

id:1384



**Mission d'étude et de prospective au Brésil  
et en Colombie sur *Rhammatocerus  
schistocercoides* (Rehn, 1906)  
(29 septembre - 24 octobre 1996)**

par

Michel LECOQ

---

**Document 487**

## TABLE DES MATIERES

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS .....	II
RESUME .....	III
REMERCIEMENTS .....	IV
TABLE DES MATIERES .....	V
LISTE DES ILLUSTRATIONS .....	VI
INTRODUCTION .....	1
1. MISSION AU BRÉSIL AUPRÈS DE L'EMBRAPA-NMA .....	1
1.1. Rapport final du projet "Environnement et criquets ravageurs au Brésil" .....	1
1.2. Le rapport final du projet "Environnement et acridiens ravageurs" sur INTERNET .....	2
1.3. Préparation de communications pour le congrès d'entomologie de Salvador .....	2
1.4. Expérimentations avec le fipronil .....	2
1.5. Projet sur la mise au point d'un mycopesticide .....	3
1.6. La station de réception des données NOAA du NMA .....	3
1.7. La révision du genre <i>Rhammatocerus</i> .....	3
1.8. Projets divers .....	3
1.8.1. Projet POLDER .....	3
1.8.2. Projet Rio Demene .....	3
2. MISSION EN COLOMBIE AUPRÈS DE L'ICA .....	4
2.1. Cadre général .....	4
2.2. Rapide historique du problème acridien en Colombie. Le cycle biologique du criquet et les mesures prises .....	6
2.3. La situation acridienne en Colombie à la lumière de l'expérience brésilienne .....	11
2.3.1. Le problème acridien au Mato Grosso .....	11
2.3.2. La situation actuelle en Colombie : première tentative d'explication .....	11
2.4. Commentaires sur les mesures prises pour faire face à l'invasion .....	14
2.5. Relation possible entre invasion acridienne et épidémie de botulisme .....	17
2.6. Principales recommandations .....	17
2.7. Bibliographie sommaire sur le problème acridien en Colombie et ouvrages consultés .....	19
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES .....	21
ANNEXE I : Déroulement de la mission .....	23
ANNEXE II : Communications préparées et expédiées au 16 <sup>e</sup> Congrès Brésilien d'entomologie (Salvador, Bahia, 2 au 7 mars 1997) .....	27
ANNEXE III : Plans des trois conférences données en Colombie sur le problème acridien .....	31
ANNEXE IV : Consultative mission in Colombia on the locust problem at the request of ICA (rapport préliminaire en anglais) .....	33

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

## Liste des figures :

Fig. 1.-	La Colombie et la zone des " llanos " concernée par l'invasion de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> .....	5
Fig. 2.-	La région des " llanos " en Colombie : zone d'invasion du <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> . .....	7
Fig. 3.-	Comparaison schématique du problème posé par <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> au Brésil et en Colombie. ....	15

## Liste des tableaux :

TABLEAU I :	Rapide historique du problème acridien en Colombie. ....	8
TABLEAU II :	Cycle biologique de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> dans les llanos de Colombie (d'après O. J. Martínez & J. J. Gómez, 1996). ....	10
TABLEAU III :	Cycle biologique de <i>Rhammatocerus schistocercoides</i> au Mato Grosso, Brésil (modifié d'après Miranda <i>et al.</i> , 1996). ....	10

## INTRODUCTION

La présente mission comportait deux volets : l'un au Brésil et l'autre en Colombie.

Au Brésil, il s'agissait de faire le point des travaux du projet de recherche "Environnement et acridiens ravageurs", réalisé conjointement par le PRIFAS et le NMA, et bénéficiant d'un financement de la CE. Le projet est centré sur l'étude de *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906), espèce acridienne dont l'importance économique ne cesse de croître depuis quelques années dans divers pays d'Amérique du Sud dont le Brésil, la Colombie et le Venezuela. Le projet est officiellement terminé depuis mai 1996. Le rapport final vient d'être édité. Il convenait de mettre au point la politique de diffusion de ce rapport et de valorisation des résultats. Il fallait également envisager la poursuite de l'analyse des données du projet et leur publication.

En Colombie, la mission répondait à une invitation de l'Institut colombien de recherche agronomique (ICA, Instituto Colombiano Agropecuario) et devait permettre d'évaluer le problème acridien dans ce pays et la pertinence des actions de contrôle et de recherche entreprises depuis environ un an et demi. La Colombie est en effet confrontée, depuis 1994, à une invasion acridienne due à *Rhammatocerus schistocercoides*, la même espèce que celle posant problème au Mato Grosso, au Brésil, et ayant fait l'objet des travaux du projet NMA/PRIFAS.

### 1. MISSION AU BRÉSIL AUPRÈS DE L'EMBRAPA-NMA

#### 1.1. Rapport final du projet "Environnement et criquets ravageurs au Brésil"

Le rapport final du projet est sorti des presses quelques jours avant le début de la mission. Ce rapport est édité en français (500 exemplaires) et en portugais (1 000 exemplaires) dans la collection "Les acridiens" du CIRAD-GERDAT-PRIFAS. Il s'agit de deux ouvrages en quadrichromie de 146 pages présentant sous une forme didactique les principaux résultats du projet, renvoyant aux publications scientifiques pour de plus amples détails sur les travaux réalisés.

Une quinzaine d'exemplaires du rapport ont été remis à la direction du NMA. Les autres exemplaires doivent lui être expédiés prochainement. Le mode d'expédition a été discuté, il est actuellement à l'étude afin d'éviter les problèmes d'importation qui avaient accompagné l'expédition, en 1992, de 1 000 exemplaires d'un ouvrage du PRIFAS. Le colis n'a jamais pu être dédouané ni sorti de l'aéroport de Guarulho ; il est maintenant considéré comme perdu.

La stratégie de valorisation du rapport final a également été discutée. Outre des expéditions auprès des différents organismes et personnes concernés au Brésil, il est envisagé d'organiser, en mars 1997, un séminaire à Cuiabá (Mato Grosso). Les résultats du projet pourraient être présentés et discutés. Le rapport final, les publications scientifiques (actuellement 12 publications et 10 communications à des congrès), les documents annexes (10 cartes au 1/250 000) seraient remis aux principaux organismes directement concernés au Mato Grosso par le problème acridien. Les retombées opérationnelles du projet pourraient être discutées ainsi que les principales recommandations, tant sur le plan de la recherche que sur celui du développement.

A noter que l'annonce de cette réunion a été accueillie très favorablement en Colombie (cf. § 3). Les responsables de l'ICA concernés se sont montrés très intéressés à participer, de même que l'IICA qui pourrait éventuellement parrainer cette réunion.

## 1.2. Le rapport final du projet "Environnement et acridiens ravageurs" sur INTERNET

L'intégralité du rapport final du projet a été mis au format "html" pour consultation sur INTERNET. Ce travail est en cours de réalisation par une stagiaire du NMA (Gisèle S. V. BERTINATO). Une version préliminaire en portugais est accessible sur le réseau INTERNET ([http://www.nma.embrapa.br/projetos/gafa\\_mt/](http://www.nma.embrapa.br/projetos/gafa_mt/)). Cette version comporte l'intégralité du texte, les illustrations en noir et blanc et couleurs de l'ouvrage sur papier, plus de nombreuses autres illustrations en couleur sur l'insecte et son environnement qu'il n'a pas été possible d'inclure dans l'ouvrage imprimé. Les 10 cartes de végétation et de biotopes acridiens de l'aire de pullulation du criquet sur la Chapada dos Parecis au Mato Grosso seront également consultables. La version définitive devrait, en plus, comporter l'intégralité du texte et des illustrations en français. Des liens avec les autres bases de données acridiennes sont prévus (pages html du PRIFAS, de l'Orthopterist Society...).

## 1.3. Préparation de communications pour le congrès d'entomologie de Salvador

Le 16<sup>e</sup> congrès de la Société entomologique du Brésil doit se tenir à Salvador (Bahia) du 2 au 7 mars 1997. Pour cette occasion quatre communications ont été préparées afin de présenter des résultats inédits acquis dans le cadre du projet. Les résumés de ces communications sont donnés en annexe (cf. textes en annexe). Les titres sont les suivants :

LECOQ M. & FOUCART A. Comportement des bandes larvaires du criquet *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) au Mato Grosso (Orthoptera : Acrididae, Gomphocerinae).

LECOQ M., MIRANDA E.E. de & PIEROZZI Jr. I. Les biotopes de *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) sur la Chapada dos Parecis, état du Mato Grosso, et les conséquences des pratiques indigènes traditionnelles et de l'agriculture sur les pullulations.

PIEROZZI Jr. I., LECOQ M. & MELLO M.O. Etude morphométrique de populations imaginaires de *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906), criquet ravageur du Mato Grosso (Orthoptera: Acrididae, Gomphocerinae).

PIEROZZI Jr. I., MIRANDA E.E. de, LECOQ M., DURANTON J.-F. & BATISTELLA M. Cartographie des biotopes de *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) sur la Chapada dos Parecis, état du Mato Grosso, par utilisation de données satellitaires et d'un système d'information géographique.

## 1.4. Expérimentations avec le fipronil

Les échantillons de fipronil expédiés par RPA au début de cette année sont maintenant dédouanés. Cent litres de formulation 4UL (g m.a./l) sont disponibles en 10 bidons de 10 litres. Les expérimentations sur *Rhammatocerus schistocercoides* sont envisagées à partir du mois de mars 1997, à la suite du congrès de Salvador et du séminaire de présentation des résultats du projet à Cuiabá.

Ivo PIEROZZI Jr, du NMA, doit prendre les contacts nécessaires pour préparer les expérimentations, en particulier avec la société ALCOMAT (dont les locaux de la distillerie, sur la Chapada dos Parecis, doivent constituer la base de terrain principale), avec la délégation du ministère fédéral de l'Agriculture (MARAA-MT) (devant mettre à disposition un véhicule tout terrain et un chauffeur), ainsi qu'avec le secrétariat d'Etat à l'Agriculture du Mato Grosso.

Les essais devraient commencer à partir du 15 mars 1997 sur des bandes larvaires âgées (stades 7 et 8) et se poursuivre, si la situation le permet, jusqu'à la fin du mois d'avril avec des traitements sur de jeunes essaims.

Dans les deux cas, le même protocole est envisagé : traitement avec la formulation 4UL à l'aide d'un pulvérisateur à main MICRO-ULVA+, essais avec des doses de 4, 2 et 1 g m.a./hectare, étude de la meilleure stratégie de traitement des bandes larvaires et des essais posés, impact sur la faune non cible.

### **1.5. Projet sur la mise au point d'un mycopesticide**

Un projet sur l'utilisation des mycopesticides en lutte antiacridienne en collaboration en particulier avec le NMA et le CENARGEN est à l'étude. Un document de projet doit être rédigé avant mars 1997 pour répondre à un appel d'offre de la Commission européenne. La Colombie (et peut être le Venezuela) devrait être partie prenante dans ce projet (cf. plus loin).

### **1.6. La station de réception des données NOAA du NMA**

Le NMA dispose maintenant d'une chaîne complète de réception et de traitement des données des satellites NOAA. Ces installations rendent maintenant possible, entre autre, l'étude phénologique des cerrados du Mato Grosso dans les aires de pullulation du criquet *Rhammatocerus schistocercoides*.

### **1.7. La révision du genre *Rhammatocerus***

La révision du genre *Rhammatocerus* commencée par Ivo PIEROZZI Jr depuis deux ans est maintenant abandonnée, une étudiante du laboratoire d'entomologie du Musée de Rio de Janeiro (Cristiane de Vieira Assiz PUJOLLUZ) étant sur le même sujet et pouvant s'y consacrer à plein temps, dans le cadre d'un travail de master puis de thèse. Le matériel acridien accumulé dans le cadre du projet, actuellement stocké au NMA, devrait être confié au Musée de Rio de Janeiro pour être étudié dans le cadre de cette révision.

### **1.8. Projets divers**

Divers projets, dans lesquels le PRIFAS est partie prenante, n'ont pas été discutés mais demeurent en chantier :

#### **1.8.1. Projet POLDER**

Elaboré par ECOFORÇA en vue de valider les données satellitaires POLDER/ADEOS (obtenues par le CNES Toulouse) dans le cadre des études sur la dynamique de l'usage des terres dans le sud du bassin amazonien.

Le projet s'intitule " Utilisation des données POLDER dans la caractérisation de la dynamique de la végétation au sud de l'Amazonie "

Il est centré sur la zone du *R. schistocercoides* au Mato Grosso et pourrait permettre, entre autre, d'apporter des éléments de compréhension sur la dynamique des biotopes du criquet et le déterminisme de ses pullulations.

#### **1.8.2. Projet Rio Demene**

Comment concilier développement et préservation de l'environnement en Amazonie en évitant les erreurs du passé ? Le projet " Rio Demene - um caminho para a Amazônia " est un exemple de contribution possible de la science et des moyens d'information à ce problème.

Le PRIFAS a participé à ce projet multi-institutionnel (mission de terrain en Amazonie et missions de consultation). Ce projet, réalisé à l'initiative de l'ONG brésilienne " ECOFORÇA - Pesquisa e Desenvolvimento " a regroupé les organismes suivants :

- Agência Estado : couverture journalistique et documentaire
- NMA-EMBRAPA (Núcleo de monitoramento ambiental) : recherche scientifique sur les systèmes écologiques et socio-économiques
- CIRAD-GERDAT-PRIFAS : appui scientifique
- Université de São Paulo UNIP/Objetivo : test des matériels produits par le projet
- Université de São Paulo USP.

Une présentation du projet est disponible sur le réseau INTERNET (<http://www.nma.embrapa.br/projetos/demene>). La réalisation d'un CD-ROM est à l'étude.

## 2. MISSION EN COLOMBIE AUPRÈS DE L'ICA

*"De Belen venimos,  
Para Belen vamos,  
Entre más nos molesten,  
Más nos multiplicamos"*

Croyance des populations du Vichara et de Arauca concernant les criquets.

### 2.1. Cadre général

Cette mission en Colombie a été réalisée à la demande de l'ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) qui développe, depuis maintenant un an et demi environ, un projet de lutte et de recherche concernant *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906), autrement dit la même espèce que celle étudiée depuis maintenant 4 ans par le PRIFAS et le NMA au Brésil dans l'état du Mato Grosso.

