

Création d'un outil (SIG) pour le suivi et l'évaluation de la situation acridienne du Criquet migrateur malgache, *Locusta migratoria capito* (Saussure, 1884) dans une région pilote, la zone de Ejeda (Madagascar)

SYSTEMES  
D'INFORMATIONS  
LOCALISÉES  
POUR  
L'AMÉNAGEMENT  
DES  
TERRITOIRES

***Tsitohaina ANDRIAMAROAHINA***



ENGREF

Directeur du projet : Jean-François DURANTON (CIRAD AMIS-UPR-50 Acridologie)  
Tuteur SILAT : Pierre BAZILE (ENGREF)  
Rapporteurs : Jean-Pierre CHERY (ENGREF)  
François COLIN (ENSAM)



Novembre 2005



ÉCOLE NATIONALE  
DES SCIENCES  
GÉOGRAPHIQUES



INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE  
PARIS-GRIGNON



CIRAD-AMIS-UPR, 50 Acridologie (Ex-PRIFAS)

# LETTRE DE MISSION

## Organisme commanditaire

**CIRAD-AMIS-UPR50, Acridologie**  
Campus International de Baillarguet  
TA 40/ D 34398 Montpellier Cedex 5, France

## Commanditaire

Monsieur **Jean-François DURANTON**,  
*Eco-botaniste-Acridologue*  
CIRAD-AMIS-UPR50, Acridologie  
TA40/D Campus International de Baillarguet  
34398 Montpellier Cedex 5, France  
Tél. 04 67 59 39 30 Fax.  
courriel : duranton@cirad.fr

## Etudiant Silat

ANDRIAMAROAHINA Tsitohaina  
B.P. 241 CNA - Tuléar 601 Madagascar  
courriel : tsito@altern.org

## Tuteur

Monsieur **Pierre BAZILE**  
UMR TETIS Cemagref - ENGREF  
MTD, 500, Rue J-F. Bretton 34093  
34093 Montpellier Cedex 5, France  
Tél. 04 67 54 87 22 Fax. 04 67 54 87 00  
courriel : pbazile@teledetection.fr

## Rapporteurs

Nom : **Jean-Pierre CHERY**  
UMR TETIS Cemagref - ENGREF  
MTD, 500, Rue J-F. Bretton 34093  
34093 Montpellier Cedex 5, France  
Tél. 04 67 54 87 48 Fax. 04 67 54 87 00  
courriel : jean-pierre.chery@teledetection.fr

Nom : **François COLIN**  
ENSAM – UMR LISAH  
Ecole Nationale Supérieure Agronomique de  
Montpellier ; 2, place Pierre Viala 34060  
Cedex 1-France  
Tél. 04 99 61 22 51  
courriel : Francois.Colin@ensam.inra.fr

**Titre : Création d'un outil (SIG) pour le suivi et l'évaluation de la situation acridienne du Criquet migrateur malgache, *Locusta migratoria capito* (Saussure, 1884) dans une région pilote, la zone de Ejeda(Madagascar)**

## Présentation :

Le Criquet migrateur malgache, *Locusta migratoria capito*, est un acridien, il est capable de passer de la phase solitaire à la phase grégaire, sous l'influence de la densité. Le facteur principal de régulation des effectifs est le facteur hydrique. Le regroupement des individus entraîne la formation des pullulations acridiennes, et est à l'origine d'effets néfastes pour l'agriculture et représente une menace d'une invasion pour l'ensemble du pays, si des mesures ne sont pas prises. Ainsi, le suivi spatio-temporel des conditions écométéorologiques favorables, est indispensable pour évaluer le risque et les surfaces concernées.

La mise en place d'un système d'avertissement acridien basé sur la bioécologie des Criquets migrateurs constitue une étape fondamentale pour le suivi des populations. Il permettra au Centre National Antiacridien malgache d'assurer une lutte préventive rationnelle et de produire une alerte précoce en cas de recrudescence.

Le Service de Surveillance acridienne doit être doté d'un outil d'aide à la décision basé sur le SIG. Cet outil lui permettra d'élaborer :

- un diagnostic acridien (tout en définissant les risques acridiens des différents biotopes, et en localisant les zones à hauts risques). Ce qui facilite la prise de mesures adéquates en fonction de la localisation et de l'importance du risque.
- un pronostic plus performant basé sur des référentiels historiques pour la pluviométrie et la dynamique des populations

Ce travail concerne *Locusta migratoria capito*, dans la zone d'Ejeda, qui comporte les deux principales unités de son aire grégarigène (aire transitoire de multiplication et aire de densation, où s'effectue la grégarisation des populations). Il doit contribuer ainsi à la création de cet outil. Il s'agit essentiellement:

- d'examiner la faisabilité d'un outil d'aide à la décision (SIG) fondée sur l'évolution précoce du risque acridien.
- de constituer des bases de données acridiennes et pluviométriques pour l'ensemble de l'Aire Grégarigène,
- d'actualiser des connaissances mésologiques (délimitation, localisation, planimétrie et caractéristiques des biotopes acridiens de l'aire grégarigène),
- d'optimiser la gestion et le croisement des données acridiennes, pluviométriques et mésologiques pour établir un diagnostic et un pronostic acridien mensuel, fiables, fondés sur une évaluation cartographique et quantitative du risque acridien, grâce à la mise en oeuvre d'un SIG thématique

Clause de confidentialité :

L'Etudiant SILAT

Le Commanditaire

Fait à Montpellier le 10 juin 2005

Signature

Signature

# TABLE DES MATIERES

LETTRE DE MISSION .....	2
TABLE DES MATIERES .....	3
TABLE DES ILLUSTRATIONS .....	4
Liste des figures .....	4
Listes des tableaux.....	4
Introduction .....	5
1. LES DONNEES .....	10
1.1. Les données dynamiques .....	10
1.1.1. Les données acridiennes .....	10
1.1.2. Les données pluviométriques .....	10
1.1.3. Les bases de données .....	10
1.2. Les données statiques : les biotopes acridiens .....	11
2. CONDITIONNEMENT DES DONNEES .....	12
2.1. Le potentiel acridien.....	12
2.1.1. Le niveau de grégarité .....	13
2.1.2. La densité en équivalent imagos.....	13
2.1.3. Détermination du potentiel acridien.....	14
2.2. La pluviosité .....	14
2.3. Le potentiel écologique .....	15
3. EVALUATION DU RISQUE ACRIDIEN.....	16
3.1. Croisement des données .....	16
3.2. Diagnostic mensuel de la situation acridienne.....	16
3.3. Pronostic .....	19
4. Discussion .....	19
4.1. Difficultés majeures.....	19
4.1.1. Problème de projection : passage de WGS 84 en Laborde Madagascar.....	19
4.1.2. Problème de mosaïquage .....	20
4.2. Limites d'exploitation.....	20
4.3. Améliorations .....	21
4.4. Création des référentiels .....	21
CONCLUSION.....	22
REMERCIEMENTS .....	23
BIBLIOGRAPHIE CITEE DANS LE TEXTE.....	24
GLOSSAIRE .....	26

## ANNEXES

Annexe 1 : Fiche de prospection intensive utilisée par le CNA

Annexe 2 : Fiche de Relevé météorologique mensuel

Annexe 3 : Données acridiennes (CNA) disponibles pour la période 2001 – 2005 dans la zone d'Ejeda

Annexe 4 : Structure de la base de donnée

Annexe 5 : Formulaire de saisie des données acridiennes

Annexe 6 : Tables

6a. Potentiel acridien selon les densités et le niveau de grégarité de population

6b. Détermination du risque acridien

6c. Signification des différentes valeurs de potentiel acridien

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## Liste des figures

Figure 1 :	Couverture Landsat TM et localisation de la Zone d'Ejeda (en grisée) dans l'Aire grégarigène (d'après Anonyme, 2005) .....	7
Figure 2 :	<i>Locusta migratoria capito</i> , en phase solitaire (à gauche), en phase grégaire (à droite)...	8
Figure 3 :	Organigramme fonctionnel du SIG acridien proposé pour évaluer les risques acridiens dans l'aire grégarigène du <i>Locusta migratoria capito</i> .....	9
Figure 4 :	Carte des régions naturelles pour la scène Landsat .....	11
Figure 6 :	Carte d'isopotential acridien pour le mois de février 2004 dans la zone d'Ejeda .....	14
Figure 7 :	Carte pluviométrique (isohyète) pour le mois de février 2004 dans la zone d'Ejeda .....	15
Figure 8 :	Carte de potentiel écologique de pour le mois de février 2004 dans la zone d'Ejeda .....	17
Figure 9 :	Carte de risque acridien dans la zone d'Ejeda en février 2004 : à gauche en fin décembre 2003 et à droite en février 2004 .....	17

## Liste des tableaux

Tableau 1 :	Surfaces occupées par les biotopes synthétiques dans l'image Landsat (modifié d'après Franc <i>et al</i> , 2004).....	12
Tableau 2 :	Incidence de la pluviosité mensuelle sur <i>Locusta migratoria capito</i> .....	15
Tableau 3 :	Surfaces concernées par les régions naturelles selon le niveau de risque en février 2004 .....	18

## Introduction

Le Criquet migrateur malgache, *Locusta migratoria capito* (Saussure, 1884), est un locuste : acridien grégariapte, capable de changer de phase en fonction de la densité (Duranton *et al*, 1982 ; Balança & De Visscher, 1992). En phase solitaire, il effectue 3 à 4 générations annuelles, il vit et se déplace essentiellement dans son aire grégariapte (environ 100 000 km<sup>2</sup> dans le Sud-Ouest de l'île). L'augmentation de densité dans une zone y provoque des changements comportementaux, morphologiques, physiologiques, écologiques et anatomiques des individus solitaires qui deviennent *transiens* (Uvarov, 1921 ; Uvarov & Zolotarevsky, 1929) les fortes densités se maintiennent sur 2 à 3 générations, les criquets se transforment progressivement en *transiens* puis en grégaires. Les criquets grégaires forment des populations groupées (bandes larvaires et essaims) redoutables et à l'origine d'énormes dégâts sur l'agriculture. Si des mesures de lutte préventive ou curative ne sont pas prises en temps voulu, une invasion peut se déclencher à partir de l'aire grégariapte et, débordant de celle-ci, des essaims peuvent envahir alors toute l'île (Frappa, 1955; Duranton, 1996).

Entre 1971 et 1973, des études menées par la FAO ont permis de mieux comprendre la bioécologie du Criquet migrateur (Têtefort, 1973). Le principal facteur de régulation des effectifs est le facteur hydrique, la pluviométrie (Zolotarevsky, 1933 ;Launois, 1974). La plage optimale pluviométrique (POP) a été définie à un niveau compris entre 50 et 150 mm de pluie par mois (Andrianasolo Ravoavy, 1979 ;Darnhofer & Launois, 1974). La réalisation moyenne de cette POP dans le temps et dans l'espace a permis de définir 3 unités régionales cohérentes dans l'aire grégariapte :

**L'aire de multiplication initiale (AMI)**, la partie nord et nord-est de l'aire grégariapte, où se développe la première génération des acridiens, entre octobre et décembre ; elle sert également de zone refuge durant la saison sèche.

**L'aire transitoire de multiplication (ATM)**, zone de passage des acridiens, en provenance des AMI, qui se déplacent vers le Sud-Ouest avec la progression de la saison des pluies : cette aire est colonisée en début et en fin de saison pluvieuse.

**Et l'aire de densation (AD)**, constituée essentiellement des «clairières» Mahafaly (Têtefort & Wintrebert, 1963), de l'Androy méridional et des plaines côtières du Sud-Ouest, où s'effectue le plus souvent la transformation phasaire entre janvier et mars.

Depuis la mise au point de ce premier modèle (Launois, 1973b), basé sur la surveillance de la POP, des relevés pluviométriques sont assurés par les chefs de Poste Antiacridien (PA) et de Zone Antiacridienne (ZA) par d'autres organismes en collaboration avec le service anti-acridien. Ces informations sont confrontées à la dynamique des populations acridiennes (relevés acridiens des PA et des ZA).

Le Criquet migrateur va se déployer dans les milieux où la POP est réalisée (Launois, 1973a ; Lecoq, 1975), mais chaque milieu va exprimer un potentiel plus ou moins favorable avec une même quantité de pluie. En 2002-2003 (Franc *et al*, 2004), le CIRAD a entrepris une mise à jour de la description et de la cartographie des biotopes du Criquet migrateur ce qui a permis d'exprimer le potentiel de chaque biotope selon différentes plages pluviométriques (étude effectuée sur une image Landsat 7 scène n° 166.177 avec une résolution 30m x 30m, du 21 août 1999, *figure 1*).

Il existe un service anti-acridien à Madagascar depuis 1932 (Cayla, 1932). En 2000, il a pris le nom de Centre National Antiacridien, le CNA (MinAgri, 2000a) et depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2003, il bénéficie d'un financement de la Banque Africaine pour le Développement (BAD) par l'intermédiaire du Projet de Lutte Préventive Antiacridienne (PLPA), qui a été créé pour réhabiliter un service de lutte préventive contre le fléau acridien. La lutte préventive est possible grâce d'une part au service d'avertissement dont le rôle est d'évaluer périodiquement (mois ou décade) le risque acridien et d'autre part au service d'intervention qui a pour mission d'éliminer les regroupements de population pouvant mener à une grégarisation. Aujourd'hui, la collecte d'information est assurée par un réseau de 17 Postes Antiacridiens fonctionnels, eux mêmes regroupés en 6 Zones Antiacridiennes chaque zone comptant 3 à 5 PA (Duranton & Franc, 2001). Chaque chef de PA surveille 2 à 4 stations d'observation, où il effectue toutes les décades une ou deux prospections fixes (dites intensives), au cours desquelles, il note l'état de la population acridienne et les conditions environnementales locales. La généralisation de ces informations est assurée grâce à des prospections itinérantes (dites extensives) faites par les chefs de zone, à raison d'une quinzaine par mois. Il faudrait de plus environ 80 postes pluviométriques pour couvrir correctement l'ensemble de l'aire grégarigène et fournir des cartes isohyètes mensuelles avec une précision suffisante (Duranton *et al*, 2001).

La mission du CNA (MinAgri, 2000b) est de :

- Mettre en œuvre une lutte préventive performante pour maintenir le Criquet migrateur en situation de rémission durable,
- Actualiser et rationaliser le protocole de gestion des données (pluviométriques, acridiennes et mésologiques) pour accéder à un système d'avertissement anti-acridien fiable, durable et aussi peu coûteux que possible.

Dans le cadre de cette mission, le Service d'Avertissement doit disposer d'un outil d'aide à la décision fondé sur l'évaluation périodique du risque acridien (Duranton, 2001).

Le projet qui nous est confié doit contribuer fortement à l'élaboration d'un SIG répondant à cette demande. Il s'agit de :

- Examiner la faisabilité d'un outil d'aide à la décision (SIG) fondée sur l'évolution précoce du risque acridien.

