

---

# Département Systèmes biologiques (BIOS)

---

## Rapport d'activité 2006-2007 et programme de travail 2007-2008

Appui du CIRAD au Centre National  
Antiacridien malgache dans le cadre du Projet  
de lutte préventive antiacridienne

Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD

Michel Lecoq  
UPR Acridologie

CIRAD-BIOS N° 38/2007

CIRAD-DI  
Unité bibliographique  
Lavalette

Août 2007

CIRAD



\*000088020\*

---

# Département Systèmes biologiques (BIOS)

---

## Rapport d'activité 2006-2007 et programme de travail 2007-2008

Appui du CIRAD au Centre National  
Antiacridien malgache dans le cadre du Projet  
de lutte préventive antiacridienne

Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD

Michel Lecoq  
UPR Acridologie

CIRAD-BIOS N° 38/2007

Août 2007



## Résumé

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre de la convention FOFIFA – CIRAD pour la mise en œuvre par le CIRAD de prestations scientifiques au sein de la composante recherche/formation du Projet de lutte préventive antiacridienne (PLPA), financé par la Banque africaine de développement en appui au Centre national antiacridien malgache. Il fait un point sur l'avancement des travaux à la mi-avril 2007, soit environ à mi-parcours.

Les travaux du CIRAD concernent le développement d'un outil d'aide à la décision pour la surveillance du Criquet migrateur et des études écologiques sur le Criquet nomade.

Concernant les ressources humaines mobilisées par le CIRAD, un ingénieur SIG/télédétection a été recruté et est actuellement en poste à Betioky au sein du CNA (14 mois). Son contrat devrait être prolongé par le CIRAD d'une année en 2008, soit 30 mois au lieu des 20 prévus initialement. Neufs missions d'appui (11,7 mois) ont été réalisées par des chercheurs CIRAD. Deux stagiaires de l'université de Tuléar ont été recrutés, chacun pour une durée de 6 mois. Neufs rapports techniques intermédiaires ont été produits ainsi qu'un mémoire de DEA. L'ensemble des travaux repose également largement sur la collaboration de tout le personnel de terrain du CNA ainsi que des agents de surveillance et de recherche opérationnelle.

Concernant le Criquet nomade, les travaux suivants sont en cours et devront se poursuivre pendant la plus grande partie du projet : études de la dynamique des populations sur 5 stations situées dans des zones géographiques complémentaires, analyse des données d'archives du CNA depuis 2001, réalisation d'enquêtes en milieu paysan dans l'extrême sud de Madagascar, collecte d'échantillons pour une étude du phénomène phasaire chez les imagos et les larves du Criquet nomade. A noter que l'analyse des données d'archives a pris un certain retard suite à des difficultés de gestion de la base de données par les agents du CNA.

Pour le volet concernant la mise en place d'un outil d'aide à la décision pour la surveillance du Criquet migrateur, cette première partie du projet a été essentiellement axée autour de la cartographie des biotopes acridiens par le biais de la télédétection. La collaboration avec l'institut national géographique malgache (FTM) se poursuit normalement. Le travail est bien engagé mais a cependant pris un retard notable lié à des difficultés diverses. Les travaux en cours concernent l'acquisition sur le terrain des données sur les biotopes de chacune des placettes d'entraînement. L'analyse supervisée des images satellite suivra et la cartographie des biotopes du Criquet migrateur est maintenant prévue pour la fin de l'année 2007. La mise au point du SIG devrait se dérouler en 2008.

Malgré la bonne volonté de toutes les parties prenantes, diverses difficultés survenues au cours des travaux de cette première partie du projet ont fait perdre un temps non négligeable et beaucoup d'énergie. On peut évoquer l'insuffisance de véhicules, une circulation de l'information difficile entre les divers partenaires du projet (CIRAD, FOFIFA, CNA), des calendriers de travail respectifs des agents CIRAD et CNA trop souvent incompatibles ne facilitant pas la concertation sur les sujets importants, des infrastructures CNA sur Betioky peu fonctionnelles et des problèmes matériels récurrents (coupures d'électricité, inondations...), de graves problèmes de sécurité informatique (très nombreux virus et vers sur l'ensemble des matériels informatiques du CNA), des erreurs du FTM entraînant d'importants délais, et enfin des problèmes de sécurité des personnes qui, fort heureusement n'ont pas eu de conséquences graves mais ont affecté un moment la bonne marche des travaux.

Au final, les travaux du CIRAD devraient être terminés pour la fin du 3<sup>ème</sup> trimestre 2008 pour remise du rapport final vers le mois d'octobre 2008.

Lecoq M., 2007. *Rapport d'activité 2006-2007 et programme de travail 2007-2008. Appui du CIRAD au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD.* Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. CIRAD-BIOS N° 38/2007. 75 p.

# Table des matières

|                                                                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Résumé .....                                                                                                                      | 2         |
| Table des matières .....                                                                                                          | 3         |
| Tables des illustrations .....                                                                                                    | 4         |
| Figures .....                                                                                                                     | 4         |
| Tableaux .....                                                                                                                    | 4         |
| Liste des abréviations .....                                                                                                      | 5         |
| <b>Introduction .....</b>                                                                                                         | <b>7</b>  |
| <b>1. Activités conduites en 2006-2007 .....</b>                                                                                  | <b>8</b>  |
| <b>1.1. Ecologie du Criquet nomade .....</b>                                                                                      | <b>8</b>  |
| 1.1.1. Ressources humaines .....                                                                                                  | 8         |
| 1.1.2. Les études de la dynamique des populations du criquet nomade .....                                                         | 9         |
| 1.1.3. Etude des phases du criquet nomade .....                                                                                   | 23        |
| 1.1.4. Cadre logique et chronogramme des activités sur le criquet nomade réalisées en 2006-2007 .....                             | 26        |
| <b>1.2. Mise en place d'un outil d'aide à la décision (SIG) et cartographie des biotopes du criquet migrateur .....</b>           | <b>29</b> |
| 1.2.1. Ressources humaines .....                                                                                                  | 29        |
| 1.2.2. Itinéraire méthodologique et chronogramme .....                                                                            | 29        |
| 1.2.3. Recrutement et affectation à Betioky de l'ingénieur SIG / télédétection .....                                              | 31        |
| 1.2.4. La cartographie des biotopes du criquet migrateur .....                                                                    | 31        |
| 1.2.5. Chronogramme des activités réalisées jusqu'à fin juillet 2007 .....                                                        | 41        |
| <b>1.3. Principales difficultés rencontrées .....</b>                                                                             | <b>44</b> |
| <b>2. Programme de travail 2007-2008 .....</b>                                                                                    | <b>47</b> |
| <b>2.1. Etude du Criquet nomade (thème 5) .....</b>                                                                               | <b>47</b> |
| 2.1.1. Objectif .....                                                                                                             | 47        |
| 2.1.2. Personnels .....                                                                                                           | 47        |
| 2.1.3. Travaux .....                                                                                                              | 47        |
| 2.1.3.1. Dynamique des populations .....                                                                                          | 47        |
| 2.1.3.2. Etude des phases du criquet nomade .....                                                                                 | 48        |
| <b>2.2. Mise en place d'un outil d'aide à la décision (SIG) et cartographie des biotopes du Criquet migrateur (thème 6) .....</b> | <b>49</b> |
| 2.2.1. Objectif .....                                                                                                             | 49        |
| 2.2.2. Personnel .....                                                                                                            | 49        |
| 2.2.3. Travaux .....                                                                                                              | 49        |
| 2.2.3.1. Cartographie des biotopes .....                                                                                          | 49        |
| 2.2.3.2. SIG .....                                                                                                                | 50        |
| <b>Conclusions .....</b>                                                                                                          | <b>51</b> |
| <b>Annexes .....</b>                                                                                                              | <b>53</b> |
| Annexe 1. Rapports édités par le CIRAD depuis le début du projet (2005-2007) .....                                                | 53        |
| Annexe 2. Missions d'appui et expert en affectation au sein du CNA (2005-2007) .....                                              | 55        |
| Annexe 3. Tableaux financiers pour 2007-2008 .....                                                                                | 57        |
| Annexe 4. Posters et présentations. ....                                                                                          | 65        |

## Tables des illustrations

### Figures

|                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1. Localisation des sites d'études intensives de la dynamique du criquet nomade .....                                                                                          | 11 |
| Figure 2. Exemple de dynamique des populations du criquet nomade .....                                                                                                                | 12 |
| Figure 3. Exemple d'enregistrement de la température et de l'humidité de l'air.....                                                                                                   | 13 |
| Figure 4. Le pluviomètre installé au voisinage de la station acridienne d'Ankomanga, dans la partie est du plateau de l'Horombe.....                                                  | 14 |
| Figure 5. La station acridienne d'Ankomanga.....                                                                                                                                      | 14 |
| Figure 6. Exemple de carte pluviométrique tracée à partir de la base de données du CNA, vérifiée et corrigée à partir des données du SAP .....                                        | 20 |
| Figure 7. Exemple de carte de répartition des populations de criquet nomade (archives du CNA vérifiées et traitées avec le logiciel Map Info) .....                                   | 20 |
| Figure 8. Localisation géographique des points d'enquête.....                                                                                                                         | 22 |
| Figure 9. Division de l'extrême-sud en 4 grandes régions, suite à l'analyse des résultats des enquêtes. ....                                                                          | 22 |
| Figure 10. Classification des larves de criquet nomade en fonction de leurs caractéristiques pigmentaires (exemple : résultat préliminaire) .....                                     | 25 |
| Figure 11. Larves de criquet nomade de divers états phasaires : solitaire, transiens et grégaire.....                                                                                 | 26 |
| Figure 12. Organigramme de l'itinéraire méthodologique pour le développement d'un SIG d'alerte précoce destiné à la lutte préventive contre le criquet migrateur malgache .....       | 30 |
| Figure 13. Chronogramme prévisionnel du volet SIG criquet migrateur.....                                                                                                              | 31 |
| Figure 14. Les divisions de l'aire grégarigène du criquet migrateur malgache.....                                                                                                     | 37 |
| Figure 15. Localisation des 9 scènes Landsat ayant permis de mettre en évidence une trentaine de type de biotopes et une centaine de régions naturelles dans l'aire grégarigène ..... | 38 |
| Figure 16. Préparation de l'écoringionalisation : 9 MNT acquis, mosaïquage et correction, sortie des réseaux hydrographiques et des bassins versants. ....                            | 39 |
| Figure 17. Ecorégingionalisation : 9 images fausses couleurs mosaïquées, 13 macro-régions d'analyse et environ 100 régions naturelles élémentaires. ....                              | 40 |

### Tableaux

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1. Bilan des prospections réalisées sur les 4 PA du CNA entre janvier 2006 et mars 2007.....                                               | 15 |
| Tableau 2. Les données environnementales collectées (date de début de collecte). ....                                                              | 15 |
| Tableau 3. Bilan des données acridiennes actuellement extraites de la base du CNA pour analyse et des données restant à obtenir. ....              | 18 |
| Tableau 4. Bilan des données pluviométriques mensuelles disponibles.....                                                                           | 18 |
| Tableau 5. Format des données sur le criquet nomade extraites de la base du CNA par la section surveillance. ....                                  | 19 |
| Tableau 6. Cadre logique des activités pour les études sur le criquet nomade .....                                                                 | 27 |
| Tableau 7. Chronogramme des activités réalisées en 2005-2006 et 2006-2007 pour les études sur le criquet nomade et prévisions pour 2007-2008. .... | 28 |
| Tableau 8. Volet SIG : principales étapes de travail et réalisations effectives fin juillet 2007. ....                                             | 31 |
| Tableau 9. Chronogramme des activités réalisées jusqu'en fin juillet 2007 et prévision pour 2007-2008 (thème 6 : SIG/LMC). ....                    | 41 |
| Tableau 10. Récapitulatif des missions CIRAD à Madagascar en 2007-2008 dans le cadre du projet PLPA (composante recherche-formation). ....         | 52 |

## Liste des abréviations

|        |                                                                                                               |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AG     | Aire grégarigène                                                                                              |
| BAD    | Banque africaine pour le développement                                                                        |
| BD     | Base de données                                                                                               |
| CIRAD  | Centre de Coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, France                   |
| CNA    | Centre national antiacridien malgache                                                                         |
| FOFIFA | Centre national de la recherche appliquée au développement rural, Madagascar                                  |
| FTM    | Institut géographique national malgache                                                                       |
| LMC    | <i>Locusta migratoria capito</i> (criquet migrateur)                                                          |
| MNT    | Modèle numérique de terrain                                                                                   |
| NSE    | <i>Nomadacris septemfasciata</i> (criquet nomade)                                                             |
| PCLA   | Projet de contribution à la lutte antiacridienne (projet d'appui au CNA financé par la France de 2000 à 2003) |
| PLPA   | Projet de lutte préventive anti-acridienne de la BAD                                                          |
| SIG    | Système d'information géographique                                                                            |
| SROE   | Section de recherche opérationnelle et environnementale du CNA                                                |
| VIE    | Volontaire international en entreprise                                                                        |



# Introduction

Dans le cadre d'une convention avec le FOFIFA - signée fin août 2005 - le CIRAD est chargé de la mise en œuvre de prestations scientifiques au sein de la composante recherche/formation du Projet de lutte préventive antiacridienne (PLPA), financé par la Banque africaine de développement en appui au Centre national antiacridien.

Les travaux entrepris par le CIRAD ont les objectifs suivants :

- Renforcer les connaissances sur l'écologie du Criquet nomade (*Nomadacris septemfasciata*) afin d'améliorer la stratégie de surveillance et de lutte.
- Développer un outil de surveillance et d'aide à la décision, de type SIG, permettant de détecter en temps utile les zones à haut risque de pullulation du Criquet migrateur (*Locusta migratoria capito*). Il s'agit de fournir l'outil de base permettant de conduire efficacement les opérations de lutte préventive et ainsi d'optimiser le cadre opérationnel d'utilisation des insecticides ou des produits alternatifs en cours de développement (biopesticides...). La mise au point de cet outil - fondé sur des connaissances scientifiques acquises antérieurement<sup>1</sup> - est la prolongation des travaux développés par le CIRAD dans le cadre du Projet Français de Contribution à la Lutte Antiacridienne (PCLA) de 2001 à 2003. Il inclut, en particulier, une cartographie des biotopes du Criquet migrateur sur toute son aire régaligène.

Les activités du CIRAD dans le cadre du projet PLPA sont réalisées en étroite collaboration avec le FOFIFA et le CNA. Le responsable de la section de recherche opérationnelle et environnementale du CNA (SROE), Christian Rejela, est le point focal pour les activités de recherche au sein du projet PLPA et, en particulier, pour toutes les actions destinées à mettre en place un système de lutte préventive au sein du CNA. Il est donc le correspondant privilégié des personnels du CIRAD impliqués dans le projet. Il s'agit de Jean-François Duranton et d'Aurélia Decherf en charge des activités liées au développement du SIG et à la cartographie des biotopes du Criquet migrateur, et de Michel Lecoq et My-Hanh Luong-Skovmand en charge des activités liées aux recherches sur le Criquet nomade dans le sud de Madagascar.

Aurélia Decherf - ingénieur en environnement - recrutée par le CIRAD depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2006 est en poste à Betioky pour une durée de deux années. Elle joue le rôle de représentant permanent du CIRAD au sein du projet PLPA. J.F. Duranton, M. Lecoq et M. Luong-Skovmand interviennent sous la forme de missions d'appui. L'ensemble des travaux nécessite une étroite collaboration avec les personnels du CNA, en particulier ceux de la section surveillance ainsi que la participation des chefs de postes et des chefs de zones acridiens.

La convention FOFIFA – CIRAD a été signée en août 2005. La fin de l'année 2005 a été consacrée par le CIRAD à la préparation de son intervention : recrutement de l'expert junior, préparation du rapport initial du projet, réalisation d'une première mission de mise en place des activités du CIRAD sur le terrain au sein du CNA, préparation des missions de terrain des experts CIRAD et préparation de l'installation de l'expert junior CIRAD à Betioky, dans les locaux du CNA.

Un premier programme de travail pour 2005-2006 était inclus dans le rapport initial du projet de décembre 2005 et un second pour 2006-2007 dans le rapport d'activité de la première année réalisé en août 2006. Les divers travaux engagés - conformément à ces programmes - ont fait l'objet d'une large concertation avec la Direction du CNA, la Direction technique, la Section recherche opérationnelle et environnementale et la Section surveillance, et bien sûr le FOFIFA.

---

<sup>1</sup> Launois M., 1973. *Le service d'avertissement antiacridien à Madagascar. Conception et réalisation*. Etudes biologiques. Projet PNUD-FS /FAO MAG 70/523 - Recherche sur le Criquet migrateur malgache. Rapport MML/BIO/9. FAO, Rome.

Tétefort J.-P., 1973. *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. Rapport UNDP (SF) AML/MET/4. FAO, Rome.

Le présent rapport fait le point de l'avancement des travaux au 31 juillet 2007, soit presque deux ans après le démarrage effectif des activités de terrain (première mission de mise en place des travaux en novembre-décembre 2005 et rédaction du rapport initial décrivant les premières mesures prises par le CIRAD remis en début 2006).

Le plan de ce rapport reprend celui du rapport initial et du rapport d'avancement des travaux pour 2005-2006. Les travaux réalisés en 2006-2007 s'inscrivent dans la suite logique de ceux engagés en 2005-2006. Ils concernent à la fois les études écologiques sur le Criquet nomade (thème 5 du projet PLPA) ainsi que le développement d'un SIG et la cartographie des biotopes du Criquet migrateur malgache (thème 6).

Les principales difficultés rencontrées sont également soulignées ainsi que les raisons de divers retards par rapport au planning prévisionnel.

Enfin, le présent rapport trace également les grandes lignes des actions devant être réalisées en 2007-2008 – jusqu'à la fin du projet – et indique, en annexe, le calendrier prévisionnel des personnels clés du projet et les tableaux financiers pour cette même période.

## **1. Activités conduites en 2006-2007**

### **1.1. Ecologie du Criquet nomade**

L'objectif des travaux entrepris est de renforcer les connaissances sur l'écologie du Criquet nomade (*Nomadacris septemfasciata*) afin d'améliorer la stratégie de surveillance et de lutte. Deux volets d'activités sont en cours de réalisation sur ce thème : l'étude de la dynamique des populations et l'étude du phénomène phasaire chez cette espèce.

#### **1.1.1. Ressources humaines**

Les travaux sont réalisés sous la coordination de deux experts CIRAD en étroite liaison avec la section surveillance du CNA et sa section recherche opérationnelle, et grâce au recrutement de ressources humaines supplémentaires (stagiaires, prospecteurs, manœuvres...).

Sur ce thème, six missions d'experts seniors du CIRAD à Madagascar ont été réalisées depuis le début du projet :

En 2005-2006 :

- M. Lecoq du 6 au 28 novembre 2005
- M. Lecoq du 27 mars au 22 avril 2006
- M. Luong-Skovmand du 3 au 25 mai 2006

En 2006-2007 :

- M. Lecoq du 5 novembre au 3 décembre 2006
- M. Luong-Skovmand du 12 novembre au 3 décembre 2006
- M. Lecoq du 10 au 28 avril 2007

Pierre-Emmanuel Gay, information CIRAD, a participé activement au traitement des données d'archives du CNA sur le Criquet nomade, données pluviométriques et données acridiennes.

Deux stagiaires de l'université de Tuléar ont été recrutés, chacun pour une période de 6 mois :

- Arsène Indriambelo, étudiant en DEA recruté d'avril à septembre 2006 pour la réalisation d'enquêtes sur le Criquet nomade dans l'extrême sud (il va être recruté pour une nouvelle période de 4 mois de septembre à décembre 2007)

- Abdou Chamouine, stagiaire recruté de mi-novembre 2006 à mi-mai 2007 pour la conduite d'observations de terrain sur les caractéristiques phasaires des larves de Criquet nomade ( il va être recruté pour une nouvelle période de 3 mois de février à mai 2008)

Un prospecteur expérimenté a été recruté à plein temps sur Betioky pour la durée du projet :

- Victor Randrianantenaina, depuis le 1<sup>er</sup> décembre 2005, pour assurer des observations sur la station d'Ankiliarivo à environ 5 km au sud de la ville. Il s'agit d'un prospecteur très expérimenté, formé par des agents du CIRAD, et ayant déjà travaillé durant trois années sur le Criquet nomade dans le cadre du projet PCLA financé par la coopération française de 2001 à 2003.

Par ailleurs, les chefs PA du CNA ont été mobilisés pour réaliser des prospections supplémentaires (un maximum de 3 par mois) et des captureurs ont été recrutés à la journée chaque fois que nécessaire pour faciliter la collecte des échantillons de criquets.

A. Decherf, ingénieur CIRAD en poste à Betioky, a assuré le suivi des activités et, en particulier, veillé au paiement régulier des différents personnels impliqués (personnel CNA, stagiaires, manoeuvres, prospecteurs....).

### 1.1.2. Les études de la dynamique des populations du Criquet nomade

Ces études doivent permettre, en particulier, de préciser les liens entre la pluviométrie, les migrations saisonnières et les taux de reproduction du Criquet nomade.

**Les objectifs opérationnels** sont une meilleure prise en compte du Criquet nomade par la section surveillance du CNA (dans son SIG d'alerte précoce), le perfectionnement du bulletin du CNA sur ce sujet, une formation complémentaire des prospecteurs sur la dynamique du Criquet nomade, la mise à disposition d'une documentation actualisée sur cette espèce et enfin, l'adaptation de la fiche actuelle de prospection du CNA pour la partie concernant le Criquet nomade.

**Les activités entreprises** en conformité avec le programme de travail concernant essentiellement :

- la dynamique des populations sur cinq localités clés du sud-ouest (3 sites de reproduction de saison des pluies, une zone de refuge de saison sèche et une zone intermédiaire),
- l'analyse des archives du CNA sur le Criquet nomade pour la période 2001-2007,
- et la réalisation d'enquêtes de terrain en milieu paysan pour préciser la régionalisation du sud malgache en fonction de l'écologie et de la dynamique des populations du Criquet nomade.

### A - Suivi de la dynamique des populations du Criquet nomade sur cinq localités clés

Un réseau d'observation de la dynamique des populations du Criquet nomade a été mis en place. Il est constitué de 5 stations d'observation :

- Trois stations au sein de la zone principale de reproduction de saison des pluies :
  - **Ankalirano**, à côté du village de Beomby, dépendant du chef de poste acridien (PA) de Behahitse (zone d'Edjeda) ;
  - **Besatra**, dépendant du chef PA de Betioky (zone d'Edjeda), située à 7km au sud de Betioky.
  - **Ankiliarivo**, à 5 km de Betioky, station classique étudiée depuis de nombreuses années en particulier dans le cadre du projet PCLA.
- Une station située dans la partie nord-est de la zone de reproduction de saison des pluies, à la limite des zones intermédiaires (assurant la transition entre les zones refuge de saison sèche et la zone de reproduction principale de saison des pluies) :
  - **Fotadrevo**, dépendant du chef PA d'Edjeda (un chef PA sera affecté sur place en 2006), située à 2km de la ville de Fotadrevo.



- Une station située dans les aires refuge de saison sèche :
  - **Ankomanga**, située à 12 km au sud de Betroka, dépendant du chef PA de Betroka (zone de Ihosy).

Ankalirano, Besatra, Fotadrevo et Ankomanga sont suivies par des chefs de poste acridien (PA) du CNA. La station d'Ankiliarivo est suivie par le prospecteur recruté spécialement par le CIRAD.

Sur toutes ces stations des données sont collectées concernant à la fois la densité (larves et imagos) et la structure des populations larvaires et imaginaires de Criquet nomade ainsi que quelques paramètres météorologiques : pluies et températures. Les fiches d'observations utilisées sont les fiches habituelles du CNA.

Sur Ankiliarivo – station implantée spécialement par le CIRAD - les prospections ont commencé dès le 1er décembre 2005 et se poursuivent depuis tout à fait normalement. Ces observations sont effectuées deux fois par semaine par le prospecteur qui observe d'une manière détaillée la densité et la structure des populations larvaires et imaginaires de criquets nomades. Ces observations, d'excellente qualité, n'ont actuellement subi aucune interruption depuis plus d'un an et demi. Elles devraient se poursuivre jusqu'au début de la saison sèche 2008 afin de disposer d'un bloc de données suffisant couvrant environ trois saisons des pluies complètes (et donc trois générations de criquets nomades).