Cette mission devait permettre une expertise du projet colombien et également apporter quelques éclaircissements sur la situation actuelle en Colombie à la lumière de l'expérience acquise au Brésil.

La zone des llanos, où se situe le problème acridien, a été largement prospectée soit par voie aérienne soit par voie terrestre (Figure 1). Différentes installations et centres de recherche de l'ICA et CORPOICA ont été visités en particulier à Santafé de Bogotá, Villavicencio (ville et Centre "La Libertad"), Carimagua et Cravo Norte. De nombreuses discussions fort instructives ont eu lieu avec les différents personnels concernés par le projet acridien de l'ICA. L'ensemble a permis de se faire une bonne idée de la situation acridienne actuelle en Colombie et de fournir les premiers éléments d'explication. Quelques recommandations ont été formulées pour la poursuite du projet colombien.

Au cours de cette mission, trois conférences ont été données : la première à l'Université de Santafé de Bogotá le 8 octobre, la seconde au Centre de recherche ICA de Carimagua le 11 octobre et la troisième dans le cadre du 1<sup>er</sup> Séminaire national sur le problème acridien en Colombie le 17 octobre (Annexe 2).

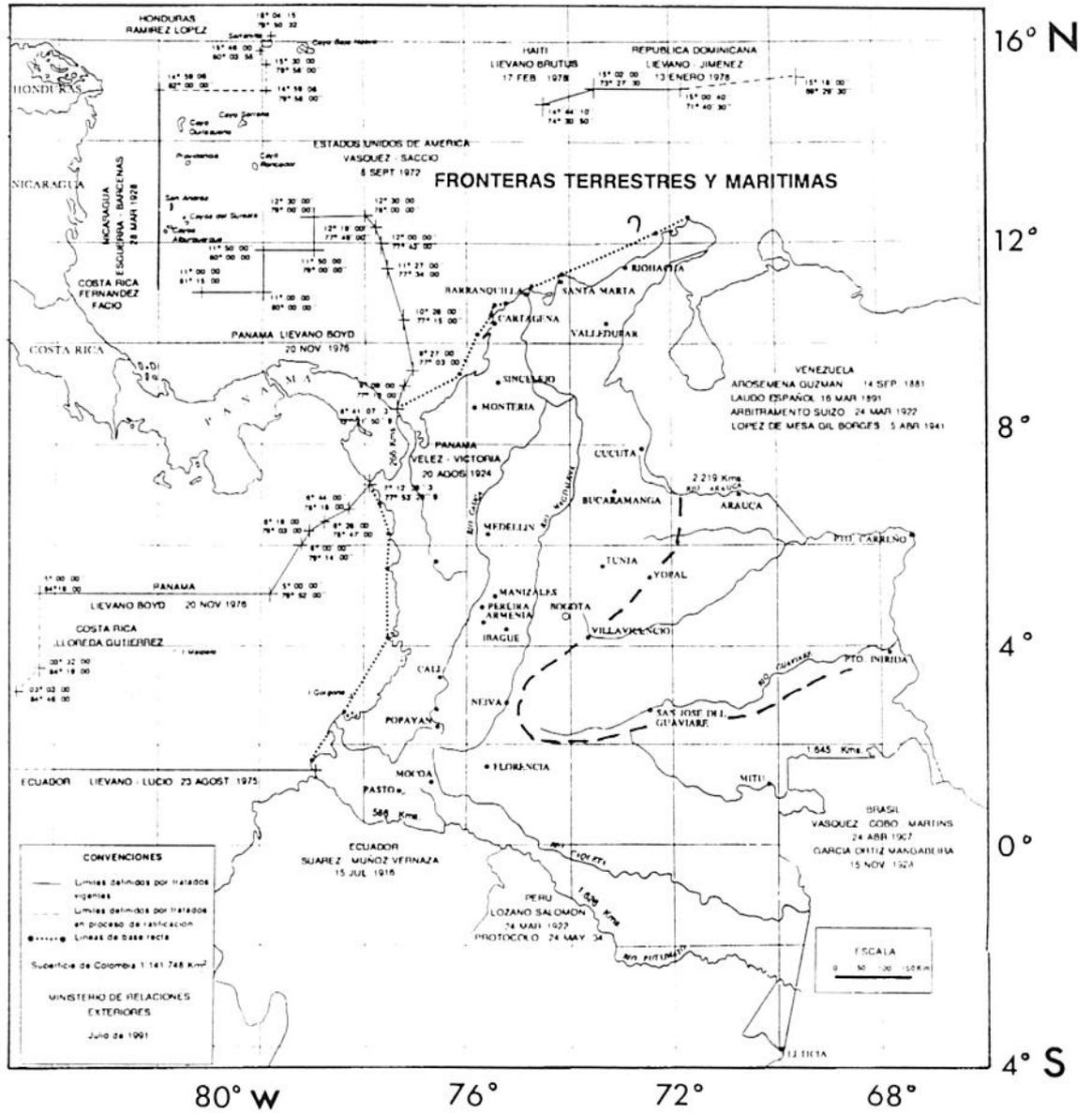


Fig. 1.— La Colombie et la zone des " llanos " concernée par l'invasion de *R. schistocercoides*.

- - - - limites approximatives de la zone des " llanos "

Enfin, une réunion a eu lieu, au siège de l'ICA, avec un représentant de l'IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Lima, Pérou) qui assure la coordination régionale des actions de recherche et de lutte antiacridienne en Amérique du Sud. C'est à l'initiative de l'IICA qu'avait eu lieu la première réunion technique régionale sur la biologie et la lutte contre *Rhammatocerus schistocercoides* à Cuiabá du 6 au 10 mai 1996. L'IICA a été très intéressé par le travail réalisé au Brésil dans le cadre du projet "Acridiens ravageurs et environnement au Brésil". Il se propose pour parrainer ou co-organiser la réunion qui devrait avoir lieu à Cuiabá en mars 1997 pour la présentation officielle des résultats de ce projet. L'IICA devrait également demander que le problème acridien soit inclus dans la convention déjà existante qui la lie au CIRAD.

## 2.2. Rapide historique du problème acridien en Colombie. Le cycle biologique du criquet et les mesures prises

Les pullulations de *R. schistocercoides* ont été signalées récemment en Colombie, dans les zones de pâturages de la région dite des "Llanos orientales". Ces pullulations constituent un problème préoccupant aussi bien pour les éleveurs que pour les agriculteurs.

La zone des llanos correspond à une vaste plaine, d'altitude comprise entre 100 et 400 m environ, drainée par des affluents de la rive gauche de l'Orénoque, largement recouverte d'alluvions sédimentaires. Cette région, répartie entre la Colombie et le Venezuela, couvre en Colombie 222 425 km<sup>2</sup> (Figure 2). La végétation naturelle est une savane, fréquemment entrecoupée par de larges galeries forestières le long des cours d'eau. En Colombie, cette zone est limitée à l'ouest par la chaîne des Andes et à l'est par la forêt amazonienne. Elle est essentiellement vouée au pâturage ; l'agriculture n'est développée que dans l'extrême sud.

Les premières pullulations acridiennes ont été localisées en 1994 dans la région de Puerto Lopez. On s'est ensuite rapidement rendu compte qu'une grande partie des États de Casanare, Meta et Vichada, tous situés dans la région des llanos, était concernée.

Devant le caractère apparemment nouveau du problème et l'absence de connaissances précises, l'institut agronomique colombien (ICA) a immédiatement pris une série de mesures pour la détection et le contrôle des populations acridiennes. Un certain nombre d'activités de recherche ont également été entreprises par l'Institut colombien de recherche agronomique (CORPOICA).

Il est rapidement apparu que les populations semblaient provenir du nord-est de la zone des llanos et semblaient se déplacer lentement vers le sud-ouest, passant progressivement de zones vouées à l'élevage à des régions plus au sud où l'agriculture joue un rôle prépondérant.

Actuellement, fin 1996, 5668 foyers (bandes larvaires) ont été contrôlés. Ces foyers sont de taille moyenne, comprise entre 100 et 900 m<sup>2</sup>. La superficie totale traitée est de 156 hectares, correspondant à une superficie totale contaminée pouvant être estimée à 100 000 ou 200 000 hectares. De nouvelles pullulations ont été signalées récemment dans les états de Arauca, au nord, et de Guaviare au sud, mais dans l'ensemble le niveau des populations acridiennes semble avoir considérablement baissé par rapport à 1994 et 1995.

Le cycle biologique de *Rhammatocerus schistocercoides* dans cette région semble identique à celui connu au Brésil (état du Mato Grosso). La principale différence vient de l'inversion de la saison des pluies qui se situe ici entre avril et novembre, alors qu'au Mato Grosso elle est située entre septembre et avril. On observe une seule génération annuelle (O. J. Martínez & J. J. Gómez, 1996). Les pontes sont déposées dans des sols meubles, sableux, humides, entre février et mars. Après deux à trois semaines de développement embryonnaire, les premières éclosions ont lieu début avril. Le développement larvaire semble passer par huit ou neuf stades comme au Brésil (G. A. Léon, 1996) et dure environ cinq mois, d'avril à août.

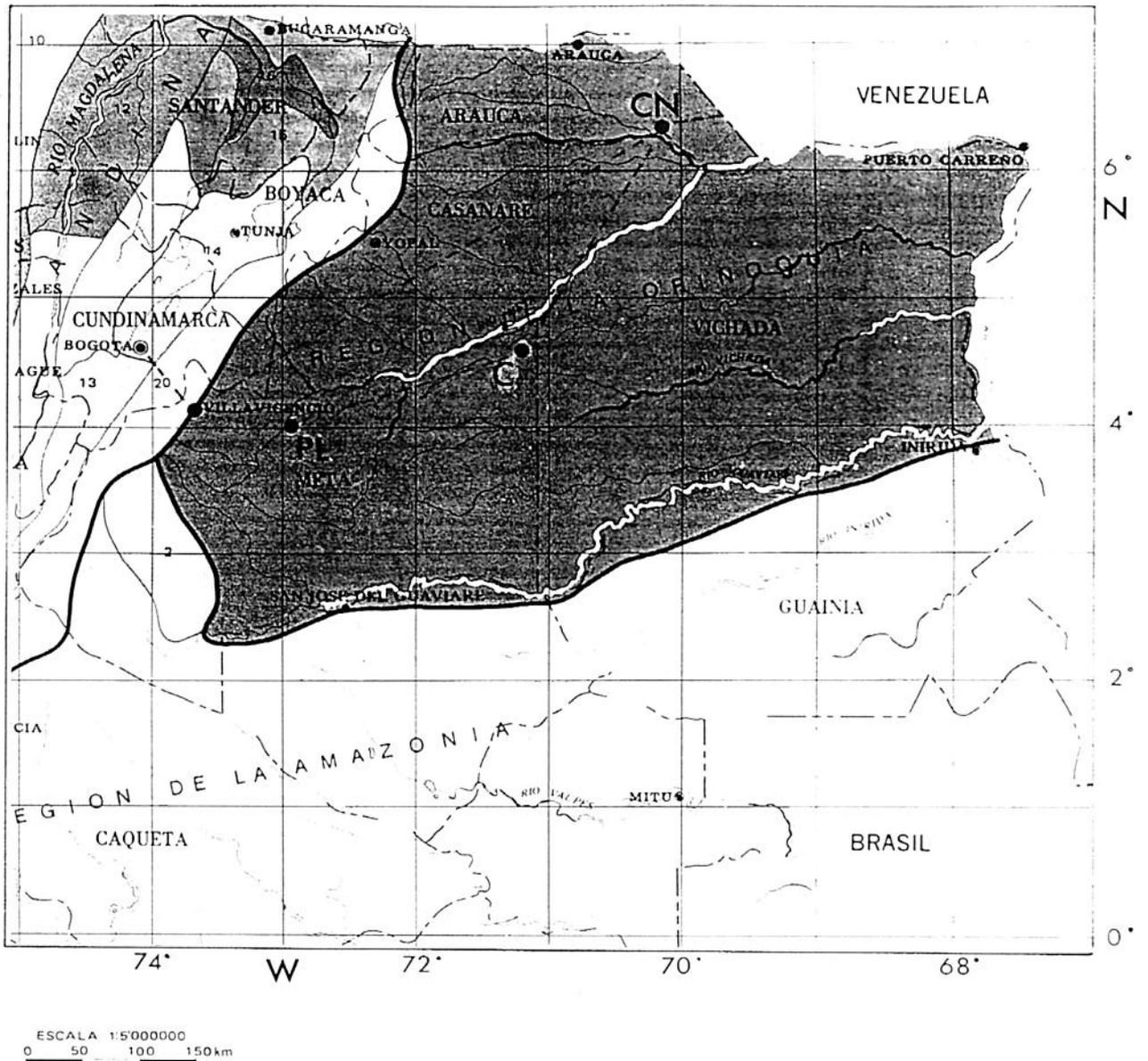


Fig. 2.— La région des "llanos" en Colombie : zone d'invasion du *R. schistocercoides*.

Principales localités visitées : Bogotá, Villavicencio, Puerto Lopez (PL), Carimagua, Cravo Norte (CN).  
 ..... itinéraires de prospection terrestre ; ----- itinéraires de prospection aérienne.

La région naturelle dite de l'Orénoque recouvre approximativement celle des "llanos".

TABLEAU I : Rapide historique du problème acridien en Colombie.

Année		Imagos	Larves	Evénements marquants
1933	N	Imagos		Quelques essaims seraient signalés le long du Rio Tomo
	D	Imagos		
1994	J	Imagos		Première détection du problème dans la région de Puerto Lopez
	F	Imagos		
	M	Imagos		
	A		Larves	
	M		Larves	
	J		Larves	
	J		Larves	
	A		Larves	
	S			
	O	<b>Imagos</b>		
1995	N	<b>Imagos</b>		Des essaims arrivent jusqu'à Villavicencio Début du programme de lutte de l'ICA
	D	<b>Imagos</b>		
	J	<b>Imagos</b>		
	F	<b>Imagos</b>		
	M	<b>Imagos</b>		
	A	<b>Imagos</b>		
	M		<b>Larves</b>	
	J		<b>Larves</b>	
	J		<b>Larves</b>	
	A		<b>Larves</b>	
1996	S		<b>Larves</b>	Les essaims semblent moins nombreux. Nouvelles signalisations effectuées cependant dans les états de Arauca et Guaviaré.
	O	<b>Imagos</b>		
	N	<b>Imagos</b>		
	D	<b>Imagos</b>		
	J	<b>Imagos</b>		
	F	<b>Imagos</b>		
	M	<b>Imagos</b>		
	A	<b>Imagos</b>		
	M		<b>Larves</b>	
	J		<b>Larves</b>	
J		<b>Larves</b>		
A		<b>Larves</b>		
S		Larves		
O	<b>Imagos</b>			
N	<b>Imagos</b>			
D	<b>Imagos</b>			

Les mues imaginales et l'apparition des imagos se situe dans la deuxième quinzaine d'août et dans la première quinzaine de septembre. La durée de vie imaginale est de l'ordre de six mois (O. J. Martínez & J. J. Gómez, 1996).