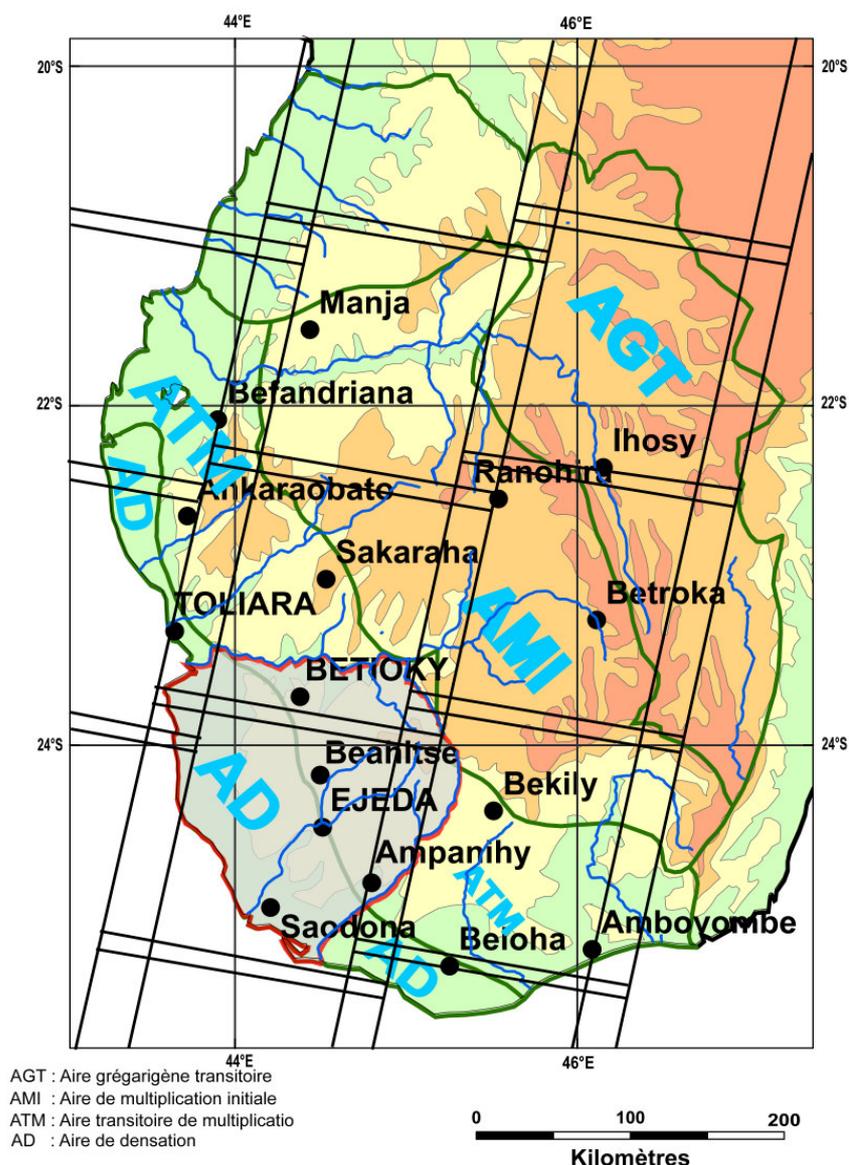


Figure 1 : Couverture Landsat TM et localisation de la Zone d'Ejeda (en grisée) dans l'Aire grégarigène (d'après Anonyme, 2005)

- Constituer des bases de données acridiennes et pluviométriques pour l'ensemble de l'Aire Grégarigène,
- Actualiser des connaissances mésologiques (délimitation, localisation, planimétrie et caractéristiques des biotopes acridiens de l'aire grégarigène),
- Optimiser la gestion et le croisement des données acridiennes, pluviométriques et mésologiques pour établir un diagnostic et un pronostic acridien mensuel, fiables, fondés

sur une évaluation cartographique et quantitative du risque acridien, grâce à la mise au point d'un SIG thématique.

L'objet d'étude du projet est *Locusta migratoria capito* et son environnement dans son aire grégarigène (figure 2). Il s'agit de décrire la structure et la dynamique saisonnière de ses populations : phase, phénologie, évolution des effectifs et les déplacements saisonniers en les confrontant à la dynamique des conditions écométéorologiques. L'étude concerne les types d'environnement acridien de l'aire grégarigène : nature, surface, potentialité des différents biotopes acridiens. Il faudra prendre en compte les modifications récentes au cours des 30 dernières années, essentiellement dues à la déforestation et à l'emprise agricole (composante statique). Enfin, l'étude de la répartition spatio-temporelle des conditions pluviométriques (composante dynamique) croisée avec les autres informations permettra d'aboutir à l'évaluation périodique du risque acridien.



Figure 2 : *Locusta migratoria capito*, en phase solitaire (à gauche), en phase grégaire (à droite).

Dans le cadre du projet SILAT, le travail est focalisé sur une zone pilote intégrant le maximum de diversité de milieux de l'aire grégarigène et disposant de suffisamment d'informations pour aboutir à la mise au point du modèle : la zone d'Ejeda. Elle regroupe l'essentiel de la diversité des biotopes acridiens (complémentarités des aires ATM et AD). Enfin, c'est une zone prospectée régulièrement et qui dispose d'informations acridiennes conséquentes. Cette zone comprend 5 Postes Acridiens fonctionnant plus ou moins régulièrement (Beahitse, Betioky-Sud, Ejeda, Saodona, et Ampanihy).

Pour Réaliser le projet, une étude de la mise au point d'un dispositif, de type SIG a été conçue. La démarche est résumée par la figure 3. Le plan adopté comporte :

- Les données : acridiennes, pluviométriques et des biotopes
- Leur traitement : définition du potentiel acridien, de la pluviosité et du potentiel écologique
- Le diagnostic : cartographie et évaluation des risques par région naturelle
- Le pronostic.

Un certain nombre de points qui ont posé problème et pour lesquels la réflexion reste ouverte, seront évoqués dans ce rapport :

- Le problème de projection Laborde Madagascar,
- Le mosaïquage,
- La structure (nombre et répartition) des stations d'observations,
- La généralisation de l'étude, les améliorations à apporter, autres ...

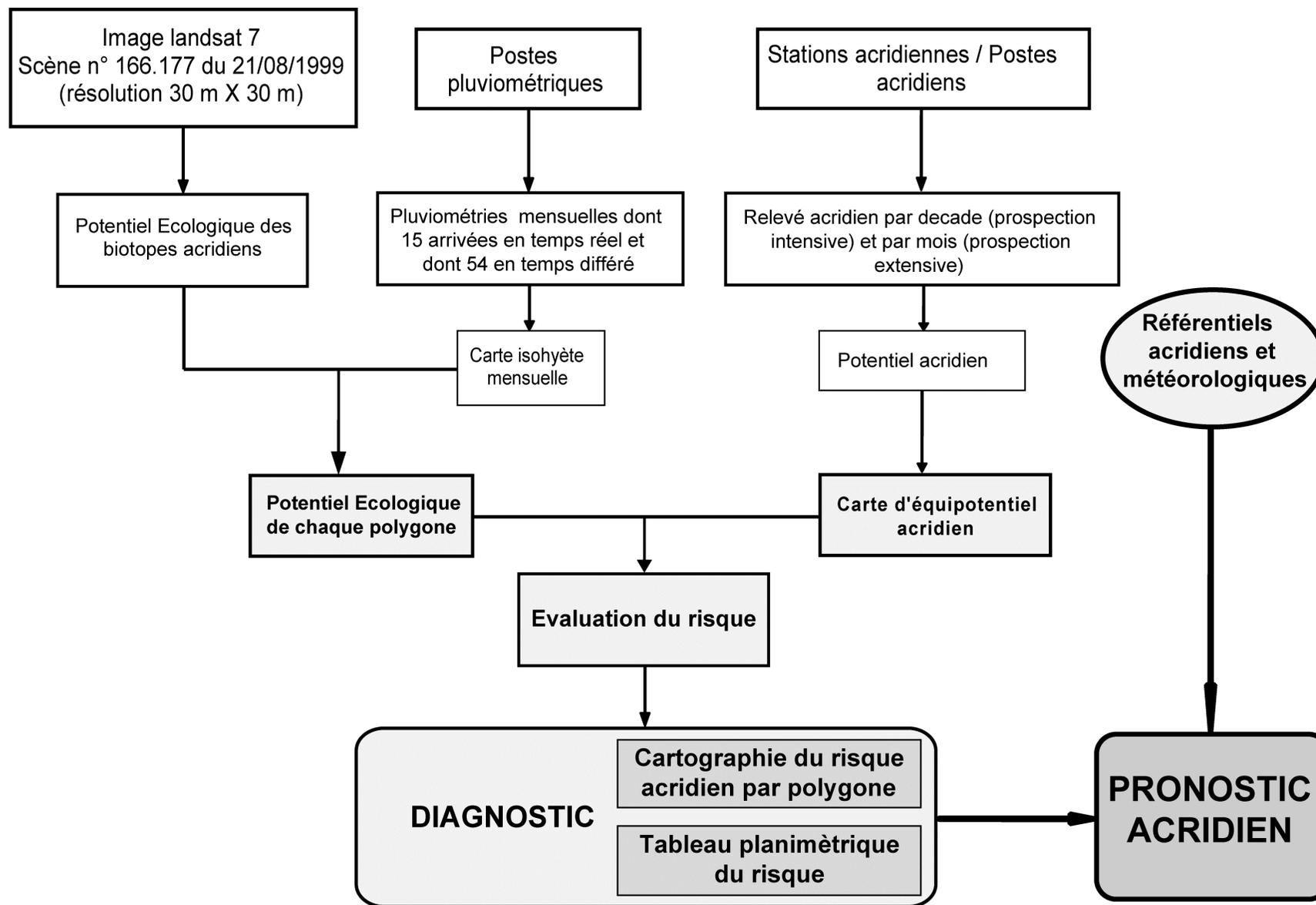


Figure 3 : Organigramme fonctionnel du SIG acridien proposé pour évaluer les risques acridiens dans l'aire grégarigène du *Locusta migratoria* capito

# 1. LES DONNEES

## 1.1. Les données dynamiques

### 1.1.1. Les données acridiennes

Les données acridiennes regroupent les observations collectées lors des prospections intensives et extensives des chefs de Poste et chefs de Zone acridienne (*fiche de prospections en annexe 1 et 2*). Ces données sont transmises au sein du Service de Surveillance mensuellement du Centre National Antiacridien à Betioky-Sud, toutes les décades. Elles sont géo- et chrono-référencées. Pour notre étude, nous avons choisi 2 plages temporelles, où les prospections ont été faites régulièrement et de manière homogène. Entre 2001 et juin 2005, 1111 relevés (prospections) ont été enregistrés, soit 964 prospections intensives et 147 prospections extensives ; ils sont répartis sur 92 stations de prospection (42 fixes et 50 extensives, dont la structure figure en *Annexe 3*). Auxquels s'ajoutent 4854 relevés d'archives (1965-1971). Chaque relevé comprend :

- Un identifiant unique attribué à chaque prospection, en conservant la date de la prospection, et les coordonnées géographiques de la station,
- La structure de la population composée du stade phénologique des larves et imagos, de l'état phasaire (solitaire, transiens et grégaire) et du type de la population (diffuse ou groupée) et de la densité de chaque état biologique.

### 1.1.2. Les données pluviométriques

Comme les données acridiennes, les données pluviométriques sont aussi géo et chrono-référencées. La pluviosité constitue l'élément discriminant de l'environnement dynamique des acridiens. On distingue les données actuelles des archives. Pour les données actuelles, elles sont issues du réseau pluviométrique de l'Aire grégarigène : les données du CNA, obtenues à partir des 17 postes pluviométriques transmises en temps réel, et les autres issues des différents organismes oeuvrant dans le Sud et le Sud-Ouest de Madagascar (Système d'Alerte Précoce, la cotonnière du Sud de Madagascar ou HASYMA et la Météo nationale) qui ne parviennent que 2 semaines à 1 mois plus tard, voire à la fin de campagne anti-acridienne (fin du mois de juin). La répartition de ces dernières est hétérogène : la densité des postes pluviométriques est plus forte dans le sud de l'aire grégarigène que dans sa partie nord. Il s'agit essentiellement des pluviométries entre 2001 à 2005. Pour les données d'archives (période 1965 -1971), les données ont également été saisies selon le même formulaire.

### 1.1.3. Les bases de données

Les données ont été regroupées en une base de données relationnelle sous Access afin de pouvoir fournir les informations pour le SIG grâce à de requêtes Annexes 4 et 5)

## 1.2. Les données statiques : les biotopes acridiens

Par définition, le biotope est l'unité territoriale écologiquement homogène où vit une population d'une espèce animale ou végétale particulière (Balança *et al*, 1992). Les biotopes acridiens sont définis par plusieurs caractéristiques : géomorphologie, formation végétale, nature du relief, réserves et régime hydriques du sol. Chez *Locusta migratoria capito*, la réactualisation de leurs surfaces a été faite en 2003 d'après une image Landsat 7, scène n° 166.077 du 21 août 1999, avec une résolution de 30 m x 30 m. Le travail a été réalisé par le CIRAD-PRIFAS en collaboration avec le FTM, l'Institut National de Géodésie et de Cartographie malgache (Franc *et al*, 2004). L'analyse a mis en évidence 14 Régions Naturelles sur la zone (figure 4). La carte finale des biotopes couvre environ 2 millions d'ha. Elle délimite 36 455 polygones classés en 134 biotopes élémentaires, qui sont regroupés à leur tour en 22 types de biotopes "synthétiques" suivant la formation végétale et l'hygrotophie du milieu. Les formations végétales intéressant le Criquet migrateur sont essentiellement des formations herbeuses (savane, steppe et pseudosteppe), des friches et des défriches (zones dégradées) et des zones de cultures (tableau 1). Enfin, des couches de la Base de Donnée géographique au 500.000<sup>ème</sup>, la BD500 (routes, hydrographie, etc.) sont utilisées pour les repérage et habillage des sorties cartographiques.

