

# Evolution des conditions pluviométriques optimales pour le développement du criquet migrateur Malagasy

NORODINY<sup>1</sup>, RANDRIANANTENAINA Monja<sup>2, 3</sup>, RAHARINIRINA Tolojanahary  
Lucianne Nicole<sup>1</sup>, RAHARIJAONA D.J.B.<sup>1</sup>, HERISOA Antoine<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ecole doctorale en biodiversité et environnements tropicaux, Université de Toliara

<sup>2</sup> Faculté des lettres et des sciences humaines, Université de Toliara

<sup>3</sup> Ivotoerana Famongorana ny Valala eto Madagasikara (IFVM)

<sup>4</sup> Institut d'Enseignement Supérieur - Toliara

## RESUME

Le présent travail consiste à une étude sur l'évolution des conditions pluviométriques optimales pour le développement du criquet migrateur Malagasy. Ce dernier, *Locusta migratoria capito*, est un ravageur majeur de l'agriculture menaçant les maigres moyens de subsistance d'une population vulnérable. La surveillance et la lutte contre ce criquet sont confiées à l'Ivotoerana Famongorana ny Valala eto Madagasikara (IFVM). Il est appelé à maîtriser l'écologie et les facteurs environnementaux qui influent sur le développement de ce locuste. Sa stratégie est basée sur l'observation décadaire (éclosion, présence de l'espèce, etc.) dans des sites potentiels qui sont censés être représentatifs de l'aire grégarigène. Cette observation est combinée avec la pluviométrie et aboutissant ensuite à un pronostic de la situation acridienne. Cette étude a été effectuée dans le sud et sud-ouest de Madagascar, dont l'objectif est de contribuer à l'amélioration du système de lutte antiacridienne de l'IFVM. Il s'agit, sur la base des données climatiques existantes de l'année 1971 à 2019, de faire ressortir des cartes isohyètes et ensuite procéder à une étude détaillée dans le temps et dans l'espace l'évolution des conditions pluviométriques optimales (facteur limitant l'évolution des populations acridiennes). Les résultats obtenus montrent que, à cause du changement climatique actuel, une évolution importante de la réalisation de l'optimum pluviométrique a été observée dans la zone d'étude. Ceux-ci tendent à fausser les pronostics et les prévisions d'infestations. Les impacts de cette fausse information peuvent avoir des conséquences majeures sur le devenir de la lutte antiacridienne à Madagascar, nécessitant ainsi une réactualisation des stations météorologiques, et la mise à jour des limites des aires acridiennes relative à la réalisation du Plage d'Optimum Pluviométrique (POP) qui ont été mises en place depuis l'année 1970.

**Mots clés :** *Locusta migratoria capito*, pluviométrie, aire acridienne, Atsimo Andrefana

## ABSTRACT

This work consists of a study on the evolution of the optimal rainfall conditions for the development of the Malagasy migratory grasshopper. The latter, *Locusta migratoria capito*, is a major agricultural pest threatening the meagre livelihoods of a vulnerable population. Monitoring and control of this locust is entrusted to the Ivotoerana Famongorana ny Valala eto Madagasikara (IFVM). It is called upon to master the ecology and environmental factors that influence the development of this locust. Its strategy is based on decadal observation (hatching, presence of the species, etc.) at potential sites that are thought to be representative of the gregarious range. This observation is combined with rainfall and then leads to a prognosis of the locust situation. This study was carried out in the south and southwest of Madagascar. Its objective is to contribute to the improvement of the IFVM's locust control system. Based on existing climate data from 1971 to 2019, the aim is to draw up isohyctic maps and then to carry out a detailed study in time and space of the evolution of optimal rainfall conditions (a factor limiting the evolution of locust populations). The results show that, due to the current climate change, a significant shift in the achievement of optimum rainfall has been observed in the study area. These tend to distort outbreak predictions and predictions. The impact of this false information may have major consequences on the future of locust control in Madagascar, thus necessitating an update of the meteorological stations, and the updating of the boundaries of the locust areas related to the realization of the Optimum Pluviometric Beach (POP), which have been in place since 1970.

**Key words :** *Locusta migratoria capito*, rainfall, locust range, Atsimo Andrefana

## **I- INTRODUCTION**

### **I-1- Contexte**

Le secteur agricole occupe une place majeure dans les sociétés humaines, intervenant à de très nombreux niveaux : nourriture, source d'emploi, une importante source de devises. Toutes ces composantes font de l'agriculture un poids lourd de l'économie mondiale et un acteur de premier plan dans l'évolution de l'humanité.

Toutefois, la multiplication des catastrophes liées au climat et aux insectes ravageurs des plantes menacent de plus en plus la sécurité alimentaire. Parmi ces insectes, les criquets sont les plus dévastateurs depuis le moyen-âge jusqu'à nos jours (POPOV *et al.*, 1991). Ils sont présents partout dans le monde, et c'est dans les zones tropicales que l'on trouve le plus grand nombre d'espèces.

A Madagascar, plusieurs cycles d'invasions acridiennes ont été observés depuis un siècle, à l'instar de l'année : 1880-1888, 1899-1904, 1909-1915, 1921-1929, 1939-1957, 1960-1962, 1997-2000 et 2014-2016. Les invasions peuvent s'étendre sur les 4/5<sup>ème</sup> de l'île, soit près de 500 000 km<sup>2</sup>, pendant lesquelles ils causent des dégâts et des pertes allant jusqu'à 50% de la production agricole (LECOQ, 1991). Madagascar vit ainsi sous la menace permanente des invasions du criquet migrateur Malgache *Locusta migratoria capito*.

Face à cette situation, Il existe un service antiacridien à Madagascar présenté sous le nom d'Ivotoerana *Famongorana ny Valala eto Madagasikara* (IFVM). Il est chargé, en premier lieu, de centraliser, d'analyser et d'interpréter les données acridiennes, météorologiques et mésologiques provenant des zones et postes antiacridiens afin d'en tirer des pronostics d'évolution de cette locuste dans le temps et dans l'espace, et surtout d'assurer la gestion de lutte antiacridiens (NORODINY, 2020).