En moyenne, dans la zone des llanos, le bilan hydrique est déficitaire de décembre à mars, ce qui correspond à environ 4 mois de saison sèche. La pluviométrie moyenne annuelle est supérieure à celle enregistrée au Mato Grosso. Dans les zones de pullulation de *R. schistocercoides* au Brésil, la pluviométrie est comprise entre 1 500 et 2 000 mm d'eau par an. En Colombie, la plus grande partie de l'aire d'invasion reçoit entre 2 000 mm d'eau (dans le nord des llanos) et 3 000 mm (au sud). La température est également nettement plus élevée dans les llanos que sur la Chapada dos Parecis (Tableaux II et III).

En Colombie, les principales plantes attaquées par *R. schistocercoides* sont les graminées natives *Trachypogon* et "guatara", et introduites (*Brachiaria* spp.), ainsi que le riz, le sorgho et la canne à sucre. Les observations réalisées ont permis d'estimer qu'en pâturage naturel non brûlé ou en pâturage amélioré le pourcentage de perte se situe entre 5 et 20% selon la taille des insectes (O. J. Martínez & J. J. Gómez, 1996), mais bien évidemment uniquement sur le passage des bandes larvaires ou des essaims, ce qui ne représente qu'un faible pourcentage de la superficie totale. Les plus grands dégâts se situent pendant la saison sèche, sur pâturages brûlés, les criquets entrant en compétition avec le bétail en consommant les jeunes repousses vertes. Un inconvénient fréquemment signalé est représenté par le fait que la consommation de criquets par les volailles donne un mauvais goût à la viande et la rend peu propice à la consommation. Il semble qu'empêcher les volailles de consommer des criquets pendant 15 jours avant l'abattage supprime cet inconvénient (O. J. Martínez, c.p.). Sur les plantations de la zone sud de l'aire d'invasion les dégâts sont plus évidents et plus critiques en particulier pour la petite agriculture familiale développée sur des exploitations de taille réduite (5 à 20 hectares). Le passage des essaims représente alors une perte importante, un drame pour les familles concernées et une source potentielle de troubles politiques dans la région touchée.

Dans l'aire d'invasion, l'importance de nombreux facteurs biologiques de régulation est signalée. Il existe de nombreux oiseaux : "garzas", "jirigüelo", "carraco", "alcaraván", "tijereto", "guerere", "gavilucho"... consommant les criquets à l'état larvaire comme à l'état adulte. Comme au Brésil, la guêpe *Pryonix thomae*, de la famille des *Sphécidae*, est présente et constitue un ennemi naturel actif des populations acridiennes. Enfin, on souligne également, dans la région des llanos, l'importance de nombreuses et vastes zones inondées où l'établissement des criquets est impossible (O. J. Martínez & J. J. Gómez, 1996).

Les mesures de contrôle des populations prises depuis 1995 s'intègrent dans un programme rationnel prenant en compte l'évolution des populations acridiennes. Les mesures de lutte sont appliquées avec un strict souci de protection de l'environnement et de respect des facteurs biologiques de régulation des populations acridiennes.

La première mesure est la surveillance et le repérage des bandes larvaires entre les mois d'avril et de juin. C'est préférentiellement contre ces bandes larvaires que les opérations de lutte sont dirigées.

La densité de la population acridienne est évaluée en utilisant un cadre métallique de 50 x 50 cm couvert d'une fine mousseline. Le cadre est jeté au hasard sur la bande larvaire et les larves emprisonnées sous la mousseline sont dénombrées. Un abaque photographique permet de se contenter d'une estimation visuelle par grandes classes d'effectifs. Si le nombre de larves, sur une moyenne de 10 jets, est supérieur à 15, un traitement insecticide est effectué.

Les insecticides utilisés sont le fénitrothion et le malathion, généralement utilisés sous forme de concentré émulsifiable et épanchés à l'aide de pulvérisateurs motorisés à dos. Les précautions et mesures classiques de protection pour l'usage de ces produits ont été largement divulguées.

TABLEAU II : Cycle biologique de *Rhammatocerus schistocercoides* dans les llanos de Colombie (d'après O. J. Martínez & J. J. Gómez, 1996).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Pontes		O	OOO										
Larves			LL	LLLL	LLLL	LLLL	LLLL	LLLL					
Imagos													
Pluies	12	32	93	231	314	396	333	263	288	230	129	40	2356
HR	71	67	71	80	85	88	87	87	85	83	81	76	80
Tmax	34,3	35,7	35,9	34,9	33,2	32,1	31,9	33,1	33,0	33,5	32,8	32,9	33,6
T	27,0	27,9	27,8	26,6	25,5	24,8	24,5	24,9	25,4	25,9	26,3	26,5	26,1
Tmin	18,6	18,7	20,2	20,6	20,1	20,1	19,5	19,7	19,9	20,0	20,6	19,1	19,1

O, œufs; L, larves; I, imagos

Données météorologiques du poste de Carimagua, Méta, Colombie (1975-1994) :

Pluies, pluviométrie moyenne mensuelle ; HR, humidité relative de l'air ; Tmax, température maximale moyenne mensuelle ; T, température moyenne mensuelle ; Tmin, température minimale moyenne mensuelle (les températures sont exprimées en degrés Celsius et dixièmes).

TABLEAU III : Cycle biologique de *Rhammatocerus schistocercoides* au Mato Grosso, Brésil (modifié d'après Miranda *et al.*, 1996).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Pontes									O	OOO			
Larves	LLLL	LLLL	LLLL	LL L									
Imagos													
Pluies	420	221	199	213	76	37	30	24	66	204	182	295	1967
HR	87	84	87	87	85	79	71	66	72	79	83	86	80
T	21,9	23,2	22,6	22,8	22,1	21,2	20,3	22,5	23,6	24,0	23,8	22,8	22,6

Données météorologiques du poste d'ALCOMAT, Mato Grosso, Brésil (1987-1992)

### 2.3. La situation acridienne en Colombie à la lumière de l'expérience brésilienne

#### 2.3.1. Le problème acridien au Mato Grosso

Au Brésil, les zones de pullulation de *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) sont situées dans une région du Mato Grosso : la Chapada dos Parecis. Très schématiquement, dans cette région, deux zones de pullulations existent depuis des temps très anciens :

- Une zone optimale où les conditions sont très favorables et où les biotopes propices à la reproduction sont présents sur de vastes étendues : il s'agit de la partie ouest de la Chapada entre les rios Juruena et Arinos. On peut qualifier cette zone de zone à haute fréquence de pullulation. Depuis la fin du 19<sup>e</sup> siècle, on sait avec certitude que des formations grégaires sont présentes dans cette zone quasiment en permanence (avec bien sûr une intensité variable d'une année à l'autre).

- Une zone semi-optimale où les conditions écologiques sont moins favorables (en particulier sols moins propices et étendue plus réduite des biotopes favorables à la reproduction). Il s'agit de la région s'étendant approximativement de l'ouest de Paranatinga à Canarana. On peut qualifier cette zone de zone à basse fréquence de pullulation. Depuis le début du siècle on a des relations de pullulations relativement peu fréquentes (années 20-30 environ, fin des années 40, milieu des années 80 pour les pullulations les plus importantes).

Dans ces zones, optimale ou semi-optimale, les pullulations peuvent être expliquées par les variabilités interannuelles des surfaces brûlées et de la pluviométrie au moment de la maturation sexuelle de la population. Les facteurs biotiques jouent ici un rôle négligeable par rapport aux facteurs abiotiques (pluies et feux) qui déterminent les pullulations.

Dans ces zones, la faible capacité de déplacement des essaims de *R. schistocercoides* associée à l'influence prépondérante du vent sur les déplacements et à l'alternance, pendant la saison sèche de vents de secteur N ou de NE et de vents de secteur S (et à la quasi-absence de vents d'E ou d'O) font que les essaims effectuent uniquement des déplacements relativement locaux N-S et S-N. L'orientation générale N-S des fleuves et des galeries forestières (même si *R. schistocercoides* peut les franchir) renforce encore cette orientation privilégiée des déplacements.

Ces déplacements ont toutes les caractéristiques de mouvements migratoires (comportement obligatoire indépendant de la qualité des biotopes où évolue l'insecte), mais sur de faibles distances. Le terme de nomadisme local serait peut être plus approprié. De toute façon, le phénomène est ancien, le problème est local et a toutes les chances de le rester (même si, en dehors du Mato Grosso, sur l'ensemble de l'aire d'habitat de l'espèce quelques rares pullulations locales peuvent éventuellement survenir, exceptionnellement, à la faveur de conditions favorables de faible probabilité de réalisation).

Il n'y a pas d'invasion, mais un problème chronique au sein d'une aire optimale de pullulation de cette espèce.

#### 2.3.2. La situation actuelle en Colombie : première tentative d'explication

La situation en Colombie est radicalement différente de celle observée dans l'Etat du Mato Grosso, au Brésil.

Les deux semaines passées en Colombie ont permis de prendre la mesure du problème acridien, de percevoir les principales caractéristiques de la zone des llanos où se produisent les pullulations et de formuler une hypothèse raisonnable sur leur origine. La qualité des mesures de contrôle et des actions de recherche entreprises a enfin pu être rapidement évaluée.

Six points sont à souligner concernant les pullulations acridiennes signalées en Colombie depuis 1994 :

1. L'espèce responsable est bien *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906). La morphologie est identique. La pigmentation est également identique et les mêmes types pigmentaires s'observent aussi bien au Brésil et en Colombie, exactement dans les mêmes proportions. Dans les deux pays, la pigmentation des individus passe du brun au vert avec la maturation sexuelle de la population. Le nombre de stades larvaires est identique. Le comportement grégaire des larves et des adultes paraît le même. Les préférences écologiques semblent les mêmes, en particulier pour les lieux de ponte. Le comportement de géophagie semble exister dans les deux cas.
2. Les pullulations ont une origine purement locale. Les hypothèses supposant que des œufs de criquets auraient pu être transportés du Brésil vers la Colombie à la faveur d'importations de semences de *Bracharia* sont sans fondement. La probabilité qu'un tel événement se produise, aboutisse à une implantation des œufs dans le sol, à leur éclosion, puis à l'établissement de l'espèce et à des pullulations est nulle.

En réalité, point n'est besoin de chercher une explication extérieure. *Rhammatocerus schistocercoides* fait partie de la faune normale des llanos de Colombie et du Venezuela<sup>1</sup>. Il est probable que les populations actuelles du Brésil, du Pérou, du Venezuela, de Colombie - actuellement plus ou moins isolées - ont pu communiquer entre elles à une période relativement récente (5 000 ans environ) où la forêt amazonienne avait une étendue beaucoup plus réduite et où les zones de savanes étaient plus étendues.

3. Les conditions écologiques en Colombie et au Mato Grosso sont très différentes. A titre d'exemple, la pluviométrie de la zone des llanos est comprise entre 2 000 et 2 500 mm (voire 3 000 mm) par an dans le sud. Il faut aller très au Nord pour trouver une pluviométrie de l'ordre de 2 000 mm. Au Mato Grosso, l'aire de pullulation de *Rhammatocerus schistocercoides* se situe entre 1 500 et 2 000 mm environ. Les sols sont également moins favorables en Colombie et les sols sableux, les plus propices pour la ponte, ont une étendue beaucoup plus réduite (sauf vraisemblablement dans le nord du pays et peut être dans le sud du Venezuela ; hypothèse à vérifier).
4. Il semble que plus on va vers le nord, dans la zone des llanos, plus les conditions écologiques paraissent favorables à *R. schistocercoides*. Il semble aussi que les signalisations acridiennes aient été plus nombreuses vers le nord en relation avec le sud (même si les premières signalisations ont été effectuées au sud, région de Puerto Lopez, zone plus peuplée avec de nombreuses zones agricoles, alors que le nord est voué au pâturage).

---

<sup>1</sup> Il y a quelques années, l'espèce était connue uniquement du Brésil, principalement du Mato Grosso, ainsi que des Etats voisins du Rondônia, de Goiás et du Mato Grosso du Sud, à chaque fois non loin de la limite avec le Mato Grosso (REHN, 1906 ; CARBONELL, 1988). Les recherches entreprises dans les collections de divers musées, les informations en provenance du terrain, tendent à montrer que *R. schistocercoides* est en fait une espèce acridienne vraisemblablement assez largement répandue dans les zones de savanes d'Amérique centrale et d'Amérique du sud. Elle est maintenant connue de Bolivie, du Pérou, du Costa Rica, d'Uruguay, du sud du Brésil (Rio Grande do Sul), du Mexique, de Colombie. Cette espèce est cependant, très certainement, assez rare en dehors de quelques régions qui, du fait de leurs caractéristiques écologiques, apparaissent plus favorables aux pullulations (MIRANDA *et al.*, 1996).

5. La direction des vents dans la zone des llanos semble relativement constante pendant toute la durée de présence des imagos, c'est-à-dire de fin août à février. La direction dominante des vents est celle des alizés de NE. La différence est importante avec le Mato Grosso où pendant toute la saison sèche on assiste à une alternance régulière de vents de secteur N-NE et de secteur S.
6. D'après certaines informations, de telles pullulations seraient déjà survenues dans le passé, il y a 15 ans, voire il y a 35 ans (des témoignages plus nombreux et plus précis doivent évidemment être collectés en prenant toutes précautions utiles pour s'assurer de la validité des témoignages).

En prenant ces différents points en ligne de compte, il est possible de formuler, pour la région Colombie-Vénézuéla, une hypothèse permettant d'expliquer la situation actuelle. Cette explication, très schématique, prend en compte les connaissances actuelles sur l'écologie et le comportement de *R. schistocercoides* et essaie d'expliquer, d'une manière cohérente, la dynamique des populations et le déterminisme des pullulations et des invasions aussi bien au Brésil qu'en Colombie.