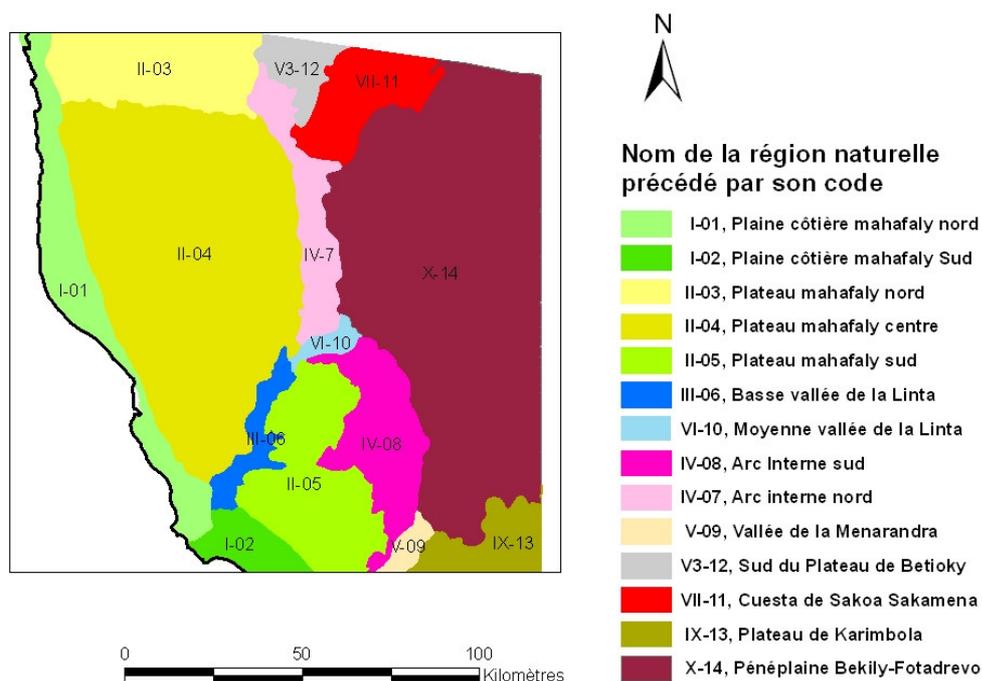


Figure 4 : Carte des régions naturelles pour la scène Landsat

**Tableau 1 : Surfaces occupées par les biotopes synthétiques dans l'image Landsat (modifié d'après Franc *et al*, 2004)**

n°	Biotope Synthétique	Surface totale		Nombre de polygones	surface moyenne par polygone (ha)	Pot éco min	Pot éco max
		ha	%				
1	Sol salé	15 291	1	70	218	0	2
2	Eau libre - lit mineur	372	<1	3	124	0	0
3	Sol nu / dégradé/ lit majeur, erg vif	8 785	<1	141	62	0	0
4	Forêt sèche caducifoliée	146 896	8	1 810	81	0	1
5	Foret sempervirente / phréatisme	3 674	<1	168	22	0	0
6	Foret hygro / galerie / phréatisme	4 939	<1	213	23	0	(1) - 2
7	Fourré / bush	270 239	14	4 545	59	0	(0) - 1 - (2)
8	Forêt sèche ouverte	222 577	12	2 939	76	0	(1) - 2
9	Forêt hygrophile ouverte	11 396	1	117	97	0	2
10	Fourré / bush ouvert	363 066	19	5 696	64	0	2 - (3 - 4)
11	Friches / défriches xérophiles	47 638	2	1 424	33	0	(3) - 4
12	Friches / défriches eury-mésophiles	104 101	5	2 972	35	0 - (1)	(4) - 5
13	Friches / défriches tropotrophes	66 228	3	2 280	29	0 - (1)	3
14	Cultures maillées xérophiles	50 004	3	601	83	1	5
15	Cultures maillées hyper xérophiles	26 589	1	836	32	0	5
16	Cultures tropotrophes/ rizières	13 967	1	863	16	0	3
17	Pseudo-steppe hyper xérophile	73 607	4	2 144	34	0	(2) - 3 - (4)
18	Pseudo-steppe xérophile	225 076	12	3 294	68	0	(3) - 4
19	Savane basse	62 509	3	2 070	30	1	(4) - 5
20	Savane moyenne	136 740	7	3 267	42	1 - (2)	5
21	Pelouse ouverte xérophile	4 413	<1	185	24	0	4 - 5
22	Pelouse ouverte xérophile buissonneuse	60 087	3	817	74	0	5
	<b>TOTAUX</b>	<b>1 918 192 ha</b>	<b>100</b>	<b>36 455</b>	<b>53 ha</b>	<b>0</b>	<b>5</b>

Case grisée : les biotopes non colonisables par le Criquet migrateur

n° 1 à 22 : numéro des biotopes synthétiques - Biotope synthétique : biotope défini pour l'ensemble de la carte

% Surface : surface relative occupée par un biotope sur la carte

Pot éco min et Pot max : potentiels écologiques minimaux et maximaux correspondant aux biotopes dans des conditions défavorable et favorable (les chiffres entre parenthèses correspondent à des situations locales)

## 2. CONDITIONNEMENT DES DONNEES

L'application est basée sur la confrontation de deux paramètres synthétiques : le **potentiel acridien** et le **potentiel écologique**. Le potentiel acridien prend en compte la densité, et la phase de la population, alors que le potentiel écologique se rapporte à l'environnement acridien (composantes statiques et composantes dynamiques).

### 2.1. Le potentiel acridien

Le potentiel acridien traduit la structure de la population acridienne sur une station pour une période donnée (mois, décade). Il résulte de l'association du niveau de grégarité avec la densité en équivalent imagos de la population.

### 2.1.1. Le niveau de grégarité

C'est une expression de l'état phasaire d'une population au sein d'une station ou d'une région. Sa détermination a été mise au point avec le CIRAD. Elle comprend 12 classes en fonction de la proportion d'individus solitaires, *transiens* et grégaires dans une population. Ces 12 classes peuvent être regroupées en 6 niveaux (figure 5). Le niveau 1 correspond à une population où il n'y a que des solitaires, le niveau 2, à une population solitaro-*transiens* ; les niveaux 3, 4 et 5 correspondent aux *transiens* de grégarité croissante ; et le niveau 6 où, plus de 50 % des individus sont des grégaires et le reste presque tous des *transiens*.

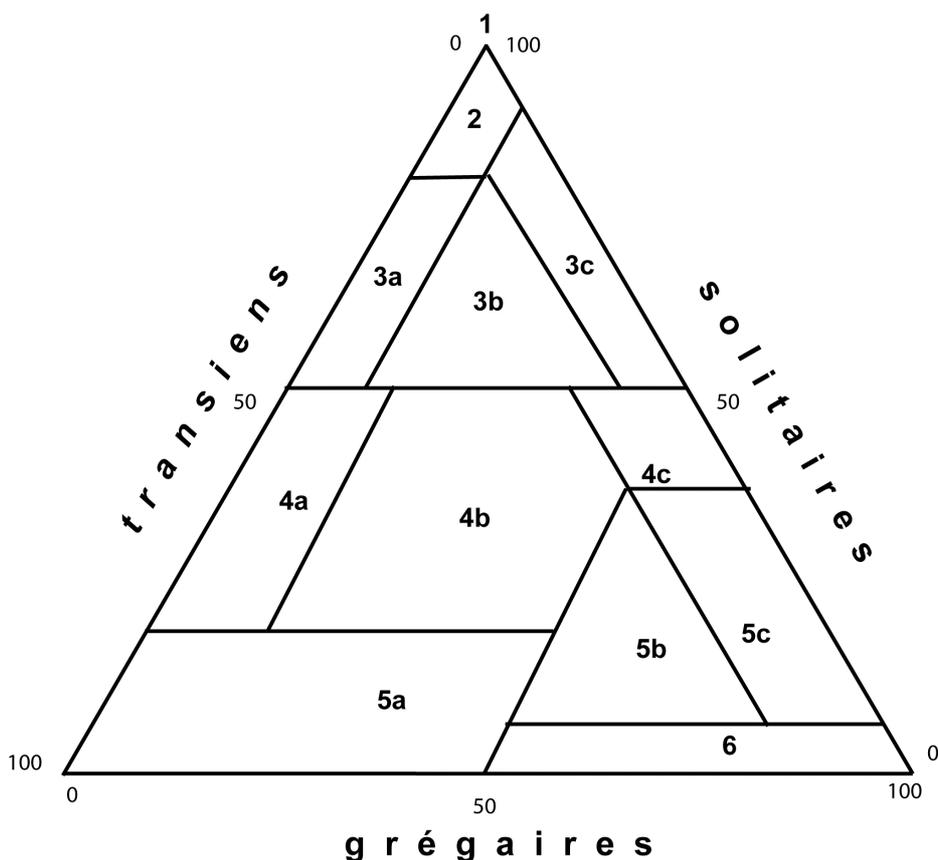


Figure 5 : Niveau de grégarité des populations acridiennes

### 2.1.2. La densité en équivalent imagos

La densité est le nombre d'individus par unité de surface (hectare ou m<sup>2</sup>). Dans les fiches d'archives, elle est évaluée selon un indice d'abondance aux 100 pas. Il faut donc procéder à une conversion pour obtenir une estimation de la densité en hectare. On considère qu'au cours d'une marche de 100 pas, le prospecteur parcourt une distance de 80 m et observe les insectes sur une bande de 2,5 m de large. Le coefficient de conversion

$$\text{propose est donc : } d_{ha} = \frac{I}{80 \times 2,5} \times 10\,000 = I \times 50$$

La densité en équivalent imagos permet d'exprimer une densité quel que soit les stades phénologiques (Duranton, 2001) selon la relation :

$$10 \text{ petites larves (L1 à L3)} = 4 \text{ grandes larves (L4 et L5)} = 1 \text{ imago}$$

### 2.1.3. Détermination du potentiel acridien

Le potentiel acridien résulte du croisement du niveau de grégarité et de la densité en équivalent imago. Il prend les valeurs de 0 à 5, selon la structure des populations. Pour une même classe de densité en équivalent imagos, le potentiel acridien est dépendant du niveau de grégarité (*figure 5*). Pour une forte densité en équivalent imagos, supérieure à 10 000 individus /ha et un niveau de grégarité maximal, le potentiel acridien est égal à 5. Il prend la valeur 3 pour un niveau de grégarité 1 (*voir Annexe 6a*)

En prenant l'exemple du mois de février 2004, il est possible de représenter le potentiel acridien sur l'ensemble de la zone. Le potentiel acridien constitue une couche de SIG sous forme de carte d'isopotential (*figure 6*).

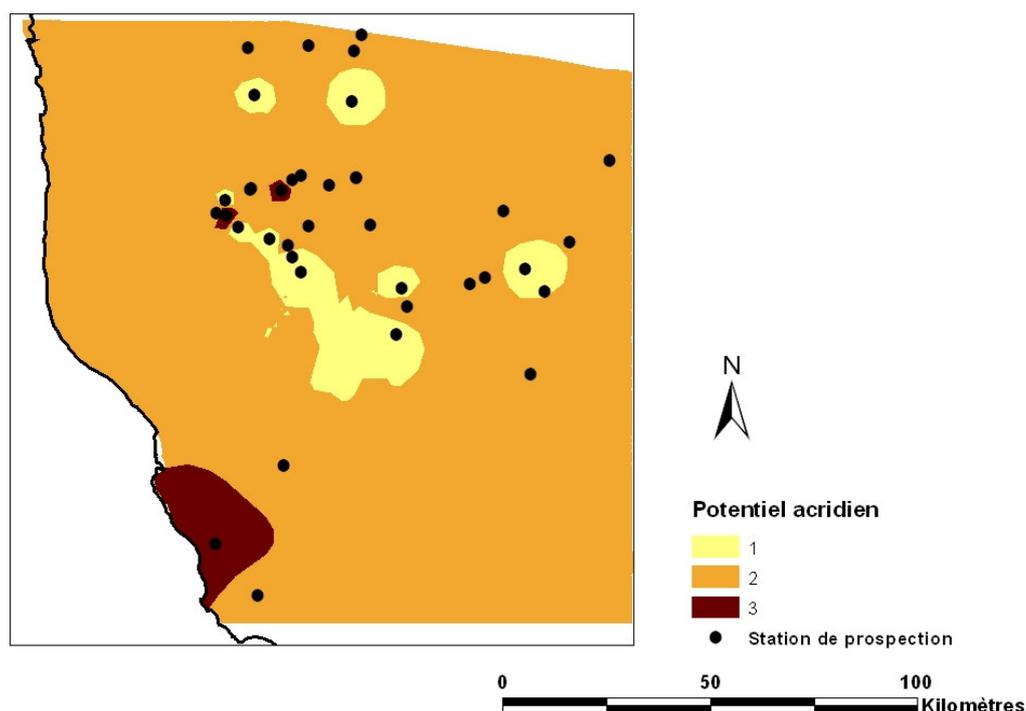


Figure 6 : Carte d'isopotential acridien pour le mois de février 2004 dans la zone d'Ejeda

## 2.2. La pluviosité

Pour une station, la pluviosité est la quantité de pluie tombée durant une période (mois, décade...). La carte isohyète mensuelle se réfère aux seuils de préférence hydrique des Criquets migrants (*figure 7*). Darnhofer *et al*, 1974) ont mis en évidence l'optimum pluviométrique de développement pour les trois états biologiques (œufs, larves et imagos) des solitaires et des grégaires : il est atteint dans la gamme de pluviométrie de 50 à 100 mm d'eau par mois (100 à 150 mm sur sol sableux) pour les solitaires et entre 25 et 150 mm pour les grégaires. La régulation des effectifs se fait ainsi par un excès ou une manque d'eau (*tableau 2*). Ainsi, il convient d'élaborer une carte isohyète suivant les besoins de Criquet migrant.

**Tableau 2 : Incidence de la pluviosité mensuelle sur *Locusta migratoria capito***

Gamme de pluviosité		Condition	Effet	Signification
0	0	Sub létale	Très forte diminution	Déficit
1	]0 ; 5[	Sub létale	Très forte diminution	
2a	[5 ; 20[	Très défavorable	Forte diminution	
2b	[20 ; 50[	Défavorable	Diminution ou stabilité	
3	[50 ; 150[	Optimale	Augmentation	Correct
4	[150 ; 250[	Défavorable	Diminution ou stabilité	Excès
5	[250 ; + ∞ [	Très défavorable	Forte diminution	

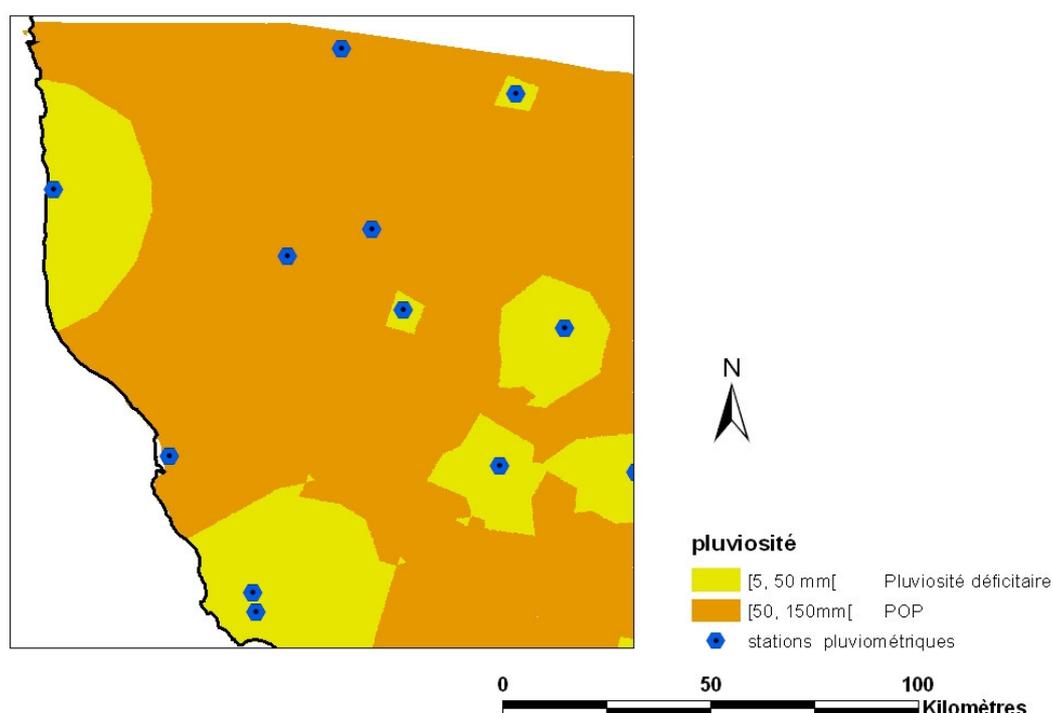


Figure 7 : Carte pluviométrique (isohyète) pour le mois de février 2004 dans la zone d'Ejeda

### 2.3. Le potentiel écologique

Le potentiel écologique intègre les composantes dynamiques de l'environnement (pluviosité) et statique (nature du biotope). Le potentiel d'un biotope acridien s'exprime différemment selon la pluviosité qu'il reçoit (tableau 2). Chaque polygone correspond à un type de biotope dont le potentiel maximal varie de 0 à 5 selon le type. Ce potentiel est plus ou moins révélé par la pluviosité (tableau 1). Le potentiel écologique est cartographié par le croisement d'une carte isohyète mensuelle avec la couche des biotopes acridiens (figure 8). La résultante va donc caractériser le potentiel de développement de la population, que ce dernier soit favorisé (faible mortalité), ou pénalisé (forte à très forte mortalité). Lorsque les

pluies sont déficitaires, inférieures à 50 mm, les zones les plus arides sont défavorables au Criquet migrateur. Seule la pénéplaine de Fotadrevo avec un réseau hydrographique permanent conserve des biotopes acceptables pour l'acridien. A l'inverse, lors de fortes précipitations, supérieures à 150 mm, seules les zones sableuses de la plaine côtière restent favorables.

