Laar, J. (2000) Effects of insecticides on invertebrates in temporary ponds in the Sahel. Ecotoxicology, ecological risk assessment and minimizing side-effects of locust control. Ph.D. thesis, University of Amsterdam
- Nagel, P. (1995) Environmental monitoring handbook for tsetse control operations
- ONE (1999) Suivi des impacts ecologiques de la lutte antiacridienne. Rapport final. Office National pour l'Environnement, Antananarivo
- Tomlin, C.D.S., Ed. (1997) The pesticide manual. 11th edition. British Crop Protection Council, Farnham, UK
- Peveling, R. and Demba, S.A. (1997). Effect of *Metarhizium flavoviride*, chlorpyrifos and fipronil on *Acanthodactylus dumerili* (Milne Edwards, 1829) (Squamata: Lacertidae). LUBILOSA bioassays in Akjoujt, Mauritania. Internal Project Report, NLU-Biogeography, Basel

## **Annexe I. Cartes des Sites Traites**

**Bloc I  
Site Fipronil**

90 ha  
Date de traitement:  
11.5.2000



Triangles = pièges Malaise  
(parcelles **A, B, C**)

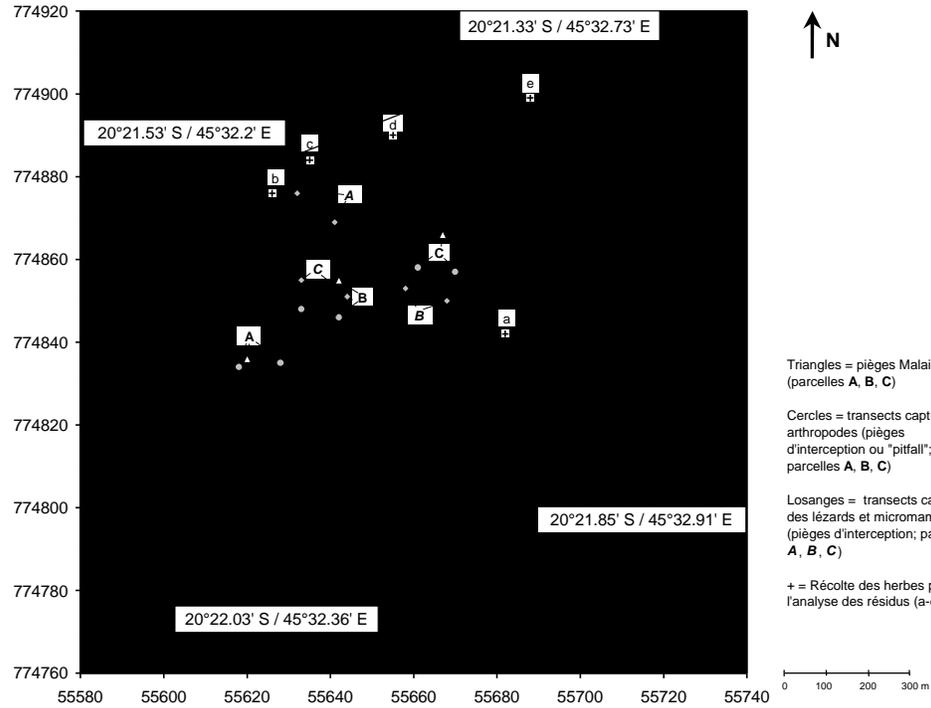
Cercles = transects capture des  
arthropodes (pièges d'interception  
ou "pitfall"; parcelles **A, B, C**)

Losanges = transects capture  
des lézards et micromammifères  
(pièges d'interception; parcelles  
**A, B, C**)

+ = Récolte des herbes pour  
l'analyse des résidus (a-e)

**Bloc I  
Deltaméthrine**

99 ha  
Date de traitement:  
11.5.2000



Triangles = pièges Malaise  
(parcelles **A, B, C**)