Cette hypothèse est la suivante.

Au nord de la Colombie, dans la zone des llanos, et certainement dans le sud du Vénézuéla, doit exister la zone la plus favorable pour les pullulations de *R. schistocercoides* au nord de l'équateur. Cette zone n'est certainement pas optimale (sinon les pullulations y seraient aussi fréquentes que dans la partie ouest du Mato Grosso). La probabilité de pullulation doit être ici plus faible et pouvoir être comparée (en première approximation) à la probabilité de pullulation dans la zone à basse fréquence de pullulation à l'est du Mato Grosso.

Dans cette zone vénézuélo-colombienne, le déterminisme des pullulations est évidemment inconnu actuellement mais est certainement à rechercher en prenant en compte les facteurs qui agissent au Brésil : variabilité des pluies et de l'étendue des feux. Quand des essaims arrivent à se former dans cette région, comme les vents sont en permanence de secteur NE, la seule direction possible de vol est le SW. Les essaims doivent ainsi voler dans une direction à peu près unique.... et ne pourront jamais revenir dans leur zone d'origine au nord des llanos.

Ces essaims vont alors entrer dans des territoires de plus en plus défavorables à mesure de leur avance. Ces territoires, situés hors de la zone d'origine des pullulations, constituent véritablement ce que l'on peut appeler une aire d'invasion.

Dans cette aire d'invasion, plus les essaims avancent vers le sud-ouest, plus les conditions sont défavorables (pluviométrie de plus en plus élevée, nombreux terrains inondés, sols lourds peu propices à la ponte).

Néanmoins, l'une des régions les moins défavorables est constituée par la zone dite des "altillanuras disectadas", entre les rios Meta au Nord et Vichada au sud, ainsi que par la zone des "serrania del Meta" (milieux naturels Bb et Bc de l'Atlas de Colombie). Ces régions constituent une sorte de corridor orienté NE-SW et pouvant conduire les essaims (en une ou deux générations) de la frontière vénézuélienne à la région de Villavicencio, voire aux pieds de la serrania de la Macarena. Elle est plus ou moins limitée, au SE, par des zones forestières (région naturelle Ab) et, au NW, par des plaines mal drainées inondables (région naturelle Ba).

Le fait que les conditions écologiques, dans cette aire d'invasion colombienne, semblent peu favorables au criquet est très important.

En effet, au Brésil, dans les zones optimales où le problème est plus ou moins chronique, le déterminisme des pullulations peut être expliqué par l'action des facteurs abiotiques. Les facteurs biotiques (parasites, prédateurs...) ont un rôle négligeable.

Au contraire, dans la zone d'invasion colombienne, les criquets étant placés dans des conditions non optimales, les facteurs naturels de régulation doivent trouver ici une importance prépondérante. Ces facteurs associent conditions abiotiques défavorables (milieu globalement "trop humide") et conditions biotiques (nombreuses espèces de parasites et d'oiseaux prédateurs). L'ensemble doit pouvoir venir à bout assez rapidement des populations acridiennes placées "en difficulté" par la nature<sup>2</sup>.

Il est évidemment impossible de prévoir combien de temps les populations vont pouvoir résister en conditions adverses. Néanmoins, on peut déjà noter, fin 1996, de très nets indices d'une diminution importante des effectifs après seulement deux années d'invasion. Les opérations de traitement y sont certainement pour beaucoup, mais vraisemblablement également l'action des facteurs naturels de mortalité. Il convient à ce propos de remarquer que les actions de lutte entreprises ont été très ciblées, consistant à concentrer les efforts de lutte sur les bandes larvaires et à ne traiter que la superficie des bandes. Ces traitements très ponctuels (certes coûteux en temps), ont largement contribué à respecter les ennemis naturels des acridiens.

Conclusions :

En conclusion, alors qu'au Brésil il n'y pas d'invasion mais un phénomène de pullulations chroniques au sein d'une aire optimale pour l'espèce, en Colombie on a - du fait des particularités écologiques locales - un véritable phénomène d'invasion.

Cette invasion se situe sur une échelle géographique relativement réduite. Par ailleurs - si les conditions écologiques favorables ne persistent pas dans l'aire principale de production des essaims (ce qui reste à vérifier mais paraît le plus probable) - elle a toutes les chances de durer peu de temps puisque les essaims sont véritablement acculés dans des régions écologiquement inhospitalières où un contrôle naturel a toutes les chances de venir à bout des pullulations en une ou deux générations (c'est-à-dire en un ou deux ans).

#### **2.4. Commentaires sur les mesures prises pour faire face à l'invasion**

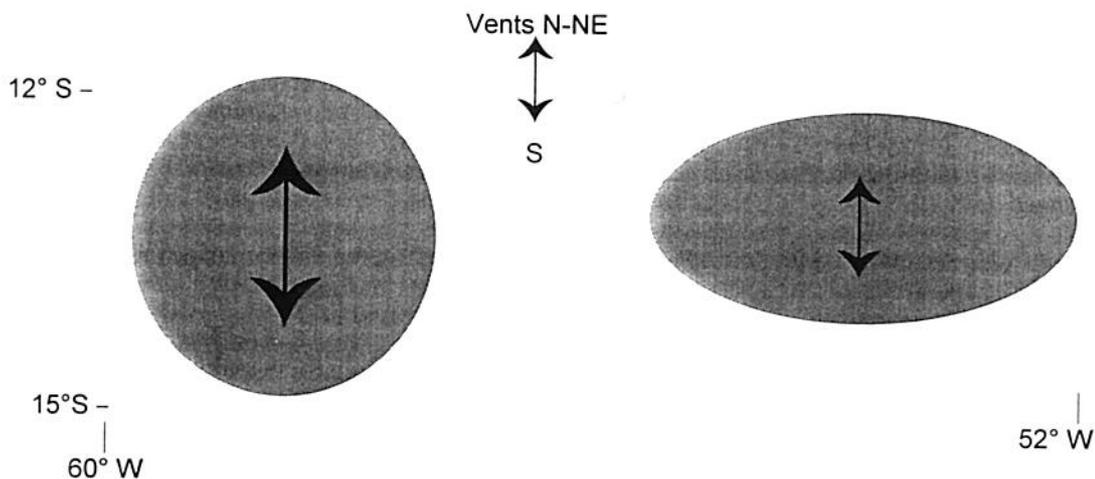
Face à une invasion acridienne récente ayant débuté fin 1994, on ne peut qu'être frappé par la rapidité d'intervention et la qualité des mesures prises répondant parfaitement à la situation spécifique de la Colombie.

On citera en particulier :

- La qualité des mesures de surveillance et de contrôle qui répondent bien au problème particulier de la Colombie. Les opérations de lutte sont concentrées essentiellement sur les bandes larvaires, permettant de focaliser l'action sur des formations grégaires de petite taille alors que les essaims grégaires sont beaucoup plus vastes (rapport de 1 à 10 ou plus) et plus difficiles à traiter du fait de leur mobilité. La détection des bandes

---

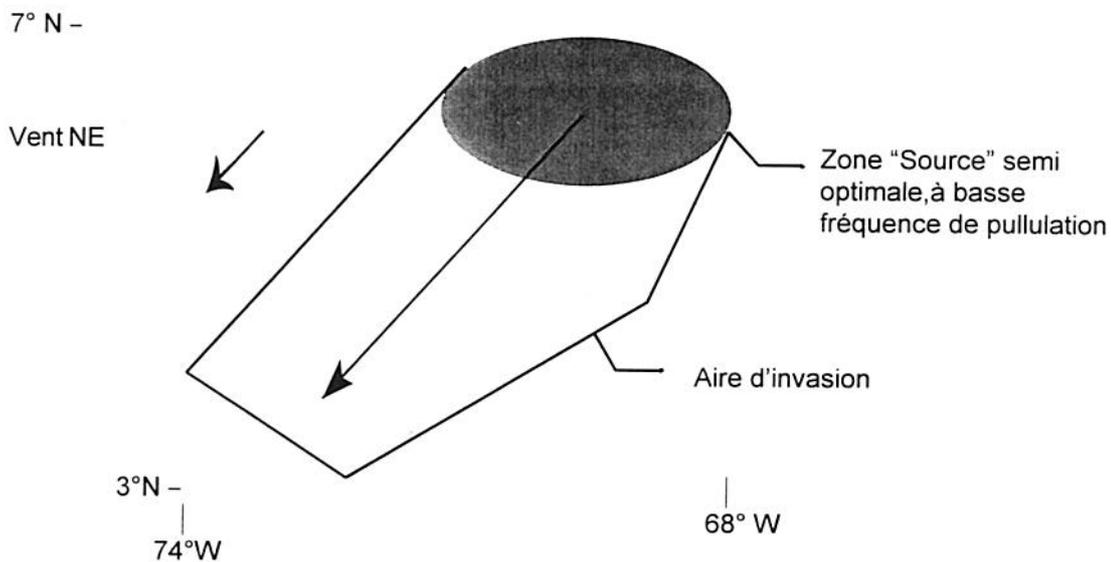
<sup>2</sup> Outre la comparaison des conditions écologiques entre Mato Grosso et Colombie, plusieurs indices, liés au comportement du criquet, montrent que les conditions sont ici peu favorables. A titre d'exemple, le choix des sites de ponte se révèle légèrement modifié. Les lieux de ponte sont bien associés aux zones sableuses, mais les zones véritablement idéales semblent rares et peu étendues. Les pontes sont alors fréquemment déposées dans les zones où le sol a été ameubli : bordure des fourmilières, bordure des pistes, pied des touffes d'herbe... toutes zones où le sol est plus meuble.

**BRESIL**

Zone optimale à haute  
fréquence de pullulation

Zone semi-optimale à basse  
fréquence de pullulation

Migration ou nomadisme local lié à l'alternance permanente de vents dominants de N/NE et de S. Facteurs abiotiques prédominants (pluies et feux en fin de saison sèche)

**COLOMBIE**

Invasion liée à la direction unique des vents dominants de NE  
Non-retour des essaims vers les zones favorables et disparition progressive  
Facteurs abiotiques prédominants dans la zone semi-optimale  
Facteurs biotiques prépondérants dans l'aire d'invasion

**Fig. 3.**— Comparaison schématique du problème posé par *R. schistocercoides* au Brésil et en Colombie.

larvaires est évidemment plus longue que le simple repérage des essaims en vol. L'effort consenti est largement compensé par des coûts de traitement plus bas et par un impact très faible sur le milieu naturel des opérations de lutte.

- Les insecticides utilisés sont le fénitrothion et le malathion, généralement utilisés sous forme de concentré émulsifiable et épandu à l'aide de pulvérisateurs motorisés à dos. Il s'agit d'insecticides classiques, recommandés par la FAO et utilisés de longue date avec succès en lutte antiacridienne partout dans le monde. Les précautions et mesures classiques de protection pour l'usage de ces produits ont été largement divulguées.
- Le respect de l'environnement dans le souci de préserver le potentiel de contrôle biologique naturel des populations. Les traitements localisés à la seule superficie des bandes permettent en cela de respecter au maximum l'environnement et de conserver le bénéfice intégral de l'action du contrôle naturel des populations qui apparaît, dans le cas de l'aire d'invasion colombienne, très important.
- Les larges opérations de sensibilisation au problème acridien répondent bien à l'objectif d'une stratégie de surveillance et de lutte la plus décentralisée et la plus proche possible des éleveurs et agriculteurs. Diverses brochures d'information simples et bien conçues ont été réalisées, ainsi que des supports divers (autocollants, casquettes, pare-soleil...) destinés à sensibiliser les populations des llanos au problème acridien et à la nécessité de repérer et de détruire les bandes larvaires le plus précocement possible.
- Les contacts internationaux divers d'information sur la nature du problème dans les pays voisins d'Amérique du Sud et les mesures prises dans chacun de ces états ; l'espèce responsable des pullulations actuelles est en effet la même sur tout le pourtour de la forêt amazonienne ; une concertation régionale était donc tout à fait indispensable et a été effectivement entreprise.
- Les actions de recherche entreprises sont tout à fait adaptées à la situation. Deux axes principaux de recherche semblent exister :
  - étude de la biologie, de l'écologie et du comportement de l'espèce dans la zone des llanos et recherche des zones les plus favorables aux pullulations ;
  - recherches pour la mise au point de méthodes alternatives à la lutte chimique et en particulier recherches pour la mise au point d'une formulation locale de mycopesticide.

Toutes ces actions sont judicieuses, très bien adaptées au problème et ont été conduites avec célérité. Le dispositif mis en place et les premiers résultats obtenus en moins de deux ans sont tout à fait éloquents.

Le seul point critiquable du projet est certainement l'importance accordée à la mise au point d'une méthode de lutte par piégeage nocturne des larves d'acridiens. La recherche d'une méthode de lutte alternative à la lutte chimique, pouvant être mise en œuvre localement par les éleveurs sans apport extérieur est une bonne chose. Cependant, le dispositif de piégeage proposé paraît d'efficacité moyenne, tout à fait ponctuelle devant l'étendue des surfaces à surveiller et lourd à mettre en place, voire dangereux (risque d'incendie ou de feu de brousse). Son développement ne semble pas avoir été accompagné avec suffisamment d'esprit critique. En l'état actuel, sa généralisation pourrait se révéler tout à fait néfaste et nuire à la bonne image de marque du projet. Sa présentation sur l'une des brochures de vulgarisation (par ailleurs, fort bien réalisée) peut nuire à la crédibilité des autres mesures préconisées qui sont, elles, tout à fait judicieuses.

D'autres méthodes de lutte non chimique existent (par exemple, enfouissage des bandes larvaires de petite taille dans des fosses creusées localement sur le front de la bande, etc). Leur faisabilité locale pourrait être étudiée en prenant en compte l'efficacité et la rentabilité. Cependant, en l'état actuel, de bonnes mesures de surveillance associées à des traitements chimiques les plus ponctuels possibles semblent la meilleure réponse au problème.