### **3. EVALUATION DU RISQUE ACRIDIEN**

Il s'agit finalement de représenter de façon synthétique les différentes informations obtenues. Cette représentation, couplée avec un tableau planimétrique des risques, donne un aperçu général de la situation et accède à la prise de précaution et de mesure correspondante (un renforcement de la prospection et une préparation à la lutte).

#### **3.1. Croisement des données**

Dans le SIG acridien, le croisement des deux potentiels, acridien et écologique, permet d'attribuer un niveau de risque acridien à chaque polygone. Il varie de 0 à 6 (*Annexe 6b et 6c*). Le niveau 0 correspond à l'absence complète des Criquets. Les niveaux 1 et 2 correspondent à une diminution du risque alors que les niveaux 4, 5 (6) indiquent une aggravation du.

#### **3.2. Diagnostic mensuel de la situation acridienne**

L'outil de diagnostic est fondé sur l'examen de la carte de risque acridien et du tableau planimétrique par région naturelle pour un mois donné (*tableau 3*). La carte de risque permet de visualiser la situation générale de la zone, et de localiser les régions à haut risque (*figure 9*). Le tableau planimétrique permet d'évaluer les niveaux de risque acridien en fonction de surfaces concernées dans chaque région naturelle.

La carte et le tableau permettent de localiser et d'évaluer des surfaces les zones à risque et contribuent à faciliter la programmation des options de luttés, voire à lancer une alerte précoce en cas de début de recrudescence. Ce sont deux des outils de base pour la lutte préventive contre le Criquet migrateur.

L'évaluation des surfaces à risque acridien fort ou très fort paraît un peu forte : on peut donc estimer que le dispositif dans son calage actuel est quelque peu pessimiste. Une évolution fine des performances est donc nécessaire pour procéder à des ajustements, mais les ordres de grandeurs sont cohérents comme en atteste la comparaison des cartes de risques pour les mois de décembre 2003 et de février 2004 (*figure 9*).

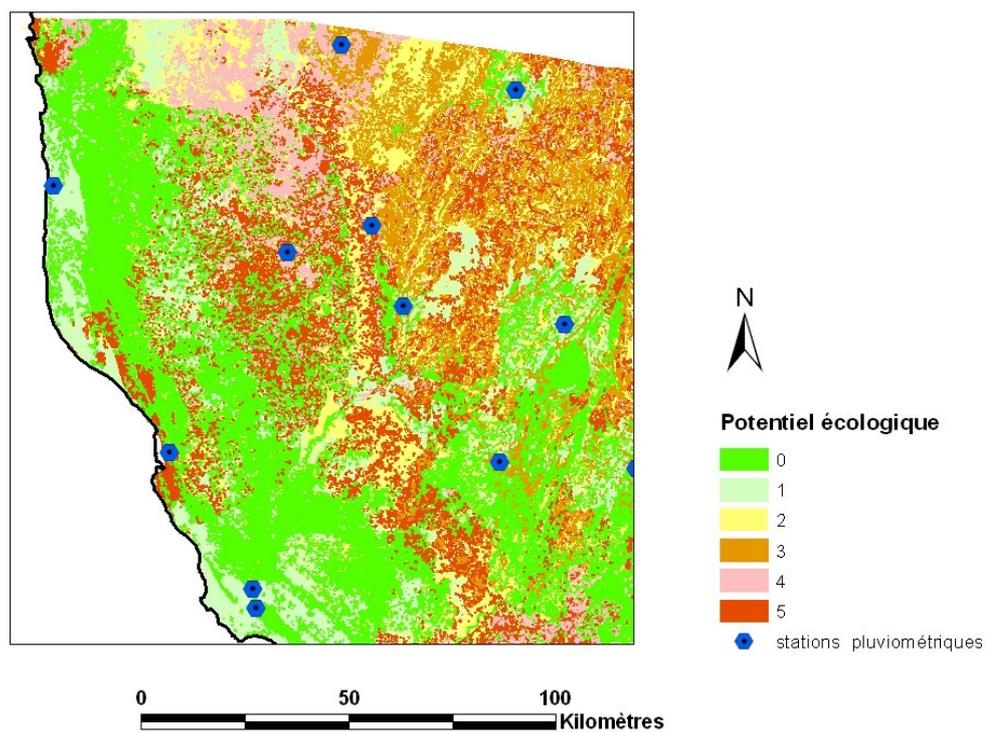


Figure 8 : Carte de potentiel écologique de pour le mois de février 2004 dans la zone d'Ejeda

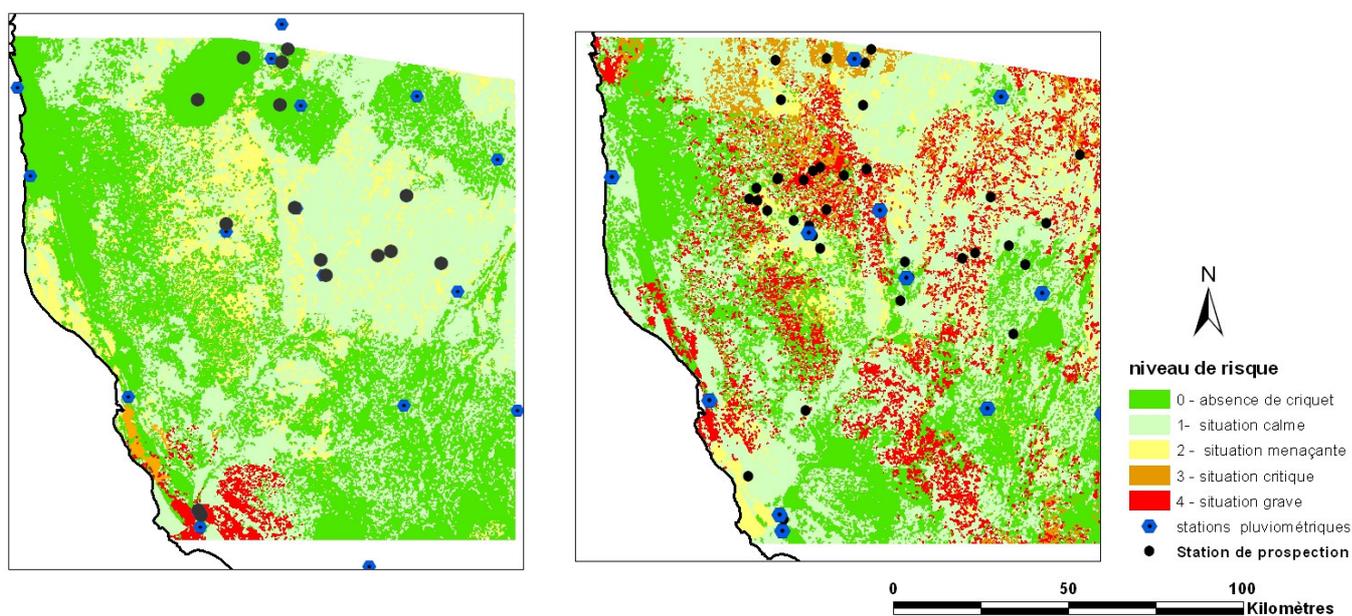


Figure 9 : Carte de risque acridien dans la zone d'Ejeda en février 2004 : à gauche en fin décembre 2003 et à droite en février 2004

**Tableau 3 : Surfaces concernées par les régions naturelles selon le niveau de risque en février 2004**

Code RN	Région Naturelles	Surface en hectare selon le niveau de risque										Total
		0		1		2		3		4		
		surface	%	surface	%	surface	%	surface	%	surface	%	
I-01	Plaine côtière mahafaly nord	39 032	32,07	52 521	43,15	15 456	12,70	0	0,00	14 704	12,08	121 712
I-02	Plaine côtière mahafaly Sud	6 705	36,01	11 906	63,94	10	0,06	0	0,00	0	0,00	18 622
II-03	Plateau mahafaly nord	27 474	22,47	58 478	47,83	11 733	9,60	21 557	17,63	3 013	2,46	122 255
II-04	Plateau mahafaly centre	182 447	36,01	167 127	32,99	62 639	12,36	24 642	4,86	69 741	13,77	506 596
II-05	Plateau mahafaly sud	71 996	55,32	47 328	36,36	0	0,00	0	0,00	10 825	8,32	130 148
III-06	Basse vallée de la Linta	13 303	42,31	18 103	57,58	34	0,11	0	0,00	0	0,00	31 441
IV-07	Arc interne nord	8 560	12,69	31 328	46,44	8 947	13,26	5 403	8,01	13 224	19,60	67 462
IV-08	Arc Interne sud	38 417	41,57	27 687	29,96	7 188	7,78	293	0,32	18 820	20,37	92 404
V-09	Vallée de la Menarandra	378	6,98	4 253	78,53	2	0,03	0	0,00	783	14,45	5 415
VI-10	Moyenne vallée de la Linta	3 911	32,16	4 007	32,95	2 608	21,44	660	5,43	975	8,02	12 161
VII-11	Cuesta de Sakoa Sakamena	4 573	6,33	46 986	65,06	20 661	28,61	0	0,00	0	0,00	72 220
VIII-12	Sud du Plateau de Betioky	86	0,27	17 606	54,10	7 931	24,37	6 923	21,27	0	0,00	32 546
IX-13	Plateau de Karimbola	12 903	55,03	2 413	10,29	0	0,00	3 850	16,42	4 279	18,25	23 446
X-14	Pénéplaine Bekily-Fotadrevo	183 904	31,09	201 563	34,07	128 402	21,71	7 401	1,25	70 271	11,88	591 542
<b>TOTAL</b>		<b>593 691</b>	<b>32,48</b>	<b>691 306</b>	<b>37,82</b>	<b>265 609</b>	<b>14,53</b>	<b>70 729</b>	<b>3,87</b>	<b>206 636</b>	<b>11,30</b>	<b>1 827 970</b>
<b>Interprétation</b>		<b>Risque nul à faible : 70,30 %</b>				<b>Risque moyen : 14,53</b>		<b>Risque fort : 15,87</b>				

RN : Région Naturelle

### **3.3. Pronostic**

Le diagnostic de la situation acridienne étant fait (premier jour de la décennie ou du mois), il est faut anticiper sur l'évolution probable de la situation durant le (ou les) mois à venir. Pour proposer un pronostic, il faut disposer de divers éléments :

- compléter l'outil de diagnostic (cartes et tableaux de risque) par des cartes de distribution des principaux stades phénologiques (petites larves PL, grandes larves GL et imagos) et de l'état phasaire (solitaire, transiens et grégaire)
- pouvoir utiliser un référentiel pluviométrique pour examiner la probabilité de réalisation d'une séquence pluviométrique écologiquement discriminante : POP, conditions très défavorables, ...

pouvoir se référer à un référentiel acridien indiquant la situation ordinairement observée pour chaque région naturelle, où l'on dispose de donnée d'archives. L'environnement acridien étant fortement différent, il y a 30 ou 40 ans, en particulier dans certaines parties de l'Aire de densation, il faut utiliser ces informations avec précaution, voire constituer des référentiels décennaux quand les données sont assez nombreuses. L'exemple fourni s'applique au mois de février 2004, mais il peut être réalisé chaque mois quand les données sont suffisantes.

## **4. Discussion**

Le stage a été conduit dans de difficiles conditions :

- bourse supprimée durant les mois de septembre et octobre, pour raisons administratives,
- obligation de répondre à diverses sollicitations extérieures au stage durant le séjour à Madagascar, par exemple, pour effectuer un bilan de situation acridienne à la demande expresse de Monsieur le Directeur du CNA,
- grande instabilité du courant électrique à Betioky qui a causé une détérioration du disque dur du microordinateur (perte de nombreuses données),
- absence de liaison Internet durant le séjour dans le Sud.

Au terme de ce stage la discussion portera sur les difficultés techniques rencontrées pour construire le SIG, sur les contraintes d'exploitation et les améliorations qui peuvent être envisagées mais qui n'ont pu être abordées dans les temps impartis.

### **4.1. Difficultés majeures**

#### **4.1.1. Problème de projection : passage de WGS 84 en Laborde Madagascar**

A Madagascar (au sein du FTM), le système de projection appliqué est le système Laborde Madagascar. Tous les fonds de cartes publics malgaches, numérisés dans la BD500 (base de donnée géographique au cinq cent millième), suivent ce système. Le

Laborde Madagascar est un système de projection conforme Mercator oblique ayant pour origine :

Latitude = 21 Gr 00 Sud et Longitude = 49 Gr 00 Est de Paris, et comme coordonnées d'origine de la projection : X = 400 Km et Y = 800 Km

Sa configuration n'est pas présente dans les GPS.

Par ailleurs, les coordonnées géographiques utilisées au sein du CNA et du CIRAD sont en WGS 84. La conversion des coordonnées entre les deux systèmes nécessite un programme (le logiciel COMAD, édité en 1993 par le FTM). La mise à jour de ce programme n'est pas disponible au CIRAD et ni au CNA (exclusivité FTM). La conversion des données de terrain (postes pluviométriques et stations acridiennes) s'est faite manuellement pour pouvoir les projeter sur la carte des biotopes déjà en projection Laborde.

Il faudra à l'avenir se procurer une mise à jour du logiciel, ou mettre au point l'algorithme de transformation.

#### **4.1.2. Problème de mosaïquage**

Dans ce projet, la scène Landsat- 7, source de la couche biotope, utilisée dans ce travail ne correspond pas à la totalité de la zone d'Ejeda. Les limites au nord et à l'Est auraient pu être complétées par des scènes gratuites. Des classifications ont été faites sur ces images et ont permis d'aboutir à une première série de cartes. Malheureusement la divergence entre les projections WGS 84 et Laborde n'a pas permis de faire le travail de mosaïquage entre les 4 images. En conséquence, la partie SIG a été privilégiée par rapport à celle du traitement d'image. L'objectif final de ce travail est un SIG sur l'ensemble de l'aire grégarienne, avec une carte de biotope correspondante. Il faudra donc regrouper l'analyse de 8 à 10 scènes Landsat et résoudre les problèmes liés au mosaïquage.