Aujourd'hui, la collecte des informations est assurée par un réseau de 32 Postes Antiacridiens (PA), eux mêmes regroupés en 08 Zones Antiacridiennes (ZA) dont 7 dans l'aire grégarigène du Sud et Sud-Ouest : Manja, Befandriana Sud, Sakaraha, Ihosy, Ejeda, Ampanihy et Ambovombe; et une à Antsohihy spécifiquement pour le criquet nomade (NORODINY, 2020).

### **I-2- Problématique**

Les quatre aires acridiennes [aires de multiplication initiale (AD), aires transitoires de multiplication (ATM), aires de densation (AD) et aire grégarigène transitoire (AGT)]

dans l'aire grégarigène de la zone d'étude sont mises en place depuis l'année 1970, ainsi que la prévision de déplacement saisonnier du criquet migrateur Malgache *Locusta migratoria capito* suivant la probabilité d'apparition de l'optimum pluviométrique de l'acridien dans l'aire grégarigène de l'IFVM (DURANTON *et al.*, 2009).

✚ Aires de multiplication initiale (AMI) : c'est la zone où le criquet migrateur a le maximum de chances de se reproduire après la saison sèche (DARNHOFER et LAUNOIS, 1974). C'est la partie nord et nord-est de l'aire grégarigène, là où s'effectue la première génération des acridiens, entre octobre et décembre (DURANTON *et al.*, 2009). Elle sert aussi de zone de refuge pendant la saison sèche. Elle est délimitée par :

- Le plateau de l'Ihorombe ;
- L'Isalo ;
- Les régions comprises entre l'Isalo et le complexe Analavelona-Mikoboka-Makay ;
- Les plaines et les plateaux du Sud de Mangoky ;
- Les régions de Manja et de Menabe ;
- La région de Sakaraha ;
- Le Nord de la pénéplaine de Bekily-Fotadrevo ;
- Le cirque Manambien.

Aires transitoires de multiplication (ATM) : elle est constituée du nord au sud par :

- Le couloir de Befandriana ;
- La zone d'Andranovory ;
- La haute vallée de l'Onilahy ;
- Le plateau de Betioky ;
- L'arc interne du plateau Mahafaly (région Ejeda et Ampanihy) ;
- Le Sud de la pénéplaine de Bekily ;
- Le bassin d'Ambovombe et de la plaine côtière du sud-est Antandroy.

Vers le début de la saison de pluie, c'est à dire d'octobre au mois de novembre, l'AMI devient humide, *Locusta migratoria* parte vers l'ATM, là où l'acridien réalise sa deuxième et troisième génération (DURANTON *et al.*, 2009).

✚ Aires de densation (AD) : c'est une autre écorégion présentant une pluviométrie la plus faible de l'aire grégarigène. Elle est constituée par les plaines côtières, là où la cohorte pouvant atteindre une forte densité, vue l'étroitesse de la région. Ici la pluviométrie annuelle est inférieure à 400 mm, en présentant par contre un gradient pluviométrique croissant d'ouest en est. Les stations dans cette aire sont toujours fermées et cloisonnées par des haies vives. Le plage d'optimum pluviométrique est atteint uniquement pendant les mois de l'acmé de la saison pluvieuse.

🚩 Aire grégarigène transitoire (AGT) : c'est la région plus humide que l'ensemble des trois sous aires citées auparavant. Au nord de l'aire grégarigène, l'AGT permet à quelques solitaires mais surtout à des populations transiens de passer la saison sèche et de se reproduire très tôt en début de saison. Elle est constituée par des régions :

- Du Zomandao au centre
- De Tsitondroina jusqu'à Ikalamavony au sud

Toutefois, les pronostics et prévisions d'infestations dans ces aires sont perturbés par le changement climatique actuel, notamment la variation du bilan pluviométrique et du calendrier des tombées de la pluie, et déterminant ainsi de nouveaux agencements de milieux dans le temps et dans l'espace.

### **I-3- Objectifs**

L'objectif principal de la présente étude est de contribuer à l'amélioration du système de lutte préventive antiacridienne à Madagascar. Elle a pour objectif spécifique de démontrer sur la base des données climatiques existantes, la dynamique de la réalisation de l'optimum pluviométrique pour l'acridien dans la zone d'étude face à l'effet du changement climatique actuel.

### **I-4- Hypothèse à vérifier**

Les stations fixes d'observation acridienne dans la zone d'étude ne sont plus représentatives de l'aire acridienne en termes de la réalisation de l'optimum pluviométrique pour l'acridien.

## **II- MATERIELS ET METHODES**

Selon RAVET (1948), pour connaître la pluviométrie moyenne mensuelle de chaque région dans une aire quelconque, la classification la plus simple déduite des cartes isohyètes. La carte isohyète mensuelle se réfère aux seuils de préférence hydrique des criquets migrants (DARNHOFER et LAUNOIS, 1974).

Dans le cadre de cette étude, vu l'importance de la variabilité de réalisation intra-annuelle de l'optimum pluviométrique et l'existence des années dites exceptionnelles (passage des cyclones, sécheresse), les données météorologiques issus des différentes postes pluviométriques de l'IFVM et du centre de la météorologie de Madagascar de l'année 1971 au 2019 ont été transformées en informations surfaciques enfin de fournir les cartes isohyètes de l'année moyenne. L'étape de ce travail commence par la structuration, le traitement et l'analyse des données, tout en utilisant

le Système d'Information Géographique (SIG) et le Microsoft Excel. Ce sont des logiciels conçus pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques.

L'interpolation spatiale des données ponctuelles est utilisée pour l'étude d'un phénomène qui se déploie continuellement sur le territoire mais pour lequel on ne peut, en pratique, disposer d'une mesure en tout point du territoire considéré. Il vise donc à transformer cette information ponctuelle en une information surfacique pour l'ensemble de la zone d'étude.