Sur les autres stations – Ankalirano, Besatra, Fotadrevo, Ankomanga – les observations sont réalisées tous les 5 jours. Elles sont conduites par les chefs PA du CNA, respectivement les chefs PA de Beahitse, Betioky, Fotadrevo et Betroka dans le cadre de leur travail normal et régulier de prospection demandé par le CNA. Le CIRAD assure de son côté le financement de prospections supplémentaires, soit 2 prospections par décennie au lieu d'une seule en temps normal. Divers matériels de collecte ont été mis à disposition des prospecteurs : filets et sacs de capture, flacon à cyanure. Du personnel de terrain supplémentaire (manœuvres à la journée) est également recruté ponctuellement pour collecter des criquets nomades et renforcer ainsi l'intensité d'échantillonnage sur ces stations.

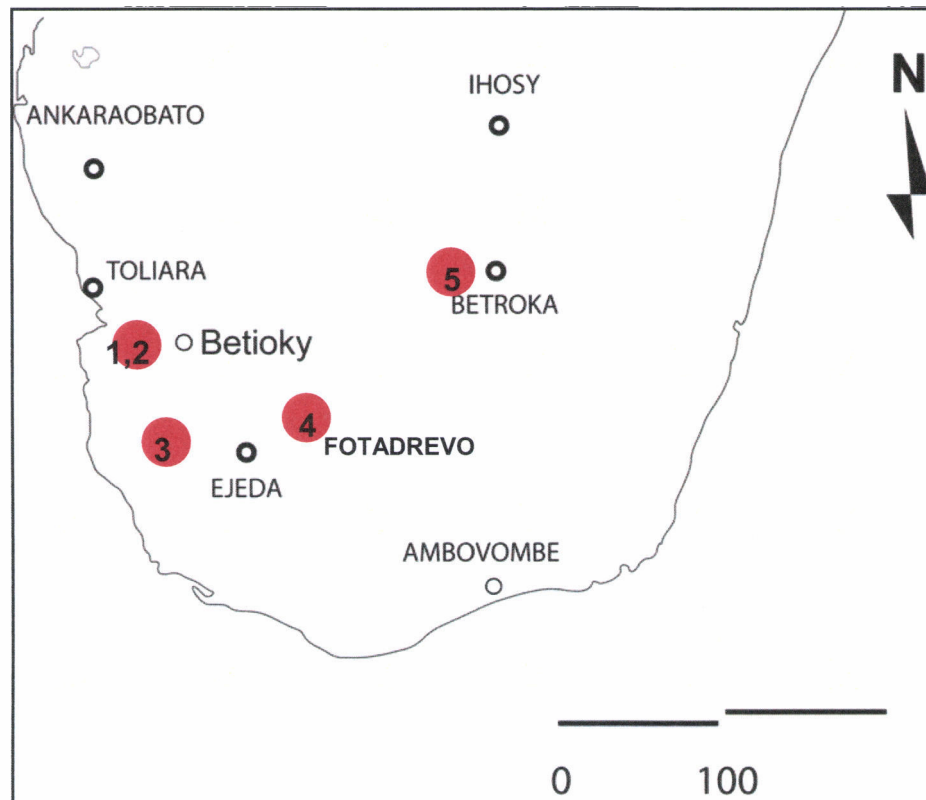
Dans certains cas des thermohygromètres enregistreurs ont été installés au voisinage des stations d'étude. Ils sont actuellement en fonctionnement à Ankiliarivo (zone principale de reproduction), Fotadrevo (zone intermédiaire) et Betroka (zone refuge de saison sèche).

Chaque station dispose par ailleurs d'un pluviomètre et d'un thermomètre minima/maxima. Sur Besatra et Fotadrevo les relevés pluviométriques sont réalisés par des observateurs du CNA. Sur Ankiliarivo, Ankalirano et Ankomanga les relevés météorologiques sont réalisés par un observateur recruté spécialement par le CIRAD (prospecteur pour Ankiliarivo, agent de santé local pour Ankalirano, directrice de l'école locale pour Ankomanga).

Chaque station est régulièrement visitée par les experts du CIRAD afin de suivre l'évolution des travaux, collecter les données, vérifier le bon fonctionnement des matériels et du dispositif dans son ensemble.

Le financement de tous ces travaux est assuré par le CIRAD (pour ce qui est des observations non réalisées normalement par le CNA) et les fonds mis à disposition du CNA par l'ingénieur CIRAD en poste à Betioky.





**Figure 1. Localisation des sites d'études intensives de la dynamique du Criquet nomade :**  
1, Besatra ; 2, Ankiliarivo ; 3, Ankalirano ; 4, Fotadrevo ; 5, Ankomanga.

NB. Thermohydrographes enregistreurs installés sur Ankiliarivo (2),  
Fotadrevo (4) et Ankomanga (5).

Globalement, le travail progresse normalement. Cependant, divers problèmes subsistent pour maintenir entièrement opérationnel ce réseau d'étude de la dynamique des populations du Criquet nomade. **Les principaux problèmes** rencontrés résident :

(1) dans la difficulté à maintenir des observations régulières pendant la saison sèche, période pourtant importante pour la compréhension de la dynamique des populations du Criquet nomade,

et

(2) dans la mise à disposition irrégulière d'avances de fonds aux chefs PA du CNA pour le recrutement de personnel temporaire local.

Pour la station d'Ankiliarivo, directement financée par le CIRAD, la régularité des prospections n'a pas posé de problème. Par contre, pour les stations dépendantes du CNA, pour la période de janvier 2006 à mars 2007, un premier bilan effectué en avril 2007 a donné les résultats suivants :

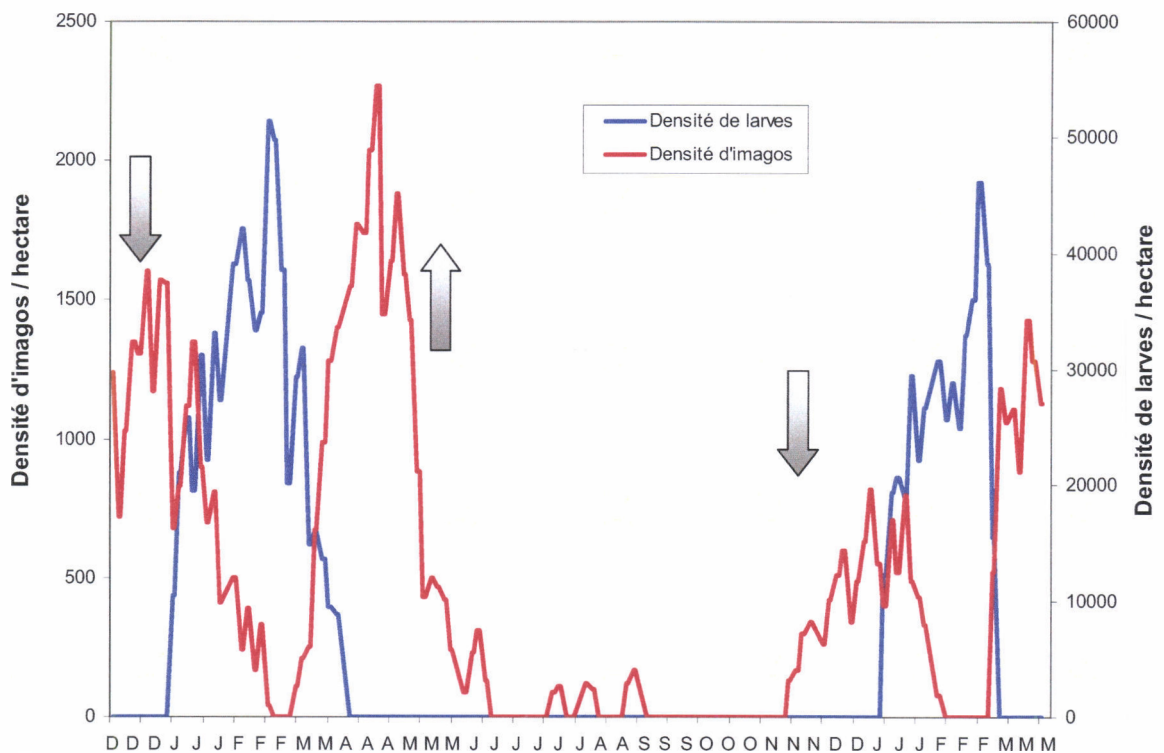
|            |                                                       |
|------------|-------------------------------------------------------|
| Besatra    | 39 prospections réalisées dont 14 supplémentaires     |
| Ankalirano | 57 prospections réalisées dont 27 supplémentaires     |
| Ankomanga  | 76 prospections réalisées dont 37 supplémentaires     |
| Fotadrevo  | 30 prospections réalisées dont aucune supplémentaire. |

Sur chaque station, pour la période considérée, 45 prospections supplémentaires avaient été demandées. Au total, 78 prospections supplémentaires ont été réalisées sur 180 demandées. Les raisons du faible nombre de prospections supplémentaires réalisées sont diverses : pannes de moto, absence de carburant, implantation du chef de poste acridien à Fotadrevo retardée, congés du personnel...

Il a été demandé qu'à l'avenir, ces prospections soient, si possible, assurées par le CNA d'une manière plus régulière et d'essayer au maximum de maintenir des prospections même en saison sèche (tout particulièrement sur Ankomanga), et de faire que les avances de fonds soient mises en temps utile à disposition des chefs PA.

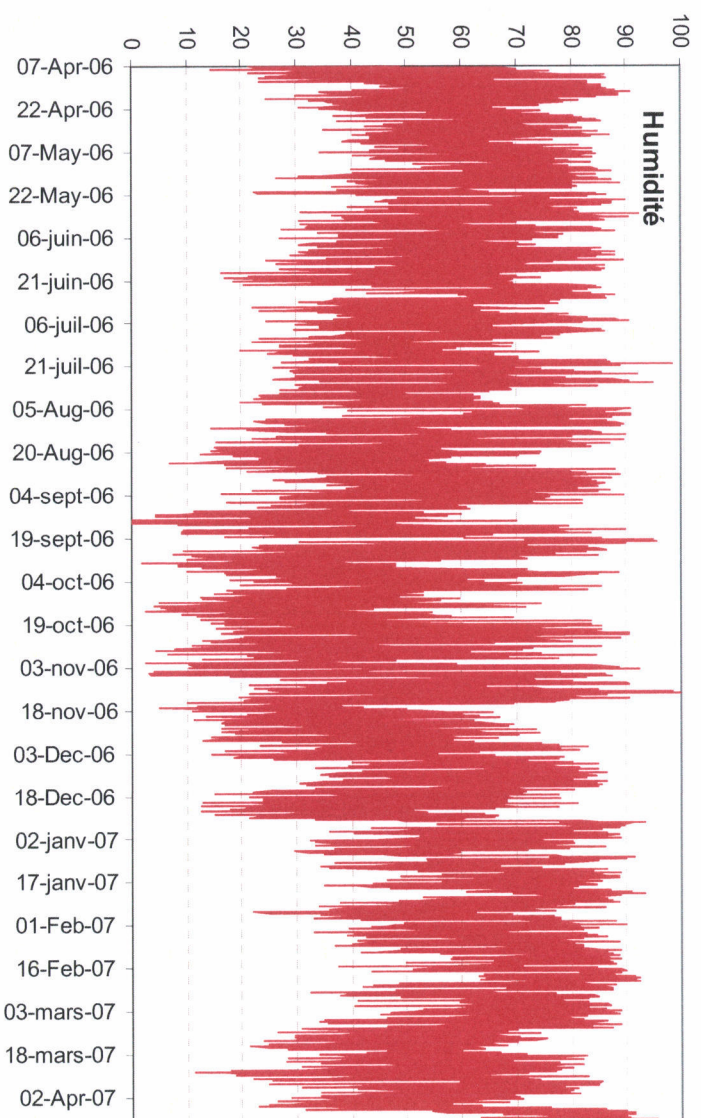
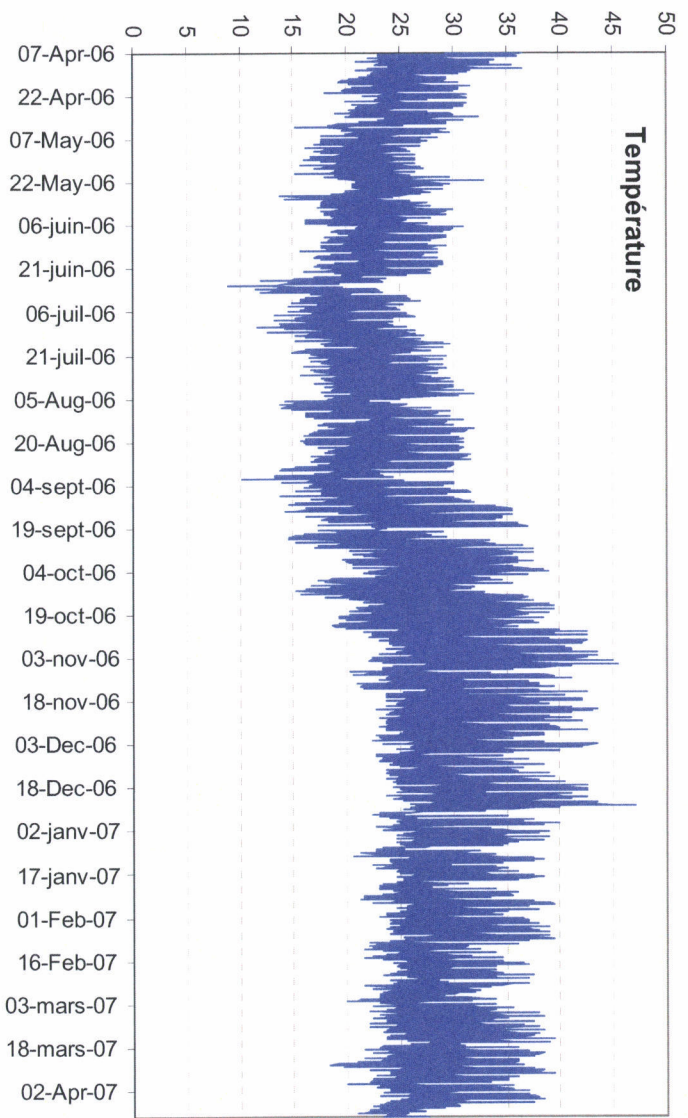
Les fiches de prospections reçues des chefs PA et ZA sont stockées au niveau du service de surveillance. Elles sont généralement informatisées de suite ou en fin de mois. La charge de travail des agents de la surveillance fait que parfois les fiches peuvent stagner assez longtemps avant d'être saisies et il a fallu parfois procéder à une sélection manuelle des fiches concernées et à leur saisie informatique aux fins d'analyse.

L'exploitation de ces données est réalisée régulièrement de façon à disposer d'un bilan périodique de la qualité des informations reçues. Malgré les difficultés sur certaines stations, il devrait être possible, en fin de projet, de disposer d'un bon ensemble d'informations permettant de renforcer significativement nos connaissances de la dynamique du Criquet nomade.



**Figure 2. Exemple de dynamique des populations du Criquet nomade : évolution des densités de larves et d'imagos sur la station d'Ankiliarivo de décembre 2005 à mars 2007.**

Les flèches soulignent les apports et départs massifs de populations d'ailés. Les imagos allochtones, arrivés avec les premières pluies massives, se reproduisent sur place. Les larves sont observées de janvier à mars. Les jeunes ailés de la génération fille émigrent en mai. Le site est complètement déserté pendant la saison sèche.



**Figure 3. Exemple d'enregistrement de la température et de l'humidité de l'air (site d'Ankiliarivo, avril 2006 à avril 2007, 1 enregistrement par heure).**

De tels enregistrements permettront des comparaisons entre les conditions météorologiques subies par les criquets nomades dans les aires refuge de saison sèche (Ankomanga) et dans les aires de reproduction (Ankiliarivo). Aucune donnée précise n'était à ce jour disponible.





**Figure 4. Le pluviomètre installé au voisinage de la station acridienne d'Ankomanga, dans la partie est du plateau de l'Horombe.**

Les relevés journaliers sont effectués par la directrice de l'école locale.



**Figure 5. La station acridienne d'Ankomanga.**

Des prospections régulières sont effectuées deux fois par décade, par le chef PA du CNA, pour suivre la dynamique des populations du Criquet nomade dans cette zone refuge de saison sèche.



Tableau 1. Bilan des prospections réalisées sur les 4 PA du CNA entre janvier 2006 et mars 2007.

|   | Besatra |     |     |     |     |     | Ankalirano |     |     |     |     |     | Ankomanga |     |     |     |     |     | Fotadrevo |     |     |     |     |     |
|---|---------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
|   | D1a     | D1b | D2a | D2b | D3a | D3b | D1a        | D1b | D2a | D2b | D3a | D3b | D1a       | D1b | D2a | D2b | D3a | D3b | D1a       | D1b | D2a | D2b | D3a | D3b |
| J | X       | X   |     |     | X   | X   | X          |     | X   | X   | X   | X   | X         | X   | X   | X   | X   | X   |           |     | X   | X   |     |     |
| F |         | X   | X   | X   | X   | X   |            |     |     |     | X   | X   | X         | X   | X   |     | X   | X   |           | X   |     | X   |     | X   |
| M | X       | X   | X   | X   | X   | X   | X          | X   | X   | X   | X   | X   | X         | X   | X   | X   | X   | X   |           | X   |     | X   |     | X   |
| A |         |     | X   |     | X   |     | X          | X   | X   | X   | X   | X   | X         | X   | X   | X   |     |     |           |     | X   |     | X   |     |
| M |         |     |     | X   |     | X   | X          | X   | X   | X   | X   | X   |           |     | X   | X   | X   | X   |           |     |     |     | X   |     |
| J |         | X   |     | X   |     |     | X          | X   | X   | X   |     |     | X         | X   | X   | X   | X   | X   |           | X   |     | X   |     |     |
| J | X       | X   |     | X   |     |     |            |     |     |     |     |     | X         | X   | X   | X   | X   |     |           |     | X   |     |     |     |
| A |         |     | X   | X   | X   | X   |            |     |     |     |     |     |           |     |     |     | X   | X   |           |     |     |     |     |     |
| S |         |     |     |     |     |     |            |     |     |     |     |     | X         | X   | X   |     |     |     |           |     |     |     |     |     |
| O | X       | X   | X   | X   |     |     | X          | X   | X   | X   | X   | X   | X         | X   | X   | X   | X   | X   |           | X   |     | X   |     | X   |
| N |         |     |     |     |     |     | X          | X   | X   | X   | X   | X   | X         | X   | X   | X   | X   | X   |           | X   |     | X   |     | X   |
| D |         |     | X   | X   |     |     | X          | X   | X   | X   | X   | X   | X         | X   | X   | X   | X   | X   |           | X   |     | X   |     | X   |
| J | X       |     |     |     | X   |     | X          | X   | X   |     |     |     | X         | X   | X   | X   | X   | X   |           | X   |     | X   |     | X   |
| F |         |     |     |     |     |     |            |     |     |     | X   | X   | X         | X   | X   |     |     |     |           | X   |     |     |     |     |
| M |         |     | X   | X   | X   |     | X          | X   | X   | X   |     |     | X         | X   | X   | X   | X   | X   |           | X   |     | X   |     | X   |

NB. Pour la station d'Ankiliarivo, suivi par un prospecteur recruté par le CIRAD, des données bi-hebdomadaires sont obtenues régulièrement depuis décembre 2005 sans interruption.

Tableau 2. Les données environnementales collectées (date de début de collecte).

|                                                        | Betioky (Besatra) | Ankiliarivo | Ankalirano | Ankomanga | Fotadrevo |
|--------------------------------------------------------|-------------------|-------------|------------|-----------|-----------|
| Pluies                                                 | 12/2005           | 4/2006      | 3/2006     | 6/2006    | ?         |
| Température                                            | -                 | 4/2006      |            | 4/2006    | ?         |
| Humidité                                               | -                 | 4/2006      |            | 4/2006    | ?         |
| Thermohydrographe enregistreur                         | -                 | 4/2006      | -          | 4/2006    | 11/2006   |
| Vent (direction et force)                              | 12/2005           | -           | -          | ?         | -         |
| Végétation (hauteur et % de verts, herbes et arbustes) | 10/2006           | 4/2006      | 9/2005     | 10/2005   | 11/2006   |

NB. Thermohygromètre installé en avril 2006 sur Ankomanga et Ankiliarivo, en novembre 2006 sur Fotadrevo.

## B - Analyse des archives sur le Criquet nomade pour la période 2000-2007

L'analyse des archives du CNA de 2001 à 2007 doit permettre, pour différentes stations du sud-ouest, régulièrement échantillonnées et réparties aussi bien dans l'aire principale de reproduction du Criquet nomade que dans les aires de reproduction secondaire, les aires refuge et les aires limites, de déterminer divers paramètres clés de la reproduction (taux de réussite du développement embryonnaire, du développement larvaire, de la reproduction dans son ensemble...) et d'étudier les corrélations avec des séquences d'événements pluviométriques.

Le travail d'extraction des informations sur le Criquet nomade contenues dans la base de données Accés du CNA a commencé dès novembre 2005 et s'est poursuivi depuis lors en collaboration avec la section surveillance du CNA. Les principales étapes de ce travail sont les suivantes :

(1) **Bilan des données** acridiennes disponibles au CNA depuis sa création ainsi que des données pluviométriques sur l'ensemble du SW (cartes isohyètes mensuelles et décadaires).

(2) **Obtention et vérification des bases de données** sur le Criquet nomade : correction des erreurs de transcription ou de saisie, élimination ou correction des données aberrantes, des doublons<sup>2</sup>...) nécessitant la mise en œuvre de divers tests de cohérence interne (nombreux recoupements, tris par type de variable, par station, par ordre chronologique, par numéro de relevé, réalisation de divers graphiques...) et une lecture attentive de toutes les informations et parfois un retour aux fiches originales.

(3) **Etude de la dynamique des populations et corrélation avec les pluies**. Sur les stations les mieux et les plus fréquemment prospectées, la dynamique des populations pourra être reconstituée donnant la possibilité de calculer divers paramètres démographiques : les densités maximales de larves et d'imagos, le pourcentage moyen de solitaires et d'individus à tendance grégaire, la date des premières éclosions, le taux de réussite du développement embryonnaire, le taux de réussite du développement larvaire, le taux de réussite de la reproduction dans son ensemble. Ces paramètres seront cartographiés et les cartes réalisées pour chaque année biologique (octobre à septembre). Il sera ensuite procédé à une analyse comparée des situations acridiennes et des conditions pluviométriques afin de préciser l'impact des pluies sur les concentrations d'imagos en début de saison des pluies ainsi que sur la réussite de la reproduction et donc les pullulations.

### Etat d'avancement :

Les travaux avec le personnel de la section surveillance du CNA sur les archives récentes ont permis :

- de rassembler et commencer à analyser les données pluviométriques mensuelles des 5 dernières années (collecte et vérification des données, tracés des cartes isohyète...) (voir figure 5),
- d'extraire de la base de données CNA les informations utiles pour le Criquet nomade (tableau 5) et de commencer à les analyser (collecte et vérification des données, graphiques de dynamique des populations pour certaines stations prospectées intensivement, cartes de distribution mensuelles des populations du Criquet nomade, larves et ailés (voir figure 6).

Concernant les **données pluviométriques**, la base du CNA s'est révélée peu fiable. Il a fallu collecter les bulletins du SAP (Service d'alerte précoce) contenant les informations pluviométriques validées pour de nombreuses localités du sud. Ces données ont été comparées aux données du CNA. Une base de données pluviométriques originale a été constituée résultant de la fusion de diverses sources d'information (tableau 4). L'ensemble des cartes isohyètes mensuelles de 2002 à novembre 2006 a été tracé et vérifié. D'autres sources d'informations pluviométriques sont encore recherchées, en particulier celle de HASYMA à Tuléar.

Les données concernant les échantillonnages de **populations du Criquet nomade** réalisés par le CNA ont été particulièrement laborieuses à obtenir et ne sont encore que partiellement extraites de la base du CNA. Ces données résultent du travail régulier réalisé par les chefs PA (prospections intensives) et ZA

<sup>2</sup> La même fiche de prospection arrive au service de surveillance en deux exemplaires transmis à des dates différentes, l'un par le chef de poste acridien (PA), l'autre par le chef de zone acridienne (ZA) avec son rapport mensuel.