#### **4.2. Limites d'exploitation**

La précision de la carte de risque dépend de la densité des observations acridiennes, de la densité du réseau pluviométrique et de la régularité de (périodicité) des observations et de leur transmission. Dans le Sud Ouest malgache, les micromilieus sont nombreux (et les variations interannuelles des conditions météorologiques importantes), il est donc important d'optimiser le nombre et la répartition des postes d'observation :

- Il faudrait au moins 80 postes pluviométriques régulièrement répartis sur l'ensemble de l'aire grégarienne en assurant une transmission décadaire des données.
- Il faudrait 25 à 30 postes acridiens, chacun doté de 5 stations fixes suivi 1 à 2 fois par décennie, et une équipe itinérante par zone acridienne assurant 10 à 15 prospections extensives.

Un calcul d'incertitude permettrait de déterminer objectivement le niveau minimal de tolérance (le degré de fiabilité), acceptable pour que cet outil garde sa crédibilité.

### **4.3. Améliorations**

Dans le futur, des améliorations de ce SIG sont souhaitables :

- allègement du fichier, par réduction du nombre de polygones pour diminuer les temps de calcul,
- pondération des stations pour donner plus d'importance aux stations fixes, visitées régulièrement qu'aux stations itinérantes
- prise en compte de la température qui agit sur la vitesse de développement et dont l'importance intervient particulièrement durant l'hiver austral.
- ajustement des tables : les tables ont été établies en maximalisant les risques. Ce qui rend le dispositif un peu "pessimiste", dans l'exemple du mois de février 2004 mais d'autre facteur peuvent entrer en jeu comme le nombre insuffisant de poste d'observation ou leur mauvaise implantation (zones non prospectées).
- contrôle du fonctionnement du dispositif par la mise en place d'un compteur de classe. Ceci permettrait de déterminer la fréquence d'utilisation de chaque classe des potentiels et de détecter les situations les plus sensibles pour une amélioration éventuelle, mieux ciblée.
- le dispositif peut être complétés par d'autres sorties, grâce à la structure évolutive du SIG. Il est par exemple possible d'évaluer les surfaces à risques en fonction des unités administratives (région, district et Commune), ou de sortir des cartes phénologiques ou d'état phasaire.
- passage du traitement mensuel à la décade, ce qui est plus en rapport avec la durée moyenne des stades phénologiques du *Locusta migratoria capito*.
- et archivage des informations acridiennes encore dispersées dans les zones acridiennes en utilisant la matrice CNA.

### **4.4. Création des référentiels**

Le service antiacridien malgache date actuellement de plus de 70 ans. Cependant, des données restent encore dispersées dans l'ensemble de l'Aire grégarigène et sont présentées d'une manière différente d'une période à une autre. On distingue ainsi les périodes avant 1965, 1965 - 1971, 1972 - 1988, 1989 - 1996, 1997 - 2000 et après 2001. Leur exploitation nécessitera plus de précaution. La création d'un référentiel acridien basée sur les archives est une grande étape pour le pronostic acridien. Il permettra d'évaluer la probabilité de l'apparition des niveaux de risque à l'échelle des régions naturelles par rapport au nombre d'années d'observation. Ceci est valable non seulement pour la zone d'Ejeda mais aussi pour les autres zones de l'Aire grégarigène, où les études devront être faites. Un travail similaire est également nécessaire pour les données pluviométriques.

## CONCLUSION

Avec cette application SIG, le dispositif d'avertissement acridien est nettement modernisé. Auparavant, seule la pluviométrie permettait de délimiter les zones à risque, actuellement, ce sont l'ensemble des données dynamiques (pluviométrie et acridologie) et des données statiques (biotopes acridiens) qui interviennent dans la définition du risque. On améliore donc grandement la qualité du diagnostic. L'évaluation précise (localisation et quantification) du risque lié à *Locusta migratoria capito* dans son aire grégarigène est en effet rendue possible. Ce qui devrait permettre au CNA de mieux remplir son rôle de lutte préventive et d'alerte précoce en cas de dépassement de sa capacité d'intervention (passage à la lutte curative) en cas de recrudescence.

Cependant, ce dispositif d'analyse ne peut fonctionner avec une fiabilité suffisante que si :

- les stations fixes sont bien choisies
- les Postes Antiacridiens et pluviométriques sont en nombre suffisants (28 à 30 PA et 80 postes pluviométriques)
- les observations sont régulières et transmises en temps réel pour l'ensemble du réseau.

A long terme, pour améliorer encore ce diagnostic, plusieurs voies sont à envisager :

- passage du pas de temps mensuel au pas de temps décadaire.
- utilisation d'un bilan hydrique des sols, et non plus de la seule pluviométrie qui reste un paramètre brut.
- utilisation d'images MétéoSat, et/ou NOAA pour obtenir des estimations pluviométriques dans les zones dépourvues de réseau au sol, après étalonnage à proximité des postes pluviométriques existants.

Les résultats obtenus pour la zone d'Ejeda apparaissent suffisamment cohérents pour que le SIG proposé soit étendu à l'ensemble de l'Aire grégarigène du Criquet migrateur malgache, ce qui constitue l'un des objectifs actuel du Projet de la Lutte Préventive Antiacridienne (financé par la BAD).

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce projet, je tiens remercier vivement tous ceux qui ont contribué à sa réalisation. Je suis infiniment reconnaissant à :

Monsieur Jean-François DURANTON, qui malgré ses nombreuses préoccupations, a accepté de diriger ce travail, par sa connaissance du Sud et Sud-Ouest de Madagascar, et pour son expérience en acridologie, en particulier sur le Criquet migrateur malgache,

Monsieur Pierre BAZILE, mon tuteur au mastère SILAT, pour son encouragement, ses conseils et son appui pour la réalisation de ce travail, toujours dans le souci de promouvoir la formation en Mastère SILAT pour ma réussite,

Monsieur Jean-Pierre CHERY, qui a accepté de consacrer du temps pour apporter ses avis au projet, ceci malgré ses nombreuses occupations,

Monsieur François COLIN, malgré ses lourdes responsabilités, a participé à l'évaluation de ce travail, pour son amélioration,

Monsieur Michel PARTIOT, du CIRAD Madagascar, et ses collègues, pour les efforts déployés afin de faciliter les différents processus administratifs à Madagascar,

Messieurs Alex FRANC et Yann LEGROS, qui m'ont intégré dans le domaine de l'acridologie et m'ont encouragé à se lancer dans l'aventure de ce SIG depuis mon intégration au sein du CNA,

Tout le personnel du CIRAD-AMIS-UPR 50 Acridologie, sous la Direction de Monsieur Michel LECOQ, qui m'a montré beaucoup de sympathie, et offerts des perspectives,

Tous les responsables, enseignants et toute la promo SILAT 2004-2005, qui ont présenté une bonne volonté, une cohésion, une fraternité, une assistance technique, des conseils et leur soutien moral et technique durant toute la formation

La Banque Africaine pour le Développement, par le biais du Projet de Lutte Préventive Antiacridienne dirigé par Pierrot ANDRIAMAMPIONONA, avec tous ses partenaires a supporté tous les frais de notre formation au Mastère SILAT, je leur en suis sincèrement reconnaissant.

Monsieur Augustin HERINDRANOVA, Directeur du Centre National Antiacridien malgache et tous les prospecteurs du CNA, de m'avoir libéré pendant une année pour cette formation et de leur travail sur le terrain qui m'a permis de monter ce SIG,

Et enfin, à mon épouse et mes 2 enfants qui ont supporté une dure période de séparation,

Je dis MERCI !

## BIBLIOGRAPHIE CITEE DANS LE TEXTE

1. **ANDRIANASOLO RAVOAVY, J.**, 1979. - *Relations entre la climatologie et les pullulations d'insectes phytophages dans le Sud-Ouest de Madagascar*. - Thèse de doctorat d'Etat, Paris VI -Sorbone. (242 p.).
2. **ANONYME**. Global Land Cover Facility - Earth Science Data Interface. 2005. 04/16/05.
3. **BALANÇA, G. & DE VISSCHER, M.-N.**, 1992 - *Glossaire des termes élémentaires d'acridologie et de lutte anti-acridienne en Afrique sahélienne*. - GTZ / CIRAD-PRIFAS : Eschborn (Allemagne) / Montpellier (France) (157 p., nb ill. non num).
4. **CAYLA, L.**, 1932 - *Arrêté du 16 juin 1932 du Gouverneur Général de Madagascar, créant un centre d'observations antiacridiennes à Betsioky*. - Gouverneur Général de Madagascar : Tananarive (2 p.).
5. **DARNHOFER, T.O. & LAUNOIS, M.**, 1974. - *L'optimum pluviométrique du Criquet migrateur malgache principe et application. Etude globale de l'influence de la répartition spatio-temporelle des pluies sur les populations du criquet migrateur à Madagascar*. - Projet PNUD-FS /FAO MAG 70/523 - Recherche sur le Criquet migrateur malgache. FAO : Rome. (XI + 77 p., 20 fig., 7 tab., 1 carte).
6. **DURANTON, J.-F.**, 1996. - *Expertise acridienne à Madagascar. Perspectives de réhabilitation du système d'avertissement antiacridien (11 mars - 17 avril 1996)*. - CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier (France). Rapport n° **D. 542**( VIII +52 p., 9 fig., 1 tab., +7 annexes) (Doc. multigr.).
7. **DURANTON, J.-F.**, 2001. - *Appui scientifique et technique au Centre National Anti-acridien. Rapport de la 1ère mission réalisée du 2 avril au 2 juin 2001*. - Projet français de Contribution à la Lutte Antiacridienne (PCLA). PCLA, Centre National Antiacridien / CIRAD-AMIS-PPC-Prifas : Tuléar (Madagascar) / Montpellier (France). Rapport n° **PCLA-Prifas n° 08 / CIRAD-Amis : 54/2001** (55 p., 4 tab., 3 annexes) (Doc.multigr.).
8. **DURANTON, J.-F. & FRANC, A.**, 2001. - *Eléments de discussion pour structurer un service d'avertissement acridien à Madagascar*. - Projet français de Contribution à la Lutte Antiacridienne (PCLA). Centre National Antiacridien / CIRAD-AMIS-PPC-Prifas : Tuléar (Madagascar) / Montpellier (France).( 11 p., 1carte) (Doc.multigr.).
9. **DURANTON, J.-F., LAUNOIS, M., LAUNOIS-LUONG, M.H., & LECOQ, M.**, 1982 - *Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche. I. De la théorie... II. ...à la pratique. 2.* - Coll. : Les Acridiens n°10, Ministère des Relations Extérieures - Coopération et Développement / GERDAT : Paris (1496 p., 631 fig., 26 tab.).
10. **FRANC, A., ANDRIAMAROAHINA, T., DURANTON, J.-F., LECOQ, M., LEGROS, Y., LUONG-SKOVMAND, M.-H., RABESISOA, L.F., RANDRIAMIFIDIMANANA, H., & SOLOFONIANA, H.**, 2004. - *La Lutte préventive antiacridienne à Madagascar - Contribution du Cirad 2001 - 2003 - Financement de solidarité de la France 1998-017 - Rapport final PCLA n° 66*. - Projet français de Contribution à la Lutte Antiacridienne (PCLA). Centre National Antiacridien / CIRAD-AMIS-PPC-Prifas : Tuléar (Madagascar) / Montpellier (France).( 140 p., 43 fig., 13 tab., ).
11. **FRAPPA, C.**, 1955 - *Le comportement des sauterelles et la lutte antiacridienne à Madagascar durant la campagne 1954-1955*. - *Bull. Mad.*, **114** 994-1026).

12. **LAUNOIS,M.**, 1973a. - *Interprétation pluviométrique de l'évolution acridienne d'octobre 1972 à mars 1973 dans le Sud-Ouest de Madagascar.* - Projet PNUD-FS /FAO MAG 70/523 - Recherche sur le Criquet migrateur malgache. FAO : Tuléar (Madagascar).( \*\*\* p., \*\*\*).
13. **LAUNOIS,M.**, 1973b. - *Le service d'avertissement antiacridien à Madagascar. Conception et réalisation.* - Coll. : Etudes biologiques. Projet PNUD-FS /FAO MAG 70/523 - Recherche sur le Criquet migrateur malgache. Rome. Rapport n° **MML/BIO, 9** (11p + 6 annexes p., 1 carte) (Doc. multigr.).
14. **LAUNOIS,M.**, 1974. - *Influence du facteur pluviométrique sur l'évolution saisonnière du Criquet migrateur en phase solitaire et sur sa grégarisation à Madagascar.* - Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Paris, Faculté des Sciences d'Orsay. Ministère de la Coopération : Paris.(159 p., 40 fig., 20 tab.,) (Doc. imprimé).
15. **LECOQ,M.**, 1975. - *Les déplacements par vol du Criquet migrateur malgache en phase solitaire : leur importance sur la dynamique des populations et la grégarisation.* - Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Paris, Faculté des Sciences d'Orsay. Ministère de la Coopération : Paris.( V + 245 p., 81 fig., 40 tab., 3 annexes, 1 carte)).
16. **MINAGRI**, 12-4-2000a. - *Décret n° 2000-251, portant création et organisation du Centre National Antiacridien (CNA).* (12.04.2000). - Ministère de l'Agriculture de la République de Madagascar : Tananarive.( 7 p.) (Doc. multigr.).
17. **MINAGRI**, 12-4-2000b15 mai 2000. - *Le CNA : structure et mise en œuvre.* - Ministère de l'Agriculture de la République de Madagascar : Tananarive.( 55 p.) (Doc. multigr.).
18. **TÊTEFORT,J.-P.**, 1973Décembre. - *Recherches sur le criquet migrateur malgache : Rapport sur les résultats, conclusions et recommandations du projet.* - Projet PNUD-FS /FAO MAG 70/523 - Recherche sur le Criquet migrateur malgache. FAO : Rome. Rapport n° **UNDP (SF) AML/MET/4**( IV +73 p., 2 fig., 2 tab., 4 annexes) (Doc. multigr.).
19. **TÊTEFORT,J.-P. & WINTREBERT,D.**, 1963 - *Eléments d'acridologie pratique à Madagascar.* - *L'Agronomie Tropicale*, **9** (sept.)875-932, 6 tab. et 6 fig.).
20. **UVAROV,B.P.S.**, 1921 - A revision of the genus *Locusta* L. (*Pachytylus* Fiel.) with a new theory as to periodicity and migrations of locust. - *Bulletin of Entomological Research*, **121**-1).
21. **UVAROV,B.P.S. & ZOLOTAREVSKY,B.-N.**, 1929 - Phases of Locusts and their inter-relations. - *Bulletin of Entomological Research*, **XX** (3)261-265).
22. **ZOLOTAREVSKY,B.-N.**, 1933. - *Contribution à l'étude biologique du Criquet migrateur (Locusta migratoria capito Sauss.) dans ses foyers permanents.* - Thèse de docteur de l'Université de Paris (Sciences naturelles) soutenue en mai 1933, Université de Paris. Marcel BRY : Sceau (France).(96 p., 13 graph., 27 tab., 1 fig., 1 pl coul, 1carte).