Cercles = transects capture des  
arthropodes (pièges  
d'interception ou "pitfall";  
parcelles **A, B, C**)

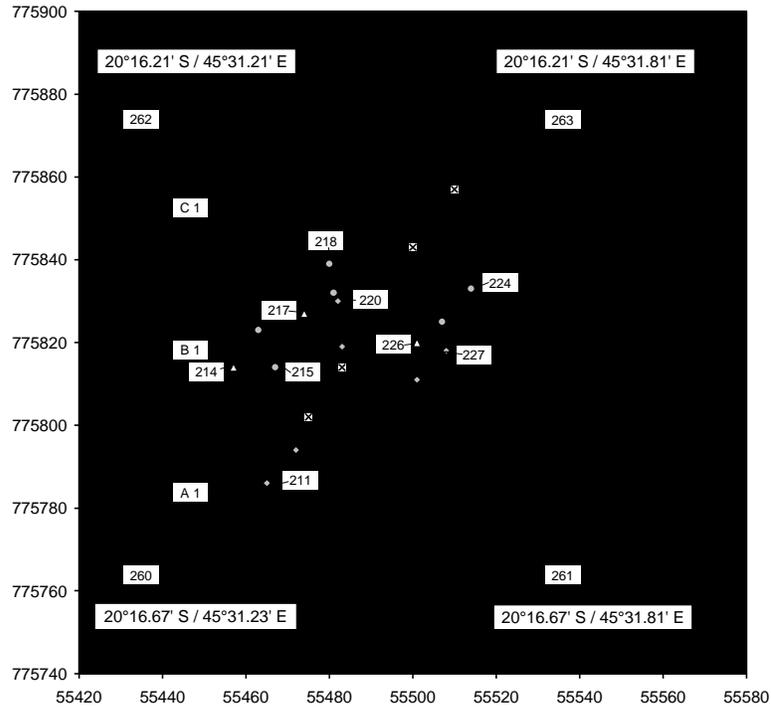
Losanges = transects capture  
des lézards et micromammifères  
(pièges d'interception; parcelles  
**A, B, C**)

+ = Récolte des herbes pour  
l'analyse des résidus (a-e)