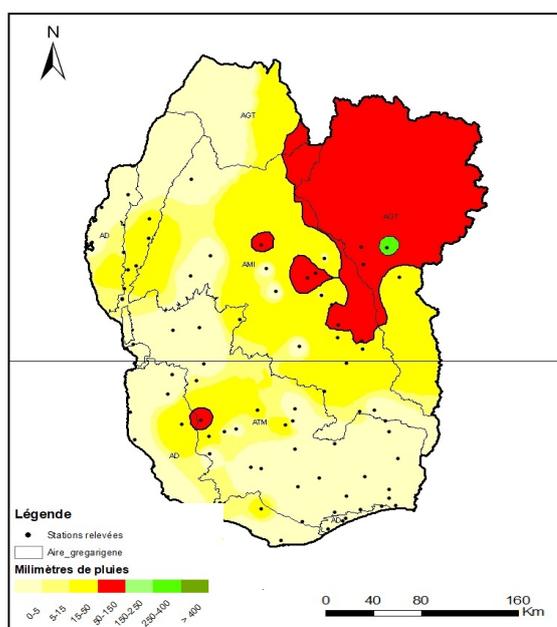
Pour la réalisation des cartes isohyètes, la méthode actuellement utilisée par l'IFVM pour l'interpolation des données pluviométriques est la méthode déterministe : il s'agit de la méthode de l'inverse de la distance (Inverse Distance Weighting).

### III- RESULTATS

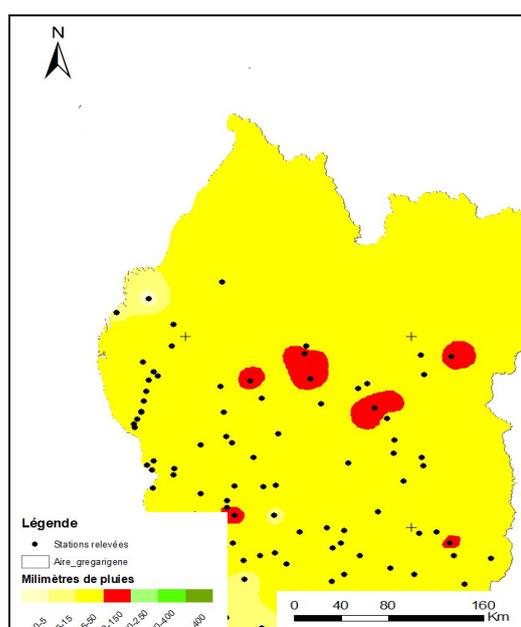
#### III- 1- Cartes isohyètes de l'année moyenne A1 (1971 à 1994) et A2 (1995 à 2019)

Les données météorologiques issues des cent trente-cinq (135) postes pluviométriques de l'IFVM et du centre de la météorologie de Madagascar de l'année 1971 à 2019 ont été transformées en informations surfaciques afin de fournir les cartes isohyètes de l'année moyenne ci-après (figures 4 à 16) :

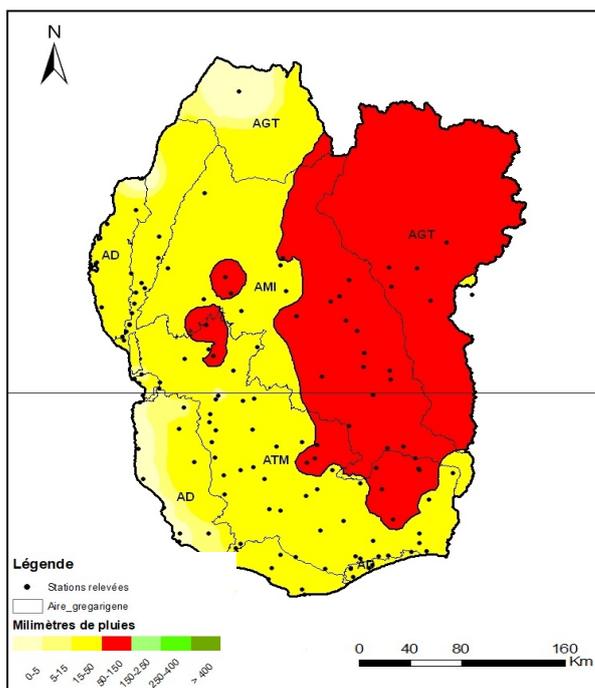
- Année moyenne 1 (A1) : 1971 à 1994
- Année moyenne 2 (A2): 1995 à 2019



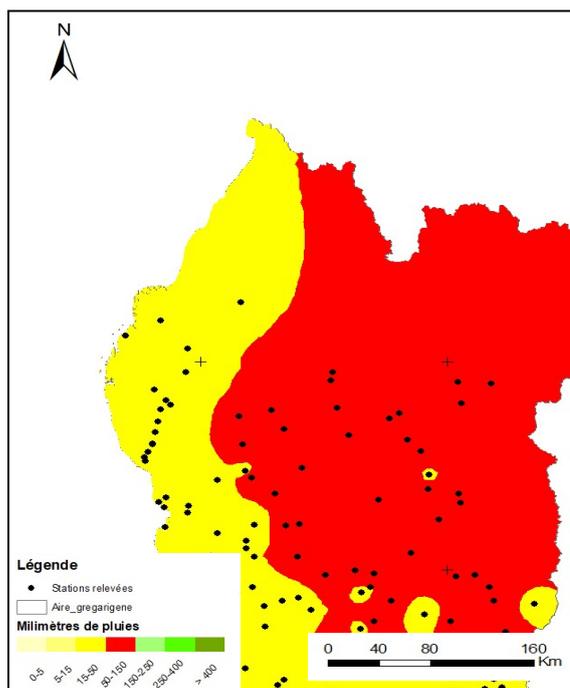
**Figure1:** Carte isohyète mois d'octobre (A1)  
Source : IFVM  
Réalisation : NORODINY, 2020