(prospections extensives). Les informations sont, depuis la création du CNA, recueillies sur des fiches standardisées transmises à la section surveillance à Betioky qui procède à la saisie informatique des informations et à leur stockage dans une base de données ACCES.

Les données des années 2001-2002 (1207 prospections), 2002-2003 (957 prospections), 2003-2004 (1204 prospections), 2004-2005 (1461 prospections) et 2005-2006 (1416 prospections) ont maintenant été obtenues, vérifiées et sont en cours d'analyse (tableau 3). Les données de la saison 2006-2007 seront collectées lors de la prochaine mission de terrain prévue pour novembre 2007. Ces bases de données comportent à la fois les prospections intensives réalisées par les chefs PA du CNA et les prospections extensives des chefs ZA. On peut donc estimer qu'il s'agit de l'ensemble de l'information sur la situation acridienne collectée par le CNA de 2001 à 2007 sur le Criquet nomade dans le Sud qui pourra être analysée.

Il convient de remarquer que ces données n'ont pu être obtenues qu'après de nombreuses difficultés. L'extraction des informations de la base du CNA, commencée dès novembre 2005, a dû se poursuivre jusqu'en avril 2007.

A titre d'exemple des difficultés rencontrées, les données de 2005-2006, obtenues une première fois en novembre 2006 grâce à la section surveillance, se sont avérées fausses (extraction erronée à partir de la base). Une nouvelle version a été obtenue en mars 2007 qui, après de nouvelles vérifications, s'est de nouveau révélée non fiable. Une version stabilisée et fiable de cette base de données n'a pu être obtenue du service surveillance qu'en avril, lors d'une mission de terrain d'un expert CIRAD.

Ces péripéties de l'obtention des informations d'archives du CNA à partir de la base de données se sont répétées à de très nombreuses reprises depuis le début du projet. L'absence fréquente des personnels ou responsable de la section surveillance pendant les missions CIRAD, associée aux difficultés manifestes rencontrées par ces derniers pour la gestion de la base de données, ont entraîné des difficultés insoupçonnées au départ et des pertes de temps considérables. Chaque année de données a dû faire l'objet de multiples extractions et vérifications avant de pouvoir aboutir à un ensemble de fiabilité à peu près assurée. Faut-il souligner que ces données ont dû ensuite faire encore l'objet de nombreuses vérifications pour rectifier si possible les erreurs de saisie, les doublons – résultat d'une mauvaise gestion de la base – ainsi que les incohérences manifestes résultant vraisemblablement d'un manque de formation de certains prospecteurs.

Par ailleurs, pour de nombreuses stations prospectées, les coordonnées géographiques n'étaient pas mentionnées dans la base de données du CNA, rendant ces informations inexploitable. Il a fallu procéder à un long travail pour récupérer ces informations. Elles ont pu être en partie obtenues soit auprès des personnels de la section surveillance (carnets de notes personnels), soit auprès des chefs PA et ZA (carnets de notes personnels également), soit directement sur le terrain en allant prospecter les stations en question.



**Tableau 3. Bilan des données acridiennes actuellement extraites de la base du CNA pour analyse et des données restant à obtenir.**

| <b>Années</b> | <b>Remarques : données de septembre année n à août année n+1</b>                                                |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2000-2001     | Données disponibles mais non exploitables (peu de données et format différent de celui des années postérieures) |
| 2001-2002     | 1027 enregistrements (1 enregistrement = 1 prospection)                                                         |
| 2002-2003     | 957 enregistrements                                                                                             |
| 2003-2004     | 1204 enregistrements                                                                                            |
| 2004-2005     | 1461 enregistrements                                                                                            |
| 2005-2006     | 1416 enregistrements                                                                                            |
| 2006-2007     | A extraire de la base à partir de septembre 2007                                                                |
| 2007-2008     | Seront prises en compte si possible avant la fin du projet.                                                     |

NB. Ces données recouvrent à la fois les prospections intensives des chefs PA et les prospections extensives des chefs ZA.

**Tableau 4. Bilan des données pluviométriques mensuelles disponibles (hauteur et nombre de jours de pluie).**

| <b>Années</b> | <b>Remarques : données de septembre année n à août année n+1</b>        |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 2000-2001     | -                                                                       |
| 2001-2002     | -                                                                       |
| 2002-2003     | septembre 2002 à août 2002 (manque le bulletin SAP de février 2003)     |
| 2003-2004     | septembre 2003 à août 2004                                              |
| 2004-2005     | septembre 2004 à août 2005                                              |
| 2005-2006     | septembre 2005 à août 2006                                              |
| 2006-2007     | septembre 2006 à novembre 2006 (à compléter à partir de septembre 2007) |
| 2007-2008     | Seront prises en compte si possible avant la fin du projet.             |

N.B. Pour tous les mois de septembre 2002 à novembre 2006, les cartes isohyètes ont été tracées dans un SIG (Map Info) et vérifiées. Elles sont donc maintenant exploitables pour l'étude des corrélations avec la dynamique du Criquet nomade.

**Tableau 5. Format des données sur le Criquet nomade extraites de la base du CNA par la section surveillance.**

**Variables caractérisant le relevé :**

|              |                              |
|--------------|------------------------------|
| Année        | Année d'observation          |
| Mois         | Mois d'observation           |
| Décade       | Décade d'observation         |
| DATE_RELEVÉ  | Date du relevé               |
| Code_PA      | Code du poste acridien       |
| Station      | Nom de la station            |
| CODE_STATION | Numéro de code de la station |
| CODE_RELEVÉ  | Numéro de code du relevé     |
| LATITUDE     | Latitude de la station       |
| LONGITUDE    | Longitude de la station      |

**Variables caractérisant la population acridienne :**

|                |                                                                       |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------|
| L1             | Nombre de larves de stade 1                                           |
| L2             | Nombre de larves de stade 2                                           |
| L3             | Nombre de larves de stade 3                                           |
| L4             | Nombre de larves de stade 4                                           |
| L5             | Nombre de larves de stade 5                                           |
| L6             | Nombre de larves de stade 6                                           |
| Distribution_L | Type de distribution de la population larvaire (diffuse ou groupée)   |
| DENSITE_L      | Densité de larves par hectare (ou m <sup>2</sup> si groupé)           |
| S              | Nombre de larves de phase solitaire                                   |
| T              | Nombre de larves de phase transiens                                   |
| G              | Nombre de larves de phase grégaire                                    |
| A1             | Nombre d'imagos femelles à téguments mous                             |
| A2             | Nombre d'imagos femelles à téguments durs en pré-vitellogénèse        |
| A3 14          | Nombre d'imagos femelles à téguments durs, vitellogénèse 1/4          |
| A3 24          | Nombre d'imagos femelles à téguments durs, vitellogénèse 1/2          |
| A3 34          | Nombre d'imagos femelles à téguments durs, vitellogénèse 3/4          |
| A3 44          | Nombre d'imagos femelles à téguments durs, vitellogénèse 4/4          |
| A4 14          | Nombre d'imagos femelles ayant pondu, vitellogénèse 1/4               |
| A4 24          | Nombre d'imagos femelles ayant pondu, vitellogénèse 2/4               |
| A4 34          | Nombre d'imagos femelles ayant pondu, vitellogénèse 3/4               |
| A4 44          | Nombre d'imagos femelles ayant pondu, vitellogénèse 4/4               |
| A5             | Nombre d'imagos femelles d'aspect âgé                                 |
| A1b            | Nombre d'imagos mâles à téguments mous                                |
| A2b            | Nombre d'imagos mâles à téguments durs, aspect jeune                  |
| A5b            | Nombre d'imagos mâles d'aspect âgé                                    |
| Distribution_A | Type de distribution de la population imaginaire (diffuse ou groupée) |
| DENSITE_A      | Densité d'imagos par hectare                                          |
| S              | Nombre de larves de phase solitaire                                   |
| T              | Nombre de larves de phase transiens                                   |
| G              | Nombre de larves de phase grégaire                                    |

NB. Les premières analyses montrent que la qualité des informations collectées est de qualité très variable selon les variables concernées. Ainsi, les informations sur la phase des populations sont très généralement inexploitables. Celles concernant l'état phénologique des populations imaginaires sont parfois sujettes à caution (confusion entre différents stades liés sans doute à une difficulté à reconnaître les débuts de vitellogénèse ainsi que les femelles ayant pondu).

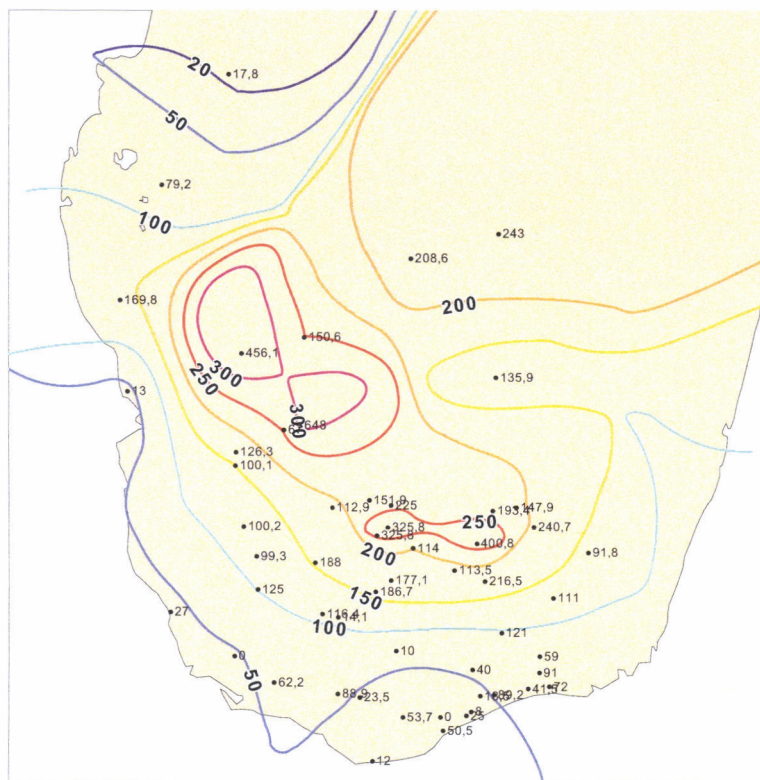


Figure 6. Exemple de carte pluviométrique tracée à partir de la base de données du CNA, vérifiée et corrigée à partir des données du SAP (logiciel Map Info) (carte de décembre 2005).

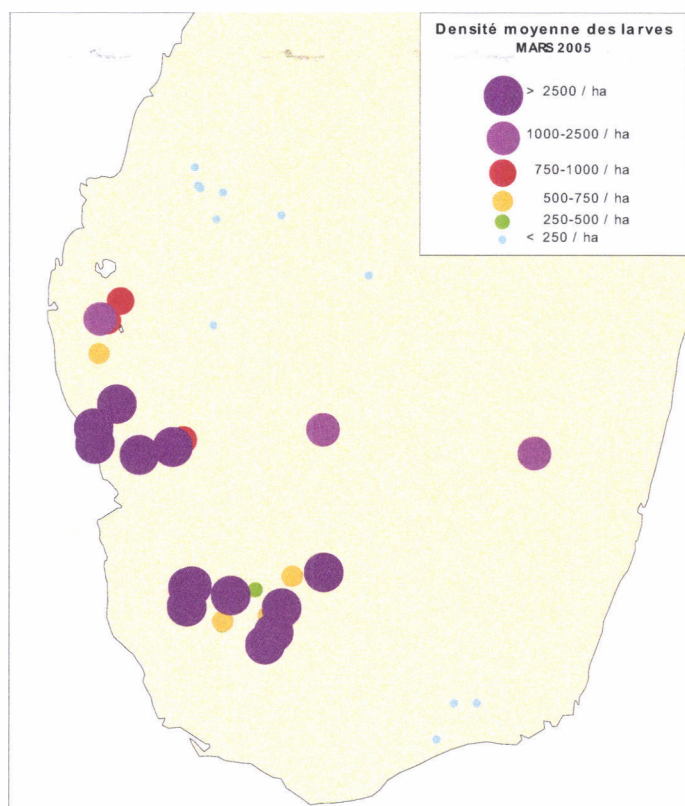


Figure 7. Exemple de carte de répartition des populations de Criquet nomade (archives du CNA vérifiées et traitées avec le logiciel Map Info) (carte de mars 2005).



## C - Enquêtes de terrain en milieu paysan

L'objectif est de rassembler des informations sur le Criquet nomade (en particulier son cycle biologique) dans les diverses régions du sud-ouest de Madagascar. Ces enquêtes doivent permettre de compléter celles déjà réalisées de 2001 à 2003 dans le cadre du projet PCLA sur une partie seulement du Sud-Ouest.

Un étudiant en DEA de l'université de Tuléar, Arsène Indriambelo, a été recruté d'avril à septembre 2006 pour la réalisation de ces enquêtes dans l'extrême sud : sud du plateau Mahafaly, plateau Karimbola et Androy, cirque Manambien, ce qui correspond à l'ensemble de la zone d'Ambovombe du CNA, la bordure ouest de la zone d'Edjeda, la bordure sud de la zone de Ihosy et les bordures sud et est de la zone d'Ampanihy.

Le stage et les déplacements ont été réalisés en étroite concertation avec la direction du CNA et les chefs ZA et PA. La formation du stagiaire – basé à Betioky - a été assurée par le CIRAD qui a mis à sa disposition les informations nécessaires pour lui permettre d'être opérationnel rapidement sur le terrain :

- informations sur les criquets en général, sur le Criquet migrateur et le Criquet nomade à Madagascar ;
- visite de stations à Criquet nomade et discussion avec les prospecteurs sur les méthodes utilisées pour le suivi de la dynamique des populations ;
- discussion du protocole d'enquête et explications détaillées sur la fiche d'enquête et ses différents paramètres ;
- élaboration du planning du stage et des différents itinéraires d'enquête en collaboration avec le chef de la SROE ;
- avance de fonds et remise du matériel nécessaire : fiches d'enquête, cahier, bloc note, classeur à anneaux, stylos, documentation générale sur le Criquet nomade et sur les enquêtes, GPS (Garmin 12), cartes routière (Madagascar 1/2 000 000<sup>ème</sup>, Ampanihy 1/500 000<sup>ème</sup>), couche entomologique avec échantillons de criquets nomades ; ordinateur portable, appareil photographique numérique Pentax Optio E-10 ; par ailleurs, un kit de camping a été mis à disposition par le CNA ;
- remise d'une documentation importante concernant les criquets et les résultats des précédentes enquêtes de terrain sur le Criquet nomade.

Les coûts du stage ont été couverts par le CIRAD qui a encadré, géré et payé directement l'étudiant.

Globalement, l'étudiant a effectué un excellent travail de terrain. Cent deux villages ont été visités et 471 personnes interrogées totalisant un ensemble de 105 points d'enquête (figure 8). Les données collectées ont été vérifiées et analysées en collaboration avec l'étudiant.

Ce travail a permis de préciser le cycle biologique du Criquet nomade dans les régions visitées, ses migrations saisonnières, ses habitats préférés ainsi que l'amplitude de ses dégâts aux cultures. Les informations recueillies complètent harmonieusement les résultats d'enquêtes précédentes réalisées en d'autres régions de Madagascar. Elles permettent, en particulier, de préciser la division de l'extrême sud malgache en plusieurs zones écologiques complémentaires fonctions du cycle biologique du Criquet, de l'amplitude moyenne de sa reproduction et de ses déplacements saisonniers (figure 9).

Un appui a été apporté à l'étudiant tant pour affiner l'analyse de ses données que pour améliorer la rédaction de son mémoire de DEA. La soutenance doit se tenir à Tuléar. Prévue initialement en avril 2007, elle a dû être reportée à novembre 2007 pour diverses raisons pratiques liées aux difficultés de la situation locale (pannes d'électricité à répétition, grèves à l'université...). Le mémoire de DEA est cependant d'ores et déjà disponible et a été diffusé (Indriambelo, 2006).

Les résultats obtenus ayant été très intéressants et l'étudiant ayant donné entière satisfaction pour ce délicat travail de terrain, il est envisagé de le recruter de nouveau pour une période de 4 mois – de septembre à décembre 2007 – pour poursuivre les enquêtes dans la région de Manja et Befandriana, Beroroha, du Zomadao et d'Ikalamavony.





Figure 8. Localisation géographique des points d'enquête.

Noms des villages et limites des quatre régions distinguées a priori au sein de la zone d'étude.

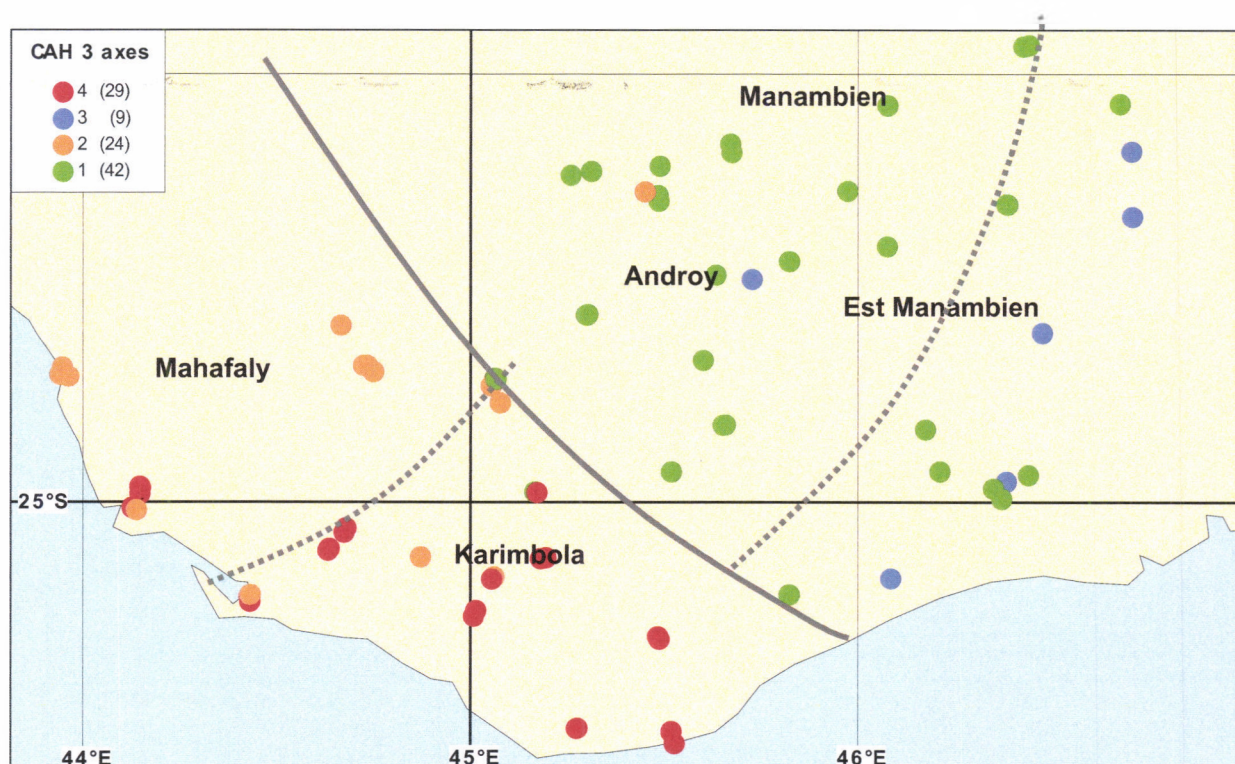


Figure 9. Division de l'extrême sud en 4 grandes régions, suite à l'analyse des résultats des enquêtes.

Chaque point d'enquête est représenté par une couleur en fonction de son appartenance à une classe de biotope (type d'habitat et cycle biologique du Criquet nomade dans chacun d'eux).



### 1.1.3. Etude des phases du Criquet nomade

Cette étude doit permettre de préciser les caractéristiques (en termes de morphométrie et de coloration) des phases solitaire et grégaire, aussi bien chez les imagos que chez les larves. Les objectifs opérationnels sont l'adaptation de la fiche de prospection pour le Criquet nomade et un complément de formation des prospecteurs sur la reconnaissance des phases chez cette espèce.

Ces travaux s'appuient sur les acquis du projet PCLA : critères morphométriques utiles pour caractériser les phases précises du Criquet nomade, présence de la phase grégaire vraie démontrée à Madagascar, seuil de transformation phasaire estimé aux environs de 10 000 imagos/ha mais restant à préciser (en particulier chez les larves), critères pigmentaires encore mal cernés en particulier pour caractériser la phase chez les larves.

Les travaux entrepris dans le cadre du présent projet reposent sur des échantillonnages d'imagos et de larves dans des situations densitaires variées, sur l'ensemble du sud-ouest, et sont réalisés grâce à la participation de tout le personnel de terrain du CNA (chefs ZA et PA).

Les activités suivantes sont en cours :

#### A - Etude de la phase chez les imagos du Criquet nomade

L'objectif est de préciser les relations entre l'état phasaire d'une population de Criquet nomade et sa densité afin de permettre aux prospecteurs une meilleure appréciation de la situation acridienne. On cherche en particulier à relier les caractéristiques morphométriques des individus (E, F, C) à leur densité au moment de la mue imaginale ainsi qu'à la densité subie au cours du développement larvaire.

Cette étude repose sur des échantillonnages de populations à certaines périodes clés de l'année. Il s'agit de collecter, sur un maximum de sites du Sud-Ouest, des échantillons de jeunes criquets nomades autochtones (nés sur place) dont le développement larvaire aura été parfaitement suivi.

Un premier échantillonnage a été réalisé en mars 2006.

Il a été demandé aux 24 chefs PA du CNA, à l'occasion d'une prospection habituelle, de collecter fin mars/début avril – dès l'apparition des nouveaux imagos – environ 40-50 imagos de criquets nomades. Il s'agissait d'individus ailés devant être collectés dès leur apparition, peu de temps après la mue imaginale, afin d'être certain qu'il s'agisse d'individus autochtones (nés sur place) et non pas de migrants venant d'ailleurs. Les criquets ont été collectés sur une ou deux stations où le développement larvaire a été régulièrement suivi en saison des pluies et où les densités larvaires ont été régulièrement notées.

La collecte a été réalisée à l'occasion de la prospection habituelle d'une station régulièrement visitée par les chefs PA. Ces derniers ont pu se faire aider pour ces collectes par des manœuvres recrutés localement et payés par le CIRAD.

Les individus, tués dans un flacon à cyanure, ont été placés sur une couche entomologique et expédiés au centre technique du CNA à Betioky pour étude par les experts du CIRAD (mesure de la longueur des élytres, du fémur postérieur, du pronotum et de la largeur de la tête).

Le matériel nécessaire pour cette étude a été mis à disposition du CNA par le CIRAD. Tous les chefs de poste acridien ont reçu :

- flacons à cyanure de potassium pour tuer les criquets,
- trousse à dissection (1 paire de ciseaux, 2 pinces) pour vider les criquets et faciliter leur conservation,
- 20 couches entomologiques (5/station) pour stocker les criquets morts,
- 2 boîtes en carton pour stocker les couches,
- 3 filets pour capture d'insectes,
- 3 sacs de capture,
- 1 fiche de présence à signer par le captureur après les récoltes.



Les informations pour la collecte ont été données aux chefs de poste acridiens par le responsable de la section de recherche opérationnelle et environnementale du CNA (SROE). Un document justifiant l'étude, décrivant le protocole ainsi que les procédures de collecte, de conservation et d'expédition des échantillons a été réalisé et distribué aux chefs ZA et PA.

Les dépenses supplémentaires pour la bonne conduite de cette étude ont été couvertes par le CIRAD et les captureurs rémunérés à la journée immédiatement après la collecte.

Le bilan de la première opération de collecte en mars 2006 a montré que – pour diverses raisons - seuls les PA de Sakaraha, Ranohira, Ejeda, Betioky et Ihosy ont participé à cette opération, soit la moitié environ de ce qui était escompté. En moyenne, une cinquantaine de criquets ont été prélevés dans chaque station. Divers problèmes de conservation, d'étiquetage et d'expédition des échantillons se sont posés. Diverses améliorations ont été suggérées pour que les collectes soient réalisées d'une manière plus efficace. Au final environ 250 échantillons seulement ont été prélevés dans 5 situations densitaires larvaires différentes pour cette première campagne de collecte.