**Bloc II  
Fipronil**

100 ha

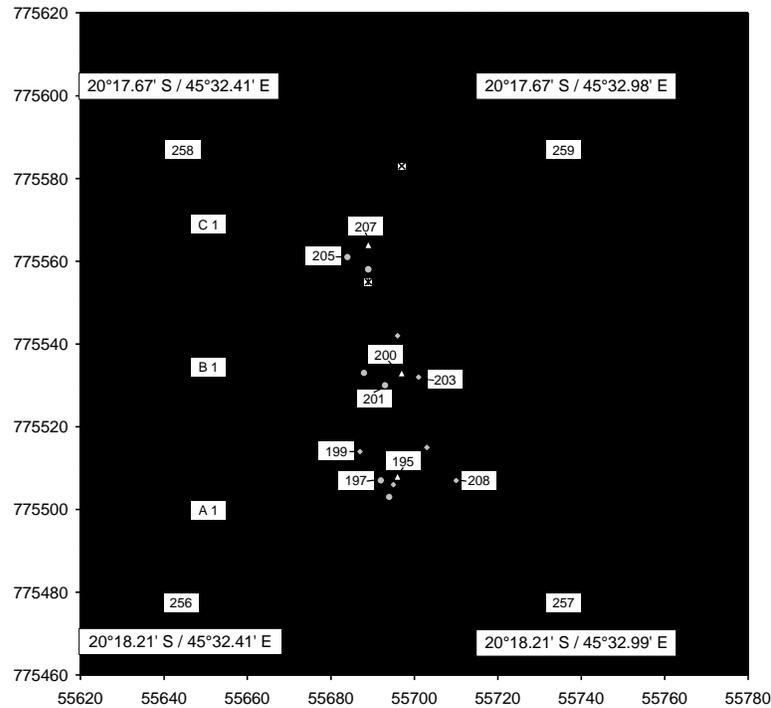
Date de traitement:  
22.5.2000



**Bloc II  
Deltaméthrine**

100 ha

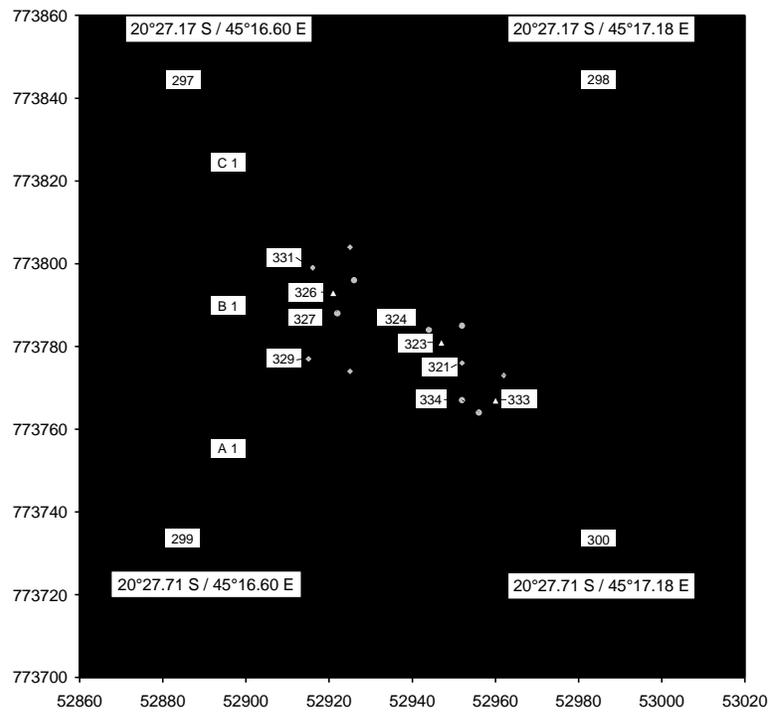
Date de traitement:  
22.5.2000



**Bloc IIIa**  
**Deltaméthrine**

100 ha

Date de traitement:  
29.5.2000



Triangles = pièges Malaise

Cercles = transects capture  
des arthropodes (pièges  
d'interception ou "pitfall")

Losanges = transects capture  
des lézards et micromammifères  
(pièges d'interception)

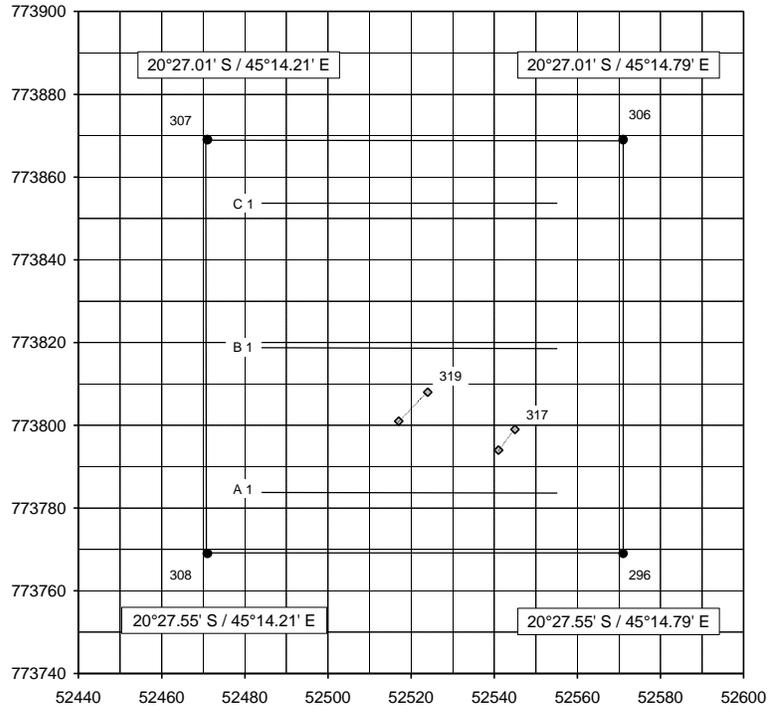
A1-C1 = lignes des papiers  
oléosensibles