# GLOSSAIRE

Terme	Définition
<b>AD</b>	Aires de densation.
<b>Adulte</b>	stade phénologique pendant lequel un organisme vivant est capable de se reproduire. Dans le cas des acridiens imago sexuellement mature.
<b>Aire d'invasion</b>	Ensemble des territoires susceptibles d'être contaminés par les populations grégaires d'un acridien grégariapte
<b>Aire grégarigène</b>	Ensemble des territoires écologiquement complémentaires qui assurent : – le maintien des populations en phase solitaire d'un acridien grégariapte ; – la possibilité de transformation phasaire (solitaire => <i>transiens</i> puis grégaire) susceptibles d'engendrer des invasions, lorsque les conditions écométéorologiques sont favorables.
<b>Allochtone</b>	population ou individu ayant commencé son développement dans un autre biotope que celui où on l'observe.
<b>AMI</b>	Aires de multiplication initiales
<b>Aréique</b>	système hydrographique dans lequel le ruissellement est réduit au minimum. Les eaux de pluie s'infiltrant dans le sol et alimentent une nappe phréatique plus ou moins profonde.
<b>Argile</b>	élément constitutif du sol dont le diamètre des particules est inférieur à 0,002 mm.
<b>Arrêt de développement</b>	ralentissement ou interruption du développement phénologique sous l'effet de conditions écologiques adverses (quiescence) ou sous l'effet de la photopériode (diapause). La quiescence est facultative alors que la diapause est obligatoire quelles que soient les conditions écologiques réelles.
<b>ATM</b>	Aires transitoires de multiplication.
<b>Autochtone</b>	population ou individu ayant effectué son développement dans le biotope où on l'observe.
<b>Bande larvaire</b>	Population de larves fortement <i>transiens</i> ou grégaires, constituant des entités de quelques ares (1 000 m <sup>2</sup> ) voire plusieurs hectares
<b>Bilan hydrique</b>	évaluation des réserves en eau disponible dans un sol à un moment donné. Le bilan hydrique est communément apprécié par le rapport de l'évapotranspiration réelle (ETR) à l'évapotranspiration potentielle (ETP) pour une période donnée (jour, semaine, décade...).
<b>Biotope</b>	Unité territoriale écologiquement homogène élémentaire où évolue une population d'un taxon
<b>Biotope colonisable</b>	biotope où le Criquet pèlerin peut accomplir tout ou partie de son développement.
<b>Biotope extensif</b>	catégorie de biotope en équilibre écologique avec le méso-environnement.
<b>Biotope non-colonisable</b>	biotope qui ne permet pas la survie du Criquet pèlerin.
<b>Biotope spécialisé</b>	biotope en équilibre écologique local épandage, affleurement rocheux, inféroflux
<b>Caillou</b>	élément constitutif du sol dont le diamètre est compris entre 2 et 20 cm.
<b>Climatique</b>	qui se rapporte au climat, c'est-à-dire à l'intégration des conditions météorologiques durant une longue période (le minimum significatif serait de l'ordre de 30 ans).
<b>Composante</b>	ensemble de facteurs ou de conditions écologiques qui contribuent à décrire un milieu particulier.
<b>Composante dynamique</b>	ensemble de facteurs et de conditions écologiques qui varient, se modifient à l'échelle de la période d'observation (conditions météorologiques, phytophénologie)
<b>Composante statique</b>	ensemble de facteurs et de conditions écologiques qui sont stables à l'échelle de la période d'observation (modèle géomorphologique, climat).
<b>Condition écologique</b>	niveau atteint par un facteur écologique.
<b>Condition écologique défavorable</b>	elle ne permet pas le maintien des effectifs ; des individus survivent mais les descendants sont moins nombreux que les parents.

Terme	Définition
<b>Condition écologique acceptable</b>	elle permet le maintien des effectifs.
<b>Condition écologique favorable</b>	elle permet une augmentation des effectifs.
<b>Condition écologique létale</b>	elle entraîne la disparition des parents sans leur permettre d'assurer la descendance.
<b>Condition écologique optimale</b>	elle permet l'expression maximale du potentiel biotique qui devient le seul paramètre limitatif (si toutes les conditions discriminantes sont optimales).
<b>Criquet migrant malgache</b>	<i>Locusta migratoria capito</i> (Saussure, 1884) ..... <i>Acrididae</i>
<b>Criquet nomade</b>	<i>Nomadacris septemfasciata</i> Serville, 1838..... <i>Cyrtacanthacrididae</i>
<b>Degregans / dissocians</b>	chez les espèces grégariaptés individus ou populations non solitaires subissant des influences dégrégarisantes (dispersion).
<b>Densation</b>	augmentation de la densité soit par accumulation (concentration) d'effectifs de plus en plus nombreux sur une même surface, soit par réduction de surface pour des effectifs constants.
<b>Densité</b>	Nombre d'individus au m <sup>2</sup> ou à l'hectare.
<b>Développement continu</b>	Les acridiens à développement continu sont des espèces qui dont le cycle biologique annuel ne présente pas d'interruption en saison adverse, seul un ralentissement plus ou moins marqué peut être observé.
<b>Edaphique</b>	qui se rapporte aux caractéristiques des sols.
<b>Éléments figurés</b>	éléments de grands diamètres (sable, graviers, cailloux) qui sont retenus dans les tamis lorsque l'on tamise les sols.
<b>Essaim</b>	Population groupée d'imagos ( en phase <i>transiens</i> ou grégaire). Les essaims du Criquet migrant comme du Criquet nomade se déplacent de jour. Dans un essaim, la densité peut atteindre 500 à 1 000 individus au m <sup>2</sup> , soit 5 à 10 millions d'individus à l'ha et un poids minimal de 5 à 10 t/ha.
<b>Eury –</b>	préfixe indiquant une large tolérance vis-à-vis d'une condition écologique. Un organisme euryphage est un organisme dont le régime alimentaire est complexe.
<b>– phile (philie)</b>	suffixe indiquant une affinité pour une condition écologique particulière. Par exemple phytophile (qui "aime" vivre dans la végétation) ou géophile (qui "aime" vivre à la surface du sol).
<b>– trophe (trophie)</b>	suffixe indiquant une aptitude à procurer une condition écologique. Par exemple milieu xérotrophe (milieu sec).
<b>Facteur écologique</b>	agent physique, chimique ou biologique de l'environnement d'un taxon. Chaque niveau d'intervention entraînant une différence significative de réaction de la part du taxon peut être assimilé à une condition écologique.
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture).
<b>Forêt claire</b>	formation ligneuse haute dont le recouvrement est compris entre 75 et 99%
<b>Forêt dense</b>	formation ligneuse haute dont le recouvrement est de l'ordre de 100 %
<b>Fourré</b>	formation ligneuse moyenne dont le recouvrement dépasse 75 %.
<b>Foyer de grégarisation</b>	unité territoriale où des conditions écométéorologiques favorables induisent des pullulations acridiennes et des phénomènes de densation conduisant à des phénomènes de transformation phasaire (de solitaire à <i>transiens</i> ou de <i>transiens</i> à grégaire qui apparaissent avec une fréquence plus ou moins élevée.
<b>FTM</b>	Institut cartographique et géodésique malgache
<b>Galerie forestière</b>	formation arbustive ou arborée implantée le long des lits des cours d'eau permanents ou temporaires.
<b>Génération</b>	ensemble abstrait d'individus de cohortes ou de populations appartenant à un même taxon, ayant un développement plus ou moins synchrone et correspondant à un même cycle vital élémentaire (oeufs-parents à oeufs-enfants).
<b>Glome</b>	population de solitaires dont la densité, voisine du seuil de grégarisation, induit des interactions grégarigènes sur les individus qui la composent.
<b>Gravier</b>	élément constitutif du sol dont le diamètre est compris entre 0,2 et 2,0 cm.

Terme	Définition
<b>Grégaire</b>	population ou individu dont la grégarité est maximale ; celle-ci n'est obtenue qu'après plusieurs générations (minimum 4) ayant vécu dans des conditions grégarigènes.
<b>Grégariaptitude</b>	Caractéristique de quelques espèces acridiennes susceptibles de se présenter sous des phases différentes (l'une dite "solitaire", l'autre dite "grégaire") en fonction de la densité de leurs populations. Les modifications concernent : le comportement, la coloration, l'écologie, la morphologie, la physiologie, l'anatomie des individus concernés. Les états intermédiaires sont possibles et correspondent à l'état transiens ( <i>congregans</i> ou <i>degregans</i> selon le sens de l'évolution).
<b>Grégarité</b>	intensité des caractéristiques grégaires que manifeste un individu ou une population.
<b>Halotrophie</b>	caractéristique d'un milieu où les facteurs écologiques liés à la présence d'une forte teneur en sel sont discriminants.
<b>Imago (ailé)</b>	état ultime du développement des insectes. On distingue les imagos adultes (capable de se reproduire, donc sexuellement matures et actifs) des imagos juvéniles (sexuellement immatures, donc incapable de se reproduire).
<b>Invasion</b>	Période pendant laquelle les populations d'une espèce acridienne grégariapte sont très majoritairement en phase grégaire et colonisent tout ou partie de l'aire d'invasion.
<b>Isolé</b>	individu appartenant à une population de faible densité (inférieure ou très inférieure au seuil densitaire de grégarisation).
<b>Lande</b>	formation ligneuse basse
<b>Larve</b>	état phénologique de développement intermédiaire entre l'état embryonnaire et l'état imaginal. Le Criquet pèlerin passe par 5 (à 6) stades larvaires successifs L1, L2, L3, (L3 bis), L4, L5. Le terme de "juvénile" est parfois employé mais il prête à confusion avec le stade immature des imagos.
<b>Limon</b>	élément constitutif du sol dont le diamètre des particules est compris 0,002 et 0,05 mm. A sec, les sols limoneux ont un touché soyeux.
<b>Locuste</b>	Acridien grégariapte contrairement aux sauteriaux qui sont des acridiens non grégariaptes.
<b>Lutte biologique</b>	Méthode de lutte qui utilise un agent biologique : ennemi naturel, ou une déviance contrôlée d'un phénomène biologique vital pour l'espèce cible.
<b>Lutte chimique</b>	Méthode de lutte qui utilise une substance chimique naturelle ou artificielle mais synthétisée par l'industrie.
<b>Lutte curative</b>	Stratégie de lutte susceptible de contrarier le déroulement d'une recrudescence ou d'un départ d'invasion d'une espèce acridienne grégariapte (locuste).
<b>Lutte palliative</b>	Stratégie de lutte qui consiste à limiter les dégâts d'un ravageur (défense rapprochée des cultures), sans pour autant avoir un effet significatif sur la dynamique de la pullulation ou de l'invasion.
<b>Lutte préventive</b>	Stratégie de lutte fondée sur une bonne connaissance de la bioécologie d'un acridien ravageur et sur une surveillance efficace et durable des populations afin de contenir ces populations dans les limites de l'aire grégarigène et en phase solitaire ou, au pire, <i>transiens</i> par des opérations ponctuelles de lutte, limitées dans le temps et dans l'espace.
<b>Macro-région (écologique)</b>	unité territoriale écologiquement homogène regroupant plusieurs régions naturelles écologiquement affines.
<b>Maculature</b>	ensemble des taches pigmentaires qui peuvent revêtir différentes significations en particulier dans l'évaluation de la grégarité d'un individu.
<b>MAEL</b>	Ministère de l'Agriculture de l'Élevage
<b>Mélanges (groupements végétaux)</b>	groupement végétal complexe intermédiaire, par sa composition floristique, entre deux (ou plusieurs) groupements élémentaires. De tels groupements reflètent l'existence de conditions écologiques intermédiaires entre des pôles de différenciation écologiquement et floristiquement bien individualisés.
<b>Mésologie</b>	discipline scientifique qui étudie les milieux.
<b>Météorologique</b>	qui se rapporte aux paramètres climatiques, quand ils sont actifs en temps réel jour, décade, mois, année.

Terme	Définition
<b>Micro-lande</b>	formation ligneuse rase (moins de 35 cm de haut)
<b>Milieu</b>	ensemble des conditions physiques, chimiques, biologiques présentes dans un site (UTEH) particulier.
<b>MinAgr</b>	Ministère de l'Agriculture
<b>Modalité</b>	état d'une variable, d'un descripteur ou d'un caractère.
<b>Niche écologique</b>	place qu'occupe un taxon dans la biosphère tant sur le plan spatial que sur le plan historique ou ontologique.
<b>Optimum (écologique ou pluviométrique)</b>	ensemble de conditions relatives à un ou plusieurs facteurs écologiques discriminants permettant la pleine expansion du potentiel biotique d'une espèce (acridienne) particulière.
<b>Paramètre</b>	élément variable dont l'état atteint est susceptible de caractériser un objet d'étude.
<b>PCLA</b>	Projet français de Contribution à la Lutte Antiacridienne
<b>Pelouse</b>	formation herbeuse basse ou rase ouverte ou fermée
<b>Phase</b>	statut des individus ou des populations d'embryons, de larves ou d'imagos des espèces grégariaptés. Les deux statuts extrêmes sont la phase solitaire et la phase grégaire. Entre ces deux pôles existent des gradients de statuts intermédiaires transiens <i>congregans</i> (passage de la phase solitaire à la phase grégaire), ou <i>degregans</i> (passage de la phase grégaire à la phase solitaire).
<b>Phase grégaire</b>	Forme sous laquelle se présentent les populations d'une espèce grégariapte soumises à plusieurs générations s'étant développées en conditions grégarisantes (densités supérieures au seuil de grégarisation).
<b>Phase solitaire</b>	Forme sous laquelle se présentent les populations d'une espèce grégariapte soumises à plusieurs générations s'étant développées en conditions dégrégarisantes ou solitarisantes (densités inférieures au seuil de grégarisation).
<b>Phase transiens</b>	Phase transitoire entre la phase solitaire et la phase grégaire. On distingue le cas des <i>transiens congregans</i> (passage de la phase solitaire à la phase grégaire) des <i>transiens degregans ou dissocians</i> (passage de la phase grégaire à la phase solitaire)
<b>Photopériode</b>	durée du jour, du lever au coucher du soleil.
<b>PLPA</b>	Projet de Lutte Préventive Antiacridienne
<b>Population</b>	ensemble des individus appartenant à un même taxon et présents en un même lieu (biotope). Des sous-populations peuvent être distinguées en fonction des états phénologiques.
<b>Prairies</b>	formations herbeuses denses recouvrent de l'ordre de 100 % les graminéoïdes dominants sont de ports variés : uniculmaires, pluriculmaires, cespiteux...
<b>pseudosteppe</b>	formation herbeuse à faible recouvrement global (< 60 %), les graminées et cypéracées dominantes sont souvent cespiteuses formant de petites touffes.
<b>Recouvrement</b>	rapport de la projection au sol des parties aériennes des végétaux à la surface totale de sol considérée. Le recouvrement est généralement exprimé en pourcentage (%).
<b>Recrudescence</b>	Situation critique au cours de laquelle d'importantes populations acridiennes solitaires se transforment en populations <i>transiens</i> . Une lutte curative vigoureuse est alors nécessaire pour enrayer un possible départ d'invasion.
<b>Région naturelle</b>	unité territoriale écologiquement homogène définie par une gamme de milieux extensifs et spécialisés en proportion constante et répartis selon un mode de distribution caractéristique.
<b>Rémission</b>	période durant laquelle les populations d'une espèce grégariapte se maintiennent très majoritairement en phase solitaire ou faiblement <i>transiens</i> , dans les limites de l'aire grégarigène. Cependant, nombre de signalisations effectuées en période de rémission concernent des populations transiens (dont la grégarité est plus ou moins accusée). L'aire dite de rémission est donc ordinairement plus étendue que l'aire de dispersion des solitaires <i>sensu stricto</i> .