Une autre campagne de collecte a été réalisée, en fin 2006, sur les vieux imagos allochtones arrivant sur les stations de reproduction en début de saison des pluies. Ces collectes ont été réalisées en novembre, au moment où les populations allochtones sont arrivées sur les stations de reproduction et commencent à pondre. On suppose que l'on devrait, dans ce cas, observer une homogénéisation des caractéristiques phasaires des populations liée à un brassage, en cours de saison sèche d'individus nés dans des conditions de développement très variées. Au cours de cette deuxième campagne de collecte seuls 289 échantillons ont été prélevés.

Compte tenu des investissements réalisés – financiers, matériels (expédié depuis la France), ainsi qu'en formation et information – on pouvait espérer que la plupart des chefs PA du CNA pourraient collecter environ 40 individus. Au vu des résultats des deux premières campagnes de collecte en début et fin de saison des pluies 2006-2007 et des difficultés (sans doute sous-estimées) pour obtenir un nombre suffisant d'échantillons, il a été décidé de ne pas poursuivre cette opération en 2007-2008.

## **B - Etude de la phase chez les larves du Criquet nomade**

Cette étude repose sur l'utilisation de critères pigmentaires pour caractériser la phase des larves du Criquet nomade.

L'objectif est de préciser les relations entre l'état phasaire d'une population larvaire de Criquet nomade (caractéristiques pigmentaires essentiellement) et sa densité.

Le travail consiste à collecter sur un maximum de sites du Sud-Ouest, des échantillons de larves, de mesurer la densité de la population et de noter, sur un échantillon d'une trentaine d'individus, les caractéristiques pigmentaires.

Le principe et les modalités de réalisation de cette étude ont été définis. Pour différentes populations larvaires il convient de noter : densité de la population larvaire (larves/m<sup>2</sup>), stade de chaque larve observée, caractéristiques pigmentaires des larves selon une procédure codifiée.

Un document pouvant servir de base pour cette étude a été réalisé à partir de photographies de larves du Criquet nomade montrant la diversité des colorations pouvant être rencontrées dans la nature, dans des populations isolées comme dans des populations groupées. Une méthode de codification de la pigmentation a été établie et une fiche d'observation conçue.

Pour la réalisation de l'étude un assistant du département de biologie de l'université de Tuléar - Abdou Chamouine - a été recruté pour une période de 6 mois, de mi-novembre 2006 à mi-mai 2007.

Les observations viennent de se terminer à la mi-avril 2007. Elles ont été conduites avec l'appui des PA et ZA du CNA dans des localités variées afin de bénéficier d'un maximum de diversité quant aux densités des populations acridiennes observées et à leur état phasaire.

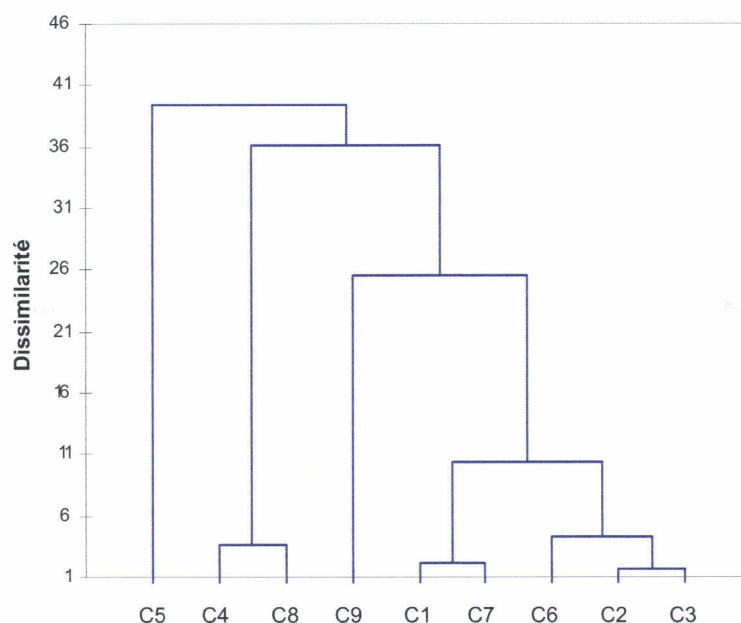
Pour chaque population larvaire échantillonnée (au moins 30 larves), il a été noté :

- localité, coordonnées, date
- densité de la population larvaire (larves/m<sup>2</sup>),
- caractéristiques de la végétation (type, hauteur, recouvrement) et du sol (type).
- stade de chaque larve observée,
- caractéristiques pigmentaires des larves selon une procédure codifiée.
- chaque larve est photographiée.

Les premières études réalisées sur un échantillon restreint ont permis de tester les procédures d'analyse et de montrer la possibilité de distinguer clairement au sein des populations larvaires étudiées, différentes classes pigmentaires pouvant être rattachées aux pôles solitaire, grégaire et transiens ; ce dernier est très hétérogène et peut recouvrir 4 à 7 classes différentes (figures 10 et 11).

Une deuxième campagne de terrain sera réalisée lors de la prochaine saison des pluies, de février à mai 2008.

Pour cette étude une synthèse finale des résultats sera effectuée à l'issue du projet avec les prospecteurs qui bénéficieront à cette occasion d'une formation complémentaire sur le Criquet nomade. Des critères précis seront définis pour caractériser les phases du criquet. Des fiches de reconnaissances illustrées de nombreuses photos des divers types pigmentaires seront mises à disposition du CNA et de ses personnels de terrain (PA et ZA).

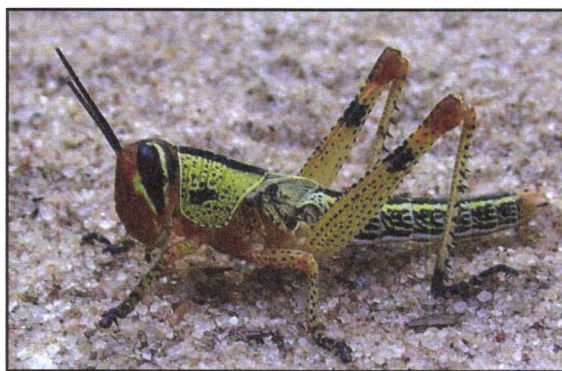


**Figure 10. Classification des larves de Criquet nomade en fonction de leurs caractéristiques pigmentaires (exemple : résultat préliminaire).**

9 classes sont ici distinguées (C1 à C9) allant des solitaires aux grégaires types en passant par 7 classes d'individus transiens. L'analyse de l'ensemble des résultats devrait permettre de distinguer seulement quelques classes de larves, bien caractérisées par leur état phasaire, et pouvant être facilement identifiées par les prospecteurs du CNA.



Larve solitaire  
(dernier stade)



Larve grégaire  
(avant dernier stade)



Larve à tendance transiens  
(avant dernier stade)

**Figure 11. Larves de Criquet nomade de divers états phasaires : solitaire, transiens et grégaire.**

#### **1.1.4. Cadre logique et chronogramme des activités sur le Criquet nomade réalisées en 2006-2007**

Les tableaux 6 et 7 fournissent respectivement une actualisation du cadre logique et le chronogramme des activités réalisées sur le Criquet nomade en 2006-2007.

On notera une progression normale des travaux. Seule l'étude concernant la phase des imagos a dû être arrêtée compte tenu des difficultés de participation des chefs PA à la collecte des échantillons de Criquet nomade - ce qui était l'une des conditions pour la bonne marche des travaux.



Tableau 6. Cadre logique des activités pour les études sur le Criquet nomade

| Activités                                                                                                                           | Logique d'intervention                                                                                                                                                                                                                                                | Indicateur objectivement vérifiable                                                                                            |                                  |                                                  | Services de vérification                           | Hypothèse                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                       | Dénomination                                                                                                                   | Objectif chiffré                 | Réalisé                                          |                                                    |                                                                                  |
| Etude de la bionomie et amélioration de la stratégie de surveillance et de lutte contre le Criquet nomade dans le sud de Madagascar | 1. Dynamique des populations du Criquet nomade                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                |                                  |                                                  |                                                    |                                                                                  |
|                                                                                                                                     | 1.1. Etude de la dynamique des populations du criquet nomade dans 4 localités du sud-ouest malgache                                                                                                                                                                   | 4 PA font 2 prospections par décade<br><br>Données 2006-7/2007-8                                                               | 4<br><br>4 x 2                   | 4<br><br>En cours                                | Fiches et rapports                                 | Prospections continues par le CNA tout au long de l'année, saison sèche comprise |
|                                                                                                                                     | 1.2. Etude de la dynamique des populations du criquet nomade sur la station d'Ankiliarivo                                                                                                                                                                             | Prospecteur recruté ;<br>2 prospections/ semaine<br><br>Données 2006-7/2007-8                                                  | 1<br><br>2 prosp./ semaine       | 1<br><br>En cours                                | Fiches et rapports                                 |                                                                                  |
|                                                                                                                                     | 1.3. Analyse des archives du CNA sur le criquet nomade pour la période 2001-2008                                                                                                                                                                                      | Archives criquet nomade 2001-2008 analysées                                                                                    | 8 années                         | En cours                                         | Rapports                                           | Mise à disposition des données par le CNA                                        |
|                                                                                                                                     | 1.4. Enquêtes de terrain auprès des populations rurales<br>- Androy et cirque manambien<br>- Manja et Zomandao                                                                                                                                                        | Stagiaire enquêteur recruté<br><br>Enquêtes effectuées                                                                         | 2<br><br>2                       | 1 stagiaire<br><br>1 enquête terminée            | Fiches et rapports<br><br>1 rapport DEA disponible | Enquêteurs recrutés par le CNA dans les temps                                    |
|                                                                                                                                     | 1.5. Synthèse des travaux sur la dynamique des populations et appréciation des risques de pullulation                                                                                                                                                                 | Rapport d'analyse                                                                                                              | 1                                | -                                                | Rapport                                            |                                                                                  |
|                                                                                                                                     | 2. Caractérisation des phases du criquet nomade                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                |                                  |                                                  |                                                    |                                                                                  |
|                                                                                                                                     | 2.1. Etude de la phase chez les populations imaginales du criquet nomade et précision sur le seuil de grégarisation<br><br>- collecte de populations par les PA en fin de saison des pluies<br><br>- collecte de populations par les PA en début de saison des pluies | Echantillons collectés<br><br>Fin de saison des pluies 2005-6, 2006-7, 2007-8<br><br>Début de saison des pluies 2006-7, 2007-8 | <br><br>3<br><br>2               | <br><br>En cours<br>1 réalisée<br><br>1 réalisée | Couches entomologiques<br><br>Fiches<br>Rapport    | Participation des PA à la collecte des échantillons                              |
|                                                                                                                                     | 2.2. Etude de la phase chez les populations larvaires du criquet nomade (pigmentation)                                                                                                                                                                                | Personne recrutée<br><br>Echantillons de larves collectés et analysés                                                          | 1<br><br>2 campagnes de collecte | 1<br><br>1 réalisée<br>1 prévue début 2008       | Fiches et rapport                                  | Participation du CNA (PA, ...)                                                   |

**Tableau 7. Chronogramme des activités réalisées en 2005-2006 et 2006-2007 pour les études sur le Criquet nomade et prévisions pour 2007-2008.**

| Activités                                      | 2005    | 2006                    |                         |                         |                         |  |  |  |  |  |  |  |  | 2007 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2008 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------------------------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                                                | S O N D | J F M A M J J A S O N D | J F M A M J J A S O N D | J F M A M J J A S O N D | J F M A M J J A S O N D |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1. Dynamique des populations du Criquet nomade |         |                         |                         |                         |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.1. Etude dans 4 localités du SW              |         |                         |                         |                         |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## 1.2. Mise en place d'un outil d'aide à la décision (SIG) et cartographie des biotopes du Criquet migrateur

Les travaux entrepris sur ce thème ont pour objectif de permettre au CNA de disposer d'un outil d'aide à la décision pour le suivi de la situation acridienne et l'alerte précoce dans le cadre d'une stratégie de lutte préventive contre le Criquet migrateur.

### 1.2.1. Ressources humaines

Les travaux sont réalisés essentiellement par deux experts CIRAD :

- J.F. Duranton, expert senior, acridologue et écobotaniste, assure la supervision de ce volet de recherche par des contacts réguliers depuis la France et des missions d'appui. Une première mission d'appui de plus de deux mois a été réalisée du 13 mars-1<sup>er</sup> mai 2006, une seconde du 4 septembre au 4 novembre 2006 et une troisième du 12 mars au 30 avril 2007.
- Aurélia Decherf, expert junior du projet, ingénieur environnementaliste et cartographe, recruté par le CIRAD, est en poste à Betioky depuis le 1<sup>er</sup> février 2006 pour une durée de 2 ans.

Ces travaux sur l'outil d'aide à la décision et la cartographie des biotopes du Criquet migrateur sont effectués en liaison avec la section surveillance du CNA et en particulier son responsable, Tsitohaina Andriamarohahina, qui a obtenu en France, à Montpellier, en 2005 un mastère en sciences de l'information géographique (Master SILAT dont le stage a été encadré par le CIRAD).

### 1.2.2. Itinéraire méthodologique et chronogramme

L'itinéraire méthodologique retenu a été formulé et testé dans le cadre du projet PCLA (Duranton, 2002 ; Franc et al., 2003<sup>3</sup>), puis lors du stage de Mastère SILAT du responsable de la section surveillance du CNA (Andriamarohahina T., 2005<sup>4</sup>) (Figure 12).

Le travail à effectuer dans le cadre du projet actuel comporte 4 grandes étapes :

1. Réalisation de la **cartographie des biotopes** du Criquet migrateur et évaluation des potentiels écologiques maximaux (en vert sur l'organigramme)
2. Mise à jour et perfectionnement des **bases des données** acridiennes et météorologiques (respectivement en jaune et bleu)
3. Montage du **SIG** en intégrant les différentes données et en construisant les requêtes d'évaluation qualitative et planimétrique du risque (en gris)
4. Rodage, perfectionnement et intégration des référentiels d'archives permettant d'aboutir à un **pronostic acridien** (en rose).

---

<sup>3</sup> Duranton J.-F., 2002. *Conception d'un outil d'aide à la décision en matière de lutte antiacridienne à Madagascar. Avancement des travaux en fin décembre 2001*. Projet français de Contribution à la Lutte Antiacridienne, Centre national antiacridien, CIRAD/AMIS/PPC/Prifas : Tuléar, Madagascar. 73 p.

Franc A., Andriamarohahina T.R., Duranton J.F., Lecoq M., Legros Y., Luong-Skovmand M.H., Rabesisoa F.L., Randriamifidimanana H., Solofonaina Hardy, 2004. *La lutte préventive antiacridienne à Madagascar. Les actions du CIRAD dans le cadre du Projet français de contribution à la lutte antiacridienne 2001-2003. Rapport final*. Projet français de contribution à la lutte antiacridienne, PCLA-Prifas N°65. Centre National Antiacridien, Tuléar, Madagascar / CIRAD, Montpellier, France. 135 p.

<sup>4</sup> Andriamarohahina T., 2005. *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 d'Ejeda (Madagascar)*. Rapport de stage du Mastère SILAT (Systèmes d'informations localisées pour l'aménagement des territoires). ENGREF et CIRAD-Acridologie, Montpellier, France. 41 p.



Un chronogramme de réalisation de ces travaux a été élaboré en tenant compte de la charge de travail pour chaque étape, du temps initialement imparti (2 ans pour l'expert SIG), ainsi que des réalités du terrain (Figure 13).

Les travaux entrepris depuis le début du projet se situent au cœur des étapes 1 et 2.

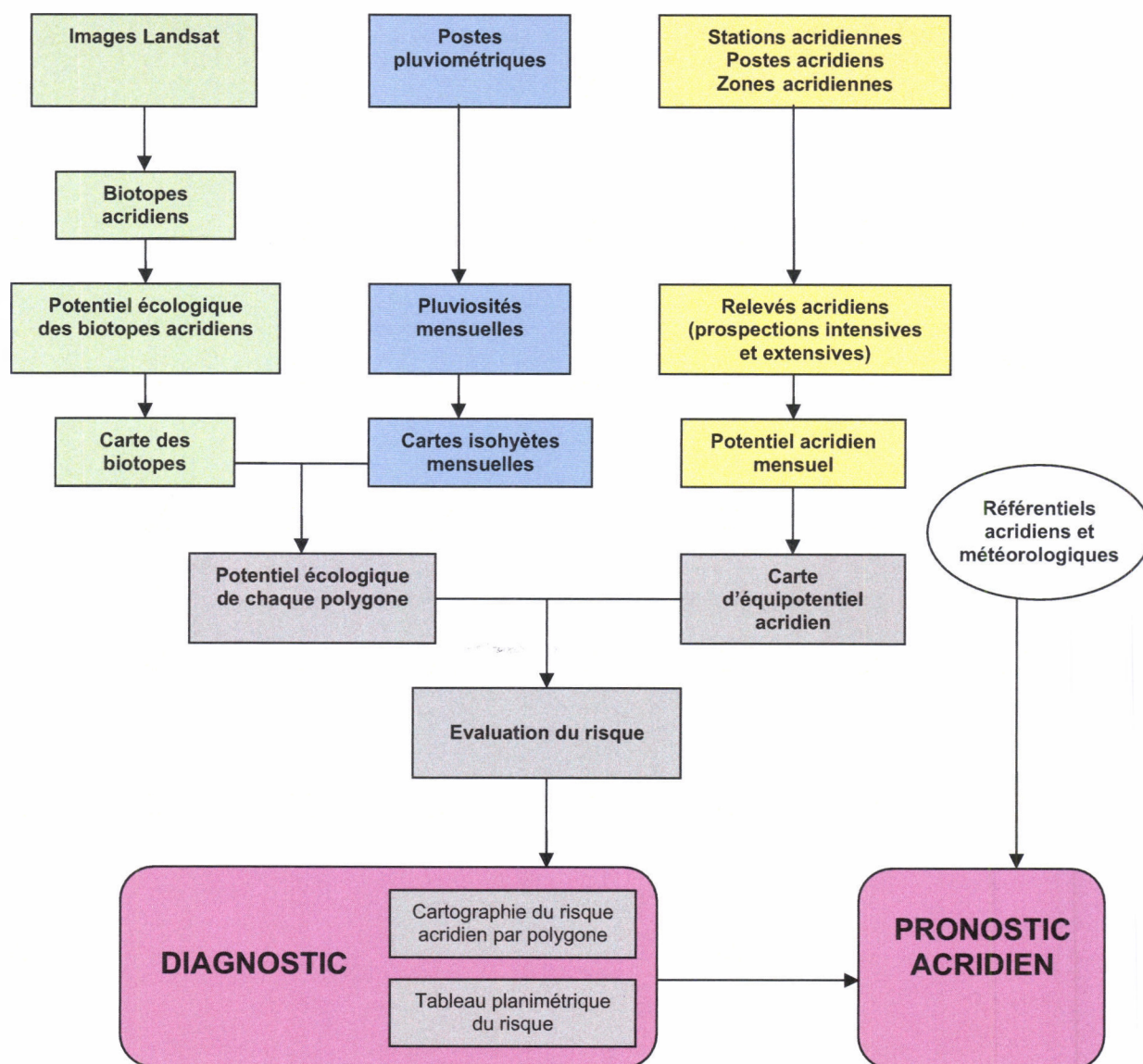


Figure 12. Organigramme de l'itinéraire méthodologique pour le développement d'un SIG d'alerte précoce destiné à la lutte préventive contre le Criquet migrateur malgache (source Andriamaroahina T., 2005 et A. Decherf, 2006).

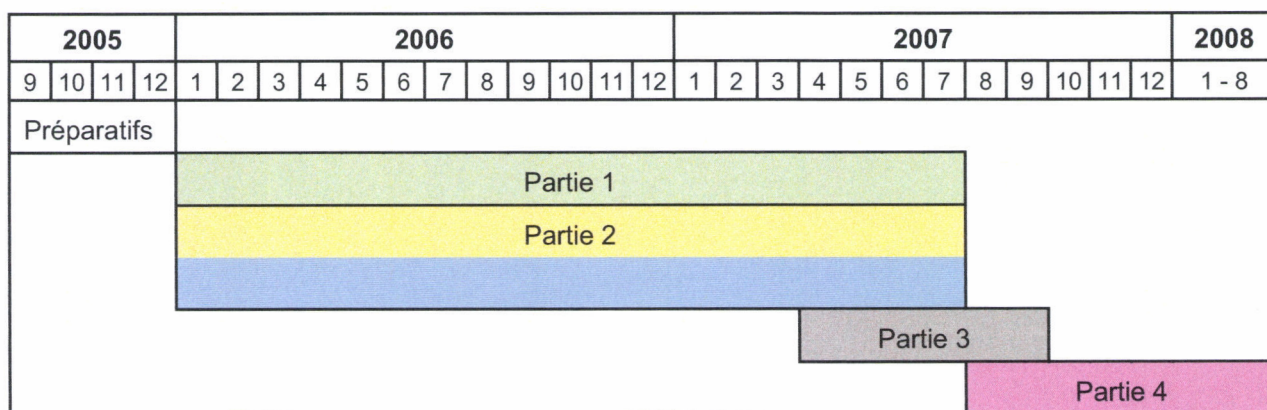


Figure 13. Chronogramme prévisionnel du volet SIG Criquet migrateur.

### 1.2.3. Recrutement et affectation à Betioky de l'ingénieur SIG / télédétection

Cette étape est mentionnée pour mémoire puisqu'elle a été réalisée lors de la première partie du projet, au cours de l'année 2005-2006.

Afin de mener à bien les travaux prévus dans ce volet d'activités – ainsi que pour disposer d'un agent en poste sur place et pouvant superviser l'ensemble des activités CIRAD – un expert junior spécialisé en SIG et cartographie a été recruté. La procédure de recrutement et d'affectation a été entreprise dès signature du contrat avec le FOFIFA et a nécessité les étapes suivantes :

- rédaction et diffusion de l'appel d'offre (septembre 2005)
- réception des candidatures (40 candidats), analyse des CV, audition de 6 candidats
- sélection définitive du candidat retenu : Aurélia Decherf, ingénieur en environnement
- formalités administratives de recrutement (en liaison entre le CIRAD et le Ministère français des affaires étrangères, A. Decherf ayant le statut de volontaire international en entreprise ou VIE)
- information sur le sujet de travail au sein de CIRAD à Montpellier ; entretien avec le chef de la section surveillance du CNA (Tsitohaina Andriamarohaina), en novembre 2005 à Montpellier
- préparation du programme de travail et travaux divers à Montpellier en janvier 2006
- formalités administratives diverses de préparation d'affectation
- départ pour Madagascar, visites officielles diverses (Antananarivo et Tuléar) et installation sur Betioky-Sud en début février 2006
- intégration de l'ingénieur Cirad au sein du CNA.

### 1.2.4. La cartographie des biotopes du Criquet migrateur

Cette partie cartographie des biotopes du Criquet migrateur est sans doute la plus lourde tâche de ce volet de recherche SIG/LMC concernant le thème 6. La somme de travail à réaliser est très importante puisqu'il s'agit de cartographier les biotopes de cette espèce sur l'ensemble de son aire grégarigène du Criquet migrateur qui inclus l'ensemble du sud et du sud-ouest de Madagascar (figure 14).

Les principales étapes de travail et les réalisations effectives fin juillet 2007 sont mentionnées dans le tableau 8.