300 = "waypoints" (GPS)

**Bloc IIIb  
Deltaméthrine**

100 ha

Date de traitement:  
29.5.2000



**Positions à  
compléter**

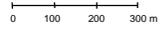
Triangles = pièges Malaise

Cercles = transects capture  
des arthropodes (pièges  
d'interception ou "pitfall")

Losanges = transects capture  
des lézards et micromammifères  
(pièges d'interception)

A1-C1 = lignes des papiers  
oléosensibles

296 = "waypoints" (GPS)



## **Annexe II Données de traitement**

### Données de traitement (à compléter)

	Bloc 1		Bloc 2		Bloc 3	
	Deltaméthrine	Fipronil	Deltaméthrine	Fipronil	Deltameth. a	Deltameth. b
Date de traitement	15-5-2000		22-5-2000		31-5-2000	
Durée de traitement			11 :26-11 :36	13 :36-13 :45		
Avion	ailes fixes		Z-WSD		Hélicoptère	
Pulvérisateur			Micronair AU ?			
<b>Blade angle</b>			?			
Hauteur d'épandage (m)			10			
Distance entre les passes (m)			100			
Nombre de voies			11	11,5		
Débit (l/min)			29	33		
Pulvérisateur RPM			?	?		
Vitesse moyenne de déplacement (km/h)			202	200		
Volume d'application (l/ha)			0,86	1		
Dose de terrain (g a.i./ha)	15	4	15	4	15	4
a) nominal			15	4		
b) réel						
Surface traitée (ha)			151	107		
Humidité relative			50%	50%		
Température °C (début-fin)			29-31	31-30		
Direction du vent			W	W		
Vitesse du vent (m/sec)			2 ou 3	2 ou 3		
Couverture nuageuse (%)			20	0		
Formulation			UL	UL		
Date de production			6-8-99	4-6-98		

	<b>Bloc 1</b>		<b>Bloc 2</b>		<b>Bloc 3</b>	
	<b>Deltaméthrine</b>	<b>Fipronil</b>	<b>Deltaméthrine</b>	<b>Fipronil</b>	<b>Deltameth. a</b>	<b>Deltameth. b</b>
Remarques				Vent instable lors de deux trajets		