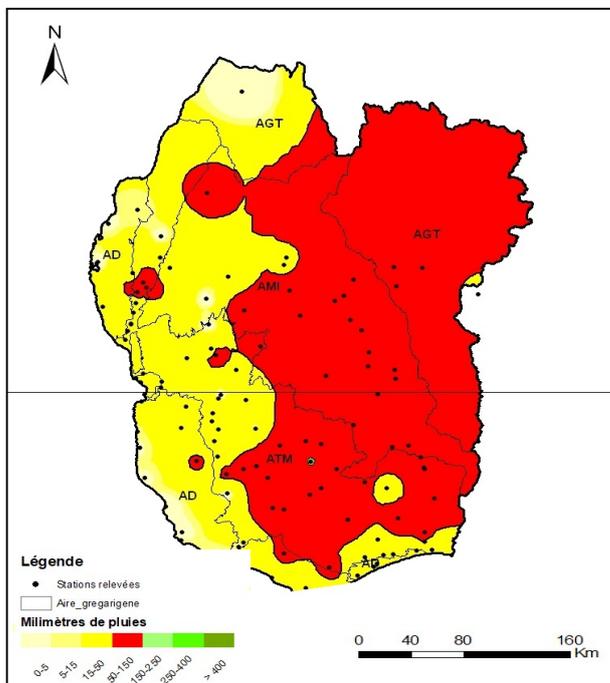
**Figure2 :** Carte isohyète mois d'octobre (A2)  
Source : IFVM  
Réalisation : NORODINY, 2020



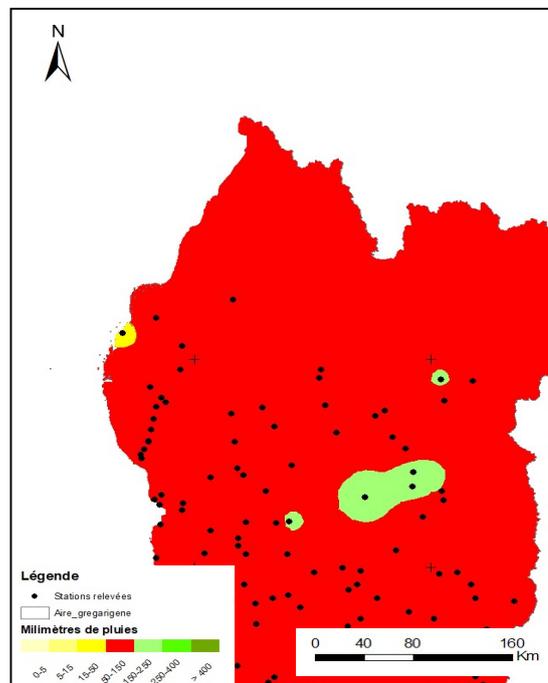
**Figure3** : Carte isohyète mois de novembre (A1)  
 Source : IFVM  
 Réalisation : NORODINY, 2020



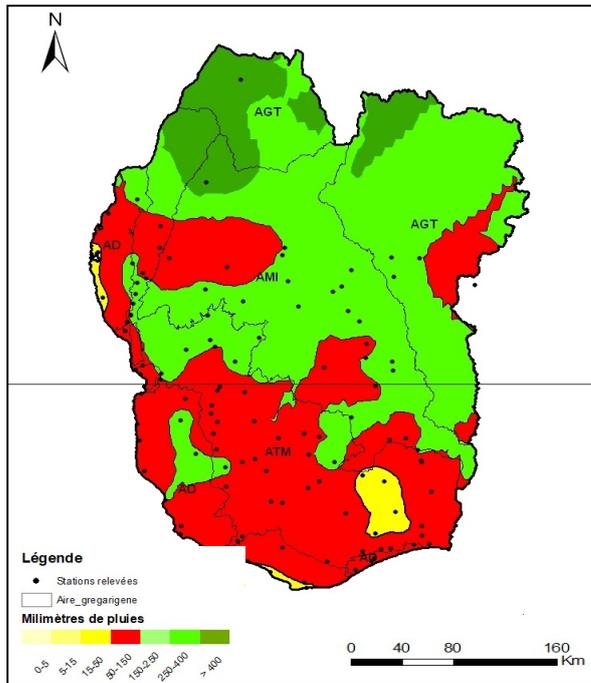
**Figure4**: Carte isohyète mois de novembre (A2)  
 Source : IFVM  
 Réalisation : NORODINY, 2020



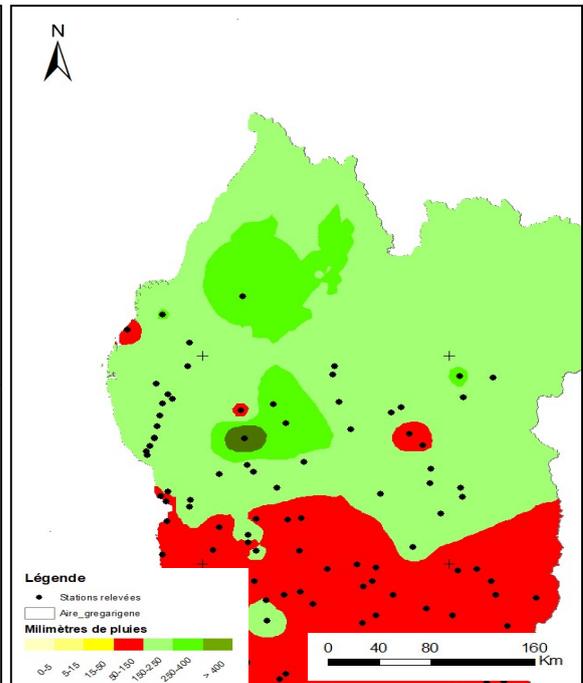
**Figure5**: Carte isohyète mois de décembre (A1)  
 Source : IFVM  
 Réalisation : NORODINY, 2020