Pages suivantes :

**Tableau 8. Volet SIG : principales étapes de travail et réalisations effectives fin juillet 2007.**

| Etapas de travail                     |                                             | Objectifs                                                                                                                                                                                                         | Travaux du CIRAD : réalisations et contraintes                                                                                                                                                                                                                     | Travaux du FTM : réalisations et contraintes                                                                                                                            | Etat d'avancement en août 2007           |
|---------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>1 Acquisition des images</b>       |                                             |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                         |                                          |
| 1.1                                   | Choix des images                            | Plusieurs références pour même scène                                                                                                                                                                              | Choix d'une référence par scène en fonction des dates (optimal = fin de saison des pluies)<br>Les fichiers de base dans une projection différente de celle utilisée par la suite n'ont pas été jugés utiles. Seules les métadonnées sont nécessaires aux analyses. | Choix d'une référence par scène en fonction des dates (optimal = fin de saison des pluies)                                                                              | Finalisé                                 |
| 1.2                                   | Acquisition des fichiers et des métadonnées | Les fichiers de base sont en projection WGS84                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                    | Les métadonnées n'ont pas été livrées.                                                                                                                                  | Non finalisé                             |
| <b>2 Conditionnement initial</b>      |                                             |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                         |                                          |
| 2.1                                   | Correction géométrique                      | Cette correction permet de vérifier et optimiser le calage des images par comparaison aux réalités du terrain (topographie, hydrographie)                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                    | Correction basée essentiellement sur le calage des côtes et des cours d'eau principaux n'assurant pas un calage optimisé inter-images                                   | Finalisé<br>Non optimisé                 |
| 2.2                                   | Projection                                  | Problème de projection et notamment compatibilité de la définition Laborde sous Arcview et Arcgis                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1ère livraison des images dans un système de projection incompatible avec ArcGis, 2ème livraison en septembre 2006                                                      | Livré avec du retard                     |
| <b>3 Compositions colorées</b>        |                                             |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                         |                                          |
| 3.1                                   | Choix des canaux                            | Choix des canaux les plus pertinents pour faire ressortir les thèmes importants (ici : végétation, sol, eau libre, humidité de la végétation et du sol...)                                                        | Choix des canaux 4,5,3                                                                                                                                                                                                                                             | Choix des canaux 4,5,3. Mais non optimisation de l'affichage de la composition colorée 453 pour l'ensemble des 9 scènes.                                                | Finalisé non optimisé                    |
| 3.2                                   | Mosaïquage                                  | Assemblage des 9 images afin d'obtenir une vue d'ensemble de l'Aire Grégarigène                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                    | Choix inopportun de la méthode de mosaïquage : les zones de chevauchement sont inexploitable                                                                            | Non corrigé                              |
| <b>4 Analyse non supervisée (CNS)</b> |                                             |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                         |                                          |
| 4.1                                   | Méthodologie                                | Permet d'obtenir une vision d'ensemble de la complexité et de la répartition des grands ensembles d'occupation du sol<br>L'analyse non supervisée permet d'obtenir les signatures spectrales des classes retenues |                                                                                                                                                                                                                                                                    | Réalisation uniquement sur les compositions colorées (4,5,3) perdant l'information des autres canaux<br><br>Non réalisation et/ou utilisation des signatures spectrales | Finalisé Non optimisé<br><br>Non corrigé |



|                                       |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                     |
|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.2                                   | Livraison                            | <p>Le format de livraison conditionne l'usage ultérieur des données</p> <p>Les signatures spectrales des classes retenues permettent d'analyser statistiquement les résultats obtenus</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>Livraison en format vecteur rendant impossible toute analyse spectrale des résultats obtenus</p> <p>Non livraison des signatures spectrales</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>Non corrigé</p> <p>Non livré = CNS inexploitable</p>                                             |
| 5 Préparation de l'Analyse supervisée |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                     |
| 5.1                                   | Ecorégionalisation                   | <p>L'ecorégionalisation permet d'étudier et d'analyser les images par macrorégions d'analyse homogènes et cohérentes du point de vue des biotopes qu'elles regroupent</p> <p>Acquisition, correction et calage du Modèle Numérique de Terrain permettant l'extraction puis l'étude des réseaux hydrographiques et des bassins versants</p> <p>La numérisation de l'ecorégionalisation permet d'exploiter ce découpage en télédétection et SIG (extraction des données spectrales par macrorégion)</p> <p>Livraison au FTM pour réaliser les classifications non supervisées par macrorégions d'analyse</p> | <p>1er découpage en format papier sur les compositions colorées (100 régions naturelles regroupées en 13 macrorégions d'analyse)</p> <p>Mise au point de la méthodologie et problème de calage avec les images (voir 2.2)</p> <p>Découpage numérisé plus tard que prévu du fait de difficultés méthodologiques et logistiques (attaque à main armée à Tananarive puis absence d'électricité à Betioky)</p> <p>Du fait de la vétusté et de l'insécurité (virus) du matériel informatique du FTM, prêt par le CIRAD d'un graveur de DVD facilitant l'échange des données FTM/CIRAD</p> | <p>Finalisé</p> <p>Finalisé avec retard</p> <p>Finalisé avec retard</p> <p>Finalisé (+ graveur)</p> |
| 5.2                                   | Inventaire des biotopes élémentaires | Permet d'optimiser la prise d'échantillon de terrain et prédéfinir un nombre minimal de classes pour chaque macrorégion d'analyse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Réalisation à partir de la connaissance préalable du terrain et des premières missions d'échantillonnage.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Finalisé                                                                                            |
| 5.3                                   | Inventaire des biotopes synthétiques | Permet de synthétiser pour l'ensemble de l'Aire Grégarigène une liste minimale de biotopes potentiellement présents                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Réalisation à partir de la connaissance préalable du terrain et de l'inventaire des biotopes élémentaires                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Finalisé                                                                                            |

|     |                                                      |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                               |                                                         |
|-----|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 5.4 | Echantillonnage sur le terrain                       | Acquisition lors de missions, de "vérités terrain" ou "placettes d'entraînement" permettant de réaliser les classifications supervisées.                                           | Localisation devait s'effectuer à partir de l'étude combinée des CNS et des CC. Mais CNS inexploitable, donc seule la photo-interprétation des CC a permis de connaître les zones les plus pertinentes pour la prise d'échantillon. Véhicule destiné aux activités de recherche FOFIFA/CIRAD arrivé tardivement en novembre 2006 (soit 15 mois après la signature du contrat) |                                                                               | Finalisé avec du retard et non optimisé                 |
| 5.5 | Echantillonnage par photo-interprétation             | Acquisition de "placettes d'entraînement" par photo-interprétation des images Landsat et d'images Google Earth permettant d'accroître le nombre d'échantillon pour chaque biotope. | Nécessité d'un accès internet haut débit, réalisation possible uniquement à Tananarive (fonctionnel uniquement le matin avant 11h)                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                               | En cours                                                |
| 5.6 | Stockage et structuration des échantillons           | Conception et création d'une base de données (BD) Access                                                                                                                           | Difficultés de conception, incompatibilité d'emploi du temps avec le responsable BD du CNA (chef du serv. Avertissement)                                                                                                                                                                                                                                                      | Aide dans la conception et la réalisation permettant la finalisation de la BD | Finalisé                                                |
|     |                                                      | Saisie des échantillons                                                                                                                                                            | Long et laborieux sans possibilité de déléguer à un agent de saisie du fait de l'évolution importante du mode de prise de données de terrain (modifications de la fiche de waypoints)                                                                                                                                                                                         |                                                                               | En cours de finalisation                                |
| 5.7 | Conversion des échantillons au format SIG            | Couplage de la base de données au logiciel SIG                                                                                                                                     | Problème de conversion des données GPS en format degré-minute-seconde (DMS) vers le format degré décimaux (DD)                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                               | Problème résolu mais ayant entraîné un retard important |
|     |                                                      |                                                                                                                                                                                    | Conversion DMS -> DD décalant tous les points de terrain de 100 à 500m de leur position réelle                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                               | Problème résolu mais ayant entraîné un retard important |
|     |                                                      |                                                                                                                                                                                    | Décalage du fait du problème de conversion DMS - DD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                               | Problème résolu mais ayant entraîné un retard important |
| 5.7 | Conversion des échantillons en projection de travail | Reprojection en Laborde                                                                                                                                                            | Décalage du fait de l'utilisation de la projection Laborde                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                               | Non résolu mais contourné                               |
|     |                                                      |                                                                                                                                                                                    | Problème d'ergonomie d'ArcGis dans la gestion des projections (pseudo-transformation automatique)                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                               | Contourné                                               |

## 6 Analyse supervisée

|     |                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                             |
|-----|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6.1 | Création de néocanaux                                 | Création des néocanaux : indices de végétation (NDVI), analyse en composante principale (ACP) ... pour accroître le potentiel d'analyse des images satellites (combinaison avec les images)                                                                                                                                | Nécessité de formation théorique, d'apprentissage du logiciel, de conception de la méthodologie avant d'être complètement opérationnelle + Temps pour détecter et résoudre un problème de combinaison des bandes des images Landsat inhérent au FTM. | Hétérogénéité de la gestion de combinaison des canaux entre les différents opérateurs.                                                                                                                                                                                                                                         | Problème résolu et réalisation en cours mais perte de temps pour détecter et résoudre le problème.                                                          |
| 6.2 | Choix des parcelles d'échantillon                     | Vérification, recalage et validation de chaque échantillon en fonction de sa pertinence sur les images.<br><br>Standardisation des dénominations des échantillons en fonction des biotopes élémentaires et synthétiques. Synthèse du nombre d'échantillons disponibles pour chaque classe de biotope (nécessaire : min 3 ) | Laborieux avant la résolution du problème de DMS - DD.<br><br>Réalisé à partir du travail des étapes 5.2 à 5.7                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Finalisé pour 2 MRA. En cours de réalisation pour les autres. Ayant entraîné un retard<br><br>Finalisé pour 2 MRA. En cours de réalisation pour les autres. |
| 6.3 | Numérisation des parcelles d'échantillon              | Numérisation sur les images des parcelles des échantillons (=AOI sous ERDAS)                                                                                                                                                                                                                                               | Nécessité de formation théorique, d'apprentissage du logiciel, d'un temps de conception de la méthodologie avant d'être complètement opérationnel. Etape longue mais essentielle pour la classification.                                             | Grosses difficultés à formaliser le cahier des charges des caractéristiques (taille, forme, nombre,,, des échantillons). Demande par le FTM que cette étape soit réalisée par le CIRAD                                                                                                                                         | En cours de réalisation et ayant entraîné un retard important du fait du changement                                                                         |
| 6.4 | Validation des AOI et création des classes spectrales | Acquisition et représentation graphique de la signature spectrale de chaque AOI<br><br>Etude de la pertinence spectrale de chaque échantillon ainsi que celle des biotopes. Réajustement si nécessaire.                                                                                                                    | Nécessité pour le CIRAD de réaliser cette étape en vue d'une validation scientifique des travaux. Nécessité de formation théorique, d'apprentissage du logiciel, de conception de la méthodologie avant d'être complètement opérationnel.            | Analyse uniquement visuelle de la signature de l'AOI par les opérateurs, absence d'étude statistique ou graphique. L'hétérogénéité de niveaux et de compétences des opérateurs du FTM, ne permet pas une réalisation fiable et homogène sur les différentes MRA. Demande par le FTM que cette étape soit réalisée par le CIRAD | Finalisé pour 2 MRA. En cours de réalisation pour les autres. Ayant entraîné un retard                                                                      |
| 6.6 | Classification                                        | Lancement de l'analyse supervisée                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Prise en charge d'une partie des classifications supervisées. Nécessité de formation théorique, d'apprentissage du logiciel, d'un temps de conception de la méthodologie avant d'être complètement opérationnel.                                     | Absence de méthode rationnelle d'analyse de la validité des résultats obtenus en vue de la réalisation de corrections ou d'itérations supplémentaires                                                                                                                                                                          | En cours pour 2 RMA.                                                                                                                                        |

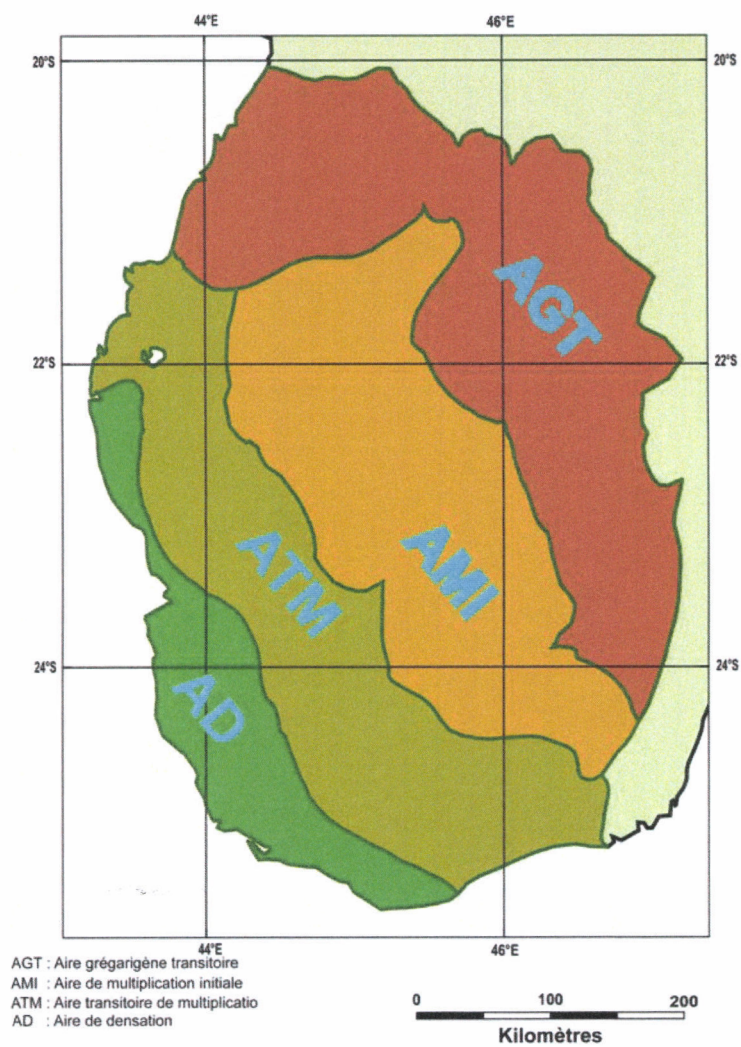


Amélioration et validations des résultats de l'analyse par l'intégration de données exogènes

Fourniture au FTM d'une partie des données exogènes (MNT, géologie, Températures...)

Données fournies. Etude en cours pour 2 RMA.

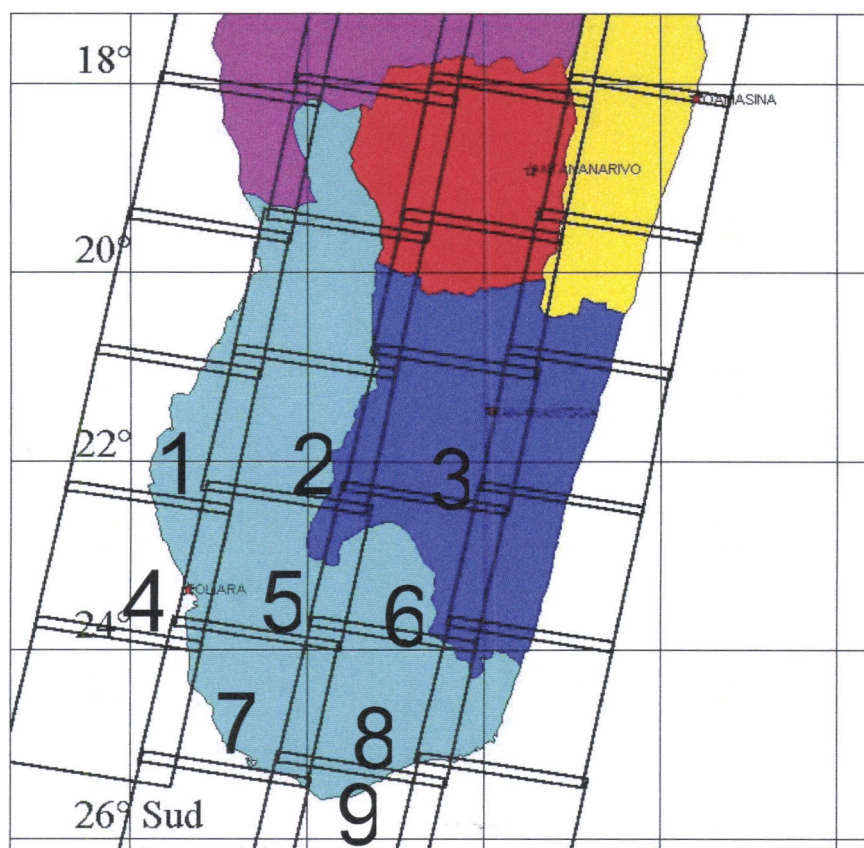
| 7 Validation des Analyses supervisées |                                             |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7.1                                   | Echantillonnage des parcelles de validation | A partir des résultats des analyses supervisées, un retour sur le terrain pour prendre de nouveaux échantillons permet de vérifier la pertinence de la répartition des biotopes obtenus par analyse supervisée. |                                                                                                                                                        | Echantillonnage anticipé. En cours de réalisation                                                                                                      |
| 7.2                                   |                                             | Saisie des échantillons et couplage au logiciel de télédétection et projection sur les images.                                                                                                                  |                                                                                                                                                        | Echantillonnage anticipé. En cours de réalisation                                                                                                      |
| 7.3                                   |                                             | Vérification des analyses supervisées par le biais notamment de la construction de matrices de confusion                                                                                                        |                                                                                                                                                        | A faire                                                                                                                                                |
| 7.4                                   | Validation des classifications              | Optimisation si nécessaire des analyses supervisées puis validation                                                                                                                                             |                                                                                                                                                        | A faire                                                                                                                                                |
| 7.5                                   | Mosaïquage /synthèse cartographique         | Regroupement sous un même fichier des 13 RMA afin de reconstituer l'Ag dans son intégralité                                                                                                                     | La faiblesse du degré de correction géométrique (voir 2.1) ainsi que les difficultés de mosaïquage des CC (voir 3.2) risquent de poser des difficultés | La faiblesse du degré de correction géométrique (voir 2.1) ainsi que les difficultés de mosaïquage des CC (voir 3.2) risquent de poser des difficultés |
| 7.6                                   | Ajustement cartographique                   | Etape délicate de mise en cohérence et d'ajustement des limites et "frontières" entre chaque RMA.                                                                                                               |                                                                                                                                                        | A faire                                                                                                                                                |
| 7.7                                   | Carte et légende définitive                 | Finalisation et vectorisation de la carte des biotopes. Synthèse des classes présentes et significatives. Rédaction de la légende globale                                                                       |                                                                                                                                                        | A faire                                                                                                                                                |



**Figure 14. Les divisions de l'aire grégarigène du Criquet migrateur malgache.**

AD, aire de densation ; ATM, aire transitoire de multiplication ; AMI, aire de multiplication initiale ; AGT, aire grégarigène transitoire.

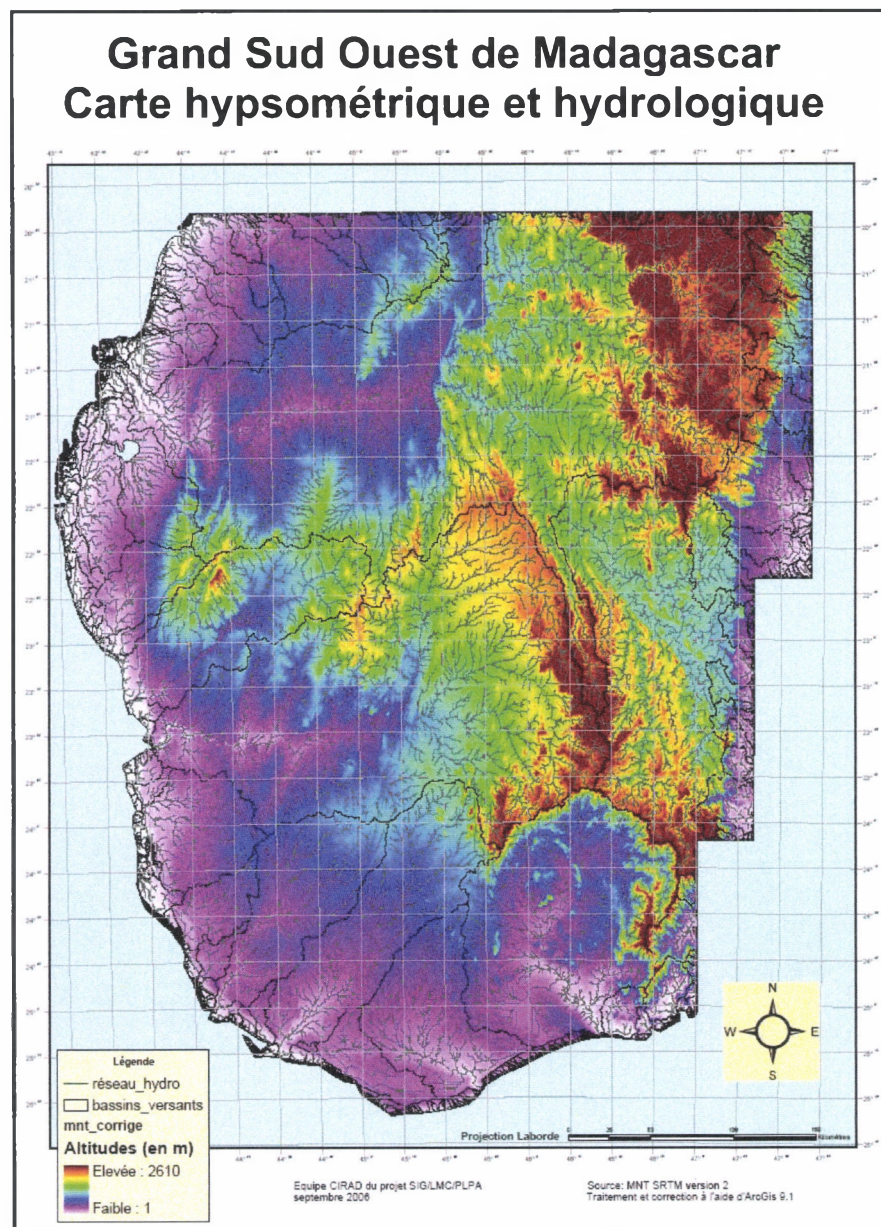
### Couverture Landsat dans la zone sud Madagascar



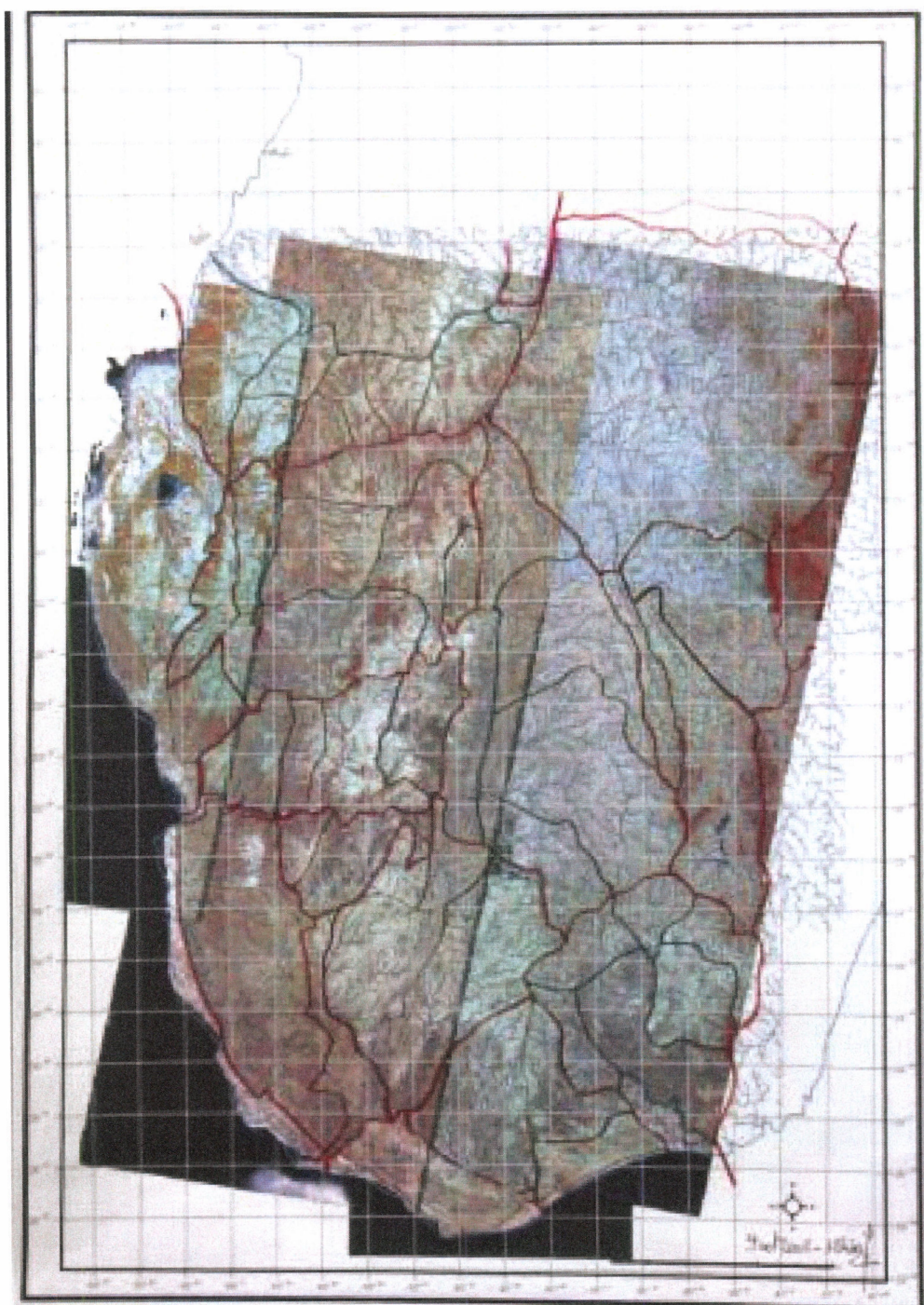
| Madfarpo par NOM |     |
|------------------|-----|
| ■ ANTANANARIVO   | (1) |
| ■ ANTIRANANA     | (1) |
| ■ FIANARANTSOA   | (1) |
| ■ MAHAJANGA      | (1) |
| ■ TOAMASINA      | (1) |
| ■ TOUARA         | (1) |

Figure 15. Localisation des 9 scènes Landsat ayant permis de mettre en évidence une trentaine de type de biotopes et une centaine de régions naturelles dans l'aire grégarienne du Criquet migrateur malgache.