## **Annexe III. Itinéraire**

## Itinéraire

- 05/10/00 Voyage Bâle-Paris-Antananarivo
- 05/11/00 Réunion avec Christian Ellwood et Frank Hawkins, IRG/PAGE; réunion avec Wolfram Zehrer, Spécialiste en protection des plantes, et Gabriel R. Rasamoelina, *Directeur de la Protection des Végétaux*; réunion avec Michel Lecoq, Acridologiste (=spécialiste des criquets), Directeur du CIRAD (*Centre de Coopération Internationale Recherche Agronomique pour le Développement*) et Consultant de la FAO à Madagascar
- 05/12/00 Réunion avec Robert LeBlanc, IRD/PAGE; examen des publications et des rapports sur l'évaluation d'impact environnemental collectés par PAGE; deuxième visite à la *Direction de Protection des Végétaux*
- 05/13/00 Examen du rapport final de l'ONE sur les travaux écotoxologiques de terrain à Madagascar entre 1998-1999; vérification et revue de l'analyse statistique de certaines données
- 05/14/00 Examen du rapport final de l'ONE et d'autres documents pertinents
- 05/15/00 Réunion avec Harizo Rasolomanana (ONE) et élaboration du programme préliminaires des travaux de terrain; réunion avec Philip DeCosse et discussion sur les détails du projet; réunion avec le Général Victor Ramahatra, directeur du *Comité National de Lutte Antiacridienne* (CNLA), l'entité responsable des opérations de lutte antiacridienne, y compris les traitements expérimentaux de l'ONE; briefing de Rakotoary Jean Chrysostome, *Directeur Général Adjoint* de l'ONE, sur les objectifs et la réalisation du projet
- 05/16/00 Elaboration du programme détaillé des travaux de terrain à Malaimbandy et préparation du voyage
- 05/17/00 Voyage à Malaimbandy; halte à la base du CNLA à Miandrivazo; présentation des objectifs du suivi environnemental, planification et coordination du traitement du bloc II et vérification des stocks de pesticides
- 05/18/00 Révision du dispositif expérimental; début de l'observation avant traitement dans le bloc II; accompagnement des chercheurs pendant leurs travaux de terrain (parcelle de deltaméthrine); prise des coordonnées des sites, des pièges et des transepts d'observation
- 05/19/00 Accompagnement des chercheurs pendant leurs travaux de terrain (parcelle de fipronil et de suivi), prise des coordonnées des parcelles, des pièges et des transepts d'observation
- 05/20/00 Mise à jour et amélioration des méthodes de suivi de terrain; présentation et test des nouveaux paramètres; établissement des cartes préliminaires des sites du bloc II
- 05/21/00 Achèvement de l'échantillonnage avant traitement dans le bloc II; délimitation des nouvelles limites des parcelles de traitement, installation des drapeaux pour les avions pulvérisateurs et mise en place des papiers oléosensibles pour le suivi de la déposition de gouttelettes et la qualité de pulvérisation
- 05/22/00 Traitement du bloc II (deltaméthrine et fipronil); analyse de la déposition de gouttelettes
- 05/23/00 Début de l'observation après traitement dans le bloc II; évaluation de la toxicité aiguë sur les faunes aquatiques et hydrophiles
- 05/24/00 Évaluation de la toxicité aiguë sur les faunes aquatique et hydrophile dans les sites traités; réalisation d'évaluations similaires dans le cadre du suivi
- 05/25/00 Survol de la zone entre Malaimbandy et Mahabo pour l'identification d'un troisième bloc expérimental; traçage des sites de traitement et de suivi
- 05/26/00 Achèvement de l'observation après traitement dans le bloc II; traçage et installation des dispositifs d'échantillonnage dans le bloc III (sites de traitement)
- 05/27/00 Poursuite du traçage et installation des dispositifs d'échantillonnage dans le bloc III (suivi);

établissement des cartes finales pour les blocs II et III; début de l'observation avant traitement dans le bloc III

05/28/00 Voyage à Antananarivo; halte à la base du CNLA à Miandrivazo; planification et coordination du traitement du bloc III

05/29/00 Information de F. Solofo Andiatsarafara, *Chef du Cellule Appui Scientifique aux Politiques Environnementales* de l'ONE, au sujet du progrès de projet, et négociation pour l'assistance de l'ONE pendant le dernier traitement; réunion avec le Général Victor Ramahatra du CNLA pour la recherche d'assistance et la coordination du traitement du bloc III; réunion avec Wolfram Zehrer, Consultant effectuant une EIE de la lutte antiacridienne mandatée par la Banque Africaine de Développement

05/30/00 Voyage Antananarivo-Paris-Bâle

## **Annexe IV. Proposition Originale Suivi des Impacts Ecologiques de Lutte Antiacridienne**

# Propositions pour un suivi opérationnel à la disposition de ONE et USAID

## 1. Introduction

Plusieurs études d'impact environnemental de la lutte antiacridienne, particulièrement de la lutte antilarvaire (traitements *en barrière*), ont été conduites à Madagascar sous les auspices de l'Office National pour l'Environnement. D'une manière générale, ces études ont mis en évidence des effets secondaires à court et moyen terme sur une gamme d'organismes non-cibles, invertébrés et vertébrés. Cependant, une réflexion des résultats préliminaires a montré que des études complémentaires sont nécessaires pour garantir la signification des résultats et évaluer les effets à long terme. En outre, les traitements *en couverture totale* ne faisaient pas encore objet d'une évaluation écotoxicologique approfondie et sont considéré comme prioritaires dans des suivis environnementaux ultérieurs.