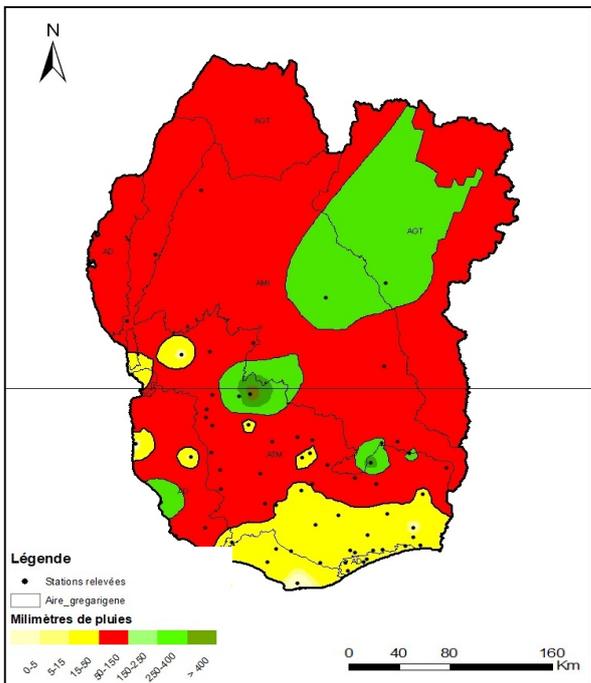
**Figure6**: Carte isohyète mois de décembre (A2)  
 Source : IFVM  
 Réalisation : NORODINY, 2020



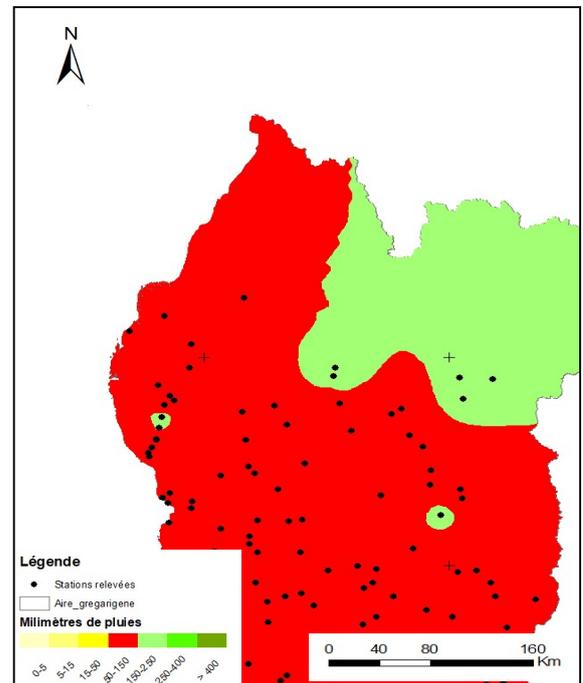
**Figure7:** Carte isohyète mois de janvier (A1)  
 Source : IFVM  
 Réalisation : NORODINY, 2020



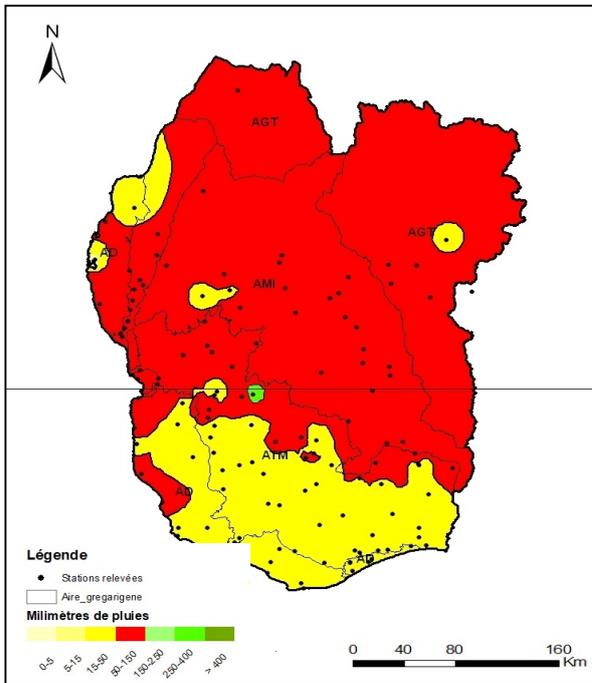
**Figure8:** Carte isohyète mois de janvier (A2)  
 Source : IFVM  
 Réalisation : NORODINY, 2020



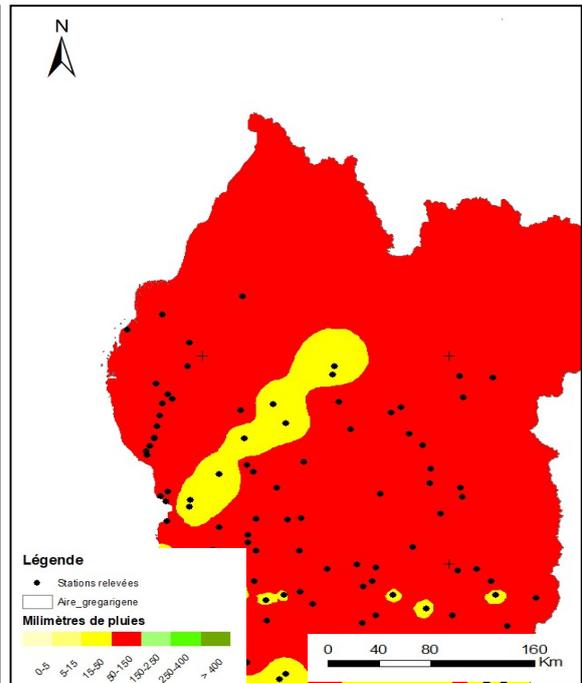
**Figure9:** Carte isohyète mois de février (A1)  
 Source : IFVM  
 Réalisation : NORODINY, 2020