On notera que la lutte chimique est encore actuellement la seule méthode de lutte contre les acridiens. Judicieusement utilisée (c'est-à-dire dans un souci de respect de l'environnement, sur des surfaces réduites, sur les bonnes cibles et au bon moment) cette méthode donne d'excellents résultats et aucun risque d'apparition de résistance n'existe chez les acridiens contrairement à ce que l'on voit régulièrement affirmé sans preuve. Les insecticides actuellement utilisés - fénitrothion et malathion essentiellement - le sont de longue date sans qu'aucun problème de résistance n'ait jamais été signalé. Le seul reproche valable que l'on peut leur faire est d'avoir été trop souvent utilisés d'une manière massive sur de trop larges surfaces, faute de compréhension des problèmes et d'une stratégie de lutte adéquate. Bien utilisés, dans le cadre d'une stratégie de lutte intégrée, associée à une surveillance et à un repérage précoce des cibles, ils devraient - même après mise au point d'un mycopesticide antiacridien - rester une méthode de choix pour toutes les situations d'urgence (les mycopesticides n'agissant que dans un délai d'environ une semaine).

### **2.5. Relation possible entre invasion acridienne et épidémie de botulisme**

La zone des "llanos orientales" connaît depuis environ deux ans une épidémie de botulisme affectant le bétail. Une relation possible avec l'invasion acridienne a été suggérée.

Cette relation paraît à première vue fort improbable. Cependant, deux faits doivent inciter à ne pas négliger une éventuelle relation de cause à effet :

- l'aire d'invasion 1994-96 de *R. schistocercoides* dans les llanos colombiens recouvre sensiblement la zone d'épidémie de botulisme apparue depuis quelques mois seulement ;
- *R. schistocercoides* est connu pour consommer fréquemment de la terre en quantité non négligeable (Lecoq et Pierozzi Jr, 1996). La bactérie du botulisme étant dans la terre à l'état latent pourrait fort bien se trouver réactivée en passant par le tube digestif des acridiens. Le bétail serait ensuite contaminé en consommant des larves de criquet.

Une vérification de la présence du bacille du botulisme dans l'intestin des larves doit pouvoir être réalisée assez facilement en prélevant les tubes digestifs d'une grande quantité de larves (environ 1 000). Il conviendra d'effectuer cette recherche chez des larves ayant consommé de la terre, ce qui sera facile à vérifier en analysant le contenu du tube digestif.

### **2.6. Principales recommandations**

Les quelques recommandations suivantes peuvent être formulées (énumérées sans aucun ordre de priorité) :

1. Rechercher les caractéristiques de l'aire probable de pullulation dans le nord de la zone des llanos (vers la frontière vénézuélienne).
2. Prendre des contacts avec le Vénézuéla afin de disposer de plus d'informations sur la situation acridienne dans les zones de llanos au sud de ce pays, ainsi que sur les conditions écologiques dans cette région (température, pluviométrie, humidité, direction des vents, types de sols et de végétation....).
3. Mettre l'accent sur les facteurs abiotiques probables déterminant les recrudescences de population dans l'aire probable de pullulation au nord du pays (variabilité interannuelle de la pluviométrie, plus ou moins grande importance des feux de brousse.... ou tout autre facteur pertinent).

4. Continuer à caractériser les différentes zones écologiques - tant de l'aire d'invasion que de l'aire de pullulation - en relation avec les facteurs clés de l'écologie des populations acridiennes : structure et phénologie de la végétation, structure des sols. On cherchera, en particulier, à étudier la distribution et l'étendue des sols sableux (dans les 20 premiers centimètres) propices à la ponte.
5. Continuer l'étude sur la répartition, la biologie et l'écologie du criquet dans la zone des llanos.
6. Evaluer plus précisément l'importance des ennemis naturels, en particulier de l'avifaune, dans la régulation des populations acridiennes dans l'aire d'invasion (en particulier, en relation avec les différentes zones écologiques)<sup>3</sup>.
7. Poursuivre les opérations de surveillance et de lutte contre les bandes larvaires. Même si la plus grande probabilité est celle d'une diminution progressive de la densité des populations acridiennes, on ignore actuellement :
  - combien de temps les populations de *R. schistocercoides* pourront se maintenir dans les conditions (apparemment adverses pour l'espace) de l'aire d'invasion (tout spécialement dans la région la plus méridionale);
  - quelle est la probabilité de voir se manifester de nouvelles pullulations dans le nord et donc de nouveaux essaims pouvant migrer vers le sud.
8. Continuer les opérations de vulgarisation et de sensibilisation auprès des éleveurs et des agriculteurs. La plus grande efficacité dans la stratégie de lutte sera obtenue par une large décentralisation dans la responsabilité des opérations et par la participation de tous à la surveillance et au contrôle.
9. Rechercher les indices de pullulations acridiennes passées de *R. schistocercoides* (enquêtes auprès des populations locales, recherche documentaire, etc.) afin de déterminer - si possible - la fréquence approximative de fonctionnement de l'aire de pullulation.
10. Réorienter la recherche de méthodes de lutte alternative vers des solutions plus crédibles que la méthode proposée actuellement de piégeage nocturne des bandes larvaires.
11. Poursuivre les recherches sur la mise au point d'une formulation de mycopesticide pour la lutte contre *R. schistocercoides* en Colombie. Essayer de prendre largement en compte l'écologie des souches de champignons utilisées et les conditions micrométéorologiques que celles-ci vont rencontrer sur le terrain.
12. Etudier la possibilité d'une coopération internationale sur le thème des mycopesticides en lutte antiacridienne, en particulier avec le Brésil, confronté à un problème identique et travaillant déjà sur le même thème. Une telle coopération pourrait se concrétiser sous la forme d'un projet de recherche en commun à soumettre à financement international (Commission européenne en particulier). Des opportunités semblent à saisir en 1997.

Remarque : Il a été convenu d'intégrer la participation de la Colombie dans un projet international de recherche sur les acridiens et les mycopesticides en lutte antiacridienne. Ce projet devrait inclure les participations du Brésil (NMA et CENARGEN), de la Colombie, de la France (CIRAD et INRA) et de l'Allemagne (IBC Darmstadt). Un document de projet est

---

<sup>3</sup> Une mission de consultation d'un expert PRIFAS ornithologue et spécialiste de l'écologie des llanos pourrait être envisagée.

en cours de rédaction et doit circuler entre les différentes parties concernées. La réunion de Cuiabá, en mars 1997, devrait être l'occasion de finaliser ce texte pour soumission à la Commission européenne dans le cadre des appels d'offre INCO entre mars et septembre 1997. L'IICA devrait faciliter la coordination avec les autres pays d'Amérique du Sud concernés par le problème de *Rhammatocerus schistocercoides*, le Venezuela en particulier.

## 2.7. Bibliographie sommaire sur le problème acridien en Colombie et ouvrages consultés

Atlas de Colombia, 1992. Instituto Geographico Agustin Codazzi. Santafé de Bogotá, D.C. 321 pp.

Cardenas G.D. & Devia H., 1995. El problema del saltamontes *Rhammatocerus schistocercoides* plaga en pasturas nativas, introducidas, cultivadas e importancia de controles biológicos naturales existentes en el altillanura colombiana. In: XXXe Congresso nat. de ciencias biológicas, oct. 8 al 11, 1995. Association Colombiana de Ciencias Biológicas. P. 47-49.

Guillermo León M., 1996. *El grillo de los llanos orientales. Biología, hábitos y recomendaciones para su manejo*. Bolétin Técnico abril de 1996, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. CORPOICA REGIONAL 8, Villavicencio, Colombia. 16 pp.

Miranda E. E. de, Lecoq M., Pierozzi Jr I., Duranton J.-F. & Batistella M., 1996. *Le criquet du Mato Grosso. Bilan et perspectives de 4 années de recherches. 1992-1996*. EMBRAPA-NMA, Campinas, Brésil / CIRAD-GERDAT-PRIFAS, Montpellier, France. 146 pp.

Orlando Jiménez Martínez & Jaime Jiménez Gomez, sans date (1996 ?). *El grillo. Deteccion del grillo de los pastos en los llanos y pautas para su manejo integrado*. Instituto Colombiano Agropecuario & Fondo Nacional del Ganado, Bogota. 22 pp.

Pedro Alvarado M., Carlos Vasquez P. & Miguel Aponte, 1991. *Estudio semidetallado de suelos sector Carimagua - Gaviotas (Departamento del Meta y Vichad*. Instituto Geografico "Agustin Codazzi." Santafé de Bogota D.C. 336 pp + 2 cartes en annexes.

Javier Esparza Duque, 1996. *Reunion tecnica regional sobre biologia y control de la langosta (Rhammatocerus schistocercoides). Cuiabá, Brésil, 6 a 10 de mayo de 1996*. IICA, Lima, Pérou. 10 pp + 2 annexes.

### Articles de presse parus sur le problème acridien en Colombie :

Winston Gonzalez del Rio, 1995. *Los grillos arrasan la altillanura. Se estudia declaratoria de emergencia sanitaria*. Llano 7 dias, Villavicencio, Meta, Colombie.

Myriam Astrid Montoya, 1995 (11 mars). *Alarma por invasión de langosta en la altillanura. El insecto está arrasando las pasturas para el ganado y amenaza extenderse a zona agrícola. Productores convocan foro con autoridades sanitarias*. El Espectador, Santafé de Bogotá, Colombie.

Rocio Cuellar R., 1995 (22 mars). *Emergencia en los llanos. La langosta está arrasando con tres millones de hectáreas de pasto y ya entró a los cultivos de arroz. En 30 días habrá una nueva población de insectos y aún no se sabe con qué se atacará*. El Espectador, Santafé de Bogotá, Colombie.

Anonyme, 1995 (21 octobre). *Langostas*. El Tiempo, Santafé de Bogotá, Colombie.

- Alba Marina Cotes, 1995 (21 octobre). *Control sanitario: hongos les quitan vuelo a las langostas*. El Tiempo, Santafé de Bogotá, Colombie.
- Anonyme, 1995 (24 octobre). *Emergencia sanitaria*. La Patria, Santafé de Bogotá, Colombie.
- Anonyme, 1995 (24 octobre). *Control de la langosta*. El Espectador, Santafé de Bogotá, Colombie.
- Anonyme, 1995 (24 octobre). *En emergencia sanitaria frontera colombo-venezolana*. El Heraldo, Santafé de Bogotá, Colombie.
- Anonyme, 1995 (24 octobre). *Langostas invaden Llanos Orientales*. Santafé de Bogotá, Colombie.
- Anonyme, 1995 (24 octobre). *No a las langostas*. Santafé de Bogotá, Colombie.
- Anonyme, 1995 (24 octobre). *Emergencia sanitaria en frontera con Venezuela*. La Republica Santafé de Bogotá, Colombie.
- Anonyme, 1995 (4 novembre). *Langosta*. El Tiempo, Santafé de Bogotá, Colombie.
- Edmer Tovar Martinez, 1995 (4 novembre). *La langosta devora los Llanos Orientales*. EL Tiempo, Santafé de Bogotá, Colombie.
- Anonyme, 1995 (11 novembre). *Control de langostas*. La Patria, Santafé de Bogotá, Colombie.
- Anonyme, 1995 (14 novembre). *El los Llanos Orientales. El ICA toma drásticas medidas para el control de la langosta*. La Republica, Santafé de Bogotá, Colombie.
- Anonyme, 1995 (10 décembre). *Control biológico contra la langosta*. El Colombiano, Santafé de Bogotá, Colombie.
- Anonyme, 1995 (17 décembre). *Demorará controlar el ataque de la langosta*. El Colombiano, Santafé de Bogotá, Colombie.
- Anonyme, 1995 (30 décembre). *Grillos*. El Tiempo, Santafé de Bogotá, Colombie.
- Jaime Jiménez Gomez, 1996 (juillet). *En los Llanos Orientales: Bajan poblaciones de langosta brasileira*. Santafé de Bogotá, Colombie.
- Edmer Tovar Martinez, 1996 (7 septembre). *Fragilidad del ecosistema general plagas y males : Alerta por alteración del medio ambiente en el Llano*. El Tiempo, Santafé de Bogotá, Colombie.
- Nelson Ardila Arias, 1996 (23 octobre). *Garzas llanera acaban con la langosta brasileña*. El Espectador, Santafé de Bogotá, Colombie.

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La présente mission au Brésil et en Colombie a permis tout d'abord de faire le point des problèmes et des travaux de recherche actuellement entrepris en Amérique du sud sur *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906), espèce acridienne dont l'importance économique ne cesse de croître depuis quelques années dans divers pays dont le Brésil, la Colombie et le Venezuela.

Au Brésil, la politique de diffusion et de valorisation du rapport final du projet "Environnement et criquet ravageurs au Brésil" réalisé conjointement par le PRIFAS et le NMA (et bénéficiant d'un financement de la CE) a été envisagée. Une réunion internationale pour la présentation et la discussion des résultats du projet est prévue à Cuiabá, en mars 1997, avec participation, outre du Brésil, de la Colombie et peut-être du Venezuela et du Pérou. Cette réunion pourrait être placée sous le parrainage de l'IICA.

En Colombie, la situation acridienne a été expertisée sur le terrain (région des llanos) et le projet de lutte et de recherche acridienne de l'ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) rapidement évalué. Des recommandations ont été formulées pour la continuation de ce projet. Des perspectives existent pour la poursuite d'une collaboration avec l'ICA sur le thème de la lutte et de la recherche antiacridienne. Plusieurs demandes précises de missions ont été formulées par l'ICA.

L'IICA (Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura), contacté en Colombie, a manifesté son intérêt à inscrire le thème " Acridiens ravageurs " dans le cadre de la convention liant IICA et CIRAD.

Enfin, tant au Brésil qu'en Colombie, les bases d'un projet régional associant Brésil (NMA-EMBRAPA et CENARGEN-EMBRAPA) et Colombie (ICA) sur le thème de la lutte contre *Rhammatocerus schistocercoides* et la mise au point d'un mycopesticide ont été élaborées. Un document définitif de projet à soumettre à financement européen devrait être élaboré avant mars 1997.