**Figure 16. Préparation de l'écorégionalisation : 9 MNT acquis, mosaïquage et correction, sortie des réseaux hydrographiques et des bassins versants.**



**Figure 17. Ecorégionalisation : 9 images fausses couleurs mosaïquées, 13 macro-régions d'analyse et environ 100 régions naturelles élémentaires.**



### 1.2.5. Chronogramme des activités réalisées jusqu'à fin juillet 2007

Le chronogramme des activités ci-après (tableau 9) présente de façon synthétique les principaux travaux réalisés en fonction des échéances prévisionnelles. On observe des retards parfois importants (zones en jaune) par rapport aux échéances prévisionnelles.

Les **différents retards** accusés s'expliquent par :

- des véhicules insuffisamment disponibles (surtout en début de projet) entraînant du retard dans le programme des missions de terrain ;
- des erreurs du FTM dans les paramètres de projection, entraînant trois mois de délais supplémentaires pour le traitement des images ;
- des problèmes matériels récurrents, tels que les coupures d'électricité, inondations et travaux divers de réfection dans des bureaux pourtant neufs ;
- des ordinateurs endommagés par des virus informatiques et des pertes de données, résultat d'une sécurité informatique insuffisante du réseau du CNA ;
- des calendriers de travail respectifs des agents CIRAD et des agents de la section surveillance du CNA trop souvent incompatibles, ne facilitant pas les réunions de travail et/ou de concertation sur les sujets importants.

Ces considérations au sujet des retards amènent à évoquer plus globalement les diverses difficultés rencontrées dans le déroulement des activités du projet.

Page suivante :

**Tableau 9. Chronogramme des activités réalisées jusqu'en fin juillet 2007 et prévision pour 2007-2008 (thème 6 : SIG/LMC).**







### **1.3. Principales difficultés rencontrées**

Un certain nombre de difficultés sont survenues au cours des travaux de cette première partie du projet et ont fait perdre beaucoup de temps et d'énergie, tant sur la composante Criquet nomade que sur celle concernant l'alerte précoce contre le Criquet migrateur. Ces difficultés sont résumées brièvement ci-dessous. Elles ont eu pour principale conséquence de provoquer environ 6 mois de retard dans l'avancement du volet SIG comme mentionné ci-dessus.

#### **Manque de moyens roulants**

- Véhicules souvent indisponibles ou inadaptés aux missions en terrain accidenté
- Véhicule destiné aux activités de recherche FOFIFA/CIRAD arrivé tardivement en novembre 2006 (soit 15 mois après la signature du contrat)

#### **Circulation de l'information difficile**

- Difficulté de concertation au sein du service recherche
- Diffusion officielle des comptes-rendus et calendriers prévisionnels du CNA et du PLPA peu efficaces
- Absence d'anticipation du CNA sur les demandes faites au CIRAD
- Difficulté à communiquer par courrier électronique avec le FOFIFA
- Lenteurs administratives diverses

#### **Infrastructures peu fonctionnelles**

- Logement de l'ingénieur CIRAD en poste à Betioky fonctionnel seulement depuis fin juin 2006 (sans eau ni électricité de son arrivée à la fin juin, soit pendant 5 mois).
- Coupures d'électricité dans la ville de Betioky très fréquentes et longues (délestage).
- Vice de conception des nouveaux bureaux du service recherche du CNA :
  - Installation électrique des bureaux du service recherche endommagée gravement suite à des inondations et ayant fait courir un grave risque au matériel informatique CIRAD.
  - Locaux neufs inondés à plusieurs reprises par temps de pluie ayant nécessité un abandon pur et simple du bureau CIRAD et un repli du matériel professionnel dans l'habitation de l'ingénieur pour des raisons de sécurité.

#### **Problèmes informatiques**

- Matériel informatique du service de surveillance totalement obsolète, absence d'imprimante et unité centrale archaïque de trop faible puissance.
- Réseau informatique du CNA et de l'université de Tuléar contaminés par de très nombreux virus et vers (jusqu'à 70 virus identifiés sur un fichier). Malgré les précautions prises, trois ordinateurs CIRAD ont été gravement endommagés (2 sur Madagascar et un sur Montpellier) et diverses données perdues. Les 3 ordinateurs ont dû être entièrement reformatés entraînant une importante perte de temps. Un ordinateur portable à disposition des stagiaires a été définitivement endommagé et perdu.
- Le réseau informatique du CIRAD Montpellier a été en alerte pendant plusieurs jours suite à la propagation de vers informatiques issus de données provenant du stagiaire de l'université de Tuléar ayant travaillé au sein du CNA.



- En attente de résolution de ces problèmes de sécurité informatique par le CNA, plus aucun échange de fichiers électroniques n'est possible entre CIRAD et CNA. Le développement ultérieur des bases de données et du SIG risque de s'en trouver gravement affecté.

#### **Problèmes de personnel**

- Pas d'opérateur de saisie des données acridiennes et météorologiques au service surveillance engendrant un engorgement du service.
- Nombreux déplacement des responsables de la surveillance pour des tâches d'urgence autres, telles les opérations de lutte.
- Calendriers de travail respectifs des agents CIRAD et des agents de la section surveillance trop souvent incompatibles, ne facilitant pas les réunions de travail et l'avancement des travaux.

#### **Problèmes de sécurité**

- Attaque à main armée des locaux du CIRAD à Antananarivo début décembre 2006. L'ingénieur CIRAD du projet a été attaqué et séquestré pendant plusieurs heures. Divers matériels (ordinateur...) et sommes d'argent ont été dérobés.

#### **Problèmes techniques divers avec le FTM**

- Difficultés liées au système de projection national Laborde, particularité de projection propre à Madagascar.
- Utilisation par le FTM de ArcView 3 et non de ArcGis 9, logiciel employé par le CIRAD, ayant entraîné des difficultés et du retard dans la progression du traitement des images.
- Premier mosaïquage des scènes LANDSAT proposé par le FTM non complètement satisfaisant et non manipulable ayant nécessité la recherche de solutions alternatives et donc des retards dans le programme de travail.

#### **Contraintes et obstacles rencontrés dans le cadre du travail avec le FTM**

- Stockage et gestion des données au FTM : absence de capacité de stockage informatique et non homogénéisation de la structuration, dénomination et gestion des données entre les différents opérateurs
- Sécurité informatique non optimisée : risque d'infection virale ou autre (difficulté d'échange d'information et de données) – Fourniture par le CIRAD d'un lecteur/graveur de DVD
- Problème de vétusté du matériel informatique : non compatibilité du graveur avec tous les ordinateurs, problèmes d'installation
- Problème de niveau de formation des opérateurs et manque d'homogénéité des méthodes de travail
- Calendriers de travail respectifs des agents CIRAD et du Responsable du service de Télédétection trop souvent incompatibles, ne facilitant pas les réunions de travail et/ou de concertation sur les sujets importants.



## 2. Programme de travail 2007-2008

Le programme pour 2007-2008 porte sur les deux grands volets des activités CIRAD dans le cadre du projet : biologie et écologie du Criquet nomade (thème 5) et mise en place d'un outil d'aide à la décision (SIG) et cartographie des biotopes du Criquet migrateur (thème 6).

### 2.1. Etude du Criquet nomade (thème 5)

#### 2.1.1. Objectif

Il s'agit essentiellement de poursuivre :

- les observations sur la **dynamique** des populations sur les 5 stations sélectionnées dans le sud-ouest ;
- l'analyse des données **d'archives** du CNA ;
- les **enquêtes** de terrain auprès des populations rurales ;
- les collectes **d'échantillons** pour étude des caractéristiques phasaires chez les larves.

#### 2.1.2. Personnels

Ces travaux continueront à être réalisés essentiellement en liaison avec la section surveillance du CNA et sa section recherche opérationnelle. Ils impliquent une mobilisation des **chefs PA** du CNA en particulier pour la réalisation d'observations complémentaires sur certaines stations (4) ainsi que pour la collecte d'échantillons acridiens (augmentation de l'intensité d'échantillonnage généralement insuffisante).

Sur ce thème, trois **missions** sont prévues aux dates approximatives suivantes :

- M. Lecoq en novembre 2007 et mai 2008
- M.H. Luong-Skovmand en mars 2008.

La mission de M.H. Luong-Skovmand prévue initialement en novembre 2007 a été reportée à février 2008 afin de permettre un meilleur encadrement du stagiaire étudiant les caractéristiques phasaires des larves de Criquet nomade.

Par ailleurs, deux **stagiaires** devront être recrutés :

- Arsène Indriambelo pour les enquêtes en milieu rural (septembre-décembre 2007) (son travail d'enquête dans l'Androy ayant donné pleine satisfaction) ;
- Abdou Chamouine pour les échantillonnages de larves et l'étude des caractéristiques phasaires du Criquet nomade (janvier-mai 2008) qui a également réalisé un excellent travail lors de la première phase de cette étude. L'ensemble des travaux sur les caractères phasaires des larves devrait faire l'objet d'un mémoire de DEA de cet étudiant dans le courant de l'année 2008.

#### 2.1.3. Travaux

##### 2.1.3.1. Dynamique des populations

##### A - Etude de la dynamique de quelques stations clés

- Poursuite des observations (2 prospections par décade) sur la dynamique des populations du Criquet nomade sur les 5 stations suivies depuis fin 2005 :
  - Stations de la zone principale de reproduction : **Ankalirano**, par le chef de poste acridien (PA) de Behahitse (zone d'Edjeda); **Besatra**, par le chef PA de Betioky (zone d'Edjeda), **Ankiliarivo**, à 5 km de Betioky, par le prospecteur recruté dans le cadre du projet ;



- Station de la zone intermédiaire de reproduction: **Fotadrevo**, par le chef PA de Fotadrevo (deux prospections par décade) ;
- Station de l'aire refuge de saison sèche : **Ankomange**, par le chef PA de Betroka (zone de Ihosy).

On attachera une grande importance à la régularité des observations (deux par décade au minimum) ainsi qu'au **maintien d'un minimum de prospections en saison sèche**.

- Collecte et analyse de l'ensemble des observations recueillies. Les données (acridiennes et pluviométriques) de la saison 2006-2007 devront être rassemblées et mises à disposition du CIRAD par le service surveillance au plus tard lors de la mission de M. Lecoq en novembre 2007. Les données de la saison 2007-2008 devront être mises à disposition rapidement dès le mois de juin 2008 afin de pouvoir être prises en compte avant la rédaction du rapport final du projet.

#### **B - Analyse des archives du CNA sur le Criquet nomade pour la période 2001-2005**

- Collecte et vérification des bases de données acridienne et pluviométrique du CNA pour les saisons 2006-2007 et 207-2008.
- Mise au point de la procédure d'analyse des données et analyse des corrélations entre distribution/reproduction du Criquet nomade et la répartition/intensité des pluies.

#### **C - Enquêtes de terrain**

- Réalisation d'une enquête en milieu paysan sur le Criquet nomade dans les régions de Manja, Befandriana Sud, Zomandao. Recrutement d'un stagiaire, réalisation des enquêtes (août-novembre), analyse des données (novembre-décembre 2007).

### **2.1.3.2. Etude des phases du Criquet nomade**

#### **A. Chez les imagos**

- Analyse des échantillons collectés précédemment en 2006-2007.
- Non poursuite des collectes d'échantillons en 2007-2008.

#### **B. Chez les larves**

- Recrutement d'un étudiant stagiaire pour poursuivre l'étude sur les caractéristiques phasaires des larves du Criquet nomade.
- Collecte et description des échantillons par le stagiaire (janvier-mai 2008).
- Analyse des données (mai-juin 2008).
- Préparation par le stagiaire d'un mémoire de DEA courant 2008.

## **2.2. Mise en place d'un outil d'aide à la décision (SIG) et cartographie des biotopes du Criquet migrateur (thème 6)**

### **2.2.1. Objectif**

Les travaux de la dernière année du projet doivent permettre de finaliser la cartographie des biotopes du Criquet migrateur, de perfectionner les **bases des données** acridiennes et météorologiques du service surveillance, et de monter le SIG en intégrant les différentes données et en construisant les requêtes d'évaluation qualitative et planimétrique du risque acridien.

### **2.2.2. Personnel**

Les travaux seront réalisés essentiellement par Aurélia Decherf, ingénieur SIG recruté par le CIRAD, en liaison avec la section surveillance du CNA et avec l'appui des missions de J.F. Duranton.

Il a été récemment décidé par le CIRAD de prolonger la mission d'Aurélia Decherf d'une année dans le cadre d'un contrat CDD - **soit 30 mois au lieu de 20 initialement prévus**<sup>5</sup>, ce qui lui permettra de poursuivre ses travaux jusqu'à la fin du projet et d'accompagner le développement et la mise en place du SIG au sein du service surveillance du CNA. Aurélia Decherf continuera à être affectée à Betioky jusqu'à la fin de l'année 2007. Puis, dans le cadre de son nouveau contrat (CDD CIRAD de 10 mois), elle sera basée à Montpellier (et non plus à Betioky) en 2008 (environ de février à novembre), mais devra effectuer une mission à Madagascar avant la fin du projet pour l'installation du SIG.

Il est indispensable que le responsable du service surveillance, Tsitohaina Andriamarohahina, puisse effectuer un séjour de deux mois à Montpellier en début 2008 (vers les mois de mars-avril) pour travailler avec J.F. Duranton et A. Decherf sur la mise au point du SIG avant son installation au sein du CNA en juillet. Une période de deux mois entre avril et juin 2008 serait la mieux appropriée. Une bourse sera demandée au CIRAD (Délégation aux échanges scientifiques internationaux) à cette fin.

Enfin, une mission conjointe d'Aurélia Decherf et de J.F. Duranton sera programmée durant le 3ème trimestre 2008 pour restitution des travaux et implantation du SIG au sein de la section surveillance du CNA. Il est évidemment indispensable que le responsable du service surveillance puisse être présent lors de ces missions afin de pouvoir travailler à la mise en place du SIG qu'il devra ensuite continuer seul à utiliser après la fin du projet.

Au final, sur ce thème, trois **missions** à Madagascar sont prévues aux dates approximatives suivantes au cours de la dernière année du projet :

- J.F. Duranton en août-septembre 2007 et août-septembre 2008
- A. Decherf en septembre 2008.

### **2.2.3. Travaux**

#### **2.2.3.1. Cartographie des biotopes**

Pour la cartographie des biotopes du Criquet migrateur, l'essentiel des travaux de télédétection devraient pouvoir être terminé pour la fin de l'année 2007 (sauf nouvelles contraintes). Il s'agit des vérifications à l'aide de placettes de vérité terrain, corrections, ajustements de la cartographie, estimation des erreurs et validation ou non de la carte, vectorisation et intégration dans le SIG/LMC de la carte validée.

Compte tenu du retard accumulé (voir difficultés diverses ci-dessus), des priorités d'intervention ont été retenues pour la cartographie : aires de densation en première priorité, puis aires transitoires de multiplication, aires initiales de multiplication et enfin aire grégarigène transitoire.

---

<sup>5</sup> dont le recrutement était initialement prévu pour une période de deux années (contrat de VIE d'un an renouvelable une fois).

#### **2.2.3.2. SIG**

Les travaux de mise au point du SIG devront être exécutés durant le premier semestre 2008. Le SIG, développé sur Montpellier, sera mis en place en juillet au sein de la section surveillance du CNA. Il devrait théoriquement être opérationnel pour la campagne acridienne 2008-2009.

Il convient de noter :

- que le SIG demandera nécessairement une période de rodage et de mise au point qui devra s'échelonner sans doute sur plusieurs mois, voire sur une ou deux années, donc au-delà de la fin du projet PLPA prévue fin 2008 ;
- que la fiabilité du système d'avertissement qui sera mis en place ne sera pleinement efficace que si le CNA dispose de façon régulière de données acridiennes et pluviométriques de bonne qualité, ce qui requiert des prospecteurs performants et motivés, un réseau efficace de postes pluviométriques et une bonne logistique de transmission et de traitement des données.



## Conclusions

Les travaux du CIRAD dans le cadre du projet PLPA - développement d'un outil d'aide à la décision pour la surveillance du Criquet migrateur et études écologiques sur le Criquet nomade – sont maintenant bien engagés et ont atteint leur rythme de croisière en suivant sensiblement le planning prévisionnel. Des retards notables doivent cependant être soulignés concernant certains aspects, en particulier la cartographie des biotopes du Criquet migrateur.

Concernant le **Criquet nomade**, les travaux suivants sont en cours et devront se poursuivre pendant la plus grande partie du projet :

- études de la dynamique des populations sur 5 stations situées dans des zones géographiques complémentaires ;
- analyse des données d'archives du CNA depuis 2001 ;
- réalisation d'enquêtes en milieu paysan dans l'extrême sud de Madagascar ;
- étude du phénomène phasaire chez les imagos et les larves du Criquet nomade.

L'ensemble des travaux repose en grande partie sur la participation – indispensable - de tout le personnel de terrain du CNA. Globalement, les travaux ayant trait à la dynamique des populations par échantillonnage de populations sur le terrain ont été initiés dès décembre 2005 et progressent normalement. La collecte des données pour l'analyse des archives du CNA a notablement progressé mais s'est avérée plus longue que prévue du fait de difficultés de gestion de la base de données par les agents de la section surveillance. La première enquête en milieu paysan prévue dans l'Androy a été réalisée d'avril à septembre 2006 par un stagiaire en DEA de l'université de Tuléar. Une seconde enquête doit commencer sous peu vers la mi-2007. Pour l'étude de la phase chez le Criquet nomade, les travaux réalisés sur les larves progressent normalement. Pour les travaux sur les imagos, deux séries de collectes d'échantillons ont été réalisées avec l'appui des chefs PA du CNA en mars et en novembre 2006. Cependant, ces collectes se sont avérées plus difficiles que prévues dans le contexte actuel du CNA et il a été décidé de ne pas poursuivre cette étude. Seules les données actuellement collectées seront analysées.

Pour le volet du projet concernant la mise en place d'un **outil d'aide à la décision** et la cartographie des biotopes du Criquet migrateur, l'expert junior est en poste à Betioky depuis février 2006.

Jusqu'à ce jour les réalisations ont été essentiellement axées autour de la cartographie des biotopes acridiens par le biais de la télédétection. La collaboration avec l'institut national géographique malgache (FTM), débutée lors du projet PCLA antérieur, se poursuit actuellement normalement et les travaux réalisés en commun bénéficient largement de l'expérience acquise. Ce travail est maintenant bien entamé. Diverses difficultés ont cependant entraîné un retard notable d'environ 6 mois, retard dont on espère qu'il sera rattrapé d'ici la fin du projet.

Dans cette partie de cartographie des biotopes, les travaux réalisés en 2006-2007 ont essentiellement concerné le mosaïquage des images fausses couleurs, l'écorégionalisation et l'acquisition sur le terrain des données sur les biotopes de chacune des placettes d'entraînement. L'analyse supervisée des images satellite a débuté courant mai 2007 avec le FTM. Les travaux se poursuivent actuellement et devraient se terminer début septembre 2007.

Malgré la bonne volonté de toutes les parties prenantes, diverses **difficultés** survenues au cours des travaux de ces deux premières années du projet ont fait perdre beaucoup de temps et d'énergie. On peut évoquer l'insuffisance de véhicules, une circulation de l'information difficile entre les divers partenaires du projet (CIRAD, FOFIFA, CNA) et des calendriers de travail respectifs des agents CIRAD et CNA trop souvent incompatibles ne facilitant pas la concertation sur les sujets importants, des problèmes matériels récurrents, (importantes coupures d'électricité, inondations...), des infrastructures CNA sur Betioky peu fonctionnelles, de graves problèmes de sécurité informatiques au niveau du CNA (plusieurs ordinateurs endommagés par des virus informatiques), des erreurs du FTM entraînant d'importants délais, et enfin des problèmes de sécurité des personnes qui, fort heureusement n'ont pas eu de conséquences graves mais ont pu affecter un moment la bonne marche des travaux.

**Pour l'année 2007-2008**, dernière année du projet PLPA, les travaux sur le Criquet nomade se poursuivront à la fois en ce qui concerne la dynamique des populations (étude sur quelques stations représentatives, enquêtes complémentaires en milieu paysan dans quelques zones non encore couvertes, analyse des données d'archives du CNA), et l'étude du phénomène phasaire avec en particulier la caractérisation des phases chez les larves comme chez les imagos.

Pour ce qui est du système d'alerte précoce contre les invasions du Criquet migrateur, les travaux de la dernière année du projet doivent permettre de finaliser la cartographie des biotopes du Criquet migrateur, de perfectionner les bases des données acridiennes et météorologiques du service surveillance, et de monter le système d'information géographique (SIG) – clé du système d'alerte - en intégrant les différentes données et en construisant les requêtes d'évaluation qualitative et planimétrique du risque acridien.

On notera la **prolongation de la mission de l'expert junior** en charge du développement du SIG qui sera prise en charge par le CIRAD dans le cadre d'un contrat CDD de 10 mois (soit un total de 30 mois au lieu des 20 initialement prévus).

Au final, les travaux du CIRAD devraient être terminés dans le courant du 3<sup>ème</sup> trimestre 2008 pour remise du **rapport final** vers le mois de septembre.

Si un **atelier de restitution des résultats** est envisagé par le CNA et la direction du projet PLPA, il devrait se tenir après la fin des travaux du CIRAD et la remise du rapport final. Donc, et pour ne pas perturber la campagne acridienne 2008-2009, cet atelier pourrait être prévu au cours de la saison fraîche 2009. En tout état de cause, il ne pourrait être question, comme envisagé un moment, de le placer début 2008 alors que les travaux du CIRAD seront encore loin d'être terminés. Par ailleurs, le CIRAD doit se charger – dans le cadre du contrat d'assistance technique en acridologie - de la réalisation d'un Manuel de lutte préventive antiacridienne. Ce manuel est prévu pour la fin de l'année 2008. Il devrait servir de support de cours pour les personnels du CNA lors d'un atelier de formation qui devrait se situer logiquement en même temps que celui de restitution des résultats du projet.

Les **chronogrammes des activités** à réaliser en 2007-2008 ont été donnés ci-dessus. On trouvera dans le tableau 10 un **récapitulatif des missions** CIRAD à Madagascar en 2007-2008 dans le cadre du projet PLPA (composante recherche-formation) et dans l'annexe 3 les différents **tableaux financiers** pour 2007-2008 : récapitulatif des prix, sous-détail des prix par activité, rémunération pour services de base, frais remboursables et frais divers.