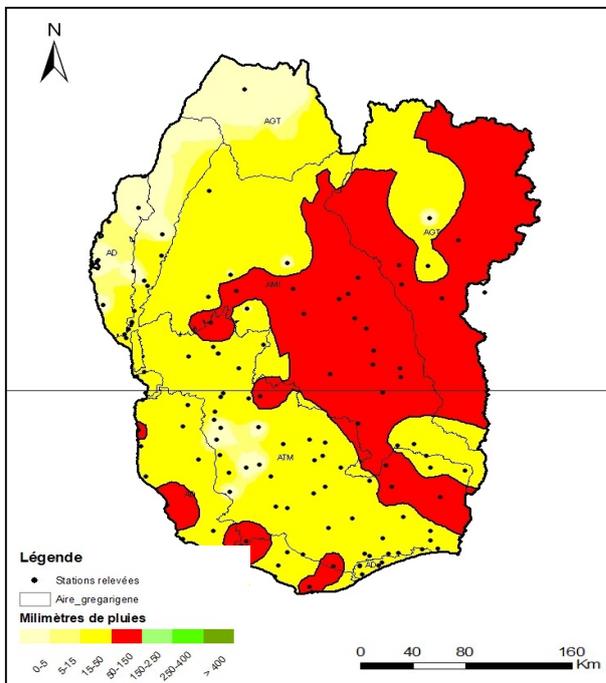
**Figure10:** Carte isohyète mois de février (A2)  
 Source : IFVM  
 Réalisation : NORODINY, 2020



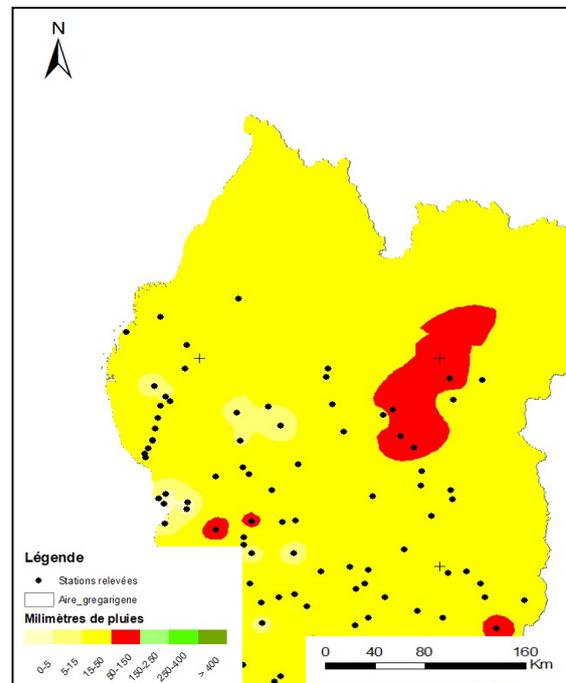
**Figure11:** Carte isohyète mois de mars (A1)  
 Source : IFVM  
 Réalisation : NORODINY, 2020



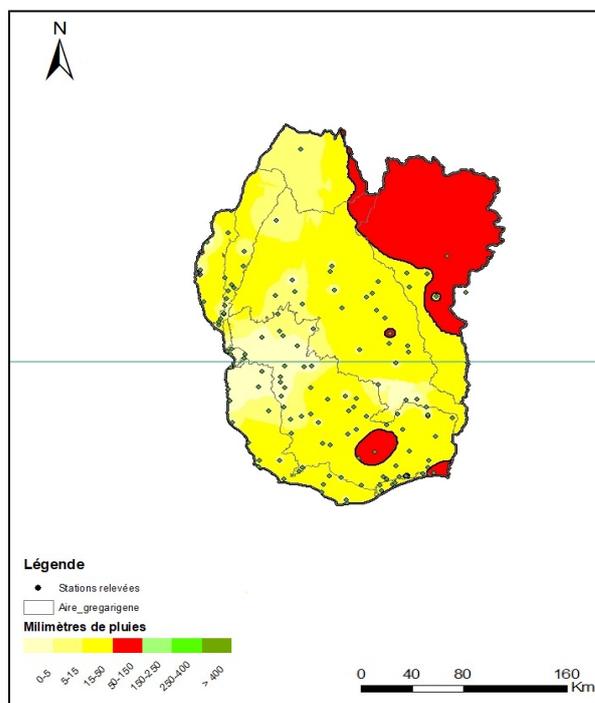
**Figure12:** Carte isohyète mois de mars (A2)  
 Source : IFVM  
 Réalisation : NORODINY, 2020



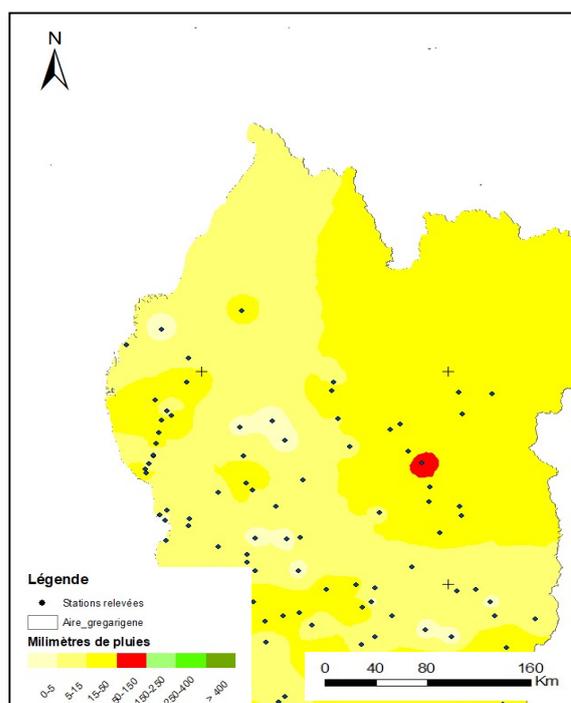
**Figure13:** Carte isohyète mois d'avril (A1)  
 Source : IFVM  
 Réalisation : NORODINY, 2020



**Figure14:** Carte isohyète mois d'avril (A2)  
 Source : IFVM  
 Réalisation : NORODINY, 2020



**Figure15:** Carte isohyète mois de mai (A1)  
 Source : IFVM  
 Réalisation : NORODINY, 2020



**Figure16:** Carte isohyète mois de mai (A2)  
 Source : IFVM  
 Réalisation : NORODINY, 2020

La comparaison entre les deux années moyennes (1971\_1994 et 1995\_2019) nous a permis de vérifier les théories sur la tendance de la progression mensuelle des isohyètes délimitant la zone d'étude par la plage optimum pluviométrique. Toutefois, il a été démontré qu'il y a une variation considérable entre les cartes isohyètes de l'année moyenne A1 et année moyenne A2.