<b>Terme</b>	<b>Définition</b>
<b>Reproduction</b>	ensemble concret d'individus, de cohortes ou de populations appartenant à un même taxon et ayant des développements plus ou moins synchrones. La typologie des reproductions permet d'accéder à la notion de génération.
<b>Sable</b>	en pédologie, élément constitutif du sol dont le diamètre des particules est compris entre 0,05 et 0,5 mm pour les sables fins et entre 0,5 et 2,0 mm pour les sables grossiers.
<b>Sables couverts</b>	formations sableuses où se développe un couvert végétal herbeux annuel ou vivace, limitant les effets de l'érosion éolienne.
<b>Sables vifs</b>	formations sableuses dépourvues de couvert végétal et subissant sans restriction les effets de l'érosion éolienne
<b>Sauteriau</b>	acridien non grégariapte
<b>Savane</b>	formation herbeuse dont le recouvrement basal est inférieur à 80% mais le recouvrement global de l'ordre de 100 %. Les savanes peuvent être herbeuses, buissonneuses, arbustives ou arborées mais le couvert ligneux n'y peut dépasser 75 %.
<b>Saxicole</b>	organisme qui "aime" vivre dans les milieux pierreux ou rocheux.
<b>Seuil de grégarisation</b>	Niveau densitaire au-delà duquel les interactions entre individus induisent des phénomènes de transformation phasaire. Pour le Criquet pèlerin, le seuil de grégarisation pour les imagos est de l'ordre de 500150 individus /ha. Pour le Criquet migrateur, le seuil de grégarisation pour les imagos est de l'ordre de 2 000 individus par ha. Pour le Criquet nomade, le seuil de grégarisation pour les imagos est de l'ordre de 5 000 à 10 000 individus par ha. Il est bien évident que le seuil de grégarisation varie en fonction du stade phénologique de l'acridien et de la structure du tapis végétal des biotopes.
<b>Solitaire</b>	statut phasaire d'une population ou d'un individu vivant en faible densité (inférieure au seuil de grégarisation) depuis au moins deux générations.
<b>Spars</b>	population (solitaire) en faible densité (inférieure voire très inférieure au seuil densitaire de grégarisation).
<b>Standardisation des observations</b>	présentation homogène des observations en choisissant les descripteurs et en fixant les modalités relatives à chaque descripteur. La standardisation des informations vise à l'obtention de blocs homogènes de données ; elle garantit un niveau minimal de qualité mais ne constitue pas un optimum, chaque situation de terrain méritant des compléments descriptifs.
<b>Sténo –</b>	préfixe indiquant une très faible tolérance vis-à-vis d'une condition écologique. Un organisme sténophage a un régime alimentaire très peu varié.
<b>Sténoïque</b>	organisme ayant une très faible tolérance vis-à-vis d'une ou plusieurs conditions écologiques.
<b>Steppe</b>	formation mixte ou rarement herbeuse dont le couvert de la strate herbeuse ne dépasse pas 75 % ; les graminées dominantes sont ordinairement cespiteuses, formant des touffes moyennes ou grosses.
<b>Synécologie</b>	sous-discipline de l'écologie qui étudie les communautés taxonomiques (associations végétales ou animales).
<b>Syntaxon</b>	unité systématique en phytosociologie (association végétale, alliance, ordre, classe).
<b>Taxon</b>	unité systématique (taxonomique) espèce, genre, famille
<b>Transiens</b>	individus ou population en état phasaire transitoire (intermédiaire) entre la phase solitaire et la phase grégaire. Leur grégarité est donc plus ou moins accusée mais elle n'est ni nulle ni totale.
<b>Tropotrophe</b>	milieu subissant de très grandes variations d'humidité cas des mares temporaires, en eaux durant la saison pluvieuse et complètement sèches durant le reste de l'année.

Terme	Définition
<b>Typologie</b>	classement et ordination des individus en catégories polythétiques hiérarchisées. Au sein d'une même unité sont regroupés les individus qui se ressemblent plus entre-eux qu'ils ne ressemblent aux autres sans qu'il soit nécessaire qu'un individu possède tous les caractères descriptifs de la classe pour lui appartenir ni qu'il suffise à un individu de posséder un seul caractère distinctif de la classe pour en faire partie (catégorie polythétique).
<b>UTEH</b>	unité territoriale écologiquement homogène. Plusieurs niveaux d'intégration doivent être pris en considération l'UTEH élémentaire est le biotope c'est à dire le site où se développe une population d'un taxon (espèce ou sous-espèce). La région naturelle est le niveau immédiatement supérieur où le taxon retrouve des biotopes semblables. Le niveau supérieur correspond à la zone éco-climatique, c'est à dire un ensemble de régions naturelles soumises à un même type de climat s'exerçant sur des modelés géomorphologiques voisins.
<b>Vallée fossile</b>	vallée appartenant à un réseau hydrographique constitué dans un passé plus ou moins ancien et sous des conditions climatiques différentes des conditions actuelles. En zone désertique, le réseau hydrographique est ordinairement surdimensionné et localement remodelé, faute d'un écoulement de surface actuellement suffisant.
<b>Variable</b>	donnée descriptive, susceptible de présenter divers états, utilisée pour l'analyse de situation. Après analyse statistique, les descripteurs écologiques initiaux sont reconditionnés et deviennent des variables qui participent à l'analyse des données selon divers protocoles.
<b>Variable complexe</b>	c'est une variable qui, après conditionnement, regroupe l'information initialement fournie par deux ou plusieurs descripteurs élémentaires,
<b>Variable élémentaire</b>	est considérée comme <b>variable élémentaire</b> un descripteur ayant subi un conditionnement (découpage en classes, codification) plus ou moins important,
<b>Variable réduite</b>	dans le cas d'un codage disjonctif complet, chaque variable descriptive est remplacée par une variable réduite n'ayant que deux modalités (oui ou non).
<b>Variable synthétique</b>	variable qui rend compte d'une information obtenue grâce à l'analyse préalable de plusieurs descripteurs (ou variables élémentaires),
<b>Voies privilégiées de déplacement (VDP)</b>	itinéraires que suivent les organismes migrants lors de leurs déplacements. Les VPD correspondent à des chenaux d'écoulement des flux d'air et ont des origines variées même si le relief est un facteur souvent discriminant.
<b>Vol clair</b>	Essaims diffus, de faible densité. Il peut s'agir d'essaims primitifs (faible grégarité) ou d'essaims grégaire en fin de vie et en voie de dispersion.

# **ANNEXES**

## Annexe 1 : Fiche de prospection intensive utilisée par le CNA

### CENTRE NATIONAL ANTI-ACRIDIEN FICHE DE PROSPECTION ACRIDIENNE

#### A Références

Prospecteur : \_\_\_\_\_ N° relevé : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ N° Fiche : \_\_\_\_\_

PA : \_\_\_\_\_ 3. Fivondronana : \_\_\_\_\_ 4. Com. : \_\_\_\_\_

5. Station : \_\_\_\_\_ 6. Latitude : \_\_\_\_\_ S 7. Longitude : \_\_\_\_\_ E 8. Altitude : \_\_\_\_\_  
m

Surf. Station (ou contam) : \_\_\_\_\_ ha Surf prospect. : \_\_\_\_\_ ha Surf. Infestée : \_\_\_\_\_ ha

#### B *Locusta migratoria capito*

##### • Imagos

9. Densité population diffuse : \_\_\_\_\_/ha 10. Densité population groupée : \_\_\_\_\_/m<sup>2</sup>

Accouplement / Ponte

	Néant	Rare	Peu	Beaucoup	Dominant
11. Accplt					
12. Ponte					

13. Captures Nombre d'imagos capturés : \_\_\_\_\_ (50 max) Temps de capture : \_\_\_\_\_ minutes  
(30min max)

Sexe	Phase	A1	A2	A3_1/4	A3_1/2	A3_3/4	A3_4/4	A4	A5
Nombre de Femelles	Solitaires								
	Solitaro-trans.								
	Transiens								
	Grégaires								
Nombre de Mâles	Solitaires								
	Solitaro-trans.								
	Transiens								
	Grégaires								
		A1		A 234					A5

##### • Larves

14. Densité population diffuse : \_\_\_\_\_/ha 15. Densité population groupée : \_\_\_\_\_/m<sup>2</sup>

16. Captures Nombre : \_\_\_\_\_ (75 max)

Phase	L1	L2	L3	L4	L5
Solitaires					
Solitaro-trans.					
Transiens					
Grégaires					

#### C *Nomadacris septemfasciata*

##### • Imagos

17. Densité population diffuse : \_\_\_\_\_/ha 18. Densité population groupée : \_\_\_\_\_/m<sup>2</sup>

Accouplement / Ponte

	Néant	Rare	Peu	Beaucoup
16. Accplt				
17. Ponte				

19. Captures Nombre : \_\_\_\_\_ (30 max)

Sexe	Phase	A1	A2	A3_1/4	A3_1/2	A3_3/4	A3_4/4	A4	A5
Nombre de Femelles	Solitaires								
	Transiens								
	Grégaires								
Nombre de Mâles	Solitaires								
	Transiens								
	Grégaires								

• **Larves**

20. Densité population diffuse : \_\_\_\_\_/ha 21. Densité population groupée : \_\_\_\_\_/m<sup>2</sup> 21. Captures  
(75 max)

Phase	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Solitaires							
<i>Transiens</i>							
Grégaires							

**D\_ Infestations**

Description

	Espèce	Taille			Surf tot ha	Densité			Interdistance
		min	max	moy		min	max	moy	
Tache L									
Bande L									
Vol clair									
Essaim									

Comportement

	Espèce	Repos	Déplac.	Direction		Vent	
				de	Vers	de	vitesse
Tache L							
Bande L							
Vol clair							
Essaim							

**E\_ Végétation**

	a Surf. Rel. (Tot ∑100%)	b H. Moy. (m)	c Rec % (#100%)	d % Verdiss.	e Rep. o R P A D	f Germ. o R P A D	g Feuille o R P A D	h Fleur o R P A D	i Fruit o R P A D	j Sec o R P A D
Sol nu										
37. Strate arborée										
38. Strate arbustive										
39. Strate buissonneuse										
40. Strate herbeuse										
41. Cultures sèches										
42. Cultures hygrophiles										

43. Dégâts sur cultures	Nuls	Faibles	Moyens	Forts	Dominant
-------------------------	------	---------	--------	-------	----------

Humidité du sol S ou H =>	Surf.	0-5cm	5-12 cm	12-30 cm	>30 cm
------------------------------	-------	-------	---------	----------	--------

45. Texture du sol	Argileuse	Limoneuse	Sable fin	Sable grossier	gravier	cailloux	Bloc
O R P A D =>							

46. Ennemis naturels observés

---

**Observation** (Tout événement susceptible de compléter les observations acridiennes et écologiques) :

## Annexe 2 : Fiche de Relevé météorologique mensuel

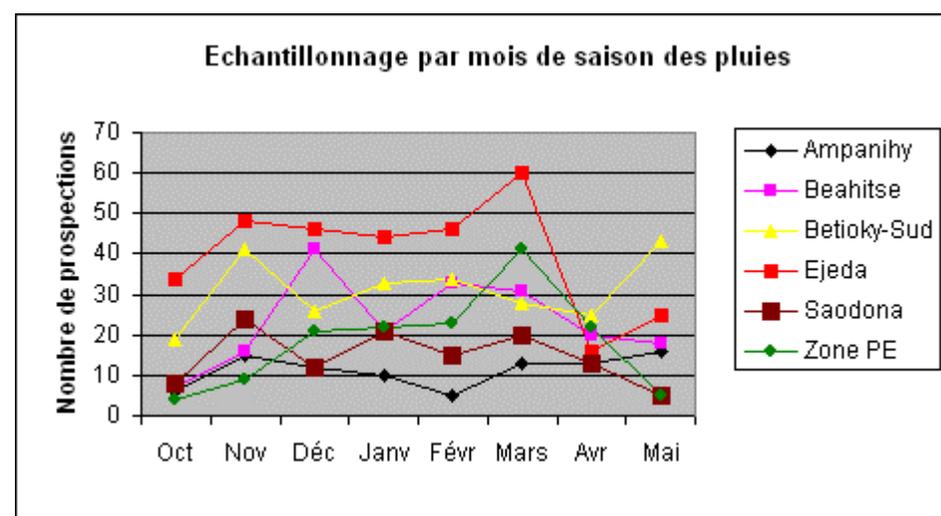
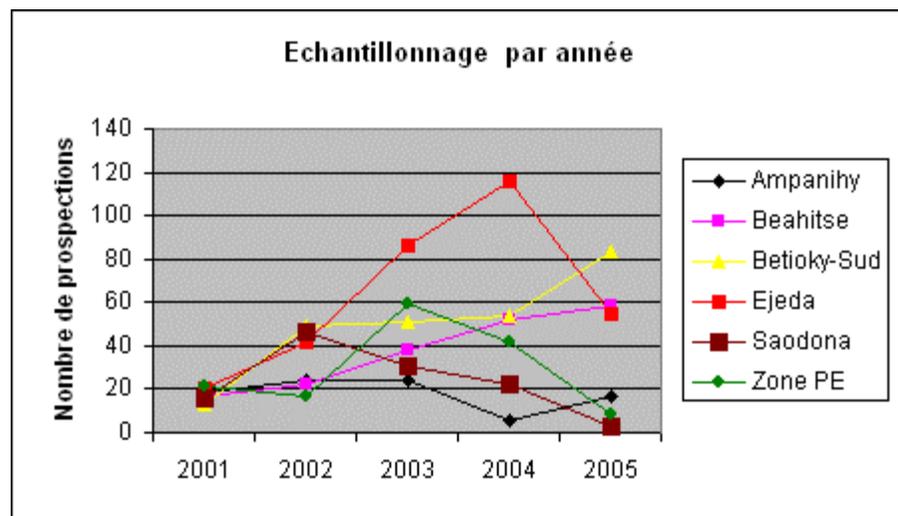
Mois : \_\_\_\_\_ Année : \_\_\_\_\_

Région : \_\_\_\_\_ Zone : \_\_\_\_\_ Station : \_\_\_\_\_  
 Code : \_\_\_\_\_ LAT : \_\_\_\_\_ LNG : \_\_\_\_\_ ALT : \_\_\_\_\_ m Heure : 07h