**Tableau 10. Récapitulatif des missions CIRAD à Madagascar en 2007-2008 dans le cadre du projet PLPA (composante recherche-formation).**

| Expert              | Dates de mission    | Durée approximative |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| J.F. Duranton       | août-septembre 2007 | 2 mois              |
| M. Lecoq            | novembre 2007       | 1 mois              |
| M. Lecoq            | mai 2008            | 15 jours            |
| M.H. Luong-Skovmand | mars 2008           | 3 semaines          |
| J.F. Duranton       | septembre 2008      | 1 mois              |
| A. Decherf          | septembre 2008      | 1 mois              |

NB. Ces dates et durées de mission sont données pour le moment à titre indicatif. Elles sont susceptibles d'être revues en fonction de l'avancement des travaux et des compatibilités d'emploi du temps avec les contrats d'assistance technique en cours par ailleurs dans le cadre du projet PLPA (contrats d'acridologue de J.F. Duranton et de logisticien de T. Rachadi).

## Annexes

### Annexe 1. Rapports édités par le CIRAD depuis le début du projet (2005-2007)

- Decherf A., 2006. *Rapport d'activité pour la période janvier à juillet 2006. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD*. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. CIRAD- AMIS. 10 p.
- Duranton J.-F., 2006. *Rapport de la 1ère mission PLPA volet SIG-LMC (13 mars-29 mai 2006). Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD*. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 38 p.
- Duranton J.-F., 2006. *Rapport de la 2<sup>ème</sup> mission PLPA volet SIG-LMC (4 septembre – 4 novembre 2006). Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD*. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 38 p.
- Duranton J.F., 2007. *Rapport de la 3<sup>ème</sup> mission PLPA-FOFIFA volet SIG-LMC à Madagascar (12 mars – 30 avril 2007). Appui du CIRAD au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD*. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 47 p.
- Lecoq M., 2005. *Premier rapport sur les travaux du CIRAD en appui au Centre national antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD. Rapport initial*. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 62 p.
- Lecoq M., 2006. *Rapport de mission à Madagascar en appui au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne (27 mars au 22 avril 2006). Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD*. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 42 p.
- Lecoq M., 2006. *Rapport d'activité 2005-2006 et programme de travail 2006-2007. Appui du CIRAD au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD*. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 39 p.
- Lecoq M., 2006. *Rapport de mission à Madagascar en appui au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne (5 novembre au 3 décembre 2006). Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD*. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 25 p.
- Luong-Skovmand M.H., 2006. *Rapport de mission à Madagascar en appui au Centre National Acridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne. 3 au 25 mai 2006. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD*. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 17 p.
- Luong-Skovmand M.H., 2006. *Compte rendu de mission à Madagascar. Appui du CIRAD au Centre National Acridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne (11 novembre au 3 décembre 2006). Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD*. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France.

#### Mémoire d'étudiant

- Indriambelo A., 2006. *Enquêtes sur l'écologie du Criquet nomade dans l'extrême sud de Madagascar*. Mémoire de Diplôme d'étude approfondie. Option Biodiversité et Environnement. Département des sciences biologiques. Faculté des sciences. Université de Tuléar, Madagascar. 92 p.



## Communication dans un congrès scientifique

Andriamaroahina T., Franc A., Duranton J.-F. 2006. *Création d'un SIG pour l'évaluation de la situation acridienne du Criquet migrateur malgache Locusta migratoria capito (Saussure, 1884) dans une région pilote, la zone de Edjeda (Madagascar)*. P. 51. In El Hassani A. et Dakki M. (Ed. Sc.), 6<sup>ème</sup> Conférence Internationale Francophone d'Entomologie, Rabat, Maroc, 2 au 6 juillet 2006. Institut scientifique (Université Mohammed V-Agdal) et Association marocaine de biodiversité. Résumés, Rabat, Maroc.

## Posters

CIRAD. 2007. *Le projet de lutte préventive antiacridienne (PLPA). Les actions du CIRAD : le criquet nomade*. Poster réalisé pour une présentation du projet PLPA à Antananarivo (hôtel Hilton) en mars 2007.

CIRAD. 2007. *Le projet de lutte préventive antiacridienne (PLPA). Les actions du CIRAD : le criquet migrateur*. Poster réalisé pour une présentation du projet PLPA à Antananarivo (hôtel Hilton) en mars 2007.

## Présentation

Decherf Aurélia et Andriamaroahina Tsitohaina. 2007. *Problématique de l'influence de la modification des conditions éco-mésologiques sur la dynamique des populations acridiennes*. Présentation réalisée lors d'un atelier de travail du CNA.

## Annexe 2. Missions d'appui et expert en affectation au sein du CNA (2005-2007)

### 2005-2006 (pour mémoire)

- Lecoq M. - 6 au 28 novembre 2005
- Duranton J.-F. - 13 mars au 29 mai 2006
- Lecoq M - 27 mars au 22 avril 2006
- Luong-Skovmand M.H. - 3 au 25 mai 2006

### 2006-2007

- Duranton J.-F. - 4 septembre au 4 novembre 2006
- Lecoq M. - 5 novembre au 3 décembre 2006
- Luong-Skovmand M.H. - 12 novembre au 3 décembre 2006
- Duranton J.F. - 12 mars au 30 avril 2007
- Lecoq M. - 10 au 28 avril 2007

Aurélia Decherf a été en poste à Madagascar au sein du CNA depuis le 1<sup>er</sup> février 2006.

A noter, pour mémoire, la mission de formation en acridologie, surveillance et lutte antiacridienne réalisée dans le cadre du PLPA par le CIRAD en septembre et octobre 2004 par J.F. Duranton (25 jours), M. Lecoq (15 jours) et T. Rachadi (15 jours).

Bilan, fin juillet 2007, de l'expertise CIRAD dans le cadre du contrat avec le FOFIFA :

|                   | Réalisé          |                  | Prévu            | Solde           | % de réalisation |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Lecoq M.          | 99 jours         | 3,3 mois         | 3,0 mois         | - 0,3 mois      | 110%             |
| Luong-Skovmand M. | 46 jours         | 1,5 mois         | 2,5 mois         | 1,0 mois        | 60%              |
| Duranton J.F.     | 191 jours        | 6,4 mois         | 9,5 mois         | 3,1 mois        | 67%              |
| Decherf A.        | 510 jours        | 17,0 mois        | 20,0 mois        | 3,0 mois        | 85%              |
| <hr/>             |                  |                  |                  |                 |                  |
| <b>TOTAL</b>      | <b>846 jours</b> | <b>28,2 mois</b> | <b>35,0 mois</b> | <b>6,8 mois</b> | <b>80%</b>       |





### **Annexe 3. Tableaux financiers pour 2007-2008**

- Tableau 1 – Récapitulatif des prix (global + détail pour 2007-2008)
- Tableau 2 – Sous-détail des prix par activité (global + détail pour 2007-2008)
- Tableau 3 – Rémunération pour services de base (global + détail pour 2007-2008)
- Tableau 4 – Frais remboursables (global + détail pour 2007-2008)
- Tableau 5 – Frais divers (global + détail pour 2007-2008)

**Tableau 1 – Récapitulatif des prix (global + détail pour 2007-2008)**

| Tableau récapitulatif des prix                                                                                                                                           |         |                                                               |                |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------|----------------|---------|
| THEMES et ACTIVITES                                                                                                                                                      | MONNAIE | MONTANT                                                       |                |         |
|                                                                                                                                                                          |         | En lettres                                                    | En chiffres    |         |
| <b>Thème 5 - Dynamique des populations du criquet nomade</b>                                                                                                             |         |                                                               |                |         |
| Activité 5.1. Etude de la dynamique des populations du criquet nomade dans 3 stations de reproduction et dans une zone de refuge                                         | Euros   | Soixante dix mille trente neuf euros                          | <b>70 039</b>  | 32 898  |
| Activité 5.2. Etude expérimentale du polymorphisme phasaire                                                                                                              | Euros   | Soixante et un mille quatre cent quarante cinq euros          | <b>61 445</b>  | 18 129  |
| <b>Thème 6 - Exploitation des imageries satellitaires et mise en place d'un outil d'aide à la décision</b>                                                               |         |                                                               |                |         |
| Activité 6.1. Réactualisation des biotopes acridiens dans l'aire grégarigène du criquet migrateur (ordre de priorité: Ankaraobato, Toliara, Ambovombe, Ihosy et Betroka) | Euros   | Deux cent onze mille quatre cent quinze euros                 | <b>211 415</b> | 81 692  |
| Activité 6.2. Mise en place du SIG                                                                                                                                       | Euros   | Quatre vingt trois mille quatre vingt douze euros             | <b>83 092</b>  | 24 534  |
| Activité 6.3. Mise en place des bases de données                                                                                                                         | Euros   | Cinquante six mille six cent dix neuf euros                   | <b>56 619</b>  | 21 710  |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                             |         | <b>Quatre cent quatre vingt deux mille six cent dix euros</b> | <b>482 610</b> | 178 962 |
|                                                                                                                                                                          |         |                                                               |                | 210 529 |
|                                                                                                                                                                          |         |                                                               |                | 93 119  |

Soit un total de quatre cent quatre vingt deux mille six cent dix euros.

dont quatre vingt douze mille quatre cent vingt neuf euros pour l'année 2007-2008.

**Tableau 2 – Sous-détail des prix par activité (global + détail pour 2007-2008)**

| Sous-détail des prix                                      |         |                | 2005-2006     | 2006-2007      | 2007-2008                  |
|-----------------------------------------------------------|---------|----------------|---------------|----------------|----------------------------|
| <b>Annexe 2 - Tableau 2.1 (activité 5.1 du tableau 1)</b> |         |                |               |                |                            |
| Composante prix                                           | Monnaie | Montant        | Montant       | Montant        | Montant                    |
| Rémunération pour service de base                         | euros   | 41 307         | 20654         | 20654          | 13769                      |
| Frais remboursables                                       | euros   | 16 260         | 5420          | 5420           | 5420                       |
| Frais divers                                              | euros   | 12 472         | 6824          | 4824           | 824                        |
| <i>Sous-total</i>                                         | euros   | <b>70 039</b>  | <b>32 898</b> | <b>30 898</b>  | <b>20 013</b>              |
| <b>Annexe 2 - Tableau 2.2 (activité 5.2 du tableau 1)</b> |         |                |               |                |                            |
| Composante prix                                           | Monnaie | Montant        | Montant       | Montant        | Montant                    |
| Rémunération pour service de base                         | euros   | 34 423         | 6885          | 6885           | 6885                       |
| Frais remboursables                                       | euros   | 14 550         | 5420          | 5420           | 3710                       |
| Frais divers                                              | euros   | 12 472         | 5824          | 5824           | 824                        |
| <i>Sous-total</i>                                         | euros   | <b>61 445</b>  | <b>18 129</b> | <b>18 129</b>  | <b>11 419</b>              |
| <b>Annexe 2 - Tableau 2.3 (activité 6.1 du tableau 1)</b> |         |                |               |                |                            |
| Composante prix                                           | Monnaie | Montant        | Montant       | Montant        | Montant                    |
| Rémunération pour service de base                         | euros   | 96 383         | 27538         | 55076          | 13769                      |
| Frais remboursables                                       | euros   | 31 940         | 5420          | 17680          | 8840                       |
| Frais divers                                              | euros   | 83 092         | 48734         | 31534          | 2824                       |
| <i>Sous-total</i>                                         | euros   | <b>211 415</b> | <b>81 692</b> | <b>104 290</b> | <b>25 433</b>              |
| <b>Annexe 2 - Tableau 2.4 (activité 6.2 du tableau 1)</b> |         |                |               |                |                            |
| Composante prix                                           | Monnaie | Montant        | Montant       | Montant        | Montant                    |
| Rémunération pour service de base                         | euros   | 55 538         | 11200         | 24969          | 19369                      |
| Frais remboursables                                       | euros   | 18 040         | 8510          | 7820           | 1710                       |
| Frais divers                                              | euros   | 8 824          | 4824          | 4000           | 0                          |
| <i>Sous-total</i>                                         | euros   | <b>83 092</b>  | <b>24 534</b> | <b>36 789</b>  | <b>21 079</b>              |
| <b>Annexe 2 - Tableau 2.5 (activité 6.3 du tableau 1)</b> |         |                |               |                |                            |
| Composante prix                                           | Monnaie | Montant        | Montant       | Montant        | Montant                    |
| Rémunération pour service de base                         | euros   | 34 885         | 11200         | 11200          | 13175                      |
| Frais remboursables                                       | euros   | 12 910         | 6510          | 4400           | 2000                       |
| Frais divers                                              | euros   | 8 824          | 4000          | 4824           | 0                          |
| <i>Sous-total</i>                                         | euros   | <b>56 619</b>  | <b>21 710</b> | <b>20 424</b>  | <b>15 175</b>              |
| <b>TOTAL</b>                                              |         |                | <b>482609</b> | <b>Total</b>   | <b>178962 210529 93118</b> |



**Tableau 3 – Rémunération pour services de base (global + détail pour 2006-2007)**

| Tableau des rémunérations pour les services de base (Euros) |                                                         |            |              |                     | 2005-2006           |               | 2006-2007           |                | 2007-2008           |               |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|--------------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|----------------|---------------------|---------------|
| Nom                                                         | Poste                                                   | Homme.mois | Taux mensuel | Montant total prévu | H.m                 | Montant       | H.m                 | Montant        | H.m                 | Montant       |
| Michel LECOQ                                                | Acridologie, responsable activité 5                     | 3          | 13 769       | 41 307              | 1,5                 | 20 653        | 1,5                 | 20 653         | 0,0                 | 0             |
| My-Hanh LUONG-SKOVMAND                                      | Acridologie                                             | 2,5        | 13 769       | 34 423              | 0,5                 | 6 885         | 0,5                 | 6 885          | 1,5                 | 20 653        |
| Jean-François DURANTON                                      | Acridologie, SIG, télédétection, responsable activité 6 | 9,5        | 13 769       | 130 806             | 2,0                 | 27 538        | 5,0                 | 68 845         | 2,5                 | 34 423        |
| Aurélia DECHERF                                             | SIG, télédétection                                      | 20         | 2 800        | 56 000              | 8,0                 | 22 400        | 8,0                 | 22 400         | 4,0                 | 11 200        |
| <b>TOTAL</b>                                                |                                                         | 35         |              | <b>262 536</b>      | <b>Total 2005-6</b> | <b>77 476</b> | <b>Total 2006-7</b> | <b>118 783</b> | <b>Total 2007-8</b> | <b>66 276</b> |

**NB. Une réduction quantitative de 20% est accordée pour contrat de longue durée sur le taux mensuel des experts seniors.**

Par ailleurs, on notera la **prolongation de la mission de Aurélia Decherf**, en charge du développement du SIG, qui bénéficiera en 2008 d'un nouveau contrat de 10 mois pris en charge par le CIRAD (soit un total de 30 mois d'expertise au lieu des 20 initialement prévus).

**Tableau 4 – Frais remboursables (global + détail pour 2007-2008)**

**Frais remboursables (Euros)**

Activité 5.1 du tableau 1

| Item N°      | Nomenclature                               | Unité     | Quantité | Prix unitaire | Montant unitaire total |
|--------------|--------------------------------------------|-----------|----------|---------------|------------------------|
| 1            | Voyage aller-retour Montpellier-Madagascar | Voyage AR | 3        | 2 000         | 6 000                  |
| 2            | Indemnités de subsistance (114 E / jour)   |           | 90       | 114           | 10 260                 |
| <b>TOTAL</b> |                                            |           |          |               | <b>16 260</b>          |

Activité 5.2 du tableau 1

| Item N°      | Nomenclature                               | Unité     | Quantité | Prix unitaire | Montant unitaire total |
|--------------|--------------------------------------------|-----------|----------|---------------|------------------------|
| 1            | Voyage aller-retour Montpellier-Madagascar | Voyage AR | 3        | 2 000         | 6 000                  |
| 2            | Indemnités de subsistance (114 E / jour)   |           | 75       | 114           | 8 550                  |
| <b>TOTAL</b> |                                            |           |          |               | <b>14 550</b>          |

Activité 6.1 du tableau 1

| Item N°      | Nomenclature                               | Unité     | Quantité | Prix unitaire | Montant unitaire total |
|--------------|--------------------------------------------|-----------|----------|---------------|------------------------|
| 1            | Voyage aller-retour Montpellier-Madagascar | Voyage AR | 4        | 2 000         | 8 000                  |
| 2            | Indemnités de subsistance (114 E / jour)   |           | 210      | 114           | 23 940                 |
| <b>TOTAL</b> |                                            |           |          |               | <b>31 940</b>          |

Activité 6.2 du tableau 1

| Item N°      | Nomenclature                               | Unité     | Quantité | Prix unitaire | Montant unitaire total |
|--------------|--------------------------------------------|-----------|----------|---------------|------------------------|
| 1            | Voyage aller-retour Montpellier-Madagascar | Voyage AR | 2        | 2 000         | 4 000                  |
| 2            | Indemnités de subsistance (114 E / jour)   |           | 60       | 114           | 6 840                  |
| 4            | Location résidence expert junior           |           | 12       | 600           | 7 200                  |
| <b>TOTAL</b> |                                            |           |          |               | <b>18 040</b>          |

Activité 6.3 du tableau 1

| Item N°      | Nomenclature                               | Unité     | Quantité | Prix unitaire | Montant unitaire total |
|--------------|--------------------------------------------|-----------|----------|---------------|------------------------|
| 1            | Voyage aller-retour Montpellier-Madagascar | Voyage AR | 2        | 2 000         | 4 000                  |
| 2            | Indemnités de subsistance (114 E / jour)   |           | 15       | 114           | 1 710                  |
| 4            | Location résidence expert junior           |           | 12       | 600           | 7 200                  |
| <b>TOTAL</b> |                                            |           |          |               | <b>12 910</b>          |

|              |  |  |  |  |               |
|--------------|--|--|--|--|---------------|
| <b>TOTAL</b> |  |  |  |  | <b>93 700</b> |
|--------------|--|--|--|--|---------------|

| 2005-2006 | 2006-2007 | 2007-2008 |
|-----------|-----------|-----------|
|-----------|-----------|-----------|

| Quantité     | Montant | Quantité     | Montant | Quantité     | Montant |
|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|
| 1            | 2 000   | 1            | 2 000   | 1            | 2 000   |
| 30           | 3 420   | 30           | 3 420   | 30           | 3 420   |
| <b>5 420</b> |         | <b>5 420</b> |         | <b>5 420</b> |         |

| Quantité     | Montant | Quantité     | Montant | Quantité     | Montant |
|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|
| 1            | 2 000   | 1            | 2 000   | 1            | 2 000   |
| 30           | 3 420   | 30           | 3 420   | 15           | 1 710   |
| <b>5 420</b> |         | <b>5 420</b> |         | <b>3 710</b> |         |

| Quantité     | Montant | Quantité      | Montant | Quantité     | Montant |
|--------------|---------|---------------|---------|--------------|---------|
| 1            | 2 000   | 2             | 4 000   | 1            | 2 000   |
| 30           | 3 420   | 120           | 13 680  | 60           | 6 840   |
| <b>5 420</b> |         | <b>17 680</b> |         | <b>8 840</b> |         |

| Quantité     | Montant | Quantité     | Montant | Quantité     | Montant |
|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|
| 1            | 2 000   | 1            | 2 000   | 0            | 0       |
| 15           | 1 710   | 30           | 3 420   | 15           | 1 710   |
| 8            | 4 800   | 4            | 2 400   | 0            | 0       |
| <b>8 510</b> |         | <b>7 820</b> |         | <b>1 710</b> |         |

| Quantité     | Montant | Quantité     | Montant | Quantité     | Montant |
|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|
| 0            | 0       | 1            | 2 000   | 1            | 2 000   |
| 15           | 1 710   | 0            | 0       | 0            | 0       |
| 8            | 4 800   | 4            | 2 400   | 0            | 0       |
| <b>6 510</b> |         | <b>4 400</b> |         | <b>2 000</b> |         |

|                     |               |                     |               |                     |               |
|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| <b>Total 2005-6</b> | <b>31 280</b> | <b>Total 2006-7</b> | <b>40 740</b> | <b>Total 2007-8</b> | <b>21 680</b> |
|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|

**Tableau 5 – Frais divers (global + détail pour 2007-2008)**

| FRAIS DIVERS (euros) |  |  |  |  |  |
|----------------------|--|--|--|--|--|
|----------------------|--|--|--|--|--|

Activité 5.1 du tableau 1

| Item N°      | Nomenclature                                                                 | Unité              | Quantité | Prix unitaire | Montant unitaire total |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|---------------|------------------------|
| 4            | Rédaction et production des rapports intermédiaires et final                 | Rapports           | 3        | 824           | 2 472                  |
| 5            | Frais divers (matériel de prospection, campement, cartographie, topographie) | Equipements divers | forfait  | 4 000         | 4 000                  |
| 7            | Frais d'enquêtes de terrain                                                  | Enquêtes           | forfait  | 5 000         | 5 000                  |
| 9            | Frêt aérien (transport matériel de terrain et de prospection)                | Frêt               | forfait  | 1 000         | 1 000                  |
| <b>TOTAL</b> |                                                                              |                    |          |               | <b>12 472</b>          |

Activité 5.2 du tableau 1

| Item N°      | Nomenclature                                                                 | Unité              | Quantité | Prix unitaire | Montant unitaire total |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|---------------|------------------------|
| 4            | Edition des rapports intermédiaires et final                                 | Rapports           | 3        | 824           | 2 472                  |
| 5            | Frais divers (matériel de prospection, campement, cartographie, topographie) | Equipements divers | forfait  | 4 000         | 4 000                  |
| 7            | Frais d'enquêtes de terrain                                                  | Enquêtes           | forfait  | 5 000         | 5 000                  |
| 9            | Frêt aérien (transport matériel de terrain et de prospection)                | Frêt               | forfait  | 1 000         | 1 000                  |
| <b>TOTAL</b> |                                                                              |                    |          |               | <b>12 472</b>          |

| 2005-2006 | 2006-2007 | 2007-2008 |
|-----------|-----------|-----------|
|-----------|-----------|-----------|

| Quantité     | Montant | Montant      | Montant    |
|--------------|---------|--------------|------------|
| 1            | 824     | 824          | 824        |
| forfait      | 3 000   | 1 000        | 0          |
| forfait      | 2 500   | 2 500        | 0          |
| forfait      | 500     | 500          | 0          |
| <b>6 824</b> |         | <b>4 824</b> | <b>824</b> |

| Quantité     | Montant | Montant      | Montant    |
|--------------|---------|--------------|------------|
| 1            | 824     | 824          | 824        |
| forfait      | 2 000   | 2 000        | 0          |
| forfait      | 2 500   | 2 500        | 0          |
| forfait      | 500     | 500          | 0          |
| <b>5 824</b> |         | <b>5 824</b> | <b>824</b> |



Activité 6.1 du tableau 1

| Item N°      | Nomenclature                                                                 | Unité                 | Quantité | Prix unitaire | Montant unitaire total |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------|---------------|------------------------|
| 1            | Production des cartes et divers                                              | Cartes                | forfait  | 6000          | 6 000                  |
| 2            | Analyse des images satellitaires                                             | Images                | forfait  | 18420         | 18 420                 |
| 3            | Frais documentation, achat d'images                                          | Images, documents     | forfait  | 3000          | 3 000                  |
| 4            | Edition des rapports intermédiaires et final                                 | Rapports              | 3        | 824           | 2 472                  |
| 5            | Frais divers (matériel de prospection, campement, cartographie, topographie) | Equipements divers    | forfait  | 12200         | 12 200                 |
| 6            | Prospections aériennes                                                       | Heures de prospection | 75       | 200           | 15 000                 |
| 7            | Frais d'enquêtes de terrain                                                  | Enquêtes              | forfait  | 19000         | 19 000                 |
| 8            | Frais d'herbier                                                              | Herbier               | forfait  | 3000          | 3 000                  |
| 9            | Frêt aérien (transport matériel de terrain et de prospection)                | Frêt                  | forfait  | 4000          | 4 000                  |
| <b>TOTAL</b> |                                                                              |                       |          |               | <b>83 092</b>          |

Activité 6.2 du tableau 1

| Item N°      | Nomenclature                                 | Unité                 | Quantité | Prix unitaire | Montant unitaire total |
|--------------|----------------------------------------------|-----------------------|----------|---------------|------------------------|
| 4            | Edition des rapports intermédiaires et final | Rapports              | 1        | 824           | 824                    |
| 10           | Fonctionnement expert affecté auprès du CNA  | Fonctionnement divers | forfait  | 8000          | 8 000                  |
| <b>TOTAL</b> |                                              |                       |          |               | <b>8 824</b>           |

Activité 6.3 du tableau 1

| Item N°      | Nomenclature                                 | Unité                 | Quantité | Prix unitaire | Montant unitaire total |
|--------------|----------------------------------------------|-----------------------|----------|---------------|------------------------|
| 4            | Edition des rapports intermédiaires et final | Rapports              | 1        | 824           | 824                    |
| 10           | Fonctionnement expert affecté auprès du CNA  | Fonctionnement divers | forfait  | 8000          | 8 000                  |
| <b>TOTAL</b> |                                              |                       |          |               | <b>8 824</b>           |

|              |  |  |  |  |                |
|--------------|--|--|--|--|----------------|
| <b>TOTAL</b> |  |  |  |  | <b>125 684</b> |
|--------------|--|--|--|--|----------------|

| 2005-2006 | 2006-2007 | 2007-2008 |
|-----------|-----------|-----------|
|-----------|-----------|-----------|

| Quantité      | Montant | Montant       | Montant      |
|---------------|---------|---------------|--------------|
| forfait       | 2 000   | 2 000         | 2 000        |
| forfait       | 9 210   | 9 210         | 0            |
| forfait       | 3 000   | 0             | 0            |
| 1             | 824     | 824           | 824          |
| forfait       | 12 200  | 0             | 0            |
| 37,5          | 7 500   | 7 500         | 0            |
| forfait       | 9 500   | 9 500         | 0            |
| forfait       | 1 500   | 1 500         | 0            |
| forfait       | 3 000   | 1 000         | 0            |
| <b>48 734</b> |         | <b>31 534</b> | <b>2 824</b> |

| Quantité     | Montant | Montant      | Montant  |
|--------------|---------|--------------|----------|
| 1            | 824     | 0            | 0        |
| forfait      | 4000    | 4000         | 0        |
| <b>4 824</b> |         | <b>4 000</b> | <b>0</b> |

| Quantité     | Montant | Montant      | Montant  |
|--------------|---------|--------------|----------|
| 0            | 0       | 824          | 0        |
| forfait      | 4000    | 4000         | 0        |
| <b>4 000</b> |         | <b>4 824</b> | <b>0</b> |

|              |               |               |              |
|--------------|---------------|---------------|--------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>70 206</b> | <b>51 006</b> | <b>4 472</b> |
|--------------|---------------|---------------|--------------|



## **Annexe 4. Posters et présentations.**

On trouvera ci-après copie des documents suivants :

### **Posters**

CIRAD. 2007. *Le projet de lutte préventive antiacridienne (PLPA). Les actions du CIRAD : le criquet nomade*. Poster réalisé pour une présentation du projet PLPA à Antananarivo (hôtel Hilton) en mars 2007.