## 2. Conditions du suivi opérationnel

Dans cet exposé, nous proposons un suivi adapté à la lutte opérationnelle actuellement réalisée par le CNLA dans le sud et le sud-ouest de Madagascar (traitements aériens pour la plupart). Force est de souligner que ce suivi n'aurait pas confondu avec une recherche scientifique extensive à long terme et que l'éventail des méthodes et des paramètres doit être plus *sélectif* et *ciblé* afin d'avoir une flexibilité opérationnelle dans le terrain et de garantir en même temps la représentativité de l'évaluation. Ce suivi environnemental peut être réalisé d'une façon *valable* dans les conditions suivantes:

- a) Les paramètres techniques de pulvérisation (météo, débit, espacement des passes, etc.) sont évalués et vérifiés dans le cadre d'un «suivi technique» afin d'assurer un traitement conforme aux bonnes pratiques agricoles.
- b) L'équipe «suivi environnemental» est informé *au préalable* sur les traitements tentatives (location des sites, superficie à traiter, etc.) pour qu'elle puisse s'installer sur place le jour avant le traitement le plus tard.
- c) Etant donné le temps limité d'un tel suivi opérationnel, aucun prélèvement ou recensement de la faune non-cible peut être effectué *avant* traitement. En conséquence il est nécessaire d'augmenter le nombre de répétitions (sites) afin d'obtenir des résultats représentatifs du point de vue statistique. Le programme tentative d'échantillonnage dans l'annexe est basé sur un «dispositif optimal» avec *six* répétitions et un décalage de cinq jours entre deux traitements successifs.

Le minimum est de *quatre* répétitions. Cependant, dans ce cas il serait préférable d'effectuer au moins un relevé *avant* traitement.

- d) Le suivi spécifique comprend un nombre *limité* d'organismes non-cibles («indicateurs») et de paramètres écologiques (par ex. décomposition de la matière organique). Les méthodes d'échantillonnage et de recensement conviennent à une «évaluation rapide» ce qui permet de travailler sur plusieurs sites en même temps.

### 3. Dispositif du suivi environnemental

Le dispositif du suivi environnemental, notamment le nombre de sites et de cycles d'échantillonnage, sont résumés dans le tableau au dessous (pour le plan détaillé, voir l'annexe). Le calendrier est caractérisé d'un décalage temporel progressif entre les cycles d'échantillonnages successifs. Cette diminution des cycles (par rapport au suivis précédents) permet d'augmenter le nombre de sites (répétitions) sans augmenter les coûts et sans perturber l'objectif d'évaluer les effets à long terme. La dimension minimale des sites d'expérience aurait de 100 ha. Bien qu'il n'y a pas des limites supérieures, les dimensions des différents sites auraient plus ou moins analogues.

	Nombre	Remarques
Sites traités (2 insecticides)	2	traitements préférablement le <i>même</i> jour
Site non traité (témoin)	1	recensement dans le site témoin effectué simultanément
Répétitions	6	4 si un relevé <i>avant</i> traitement peut être effectué
Total (3 sites x 6 répétitions)	18	
Relevés <i>avant</i> traitement	0	1 si le nombre de réplifications est 4
Relevés <i>après</i> traitement	5	un jour (I), et 4-5 (II), 11-12 (III), 20-21 (IV), 52 (V) semaines après traitement

### 4. Produits

Il est recommandé d'évaluer les acridicides et formulations utilisées à une grande échelle dans la lutte curative entre 1997 et 1999, et qui vont très probablement jouer un rôle important dans le future, notamment le deltaméthrine et le fipronil. Bien qu'un suivi d'impact d'autres insecticides est nécessaire pour compléter l'évaluation des effets écotoxicologiques de la lutte antiacridienne à Madagascar, la capacité opérationnelle sur le plan financier et technique n'est pas suffisante pour une telle étude «complète». L'objectif principal du présent suivi est une ré-évaluation objective et pragmatique des effets environnementaux observés ou indiqués dans les expérimentations et suivis précédentes afin de gérer les risques associés à la lutte et d'améliorer la stratégie de lutte conforme à l'environnement.