- ✓ Elle se fait de l'intérieur de la terre vers la côte du mois d'octobre au janvier :

### **Octobre**

**Année moyenne A1 :** le centre (Ihosa, Zazafotsy, Mahasoà) et la partie nord-est (Fenoarivo) de l'aire grégarigène transitoire atteignent le POP au mois d'octobre, ainsi que la région de Ranohira, Jangany, Andriadampy et Betroka dans l'aire de multiplication initiale.

**Année moyenne A2 :** seules les régions aux alentours d'Ihosa (AGT), de Jangany et de Sakaraha dans l'AMI bénéficient le POP à travers des pluies ponctuelles du mois d'octobre. Ceci exprime donc le retard sur la date de début de la saison de pluie, qui s'explique par l'insuffisance du phénomène de condensation atmosphérique sous l'effet de la température élevée.

### **Novembre, décembre et janvier**

Le taux de couverture de POP est assez élevé dans l'année moyenne A2 que dans l'année moyenne A1.

**Année moyenne A1** : les cartes isohyètes de l'A1 suivent la théorie sur la progression du POP de l'AGT vers la côte, en passant de l'AMI (Sakaraha, Fotadrevo) au mois de novembre ; vers la totalité de l'AMI et de l'ATM le mois de décembre ; et arrive sur l'aire de densation au mois de janvier.

**Année moyenne A2** : les cartes isohyètes de l'A2 sont marquées par des pluies torrentielles permettant l'apparition de POP dans la totalité de l'AMI et une partie de l'ATM en mois de novembre ; presque la totalité de l'aire grégarigène atteint le POP en mois de décembre, avec excédent dans l'AMI centre (Betroka, Ianakafy) ; et en mois de janvier, toute la partie nord de l'AD est en excès de pluie (supérieur à 150 millimètres de pluies).

Un retrait de pluie en mois de février, mars et avril dans l'aire de densation se traduit par le mouvement inverse notamment l'éloignement de la POP des régions côtières vers le centre.

### **Février, mars, avril et mai**

Dans ces périodes, le décalage de la date de fin de la saison pluviale est très marqué le mois d'avril et mai entre l'année moyenne A1 et A2. Pour cette dernière, on ne trouve pas le POP presque dans l'ensemble de l'AG sauf dans certains lieux qui bénéficient des pluies ponctuelles ; alors que le POP est atteint presque dans la totalité de l'AMI et l'AGT le mois d'avril, et partout dans l'AGT le mois de mai pour l'A1.

### **III-2- Evolution spatio-temporelle de la réalisation du POP dans les trois principales aires acridiennes (AMI-ATM-AD)**

L'optimum pluviométrique a une valeur potentielle primordiale. Son apparition dans une région dans l'aire grégarigène constitue un critère d'appréciation de la valeur potentielle de celle-ci pour l'acridien car elle agit directement sur le développement, la survie de l'insecte, et aussi indirectement à travers la végétation et l'humidité du sol. Le tableau ci-après montre l'évolution mensuelle de la probabilité d'apparition de la POP du criquet migrateur pendant une année moyenne (1971-2019) dans les trois principales aires acridiennes (Tableau 1).

**Tableau1** : Evolution mensuelle de la probabilité d'apparition de POP du criquet migrateur pendant une année moyenne (1971-2019)

Aire acridienne	Mois											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Aire de multiplication initiale	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Aire transitoire de multiplication	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Aire de densation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

-  : Plus de 75 % des stations dans cette aire atteints le POP
-  : Le nombre des stations qui atteint le POP est entre 50 à 75%
-  : Moins de 50 % des stations dans cette aire atteint le POP

Ce tableau montre que plus de 75% des stations dans l'aire de multiplication initiale atteignent le POP le mois de décembre ; et janvier et février pour l'aire transitoire de multiplication et aire de densation.

Comparés aux valeurs qui ont fait l'objet de délimitation des trois aires acridiennes de l'IFVM, mis en place depuis plusieurs décennies, la tendance générale de la dynamique saisonnière de la réalisation du POP est la même (Tableau 2).

**Tableau2** : Probabilité d'apparition de POP du criquet migrateur dans l'aire acridienne de l'IFVM utilisée depuis 1970

Aire acridienne	Mois											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
AMI	■									■	■	■
ATM	■	■	■								■	■
AD	■											■

-  : Plus de 75 % des stations dans cette aire atteint le POP

Au début de la saison de pluie, le maximum de réalisation du POP se trouve dans l'AMI jusqu'au mois de janvier. Pour l'ATM, le POP se réalise au milieu de la saison de

pluie. Le POP dans l'AD est uniquement pendant les mois de l'acmé de la saison pluvieuse notamment en décembre et janvier.

Toutefois, en relation avec l'effet de changement climatique et de perturbation de l'arrivée des pluies actuelles, la comparaison entre ces deux tableaux atteste l'irrégularité annuelle et le décalage sur la date de début et la fin de saison de pluie dans la partie sud et sud-ouest, à l'instar de :

- La diminution de la quantité de pluie : les stations dans l'ATM n'atteint pas le POP à plus de 75% que seulement pendant deux mois
- L'arrivée de pluie un peu tard dans l'AMI et le départ plutôt de l'aire de densation.

#### **IV- DISCUSSION**

Dans la lutte préventive réalisée par l'équipe de l'IFVM, les données acridiennes collectées lors des travaux de prospections décennales dans des sites potentiels appelés stations fixes d'observation sont combinées avec la pluviométrie aboutissant ensuite à un pronostic de la situation acridienne.