CIRAD. 2007. *Le projet de lutte préventive antiacridienne (PLPA). Les actions du CIRAD : le criquet migrateur*. Poster réalisé pour une présentation du projet PLPA à Antananarivo (hôtel Hilton) en mars 2007.

### **Présentation**

Decherf Aurélia et Andriamaroahina Tsitohaina. 2007. *Problématique de l'influence de la modification des conditions éco-mésologiques sur la dynamique des populations acridiennes*. Présentation réalisée lors d'un atelier de travail du CNA.





## Le Projet de Lutte Préventive Antiacridienne (PLPA)

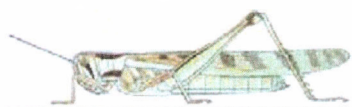
### Les actions du CIRAD : le criquet nomade



Le criquet nomade est un fléau chronique pour les cultures de Madagascar. Si le développement d'une invasion majeure n'est sans doute pas à craindre, des pullulations localement importantes et dévastatrices peuvent cependant se développer sur une grande partie du territoire, au sud comme au nord.

Les connaissances scientifiques sur ce criquet étant limitées, le CIRAD - en coopération avec le Centre national antiacridien malgache - a engagé des recherches pour mieux connaître cette espèce afin d'améliorer la stratégie de surveillance et de lutte.

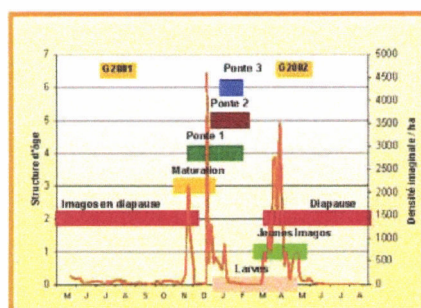
Des travaux sont en cours pour préciser la biologie et l'écologie de ce criquet, la dynamique de ses populations, ses migrations saisonnières, les relations entre pullulations et conditions écologiques y compris les conséquences de l'anthropisation. Une attention particulière est apportée à l'étude des critères permettant de mieux caractériser les phases solitaire (inoffensive) et grégaire (dévastatrice).



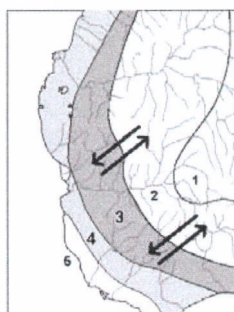
Le criquet nomade, *Nomadacris septemfasciata* (Serville, 1838), tire son nom de son comportement. Il est également appelé le criquet rouge à cause de la couleur de ses ailes, mais aussi de la teinte rouge foncé des individus grégaires observés dans les essaims.



Larve grégaire (G) et solitaire (D) du criquet nomade.



Le cycle biologique du criquet nomade  
Une génération par an et des ailes passant la saison sèche en diapause.

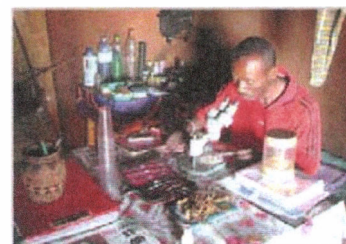


Les migrations saisonnières du criquet nomade dans le sud de Madagascar.

1, zone refuge de saison sèche ; 2, zone de transition ; 3, zone principale de reproduction en saison des pluies ; 4, zone de reproduction secondaire ; 5, zone limite sud (pas de reproduction).



Discussion avec un agriculteur dans l'Androy à l'occasion d'enquêtes destinées à exploiter les connaissances empiriques des populations locales sur le criquet nomade.



Analyse d'échantillons de criquet nomade par un assistant de recherche du projet PLPA dans un laboratoire de terrain situé près de Betioky Sud.



Collecte d'échantillons de criquets nomades pour étude de la dynamique des populations par les prospecteurs du centre antiacridie



Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement  
UPR Acridologie – Ecologie et maîtrise des populations d'acridiens

Voir également :

Le site internet du CIRAD à Madagascar : <http://www.cirad.mg/fr/acrido.php>

Et les sites de l'UPR Acridologie :

- L'unité de recherche et ses programmes : <http://www.cirad.fr/ur/acridologie>
- L'information sur les criquets : <http://locust.cirad.fr/>
- La littérature sur les criquets : <http://ispi-lit.cirad.fr/>



# Le Projet de Lutte Préventive Antiacridienne (PLPA)

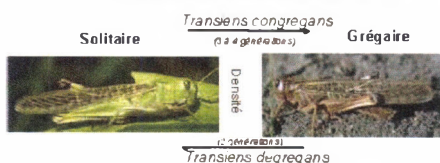
## Les actions du CIRAD : le criquet migrateur



Le criquet migrateur est un ravageur majeur de l'agriculture malgache. C'est lui qui fait peser la plus forte menace pour la sécurité alimentaire du pays. La récente invasion des années 1997 à 2000 est encore dans toutes les mémoires.

Dans le cadre du projet PLPA, le CIRAD - en coopération avec le Centre national antiacridien malgache - développe actuellement un outil d'alerte précoce qui devrait permettre de mieux organiser la lutte préventive contre ce ravageur.

Le Criquet migrateur malgache est un locuste (acridien grégariapte)

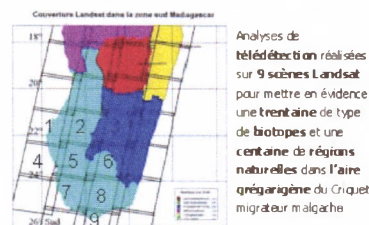


### Objectifs du volet SIG/LMC

#### Renforcer la lutte préventive

- Modernisation du système d'avertissement (créé en 1973)
  - Actualisation de l'inventaire cartographique des biotopes acridiens
  - Intégration des informations via un Système d'Information Géographique (SIG)
- => Évaluation périodique du risque acridien

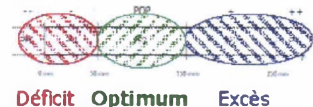
### Mise à jour des biotopes acridiens



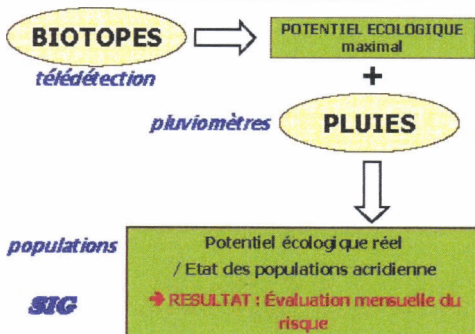
Facteur de régulation des populations = facteur hydrique

>basé principalement sur la pluviométrie (Zlotarevsky, 1933 ; Launois 1974)

>Définition d'une plage optimale pluviométrique entre 50 et 150 mm / mois (Andrianasolo Ravoavy, 1979 ; Darnhofer & Launois, 1974)

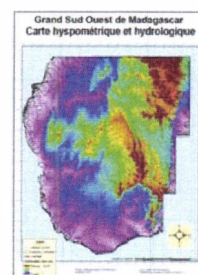


### Organigramme fonctionnel du Système d'Avertissement modernisé



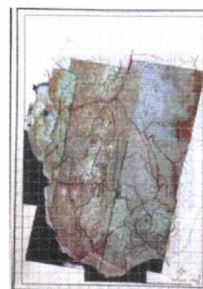
### Préparation de l'écoringalisation

9 MNT acquis  
mosaïquage et correction  
sortie des réseaux hydro et des bassins versants



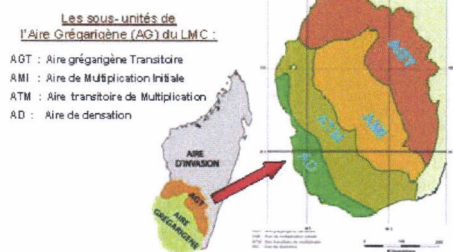
### Ecorégionalisation

9 Images fausses couleurs mosaïquées  
13 macro-régions d'analyse  
±100 régions naturelles élémentaires



### L'aire grégarigène du Criquet migrateur malgache

La réalisation moyenne de cette POP dans le temps et dans l'espace -> sous-unités régionales de l'AG



### La lutte préventive nécessite une bonne connaissance :

- de la bioécologie de l'espèce cible
- des biotopes et de leurs potentiels écologiques
- des conditions écométéorologiques discriminantes de la dynamique des populations de l'espèce
- de toutes les pratiques de lutte disponibles dans un contexte de développement durable

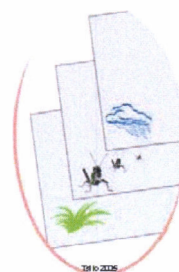
### Perspectives actuelles de travail

- Campagne d'échantillonnage pour la télédétection
- Prise en compte des différentes catégories de biotopes
- Résoudre les problèmes liés au mosaïquage des images
- Réalisation des classifications supervisées
- Réflexion sur les incertitudes et limites de la télédétection
- Travail sur les bases de données du CNA
- Mise en œuvre du SIG

### Création d'un SIG alerte précoce

• Confrontation des données biotiques et abiotiques :

- Données acridiennes : phase, phénologie, densité
- Données météorologiques : pluviosité décennale ou mensuelle
- Données environnementales : description, délimitation, planimétrie des biotopes de même potentiel



->PRONOSTIC ACRIDIEN



Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement  
UPR Acridologie - Ecologie et maîtrise des populations d'acridiens

Voir également :

Le site internet du CIRAD à Madagascar :  
<http://www.cirad.mg/fr/acrido.php>

Et les sites de l'UPR Acridologie :

- L'unité de recherche et ses programmes : <http://www.cirad.fr/ur/acridologie>
- L'information sur les criquets : <http://locust.cirad.fr/>
- La littérature sur les criquets : <http://isp-lit.cirad.fr/>





Département  
BIOS  
UPR 50  
« Ecologie et  
maîtrise des  
populations  
d'acridiens »

Projet SIG  
LMC

CIRAD  
FOFIFA  
PLPA/BAD  
CNA / MAEP



# Problématique de l'influence de la modification des conditions éco-mésologiques sur la dynamique des populations acridiennes

Aurélia DECHERF - CIRAD  
Chef de projet SIG/LMC

Tsitohaina ANDRIAMAROAHINA - CNA  
Titulaire de Mastère SILAT/ SIG et Télédétection



Département  
BIOS  
UPR 50  
« Ecologie et  
maîtrise des  
populations  
d'acridiens »

Projet SIG  
LMC

CIRAD  
FOFIFA  
PLPA/BAD  
CNA / MAEP



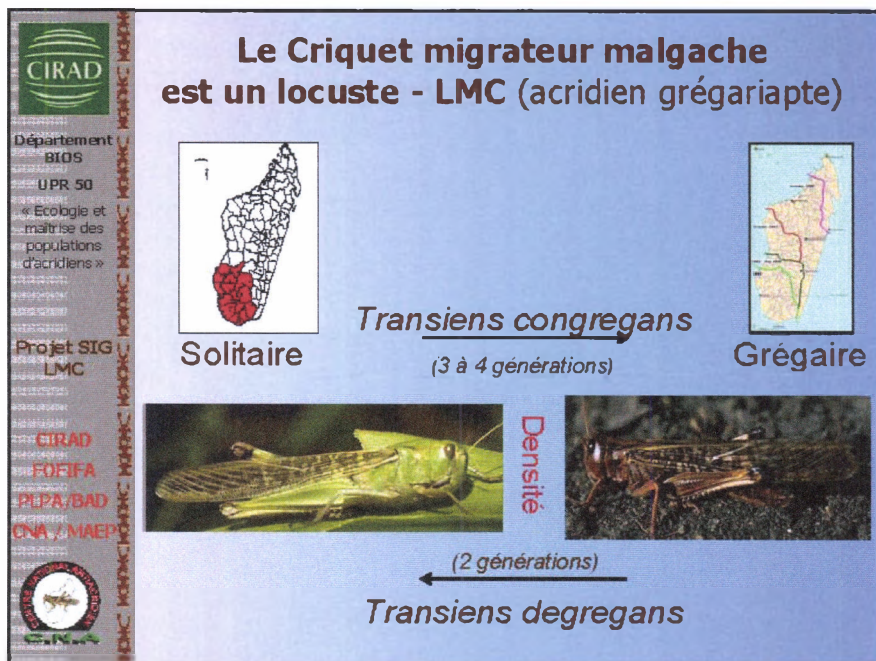
## Le Criquet migrateur malgache

### Sa bioécologie et la dynamique de populations

### L'évolution de l'occupation des sols dans l'AG

### La modernisation de l'avertissement

### Les perspectives de recherche



**Bio-écologie du LMC**

- **Biologie :**
  - 2 à 5 générations par an
  - graminicole (vivant dans les zones herbeuses)
  - graminivore (phytophage)
  - Solitaires vivant dans les zones semi-arides (350 à 900 mm)
- **Dynamique des Populations** dépend de l'évolution spatio-temporelle de la pluviométrie, ce qui constitue le facteur discriminant de la régulation des effectifs

**CIRAD**  
Département BIOS  
UPR 50  
« Ecologie et maîtrise des populations d'acridiens »  
Projet SIG LMC  
CIRAD  
FOFIFA  
PLPA/BAD  
ONIA / MAEP



**CIRAD**

Département  
BIOS  
UPR-50

« Ecologie et  
maîtrise des  
populations  
d'acridiens »

Projet SIG  
LMC

CIRAD  
FOFIFA  
PLPA/BAD  
CNA / MAEP

## Facteur de régulation des populations

- **Pluviométrie = base du système d'avertissement**
- **Définition d'une plage optimale pluviométrique entre 50 et 150 mm /mois**  
(Darnhofer & Launois, 1974 ; Andrianasolo Ravoavy, 1979)

Déficit   Optimum   Excès

**CIRAD**

Département  
BIOS  
UPR 50

« Ecologie et  
maîtrise des  
populations  
d'acridiens »

Projet SIG  
LMC

CIRAD  
FOFIFA  
PLPA/BAD  
CNA / MAEP

## L'aire grégarigène du Criquet migrateur malgache

La réalisation moyenne de cette POP dans le temps et dans l'espace → sous- unités régionales de l'AG

Les sous- unités de l'Aire Grégarigène (AG) du LMC :

AGT : Aire grégarigène Transitoire

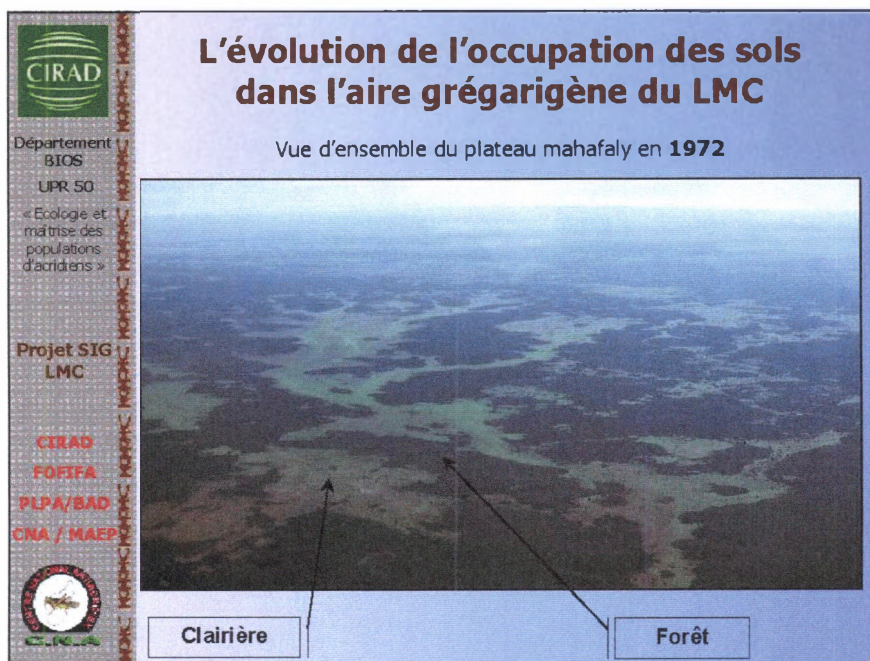
AMI : Aire de Multiplication Initiale

ATM : Aire transitoire de Multiplication

AD : Aire de densation

AGT : Aire grégarigène transitoire  
AMI : Aire de multiplication initiale  
ATM : Aire transitoire de multiplication  
AD : Aire de densation

Kilomètres







Département  
BIOS  
UPR 50  
« Ecologie et  
maîtrise des  
populations  
d'acridiens »

Projet SIG  
LMC

CIRAD  
FOFIFA  
PLPA/BAD  
CNA / MAEP



## Evolution des biotopes acridiens dans les Clairières Mahafaly



Station de Tranombaza en  
**1972**



Station de Tranombaza en  
**1992**



Département  
BIOS  
UPR 50  
« Ecologie et  
maîtrise des  
populations  
d'acridiens »

Projet SIG  
LMC

CIRAD  
FOFIFA  
PLPA/BAD  
CNA / MAEP



## Savane moyenne des « clairières mahafaly » février 2006







Département  
BIOS  
UPR 50  
« Ecologie et  
maîtrise des  
populations  
d'acridiens »

Projet SIG  
LMC

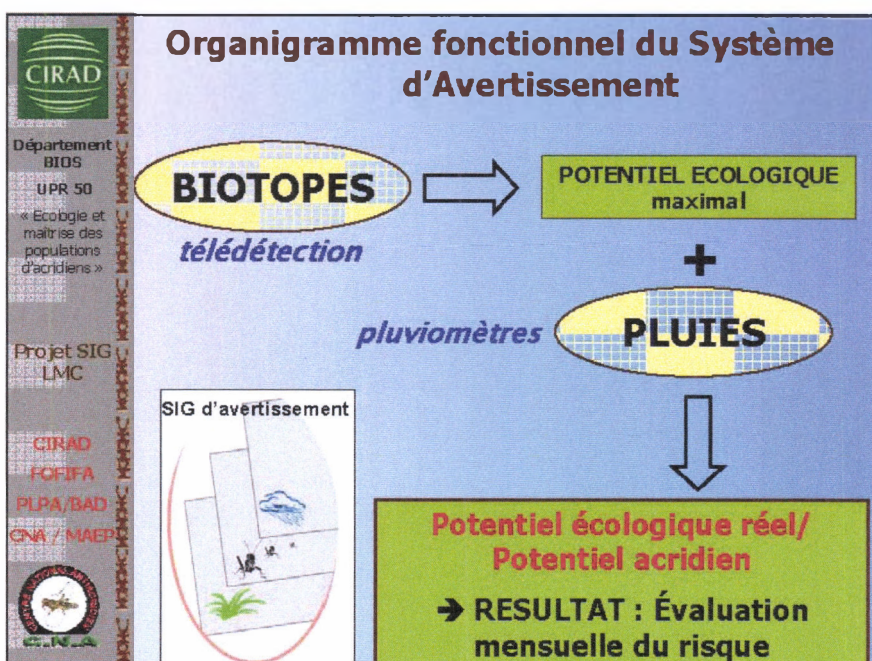
CIRAD  
FOFIFA  
PLPA/BAD  
CNA / MAEP



## La modernisation du Système d'Avertissement

- l'environnement a fortement évolué dans l'aire grégarigène du Criquet migrateur (notamment : déforestation dans l'aire dite « de densation »)
- des progrès technologiques décisifs ont vu le jour (GPS, micro-informatique, SIG, données de télédétection satellitaire)
- la nécessité de mettre en place un système d'avertissement acridien pérenne, efficace, peu coûteux et respectueux de l'environnement dans le cadre du développement durable du Sud et Sud-Ouest malgache

→ Un nouvel outil d'aide à la décision pour conduire une lutte antiacridienne préventive





Département  
BIOS

UPR 50  
« Ecologie et  
maîtrise des  
populations  
d'acridiens »

Projet SIG  
LMC

CIRAD  
FOFIFA  
PLPA/BAD  
CNA / MAEP



## Perspectives de recherche

**Le problème acridien a donc considérablement évolué à Madagascar au cours des 30 dernières années**

**Il convient aujourd'hui de comprendre et quantifier :**

- La diversification de la **gamme des biotopes** présents dans certaines régions naturelles ( ex : forêt des Mikea)
- La transformation du potentiel écologique de certains biotopes
- Le renforcement de certaines voies privilégiées de déplacement (ex : axe RN7 entièrement déboisé)
- Le renforcement de la complémentarité écologique interrégionale



Département  
BIOS

UPR 50  
« Ecologie et  
maîtrise des  
populations  
d'acridiens »

Projet SIG  
LMC

CIRAD  
FOFIFA  
PLPA/BAD  
CNA / MAEP



## Perspectives de recherches environnementales

- Coordonner les actions à l'échelle de l'AG avec les différents acteurs de développement et de protection écologique pour :
  - Mettre en commun les connaissances, compétences et données de terrain
  - Trouver des solutions durables pour stopper les dégradations du couvert végétal
  - Coordonner des actions de sensibilisation
  - Trouver des solutions pour combiner la nécessité d'une lutte préventive antiacridienne et les objectifs d'extension des aires protégées





AD-DIST  
bibliothèque  
Lavalette

24.09.01