## 5. Paramètres et méthodes de relevés

Compte tenu des résultats des études antérieures, le suivi va se concentrer sur les organismes suivants:

### *Arthropodes terrestres*

représentants des groupes écologiques suivants: pollinisateurs (abeilles, mouches), detritivores (ténébrionides, termites, fourmis), herbivores (lépidoptères), prédateurs (araignées, carabides)

### *Vertébrés*

reptiles (lézards en particulier), amphibiens

Le peuplement d'arthropodes est relevé au moyen de micro-pièges d'interception (tubes en plastique de 50 ml) et de filets fauchoirs, en fonction des caractéristiques du site. Le relevé des espèces épiées se fait selon une nouvelle méthode d'énumération développée spécifiquement pour les suivis d'impact rapides («rapid risk assessment») dans le cadre de la lutte antiacridienne au Niger et en Mauritanie (Peveling et al., 1999 ; Peveling, 2000). C'est grâce à cette méthode que le nombre d'échantillons peut être augmenté significativement. L'abondance relatif des lézards sera déterminé visuellement le long des «transects» au centre des sites et en utilisant de grands pièges d'interception pour capturer, marquer et recapturer des lézards. Un suivi éventuel de la *faune aquatique* sera effectué en fonction de l'exposition actuelle des mares temporaires ou des cours d'eau aux traitements.

Une évaluation éventuelle des paramètres écologiques tels que la décomposition de la matière organique ou l'activité microbologique de sol est réalisée en fonction de la capacité actuelle de l'équipe mais n'est pas considérée comme prioritaire dans le cadre de ce suivi d'impact.

La durée d'un cycle d'échantillonnage dans un seul site – y compris deux sites traités et un site témoin – est de quatre à cinq jours. Cette courte durée donne la flexibilité nécessaire pour travailler sur plusieurs sites d'expérience et pour améliorer la représentativité du suivi.

## 6. Références

- Peveling, R., Attignon, S., Langewald, J., Ouambana, Z., 1999. An assessment of the impact of biological and chemical grasshopper control agents on ground-dwelling arthropods in Niger, based on presence/absence sampling. *Crop Prot.* 18 (5), 323-339.
- Peveling, R., 2000. Impact of locust control on non-target arthropods – environmental monitoring, risk assessment and risk management. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie (Proceedings of the German Society of Basic and Applied Entomology)*, in press.

**Déroulement du traitement et du suivi d'impact environnemental, semaines 1-4;**

Période		I																													
Semaine		1					2					3					4					5									
Jours après 1 <sup>er</sup> traitement																															
Traitement dans bloc		A					B					C					D					E					F				
Suivi d'impact dans bloc																															

**Continuation du suivi d'impact, semaines 5-23 ;**

Période		II										III								IV										
Semaine		5-6				6-7			8			9		11-12		12-13			13-14			14-15		20-21			21-22		22-	
Jours après 1 <sup>er</sup> traitement		31-33	34-35	36-38	39-40	41-43	44-45	46-48	49-50	51-53	54-55	56-58	73-75	76-77	78-80	81-82	83-85	86-87	88-90	91-92	93-95	96-97	98-100	133-135	136-137	138-140	141-142	143-145	146-147	148-150
Suivi d'impact dans bloc																														

N.B. : Dernier prélèvement : ≈ 1 an après le premier traitement (= période V)