**ANNEXE I : Déroulement de la mission****1.1. Calendrier et itinéraire**

29/9/1996	Montpellier - Paris - São Paulo	
30/9	São Paulo - Campinas	
1-4/10	Campinas	Travaux au NMA-EMBRAPA
5/10	Campinas - São Paulo - Manaus - Bogotá	
6/10	Bogotá	Préparation conférence
7/10	Bogotá	Réunion ICA
8/10	Bogotá	Réunion ICA Conférence à l'Université
9/10	Bogotá - Villavicencio	Réunion ICA / CORPOICA
10/10	Villavicencio - Carimagua	Prospection
11/10	Carimagua (station expérimentale CORPOICA/CIAT)	Prospection Conférence
12/10	Carimagua	Prospection
13/10	Carimagua - Cravo Norte	Réunion ICA
14/10	Cravo Norte	Prospection
15/10	Cravo Norte - Villavicencio	Réunion ICA / CORPOICA
16/10	Villavicencio	Centre recher. CORPOICA La Libertad
17/10	Villavicencio	Réunion ICA / CORPOICA Séminaire national sur le problème acridien
18/10	Villavicencio - Puerto Lopez - Cabuyaro - Puerto Lopez	Conférence
19/10	Puerto Lopez - Villavicencio - Bogotá	Prospection
20/10	Bogotá	Rapport de mission
21-22/10	Bogotá	Réunions ICA
23-24/10	Bogotá - Paris - Montpellier	

**1.2. Personnes contactées****BRESIL****NMA/EMBRAPA**

C.P. 491 13.001-970 Campinas SP Brésil

José Roberto MIRANDA, Directeur  
Ivo PIEROZZI Jr, Directeur adjoint  
Mateus BATISTELLA  
Gisele S.V. BERTINATO

**COLOMBIE****ICA, Instituto Colombiano Agropecuario**

Calle 37 No. 8-43 Of. 407 Santafé de Bogotá D.C. Colombie  
Tél. 288 41 28 Poste 242 Fax. 288 17 53 - 285 43 51

Hermes Angarita Navarro, Directeur général de l'ICA (jusqu'à mi-octobre 96)  
Hernan Marin Gutierrez, Directeur général de l'ICA (depuis mi-octobre 96)  
Jaime Jimenez Gomez, Directeur du programme de lutte intégrée

Homero R. Mora Medina, Directeur, Division de Sanidad Vegetal  
 Rubén Jaramillo Vivaldo, Unidad de Programacion, Oficina de Planeacion  
 Alvaro Bermeo Torres, Unidad de Programacion, Oficina de Planeacion

**Centre ICA de Villavicencio (Meta)**

AA. 2011 Villavicencio, Meta, Colombie

Dra Amparo Poveda de Meyer, Directora ICA, Seccional Meta  
 Dr. Orlando Jiménez Martínez, entomologiste  
 Jorge Humberto Argüelles Cárdenas, statisticien, contractuel CORPOICA  
 Carlos Coral, ingénieur agronome

**Station de ICA/CIAT de Carimagua (Meta)**

Dasier Osorio, Directeur de la station  
 Thibaud Decaëns, ORSTOM (Laboratoire d'écologie des sols tropicaux)

**Centre ICA, Cravo Norte (Arauca)**

Diego Medina, Vétérinaire, représentant local de l'ICA  
 Camilo Ramo Arevalo

Mairie de Cravo Norte (Arauca)

Enrique Orozco Parales, Maire

Cravo Norte, UMATA

Carlos Alberto Tovar Arias, Vétérinaire  
 Direccion UMATA Cravo Norte Arauca Colombie

**IICA, Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura  
 (dépend de l'OEA)**

Paseo de la Republica 3211 Piso 8 Aptdo 14-0185 Lima 14 Pérou  
 Tél. 228 336 Fax. 424 554

Javier Esparza Duque, Especialista regional en sanidad agropecuaria del area andina

**Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomia**

A.A. 14490

Santafé de Bogotá, D.C. Colombie  
 Tél. 368 13 06 - 368 14 07 - 368 16 14 Poste 122  
 Fax. 368 14 48

Dario Corredor, professeur, Président de la Société entomologique de Colombie  
 Email: dcorredo@bacata.uxsc.und.edu.co.  
 Antonio Angarita, professeur

**Revue Vereda, Santafé de Bogotá**

Aristides Gomez S., journaliste  
 Luz Adriana Hernandez, journaliste

**CORPOICA, Institut colombien de recherche agronomique**  
 (Corporacion Colombiana de Investigacion Agropecuaria)  
 A.A. 24014 Las Palmas  
 Santafé de Bogota, D.C. Colombie

Edgar Martinez Granja, Epidémiologiste végétal  
 Tél. 286 16 19 - 281 33 99 - 267 30 13 Fax. 282 89 47

Maria Terea Jiménez Ramos, Biologiste  
 Programme Manejo Integrado de plagas CORPOICA  
 A.A. n 36638 Bogota Colombie

Everth Emilio Ebratt Ravelo, Ingénieur agronome  
 Programme Manejo Integrado de plagas CORPOICA  
 C.I. Tibaitatá  
 A.A. n 240142 Las Palmas Santafé de Bogotá D.C. Colombie

Laura Fernanda Villamizar Rivero  
 Kilómetro 14 vía Mosquera (Condinamarca)  
 Programme Manejo Integrado de plagas CORPOICA  
 C.I. Tibaitatá  
 A.A. n 240142 Las Palmas Santafé de Bogotá D.C. Colombie

Eduardo Espitia M.  
 Programme Manejo Integrado de plagas CORPOICA  
 C.I. Tibaitatá  
 A.A. n 240142 Las Palmas Santafé de Bogotá D.C. Colombie

**CORPOICA, Centro de Investigacion La Libertad**  
 Km 21 Vía Puerto Lopez  
 A.A. 3129 Villavicencio Meta Colombie  
 Tél. 633818 Fax. 637571

Guillermo A. León Martinez, Ingénieur agronome

**Université de los llanos, Villavicencio**  
 Escuela de Agronomia  
 Vía Apiay K12  
 Villavicencio Meta Colombie

Carlos E. Mantilla, Professeur  
 Tél. prof. (986) 63 28 97 Tél. dom. (986) 63 64 28

**Ministère de l'Agriculture et du Développement rural**  
 Dirección General Agrícola y Forestal  
 Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural  
 Avenida Jimenez n 7-65 4 piso  
 Santafé de Bogotá D.C. Colombie

José Guillermo Ruiz Ruiz

#### **Fermes**

Hacienda Lejanias de Juliepe, Cravo Norte  
 Hacienda La Virginia, Cravo Norte

**Firmes privadas**

**FUMITORO Electrofumigación Toro & Cia. Ltda**

José Miguel Toro C., Representante Legal

Calle 21 No. 32-54

A.A. 12845

Santafé de Bogotá D.C. Colombia

Tél. 244 12 78 - 268 06 57 - 268 43 65 - 269 55 53 Fax. (57)-1) 269 55 03

**DIAGANAL LTDA Distribuidora Agroindustrial y Ganadera Ltda**

I.A. Dairo Hernández Muñoz, Gerente

Cll 35 # 26-31 Av. Fco José de Caldas

Villavicencio Meta Colombia

Tél. 624 339 Fax. 622 969

**ANNEXE II : Communications préparées et expédiées au 16<sup>e</sup> Congrès Brésilien d'entomologie (Salvador, Bahia, 2 au 7 mars 1997)**

**Comportement des bandes larvaires du criquet *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) au Mato Grosso [Orthoptera : Acrididae, Gomphocerinae].**

M. Lecoq<sup>1</sup> & A. Foucart

<sup>1</sup> CIRAD-GERDAT-PRIFAS, BP 5035 34032 Montpellier Cedex 1 France  
Email : lecoq@cirad.fr

Le comportement des bandes larvaires de *R. schistocercoides* a été étudié en détail, dans les biotopes naturels de pullulation de ce criquet sur la Chapada dos Parecis au Mato Grosso. Une typologie des bandes (forme, superficie, densité, orientation, vitesse de déplacement...) a été réalisée et leur comportement journalier étudié avec précision. Certaines bandes ont été suivies en continu pendant près de deux semaines. Ces bandes sont largement distribuées dans et au voisinage de toutes les zones de campo et campo-cerrado à sols sableux. De type plus ou moins amiboïde, ou ovoïde, leur superficie moyenne est de l'ordre de 1 000 m<sup>2</sup> pour les jeunes bandes de stades 1 et 2 en novembre et décembre ; 2 500 m<sup>2</sup> en janvier et février, pour les bandes de stades 5 et 6 ; 5 000 m<sup>2</sup> en avril, pour les bandes de larves de dernier stade (8). Chaque bande présente un front très net, plus ou moins en forme de croissant, où la densité de larves est maximale. Cette densité (vérifiée à l'aide d'un biocénomètre) est fréquemment de l'ordre de 5 000 à 10 000 larves/m<sup>2</sup> pour les jeunes bandes, 2 500 à 5 000/m<sup>2</sup> pour les bandes d'âge moyen et 250 à 500/m<sup>2</sup> pour les bandes âgées. La plus grande bande observée, constituée essentiellement de larves de stade 6, présentait un front de 160 m de largeur sur une quinzaine de mètres de profondeur, la traîne de la bande s'étirant vers l'arrière sur une centaine de mètres. Les distances journalières parcourues par les bandes varient selon l'âge des individus. Pour les bandes constituées de larves des stades 5 et 6 (étudiées plus en détail), elles sont en moyenne d'une cinquantaine de mètres (30-75 m en général). Le plus grand déplacement journalier observé a été, pour ces stades, de 180 m. Les déplacements s'effectuent dans des directions très diverses et apparemment aléatoires. La densité de bandes larvaires est fréquemment très élevée (en janvier 1996, dans la région de Uirapuru, cette densité a été évaluée à près de 8 bandes au km<sup>2</sup>). Les données acquises sur la distribution et le comportement des bandes larvaires renforcent les résultats acquis sur les essaims concernant la faible capacité de dispersion de cette espèce et la nature essentiellement locale du problème acridien au Mato Grosso.

**Etude morphométrique de terrain de populations imaginales de *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) [Orthoptera, Acrididae, Gomphocerinae], criquet ravageur du Mato Grosso.**

I. Pierozzi Jr.<sup>1</sup>, M. Lecoq & M. O. Mello

<sup>1</sup>NMA-EMBRAPA C.P. 491 13001-970 Campinas SP Brésil  
Email : ivo@nma.embrapa.br

*Rhammatocerus schistocercoides* est une espèce acridienne au comportement grégaire très marqué se manifestant aussi bien au niveau larvaire (bandes) qu'au niveau imaginal (essaims). Afin de vérifier l'existence éventuelle d'un phénomène de polymorphisme phasaire, des mesures morphométriques ont été réalisées sur un maximum d'imagos, capturés dans la nature dans diverses localités de la Chapada dos Parecis, et issus de populations de densités variées. Des échantillons ont ainsi été collectés dans des essaims où la densité, au sol, peut atteindre plusieurs centaines d'individus au mètre carré. D'autres ont été collectés dans des populations de basse densité et pour lesquelles on pouvait affirmer que la densité était restée basse tout au long de la vie imaginale (absence complète de pullulation et d'essaims dans la région de collecte). D'autres, enfin, ont été prélevées dans des populations de basse densité mais ayant indubitablement vécu en essaim au cours des semaines précédant leur capture (vieux individus collectés en octobre ou novembre en fin de cycle biologique et alors que de nombreux essaims étaient signalés dans la même zone quelques semaines auparavant). Au total plus de 2 000 individus ont été étudiés. Les mensurations suivantes ont été effectuées : E, longueur de l'élytre ; F, longueur du fémur postérieur ; C, largeur maximale de la tête. Les rapports E/F et F/C, classiquement utilisés pour caractériser les phases solitaire, transiens ou grégaire chez d'autres espèces de locustes, ont été calculés. Les résultats montrent une grande homogénéité morphologique de toutes les populations étudiées, qu'elles soient de forte ou de faible densité. Ces populations présentent toutes, par ailleurs, le même type de variabilité pigmentaire. Tous ces faits militent en faveur de l'absence de phénomène de polymorphisme phasaire chez *R. schistocercoides* qui doit être considéré plus comme un simple sauteriau que comme un véritable locuste.

**Cartographie des biotopes de *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) sur la Chapada dos Parecis au Mato Grosso par utilisation des données satellitaires LANDSAT-TM et d'un système d'information géographique.**

I. Pierozzi Jr<sup>1</sup>, E.E. de Miranda, M. Lecoq, J.-F. Duranton & M. Batistella

<sup>1</sup>NMA-EMBRAPA C.P. 491 13001-970 Campinas SP Brésil  
Email : ivo@nma.embrapa.br

Un projet de quatre années de recherche de terrain sur la Chapada dos Parecis, principale zone de pullulation de *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) a permis d'identifier les divers types de biotopes acridiens et de mettre en évidence les variables statiques (sols, nature du substrat géologique,...) et dynamiques (types de végétation, feux de brousse, usage des terres...) les plus importantes pour le criquet. Une cartographie a été réalisée dans le cadre d'un système d'information géographique (SIG) essentiellement grâce aux données du satellite LANDSAT/TM et à diverses données cartographiques (sols en particulier) préexistantes : 142 284 km<sup>2</sup> (ou 80 % du total des zones de pullulation) ont été ainsi couverts au 1/250 000. Neuf classes de biotopes acridiens ont été définies, chaque classe correspondant essentiellement à une combinaison d'une classe de sol avec une classe de végétation. Ces cartes font ressortir les principaux types de biotopes que *R. schistocercoides* fréquente au Mato Grosso sur la Chapada dos Parecis. Ces biotopes, plus ou moins favorables au criquet, peuvent être classés soit en fonction de l'anthropisation, selon qu'il s'agit de milieux naturels ou modifiés par l'homme, soit en fonction de leur potentiel et de leur plus ou moins grand intérêt pour l'acridien. On peut ainsi distinguer des milieux favorables à la reproduction pendant la saison des pluies (formations végétales de types campo et campo-cerrado à sols sableux) ou seulement au nomadisme de saison sèche (formations végétales de types campo et campo-cerrado à sols sablo-argileux). Cette cartographie, véritable spatialisation du problème acridien au Mato Grosso, permet en particulier de situer les divers biotopes acridiens par rapport aux zones de culture et d'élevage, autorisant ainsi une meilleure compréhension des relations mutuelles pouvant exister entre les deux.