Nous avons enregistré, à partir des données météorologiques issues des différents postes pluviométriques de l'IFVM et du centre de la météorologie de Madagascar de l'année 1971 à 2019, une irrégularité annuelle et le décalage sur la date de début et de la fin de saison de pluie dans la partie sud et sud-ouest, à l'instar de :

- la diminution de la quantité de pluie : les stations dans l'ATM n'atteint pas le POP à plus de 75% que seulement pendant deux mois (cinq mois pour l'année moyenne de référence).
- l'arrivée de pluie un peu tard dans l'AMI et le départ plutôt de l'aire de densation.

Tous ceux-ci sont renforcés par RANDRIANANTENAINA (2018), où il affirme que la dépendance aux pluies d'origine cyclonique explique une réduction de nombre de jours de pluie car les pluies orageuses ou frontales diminuent ou sont quasiment absentes. Ce phénomène amplifie la mauvaise répartition de pluie dans le temps. Plus de la moitié de précipitations annuelles est enregistré dans une courte période, le changement saisonnier de précipitation devient plus spectaculaire et accompagné par un allongement de la saison sèche. La normale de la saison de pluie est de novembre à mars ; cependant de ce jour, elles commencent à la fin de mois de

décembre et se termine à la fin de mois de février ou au début de mois de mars. La pluie tombe donc plus tard et s'arrête plus tôt.

Toutefois, la réalisation de l'optimum pluviométrique est un bon critère pour localiser les conditions les plus favorables à la ponte, au développement des œufs et à la survie du criquet migrateur. Ce facteur a donc un impact direct sur l'amélioration de la gestion de la stratégie de la lutte préventive.

En effet, il a été remarqué au cours de plus d'une décennie que le nombre des petites larves recensées dans les stations fixes diminue considérablement d'une année à l'autre. La présence de larves se décale nettement vers des zones potentielles latentes mais fortement favorables en dehors de la surface des stations fixes d'observation.

Les impacts de cette fausse information peuvent avoir de lourdes conséquences pour le devenir de la lutte antiacridienne à Madagascar puisque des zones potentielles fortement favorables à l'éclosion peuvent très bien être non identifiées avec des réserves cumulées de populations acridiennes et par voie de conséquence, ceux-ci affectent les pronostics et les prévisions d'infestations.

Cette analyse est renforcée aussi par la non maîtrise de la situation qui s'accroît de plus en plus et tend à réaliser une lutte curative d'une année à l'autre, voir même jusqu'à l'entrée au stade d'invasion acridienne. Nécessitant ainsi la mobilisation excessive des moyens financiers, matériels et humains pour chaque campagne.

## **V- CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

Il apparaît, à l'issue de cette étude que les prévisions de surveillance dans les aires acridiennes (AMI, ATM, AD et AGT), qui sont censées suivre la probabilité d'apparition de l'optimum pluviométrique de l'acridien sont perturbées par le changement climatique actuel : variation du régime pluviométrique et du calendrier des tombées de la pluie d'une année à une autre.

En conséquence, en se basant sur les différences cartes isohyètes de l'année moyenne A1 et A2, et l'évolution mensuelle de la probabilité d'apparition de POP du criquet migrateur dans les deux tableaux ci-dessus, nous pouvons conclure que, les stations fixes d'observation de l'IFVM ne sont plus représentatives de l'aire acridienne

en termes de réalisation de l'optimum pluviométrique pour l'acridien. La limitation de ces aires dans l'aire grégarigène doit tenir compte de la probabilité d'apparition de ce bilan pluviométrique suivant le changement actuel et le décalage du calendrier des tombées de pluies.

Dans l'optique de réussir la stratégie de lutte préventive de l'IFVM, il s'avère primordiale de réaliser la mise à jour systématique de la délimitation de l'aire acridienne (AMI, ATM, AD et AGT) afin d'assurer l'efficacité d'un véritable service d'avertissement acridien selon la probabilité d'apparition de POP.

## **VI- REMERCIEMENTS**

Que toutes les personnes qui ont, de près ou de loin contribué à la réalisation de ce travail, puissent trouver ici mes sincères et profondes gratitude.

A toutes et à tous, merci infiniment !

## **VII- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- **DARNHOFER T. O. & LAUNOIS M., 1974.** L'optimum pluviométrique du criquet migrateur malgache, principe et application. Etude globale de l'influence de la répartition spatio-temporelle des pluies sur les populations du criquet migrateur à Madagascar. FAO : Rome, XI + 77 p.
- **DURANTON J. F., FRANC A., LUONG-SKOVMAND M. H., RACHADI T., 2009.** Manuel de lutte préventive antiacridienne à Madagascar à l'usage des prospecteurs. CIRAD-Acridologie : Montpellier (France). 307p.
- **LECOQ M., 1991.** Le criquet migrateur en Afrique et à Madagascar – C2F, Coll. La série des guides pratiques de la société des Orthoptéristes. – Les guides des principaux locustes et criquets ravageurs du monde entier, Ed. Orthopterist' Society : Québec. – 31p., 10 fig., 3 cartes.
- **NORODINY, 2020.** Evolution des biotopes dans l'aire grégarigène du criquet migrateur malgache (*Locusta migratoria capito*). Zones antiacridiennes de : Befandriana Sud, Sakaraha, Ejeda, Ampanihy et Ambovombe. Thèse de Doctorat en Biodiversité et Environnement Tropicaux. Université de Toliara. 116p + annexes.

- **POPOV G.B., DURANTON J.F. & GIGAULT J., 1991.** Étude écologique des biotopes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) en Afrique Nord Occidentale. Mise en évidence et description des unités territoriales écologiquement homogènes. Coll.: Les Acridiens- CIRAD-PRIFAS : Montpellier. XII + 744 p.
  
- **RANDRIANANTENAINA M., 2018.** Le réchauffement climatique et ses conséquences dans la région de Toliara. Mémoire de DEA en Géographie. Université de Toliara. 81pages.
  
- **RAVET J., 1948.** Atlas climatologique de Madagascar. Publication du Service Météorologique de Madagascar, n°10.