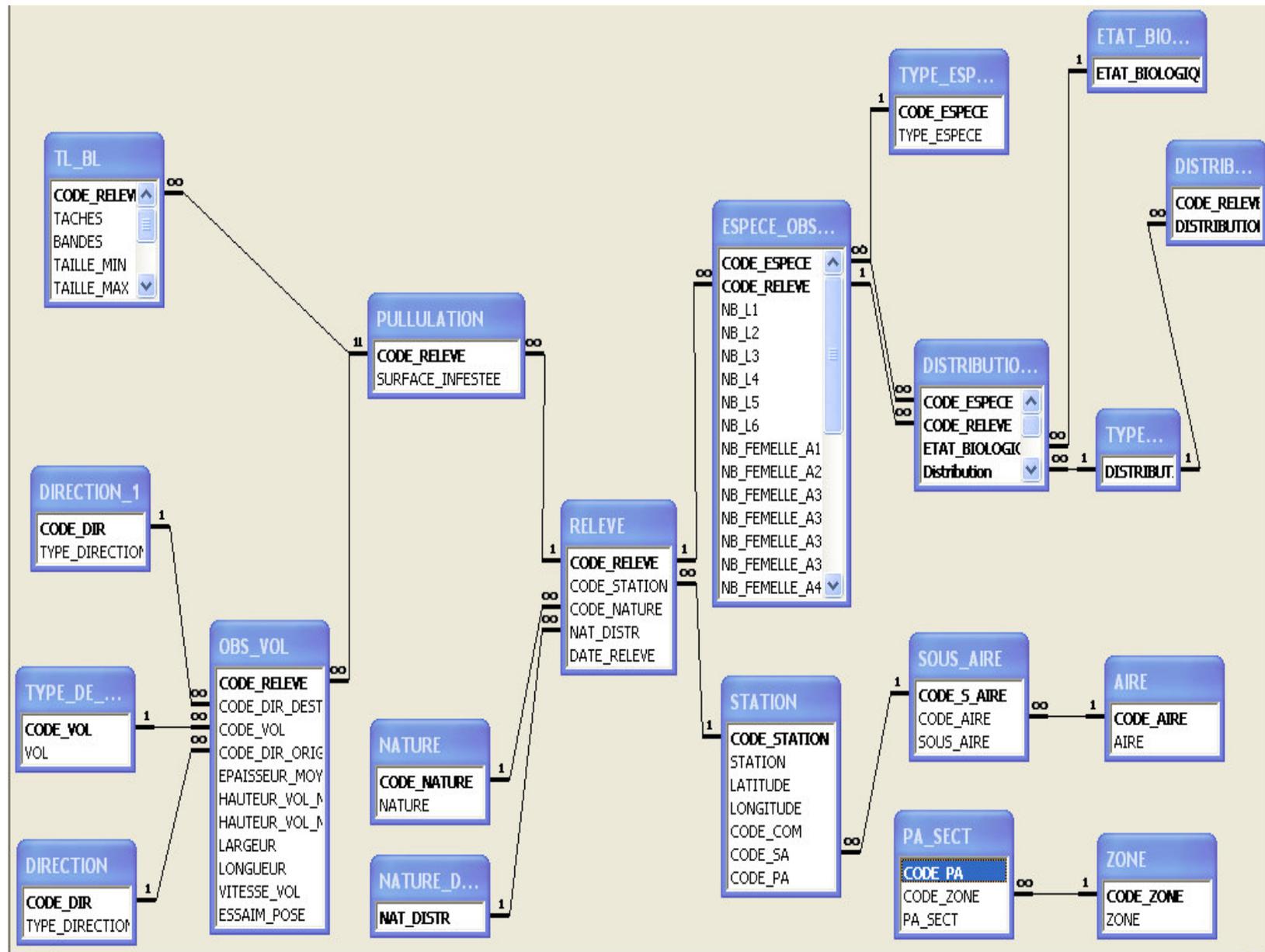
Décade	Jour	P mm	(Pnbj)	Tmin °C	Tmax °C	Tmoy °C	Observations
<b>D 1</b>	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
Min							
Max							
Total =>							Moy (10j)
<b>D 2</b>	11						
	12						
	13						
	14						
	15						
	16						
	17						
	18						
	19						
	20						
Min							
Max							
Total =>							<= Moy (10j)
<b>D 3</b>	21						
	22						
	23						
	24						
	25						
	26						
	27						
	28						
	29						
	30						
31							
Min							
Max							
Total =>							<= Moy (8, 9,10 ou 11j)
<b>Min mens</b>							
<b>Max mens</b>							
Total =>							<= Moy (28,29, 30 ou 31j)

### Annexe 3 : Données acridiennes (CNA) disponibles pour la période 2001 – 2005 dans la zone d'Ejeda

PA	Nb st	Tot	Spluv	Mois	déc	2001	2002	2003	2004	2005	%	Nb prct	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Ss	Juin	Juil	Août	Sept	
Ampanihy	8	5	840	168	21	7	19	24	24	6	17	11	90	6	15	12	10	5	13	13	16	300				
Beahitse	7	5	840	168	21	7	17	22	38	52	58	22	187	7	16	41	21	33	31	20	18	300				
Betioky-Sud	12	5	840	168	21	7	13	49	51	54	83	30	250	19	41	26	33	34	28	25	43	300	1			
Ejeda	16	5	840	168	21	7	20	42	86	116	55	38	319	34	48	46	44	46	60	16	25	300				
Saodona	4	5	840	168	21	7	16	46	31	22	3	14	118	8	24	12	21	15	20	13	5	300				
<b>Total PI Zone</b>	<b>47</b>	<b>25</b>	<b>4800</b>	<b>960</b>	<b>105</b>	<b>35</b>	<b>85</b>	<b>183</b>	<b>230</b>	<b>250</b>	<b>216</b>	<b>23</b>	<b>964</b>	<b>74</b>	<b>144</b>	<b>137</b>	<b>129</b>	<b>133</b>	<b>152</b>	<b>87</b>	<b>107</b>	<b>1500</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Zone PE</b>			<b>600</b>	<b>120</b>	<b>15</b>		<b>21</b>	<b>17</b>	<b>59</b>	<b>42</b>	<b>8</b>	<b>25</b>	<b>147</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>41</b>	<b>22</b>	<b>5</b>	<b>200</b>				
<b>TOTAL 5 ans</b>			<b>4800</b>	<b>960</b>	<b>120</b>	<b>35</b>	<b>106</b>	<b>200</b>	<b>289</b>	<b>292</b>	<b>224</b>	<b>23</b>	<b>1111</b>	<b>78</b>	<b>153</b>	<b>158</b>	<b>151</b>	<b>156</b>	<b>193</b>	<b>109</b>	<b>112</b>	<b>1700</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



## Annexe 4 : Structure de la base de données



## Annexe 5 : Formulaire de saisie des données acridiennes

**A - Références**

CODE\_RELEVÉ:  3. Date de relevé  [Fermer](#)

2. Station  4. Nature propsection

**B- *Locusta migratoria capito*** **C- *Nomadacris septemfasciata*** **D- Infestation**

**Imagos**

**5. Densité population diffuse**

Densité minimum

Densité moyenne

Densité maximum

**6. Densité population groupée**

Densité minimum

Densité moyenne

Densité maximum

7. Accouplement :

**Ba. Capture femelle**

A1	A2	A3_14	A3_24	A3_34	A3_44	A4_14	A4_24	A4_34	A4_44	A5
<input type="text" value="0"/>										

**Bb. Capture mâle**

A1_	A2_3_4	A5_
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Niveau de grégarité des imagos :

**Larves**

**9. Densité population diffuse**

Densité minimale :

Densité moyenne :

Densité maximale :

**10. Densité population groupée**

Densité minimale :

Densité moyenne :

Densité maximale :

L1	L2	L3	L4	L5	L6
----	----	----	----	----	----

## Annexe 6 : Tables

### 6a. Potentiel acridien selon les densités et le niveau de grégarité de population

			Densité en équivalent imago (en individus/ha)								
			0	e-10	10-100	100-500	500-1500	1500-2500	2500-10000	>10000	
niveau de grégarité	1	†	0	1	1	2	6	3	3	3	S
	2	--	0	1	2	2	3	3	3	3	St
	3	-	0	2	2	2	3	3	3	4	T1
	4	=	0	2	2	2	3	3	4	4	T2
	5	+	0	2	2	3	3	3	4	5	T3
	6	++	0	2	2	3	3	3	4	5	G

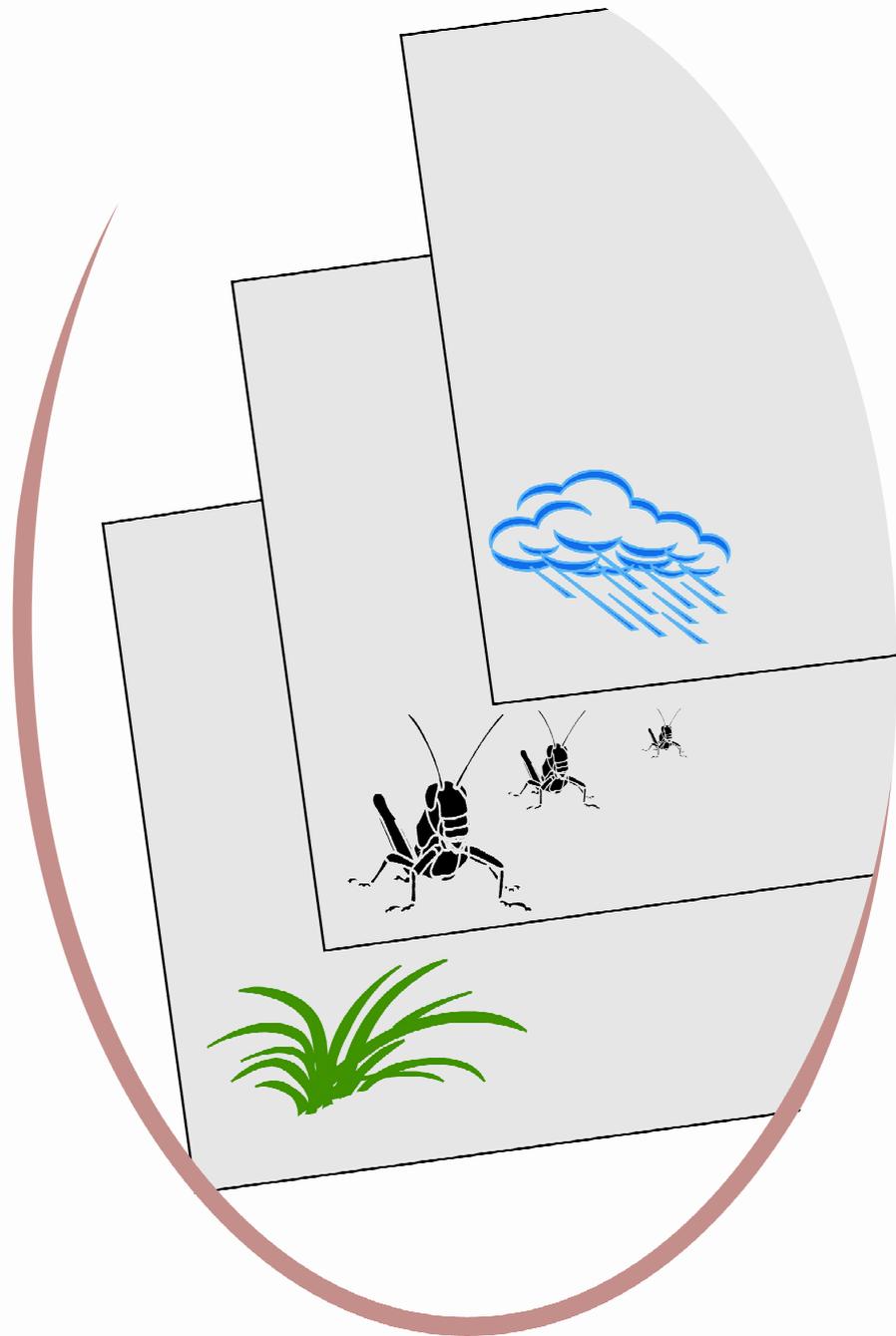
S : solitaires – St : Solitario-transiens – T1 à T3 : transiens de niveau 1 à 3 – G : grégaire

### 6b. Détermination du risque acridien

			Potentiel acridien					
			0	1	2	3	4	5
Potentiel écologique	0	†	0	0	0	1	2	3
	1	--	0	0	1	2	3	3
	2	-	0	1	1	2	3	3
	3	=	0	1	2	3	4	5
	4	+	0	2	3	4	4	5
	5	++	0	2	4	4	5	6

### 6c. Signification des différentes valeurs de potentiel acridien

	Potentiel acridien	Situation acridienne	Lutte
	0	pas de criquet	néant
	1	situation calme	néant
	2	situation menaçante	préventive
	3	situation critique	curative
	4	situation grave	palliative
	5	cataclysme	palliative



**LOGO DU PROJET**

## **RESUME**

Le Criquet migrateur malgache, *Locusta migratoria capito* (Saussure, 1884), est le premier ravageur des cultures de l'île. Le facteur principal de régulation des effectifs est le facteur hydrique. Le regroupement des individus entraîne la formation de pullulations acridiennes. L'évaluation du risque et des surfaces concernées est possible grâce au suivi spatio-temporel des conditions éco-météorologiques. La mise en place d'un système d'avertissement doit permettre au Centre National Antiacridien malgache de mener une lutte préventive rationnelle.

Au cours de ce projet, un outil d'aide à la décision basé sur un SIG a été créé, il permet de définir le risque acridien mensuel. Ce risque résulte de la combinaison de 3 types de données : les composantes dynamiques (données acridiennes et pluviométriques relevées sur le terrain et saisie dans une base Access) et composantes statiques (biotopes acridiens délimités grâce à un travail antérieur de télédétection). Ce travail est réalisé dans une zone pilote (zone d'Ejeda). Grâce à la localisation du risque, la prise de mesures adéquates (surveillance et lutte) est alors possible.

Ce SIG est perfectible, à condition que : 1) les stations d'observations et pluviométriques soient bien choisies et réparties, 2) les observations soient régulières et transmises en temps réel. La saisie des archives permettrait la constitution d'un référentiel, améliorant ainsi le pronostic du risque. A long terme, le dispositif peut intégrer d'autres informations (images NOAA, MétéoSAT, le bilan hydrique du sol, la température...).

Les résultats obtenus dans la zone d'Ejeda ont l'air cohérents. Sa généralisation dans l'Aire grégorigène est possible (objectif du Projet de Lutte Préventive Antiacridienne, financé par la BAD).

## **ABSTRACT**

The Malagasy migratory locust, *Locusta migratoria capito* (Saussure, 1884) is the most important agricultural pest in Madagascar. Rainfall discriminates annual population dynamics. When grouping of solitary individuals occurs, it causes outbreaks of swarms. By monitoring the eco-meteorological conditions, it is possible to locate and assess the locust risk. A forecasting system is the main element for the Malagasy National Locust Centre to run a rational preventive control.

During this training period, a device to help decision (GIS) had been created, it can define the monthly locust risk in pilot area (the Ejeda zone). This evaluation is a combination of 3 kinds of data: the dynamic components (locust and rainfall data coming from the field and capture in a MSAccess database), and the static components (locust habitats mapping before with remote sensing). Thanks to the risk localisation, the appropriate actions (survey or control) can be done quickly.

This GIS is perfectible with: 1) a good distribution and choice of the field and pluviometer stations, 2) and regular observations and real time transmission. The keyboarding of records data can constitute a frame of reference, improving the forecast. In the long term, the system can integrate other informations (NOOA images, MeteoSAT data, hydric assessment, temperature...).

These results, valid for the Ejeda zone, seem coherent. The generalisation of the GIS on this scientific basis is now possible with the financial backing of the African Development Bank Group (Projet de Lutte Préventive Antiacridienne).