**Les biotopes de *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) sur la Chapada dos Parecis au Mato Grosso et les conséquences des pratiques indigènes traditionnelles et de l'introduction récente de l'agriculture sur les pullulations.**

M. Lecoq<sup>1</sup>, E. E. de Miranda & I. Pierozzi Jr

<sup>1</sup> CIRAD-GERDAT-PRIFAS, BP 5035 34032 Montpellier Cedex 1 France  
Email : lecoq@cirad.fr

La nature des biotopes de *R. schistocercoides* a pu être clairement établie à la suite de quatre années de recherche de terrain dans les zones de pullulations de ce criquet sur la Chapada dos Parecis *lato sensu* au Mato Grosso. La structure de ces biotopes est particulièrement nette et simple dans la partie ouest de l'aire de pullulation de l'espèce, du rio Arinos au rio Guaporé. Globalement, les biotopes de *R. schistocercoides* correspondent à l'ensemble des zones où sont installées des formations végétales de type campo et campo-cerrado. Ces formations de savanes arbustives et arborées sont généralement très ouvertes et entretenues par les feux réguliers. A l'intérieur de ces régions de savanes, en fonction de la nature du sol (sableux ou non), deux types de biotopes peuvent être distingués : les biotopes de reproduction où les femelles vont pondre, où les larves vont effectuer la majorité de leur développement en cours de saison des pluies et où vont essentiellement apparaître les jeunes essaims immatures, peu aptes à voler, en tout début de saison sèche ; les biotopes de nomadisme où les imagos, généralement rassemblés en essaims grégaires, se déplacent au gré des vents pendant toute la saison sèche, de mai à septembre. Les caractéristiques des biotopes ayant pu être définies, l'influence de l'homme sur la dynamique des populations acridiennes a pu être précisée. On a pu distinguer entre l'usage traditionnel des terres par les populations indigènes d'une part, et l'influence récente depuis moins d'une quinzaine d'années de l'introduction de l'agriculture et de l'élevage. Les relations homme/criquet apparaissent complexes, fonction des saisons, du type d'utilisation des terres, des modes de culture et des pratiques culturelles ou pastorales. D'une manière générale, l'impact des transformations anthropiques récentes est loin de celui qu'on leur attribuait habituellement. On a juxtaposé des zones de cultures - implantées dans une partie des biotopes de nomadisme de saison sèche du criquet - aux zones traditionnelles de reproduction de cette espèce. On a ainsi créé de toutes pièces - par simple juxtaposition - une situation favorisant les dégâts aux cultures, sans pour autant favoriser le développement de l'acridien. Bien au contraire, les cultures ont largement empiété sur les zones de nomadisme et défavorisé la survie de l'insecte en saison sèche.

**ANNEXE III : Plans des trois conférences données en Colombie sur le problème acridien**

**Conférence 1 - Université de Bogotá -8 octobre 1996**

**1. Le problème acridien dans le monde**

- 1.1. Répartition géographique des problèmes acridiens
- 1.2. Importance économique des acridiens
- 1.3. Les différents problèmes acridiens
  - Problèmes liés à des influences extérieures
    - Conditions météorologiques
    - Action de l'homme
  - Différents problèmes selon la nature des criquets
    - Les locustes
    - Les sauteriaux
- 1.4. Les méthodes de lutte
  - La lutte chimique
  - Les méthodes alternatives
- 1.5. Les stratégies de lutte
  - La lutte préventive
  - Utilisation des nouvelles technologies (satellites, GIS, modèles...)

**2. Le Criquet du Mato Grosso *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906)**

- 2.1. Nature du problème
  - Historique des pullulations
  - Les hypothèses en vigueur
- 2.2. Le projet de recherche EMBRAPA/CIRAD
- 2.3. L'aire d'habitat du criquet au Mato Grosso
- 2.4. Biologie et écologie de *Rhammatocerus schistocercoides*. Déterminisme des pullulations
- 2.5. Comportement et capacité de dispersion
- 2.6. Ancienneté des pullulations
- 2.7. Caractérisation et cartographie des biotopes acridiens
- 2.8. Retombées opérationnelles du projet et propositions pour une nouvelle stratégie de lutte

**Conférence 2 - Centre de recherche ICA de Carimagua, Meta - 11 octobre 1996**

**Le Criquet du Mato Grosso *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906)**

1. Nature du problème
  - Historique des pullulations
  - Les hypothèses en vigueur
2. Le projet de recherche EMBRAPA/CIRAD
3. L'aire d'habitat du criquet au Mato Grosso
4. Biologie et écologie de *Rhammatocerus schistocercoides*. Déterminisme des pullulations
5. Comportement et capacité de dispersion
6. Ancienneté des pullulations
7. Caractérisation et cartographie des biotopes acridiens
8. Retombées opérationnelles du projet et propositions pour une nouvelle stratégie de lutte

**Conférence 3 - Premier séminaire national sur le problème acridien en Colombie - Villavicencio, Meta - 17 octobre 1996**

**Résultats de 4 années de recherche sur *Rhammatocerus schistocercoides* au Brésil et premiers commentaires sur la situation acridienne en Colombie.**

**1. Le Criquet du Mato Grosso *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906)**

1. Nature du problème (historique des pullulations; les hypothèses en vigueur)
2. Le projet de recherche EMBRAPA/CIRAD
3. Les résultats fondamentaux
  - 3.1. L'ancienneté des pullulations
  - 3.2. Le cycle biologique et le déterminisme des pullulations
  - 3.3. Le comportement et la faible capacité de dispersion des essaims
  - 3.4. La caractérisation et la cartographie des biotopes acridiens
4. Propositions pour une nouvelle stratégie de lutte antiacridienne au Mato Grosso

**2. La situation acridienne en Colombie**

- 2.1. Identité de l'espèce responsable des pullulations
- 2.2. L'aire de répartition de *Rhammatocerus schistocercoides* en Amérique du Sud
- 2.3. Comparaison des conditions écologiques au Mato Grosso et dans les llanos colombiens
- 2.4. Localisation des zones les plus favorables à *Rhammatocerus schistocercoides* dans la zone des llanos
- 2.5. Ancienneté des pullulations acridiennes en Colombie
- 2.6. Premières hypothèses sur le déterminisme des pullulations et la dynamique des invasions acridiennes en Colombie

**ANNEXE IV : Consultative mission in Colombia on the locust problem at the request of ICA (rapport préliminaire en anglais)**

Michel LECOQ  
Entomologist CIRAD, France

**Objectives : expertise on the locust situation in the llanos area of Colombia**

**Dates and itinerary :**

5/10	São Paulo - Manaus - Bogota
6-8/10	Bogota
9/10	Bogota - Villa Vicencio (Meta)
10/10	Villa Vicencio - Carimagua (Meta)
11-12/10	Carimagua
13/10	Carimagua - Cravo Norte (Arauca)
14/10	Cravo Norte
15/10	Cravo Norte - Villavicencio
16-17/10	Villavicencio
18/10	Villavicencio - Puerto Lopez (Meta)
19/10	Puerto Lopez - Villavicencio - Bogota
20-22/10	Bogota
23-24/10	Bogota - Paris - Montpellier

Since 1994, Colombia has faced a critical locust situation in the llanos area, mainly in the states of Meta, Casanare and Vichada.

The locust situation in Colombia will be examined first taking into account the experience acquired during a four year project in Brazil on the same species. Thus it will be possible to formulate some reasonable hypotheses on the current situation in Colombia.

The set of measures taken in Colombia to face the locust invasion will be investigated briefly and some recommendations for the continuation of survey, control operations and research will be given.

**1. THE LOCUST SITUATION IN COLOMBIA TAKING INTO ACCOUNT THE BRAZILIAN EXPERIENCE**

1.1. The locust problem in the state of Mato Grosso

In Brazil, pullulations of *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906) (commonly called "Langosta brasileira" in Colombia) occur in Mato Grosso in an area locally called the "Chapada dos Parecis" (from the name of an indian tribe). Schematically, there exist in this region, from ancient times, two different outbreak areas:

- An **optimal outbreak area** where ecological conditions are very favourable and where biotopes suitable for breeding are present on a very large scale (see figure 1). This is the savanna area in the west part of the Chapada, between the Juruena and Arinos rivers. Its a high frequency pullulation area. We know that, from at least the end of the 19<sup>th</sup> century, swarms and hopper bands have been varyingly present in most years in this area.

- A **semi-optimal outbreak area** where ecological conditions are less suitable (for instance, soils are less favourable for breeding and the extent of the suitable soils is restricted). This zone runs approximately from the west of the Paranatinga area to the Canarana area. Here the frequency of pullulation is low. From the beginning of this century we have some indications about only a few pullulation periods (in particular at the end of the 40's and the middle of the 80's).

In these optimal or semi-optimal areas occurrence of outbreaks can be explained by the interannual variability of the rains and the extent of fires at the end of dry season, at the time of sexual maturation of the grasshopper population. Here biotic factors play a negligible role in relation to abiotic factors (rains, fires) which are the key factors that cause pullulations.

In these areas, the low mobility of swarms, the influence of the wind on the flight direction, and the regular alternation during the dry season of north or north east winds and south winds (and the absence of west or east winds) induce the swarms to move only locally on a mainly north-south direction.

These displacements have all the characteristics of migratory movements (obligatory behaviour regardless of the quality of the biotopes) but on a restricted scale. Perhaps "local nomadism" would be a more appropriate expression. In any case, the phenomenon is a very old one. It is also certainly a localised occurrence even if, outside Mato Grosso state, elsewhere in the distribution area, pullulations should occur independently as a very rare event.

Thus *R. schistocercoides* outbreaks in Brazil are not a result of long range migrations, but rather local, chronic phenomena confined to well defined areas providing particularly suitable outbreak conditions.

## 1.2. The current situation in Colombia: a tentative explanation

The current grasshopper situation in Colombia is completely different in its nature from the situation in the state of Mato Grosso in Brazil.

Two and a half weeks in Colombia were sufficient to assess the locust problem. It was possible to discern the main characteristics of the llanos area where the current pullulations occur, and to formulate a reasonable hypothesis on the origin of these pullulations.

Concerning the locust outbreaks, first mentioned in Colombia in 1994, we have to emphasise six main points:

1. The species concerned is, without a doubt, *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906), i.e. the same species as in Brazil. The morphology is identical, also the pigmentation. Identical pigmentation pattern is present in the Brazilian and the Colombian populations, in the same proportions. In both countries, the adult pigmentation changes from brown to green at the beginning of the rainy season, coinciding with the sexual maturation of the population. The number of nymphal instars is the same. The gregarious behaviour of nymphs and adults is identical. The ecology also seems identical with same preferences, especially in the choice of breeding sites. The geophagous behaviour seems present in both countries.
2. Outbreaks in Colombia have a local origin. The hypothesis which supposes that some locust's eggs could have been brought from Brazil to Colombia with *Brachiaria* seeds has absolutely no foundations. The probability that such an event occurred, leading to the implantation of locust eggs in Colombian fields, resulting in their successful development, and the establishment of the species, then to pullulation is highly unlikely.

In fact, it's not necessary to seek an external origin to the problem. *Rhammatocerus schistocercoides* is a natural component of the llanos' fauna in Colombia and Venezuela<sup>4</sup>. It is highly probable that the locust populations in Brazil, Peru, Colombia and Venezuela - presently more or less isolated - were contiguous in relatively recent times (5 000 years ago), when the amazonian forest had a more restricted extent and when savannas had a wider range.

3. The ecological conditions in Colombia and Venezuela are quite different. For instance, precipitation comprises between 2 500 et 3 000 mm (or more) a year in the central and southern parts of the llanos area. Its only in the north that precipitation is about 2 000 mm or less. In the Mato Grosso, the swarming area of *R. schistocercoides* is comprised mainly between 1 800 and 2 000 mm. Soils also seem less suitable in Colombia. The extent of sandy soils suitable for breeding is certainly not as extensive (except, maybe, in the north of the llanos area, near the venezuelian border (to be verified)).<sup>5</sup>
4. It seems that, northward in the llanos area, the ecological conditions for *R. schistocercoides* become progressively more favourable. It also seems that locust reports have been more frequent in the north than in the south (even if the first reports came from the south, in the Puerto Lopez district, a more densely settled area, both agricultural and pastoral, while the north is only pastoral).
5. Wind direction in the llanos area seems more constant during the entire period when adults are present, from the end of August to March. The main direction is that of the NE trade-winds. In the Mato Grosso state the situation is quite different: during all the dry season, when adults are present, there is a regular alternation of north-north east and south winds.
6. Indications about occurrence of past swarming suggest that locust upsurge have also occurred in the past, 15 or 30 years ago (of course, further evidence should be collected with attention to the reliability and the validity of the reports).

Taking into account these several points, it is now possible to present, for the Colombia-Venezuela area, a hypothesis which attempts to explain the current situation.

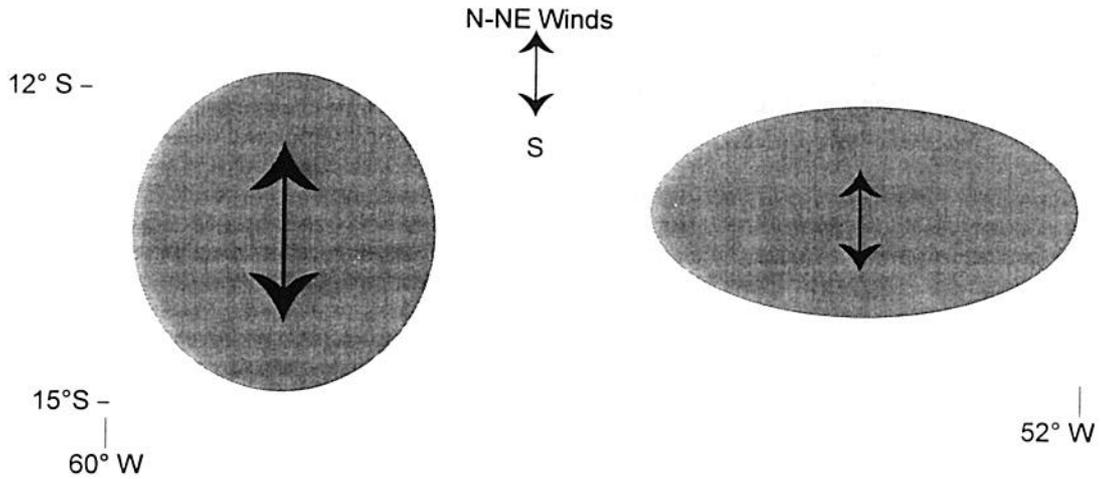
This hypothesis is schematic but attaches much importance to our knowledge (very recently established in Brazil) on the biology, ecology and behaviour of *R. schistocercoides*. It tries to explain, in a coherent manner, the population dynamics of the locust and the dynamics of upsurges and plagues in Colombia.

---

<sup>4</sup> Some years ago, the species was only known in Brazil, mainly in the Mato Grosso state or not far from the Mato Grosso state (Rondônia, Goiás, South Mato Grosso) (REHN, 1906 ; CARBONELL, 1988). Research in several museums, information from the field, show that *R. schistocercoides* is certainly a species with a very large distribution area within the savannas of central and south America. It is now known in south Brazil, Colombia, Costa Rica, Mexico, Peru, Uruguay... It is certainly a rare species except in a few suitable areas with a high probability of upsurge (AMEDEGNATO pers. com. and MIRANDA *et al.*, 1996).

<sup>5</sup> A preliminary contact with Venezuelan authorities indicate that a locust problem currently exist in the south of this country.

**BRASIL**

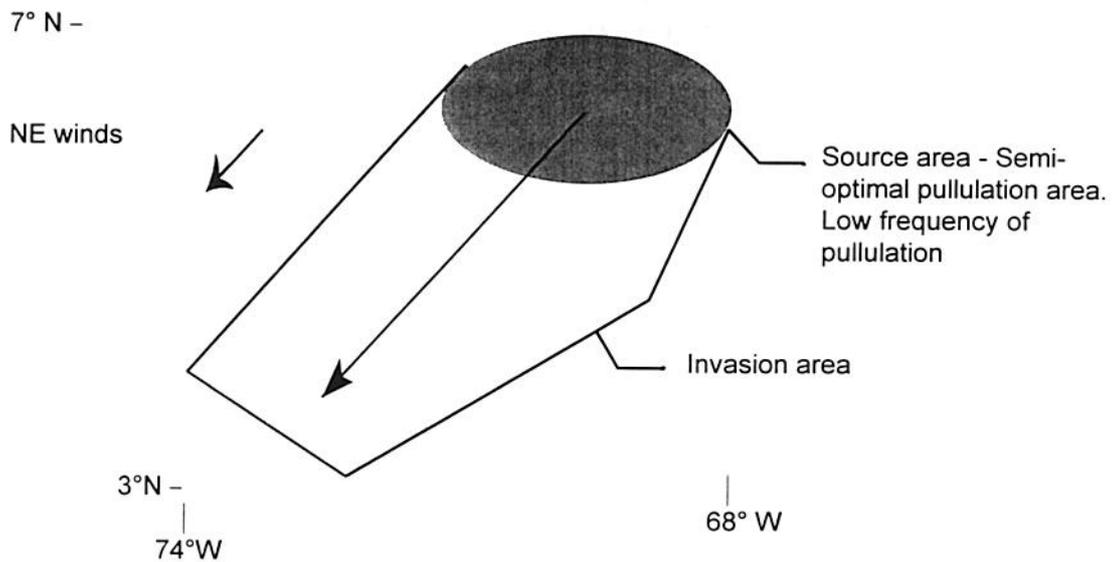


Optimal area  
High frequency of pullulation

Semi-optimal area  
Low frequency of pullulation

Local wandering due to the alternation during the dry season of N/NE and S winds.  
Prevalent effect of abiotic factors (rains and fire by the end of the dry season).

**COLOMBIA**



Invasion, coming from the north, due to the unique NE direction of the winds  
No return towards suitable areas and gradual decline of the invasion  
Prevalent effect of abiotic factors within the semi-optimal areal  
Prevalent effect of biotic factors within the invasion area

### The hypothesis.

The llanos of northern Colombia, and probably the southern llanos of Venezuela, may offer the most suitable conditions for *R. schistocercoides* north of the Equator. This is certainly not an optimal area (otherwise upsurges would be as frequent as they are in the Mato Grosso state). The probability of a locust upsurge is low and could roughly be compared to the probability of an upsurge in the semi-optimal outbreak area in the east of the Mato Grosso state.

In the Venezuela-Colombian area, the dynamics of outbreaks are unknown, at present, but must certainly be explained by taking into account the main factors identified in Brazil: inter-annual variability of the precipitations and in the extent of the areas subject to seasonal fires. Some hypotheses based on ecological unbalance of the llanos (as a result of land development) are (as in the Brazilian example) probably without foundation (we must emphasize here that, in general, key factors of dynamics of acridian populations are governed by abiotic ecological conditions, and that biotic factors play only a minor part).

Given that in the Venezuela-Colombian area, where swarms are formed, the winds are permanently from a north-east direction, the direction of swarm movement is bound to be in a south-west direction ... and locusts may not return to the north of the llanos to the area of their origin.

Flying in a general SW direction, swarms will enter increasingly more unfavourable areas, which we can term a true invasion area.

In this invasion area in Colombia, the further the swarms fly to the south, the more they will encounter less favourable ecological conditions (excessive precipitation, extensive flooded areas, few soils really suitable for breeding...).

However, one of the less unfavourable area is the one locally called "altillanuras disectadas", between the Meta river in the north and the Vichada river in the south, and also the "serrania del Meta" (natural environment Bb and Bc of the Colombian Atlas). These areas form a sort of corridor oriented NE-SW, leading the swarms (over one or two generations) from the Venezuelan border to the Villavicencio area, and even to the "serrania de la Macarena" area. This corridor is more or less limited, in the SE, by woodlands areas (natural environment Ab) and, in the NW, by frequently flooded areas (natural environment Ba).

The fact that the ecological conditions, in this Colombian invasion area, seem unfavourable for the locust is a very important point.

As a matter of fact, in Brazil, within the optimal areas where the problem is more or less a chronic one, locust upsurges can be explained only by the preponderant role of abiotic factors. Biotic factors (parasitism, predators....) have a negligible importance. On the contrary, in the Colombian invasion area, locusts have to face adverse conditions.... and natural factors play a preponderant role. These factors are abiotic (mainly excessive rain and humidity) and biotic (numerous parasites and predators, especially birds). Jointly, they are able to terminate a locust invasion.

Of course, it's not possible to predict how long the locust populations will be able to last under unsuitable ecological conditions. Nevertheless, by the end of 1996, there is evidence of an important decrease in locust population level after only two years of invasion. Control operations have certainly contributed much, but also the natural mortality factors. At this point, we must emphasize that the control operations were very well conducted and aimed only against hopper bands, individually of only a very small size (a few hundred square meters). The localised use of insecticides has certainly greatly contributed to the protection of locust's natural enemies and the economy of control.

### **Conclusions:**

In conclusion, while in Brazil there is no case of an invasion but rather a phenomenon of chronic pullulations within a more or less permanent source area offering optimal conditions for locusts, in Colombia, due to local ecological conditions, we have a phenomenon of locust population build-up in a source area followed by one-way long distance emigration.

This invasion in Colombia is only on a relatively small geographic scale. Moreover - if favourable ecological conditions do not persist in the main pullulation source area in the north (which is to be verified) - the invasion would normally continue only for a few years as swarms are really led to areas unsuitable for their survival and the main probability is that the natural control will be effective in stamping out the invasion in one or two generations (i.e. one or two years).

There is however the likelihood that a residual population will remain in the source area (albeit in small numbers) but given favourable ecological conditions, new outbreaks followed by emigration could potentially arise. The likelihood and frequency of such outbreaks and the need for their prevention remain to be established. These are important subjects for future studies and research.

## **2. SOME SHORT COMMENTS ABOUT ACTIONS TAKEN TO FACE THE INVASION**

Facing what seems a new problem in Colombia (even if it may be an old phenomenon as in Brazil), ICA has rapidly taken a good set of measures against the recent invasion, beginning in early 1994.

We can especially mentioned :

- The quality of the survey and control measures. They are well adapted to the specific locust problem in Colombia. Control operations have been focused mainly on hopper bands, gregarious formations of a small size (only a few hundred square meters instead of several tens or hundreds of hectares for swarms). Swarms are also more difficult to control. The survey and the detection of hopper bands are of course more difficult and more time consuming than the survey of the swarms. Nevertheless, it uses less insecticide, is less expansive and is better for the environment.
- The good choice of insecticides. The insecticides used are fenitrothion and malathion, generally used as CE formulations with motorised handle sprayers. These insecticides are classical and recommended by FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) for locust control. They have been used with success in a lot of countries and on a lot of species without any problem (except eventually suspected environmental problems due to a use on too large areas). Precautionary measures to safely use these insecticides have been widely divulged.

We have to point out that pesticides are, at present, the only efficient method to control locusts and grasshoppers. Used cautiously (i.e. taking care of eventual environmental problems, on limited areas, on the good targets and at the right time) they give excellent results without risk of seeing the insect develop a resistance. This point is very important. Fenitrothion and malathion (or other pesticides recommended by FAO) have been used for a very long time and we have never noticed any form of resistance. This has never happened anywhere in the world on locusts and grasshoppers (contrary to a frequent assertion in a lot of newspaper articles). The only reproach on pesticides used in locust control is that (mainly in Africa) they recently (because of non suitable control strategies or of a wrong application of a good strategy) were used on a very large scale with a suspected risk for the environment.

In Colombia, within the framework of an integrated pest management strategy (particularly in association with preventive measures to localise hopper bands as soon as possible), pesticides should continue to be a good method for emergency situations. It could be possible, in few months or years, to perfect a mycopesticide for locust control in Colombia; nevertheless the efficiency of such a product is only reached after several days and it will have to be restricted for non emergency situations, mainly in pastures (but of course the invasion area in Colombia is mainly devoted to cattle).

- Good measures to take care of the environment. Spraying operations were localised only on the surface of hopper bands, on very restricted areas. Thus it was possible to preserve the natural potential of control and the whole benefit of the positive action of natural enemies. This seems very important in the ecological conditions of the colombian invasion area.

- A large information of farmers and stock-breeders on locust problem and survey and control operations. A large campaign has been undertaken to give field people good information on the locust situation and on the best way to control it. Several booklets and posters (well done) have been published as well as varied advertising objects (caps, flags, sticks...). They are well in agreement with a general strategy which consists in trying to get the largest participation of field people to survey and control.

- Good international contacts on locust problems. Under the care of IICA (Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura) contacts have been developed with all south American countries concerned by locust problems within the amazonian basin (Brazil, Peru, Venezuela). An international meeting was held in Cuiabá in May 1995 on the *R. schistocercoides* problem. Contacts have also been developed with the International Institute for Biological Control (IIBC) in Great Britain to undertake researches on mycopesticides for locust control.

- Good researches in progress. The current research projects recently started in Colombia on the locust problem are in general well adapted to the situation. Two main research directions exist :

- studies on biology and ecology of the locust in the "llanos" area ;
- research on alternative methods for locust control and particularly research to perfect a local formulation of a mycopesticide.

All those works are judicious, well adapted to the locust problem in Colombia and have been conducted with efficiency. The first results after no more than one and a half year are very substantial.

The only point open to criticism in the locust project of ICA is certainly the light trap perfected as an alternative method to chemical or micro-biological control, to be used by farmers and field people in general. The idea is, of course, a good one but the actual proposition is not at all feasible on an operational scale. This light trap is mainly to catch hopper bands at night (even if it is also proposed for adults). The efficiency of the trap seems moderate and only on a very local scale, with no comparison with the area to be controlled. It seems that the project has not been conducted with sufficient critical mind and without taking into account the profit-earning capacity of such a method. The popularisation of this trap could certainly be very damageable for the locust project as a whole and for its credibility among field people.

A lot of other non chemical methods do exist (for example, to bury hopper bands in large holes, to collect bands with large nets....). They are certainly at least as efficient and no more time consuming than light traps; but anyway, a precise study of their efficiency and benefits should be conducted. However, at present, a good survey strategy associated with a restricted and local use of pesticides (or mycopesticides if available in a near future) is certainly the best answer to the problem and the best way to preserve the environment.

### 3. MAIN RECOMMENDATIONS

Here are some recommendations for the continuation of the locust project (listed here without any priority) :

1. To look for the main characteristics of the pullulation area in the north of the "llanos" (nor far from the Venezuelan border or even within the Venezuelan territory).
2. To get in touch with Venezuelan plant protection services and to get more information on the locust problem in Venezuela, in the "llanos" area, in the south of this country. To collect data on ecological conditions in the Venezuelan llanos: air temperature and humidity, rain, wind direction, soils, vegetation....).
3. To emphasise the importance of abiotic factors probably responsible for the locust upsurges in the "Venezuela-Colombia pullulation area" in the north (rain's inter-annual variability, fire extent during the dry season... or any other relevant factor).
4. To continue the characterisation of the several ecological zones within the invasion and pullulation areas in relation to the key factors of locust population dynamics : vegetation structure and phenology, soil structure.... It would be of great interest to get more details on the distribution and extent of sandy soils (within the superficial layer) suitable for breeding.
5. To continue studies on distribution, biology and ecology of the locust in the llanos area.
6. To have a better (quantitative) estimation of the importance of natural enemies, particularly of birds, in the natural regulation of locust populations within the invasion area (especially in relation with the ecological zonation of the llanos area).
7. To continue survey and control operations against hopper bands. Even if the highest probability is of a gradual decrease of the invasion and of the locust population density, we don't know at present :
  - how long *R. schistocercoides* populations will be able to survive within the unfavourable conditions of the invasion area (especially in the southern part) ;
  - what is the probability of having a new upsurge in the pullulation area in the north and thus if new swarms will be able to migrate towards the south invasion area.
8. To continue information on the locust problem for farmers and stock-breeders and the popularisation of control methods. The largest efficiency in the strategy will be obtained due to the largest decentralisation in the responsibility of locust control operations and by a larger participation of every field person to survey and control.
9. To try to get information on past *R. schistocercoides* upsurges (to approach older people who have lived in the area for a long time, bibliographical search....) in order to determine if the phenomenon is really an old one and - if possible - the approximate frequency of upsurge in the pullulation area.
10. To focus research on alternative control methods more credible and more effective than the light trap actually proposed.
11. To continue research on a specific mycopesticides to control *R. schistocercoides* in Colombia. To try to take into account the ecology of the fungus and the micro-meteorological conditions it will encounter in the field.
12. To study a possible international co-operation on the use of mycopesticides for locust control, particularly with Brazil, facing the same locust problem and still working on this particular subject. Such a co-operation could lead to a joint research project which could be submitted to an international institution to be funded (European Community for example; some opportunities do exist in 1997).