



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



MEMOIRE

Pour l'obtention de :

Licence d'Ingénierie en Gestion des Catastrophes et Réduction des Risques (LIGCRR)

sur la :

**ANALYSE DE L'EVOLUTION DE LA PRECIPITATION ET DE LA
TEMPERATURE : CAS DE DISTRICT DE MORONDAVA**

Présenté par :

RASAMISAONA Charlot Jean Daniel Andriamahenina

Devant la commission d'examen composée de :

Président : M.RAKOTONIAINA Solofoarisoa

Professeur

Examineur : M.RAKOTOARIMANANA Liva Graffin

Maitre de Conférences

Rapporteur : M.RATIAISON Andriamanga Adolphe

Professeur titulaire

Date de soutenance : 02 Juillet 2015



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



MEMOIRE

Pour l'obtention de :

Licence d'Ingénierie en Gestion de Catastrophe et Réduction de Risque

sur la :

**ANALYSE DE L'EVOLUTION DE LA PRECIPITATION ET DE LA
TEMPERATURE : CAS DE DISTRICT DE MORONDAVA**

Présenté par :

RASAMISAONA Charlot Jean Daniel Andriamahenina

Devant la commission d'examen composée de :

Président : M.RAKOTONIAINA Solofoarisoa

Professeur

Examineur : M.RAKOTOARIMANANA Liva Graffin

Maitre de Conférences

Rapporteur : M.RATIARISON Andriamanga Adolphe

Professeur titulaire

Date de soutenance : 02 Juillet 2015

REMERCIEMENTS

Tout d’abord, Je remercie DIEU tout puissant pour sa Bénédiction et son Amour, il m’a donné la santé, les connaissances, le temps et la force. Sans Lui, je n’aurais jamais pu parvenir à l’aboutissement de ce travail.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Ma profonde gratitude s’adresse particulièrement :

- *A Monsieur le Doyen de la Faculté des Sciences qui m’a offert un cadre de travail sérieux et épanouissant;*
- *A Monsieur le chef de Département physique qui m’a ouvert ses portes et m’a donné l’opportunité de suivre la formation en gestion des risques des catastrophes et réduction des risques.*
- *A M.RATIARISON Andriamanga Adolphe, responsable du laboratoire de Dynamique de l’Atmosphère, du Climat et des Océans (DyACO) qui a accepté d’être mon encadreur en m’intégrant dans son équipe de recherche et qui a donné à ma disposition les ressources nécessaires à l’achèvement du présent travail.*
- *A M.RAKOTONIAINA Solofoarisoa, responsable de la formation LIGCRR, malgré ses responsabilités, m’a fait l’honneur de présider le jury du présent travail*
- *A M. RAKOTOARIMANANA Liva Graffin, qui a voulu consacrer un peu de son précieux temps pour en avoir été l’examineur.*
- *Tous les Enseignants de LIGCRR durant ces trois années d’études qui nous ont livré toutes leurs savoirs indispensables à notre formation ;*
- *A mes parents pour leur amour et leur soutien financier et moral ;*
- *Mes frères, sœurs et amis qui m’ont supporté toute au long de ces années d’études*

Veillez recevoir mes sincères et profondes reconnaissances

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
TABLE DES MATIERES	ii
ACRONYMES.....	v
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
INTRODUCTION.....	1
I.1.La précipitation.....	2
I.1.1. Classification des précipitations	2
I.1.1.1. Précipitations de convection	2
I.1.1.2. Précipitations orographiques.....	2
I.1.1.3. Précipitations cycloniques	2
I.1.2. Mesure de la quantité de pluie.....	2
I.1.3. Mécanisme de formation de la précipitation	3
I.2. La température	4
I.2.2. Mesure de la température	4
I.2.2.1. En surface	4
I.2.2.2. En altitude	4
I.2.3. Variation de la température.....	4
I.2.3.1. Variations saisonnières de la température	4
I.2.3.2. Variations locales de la température.....	5
II.1. Définition et caractéristiques de terme clés	6
II.2. Les grands principes de la gestion des risques et catastrophes (GRC) [19]	7
II.2.1.PHASEI : Avant la crise	7
1. Prévention	8

2. Préparation	8
II.2.2.PHASE II : Pendant la crise.....	9
1. L'entrée en crise	9
2. La conduite de la crise.....	9
II.2.3.PHASE III : L'après la crise	10
1. Analyser la catastrophe.....	10
2. Rester en situation d'alerte.....	11
III.1. Base de données	12
III.1.1. Les données	12
III.1.2. Les matériels	12
III.2. Statistique appliqué à la climatologie	12
III.2.1. La moyenne [20].....	12
III.2.2. La moyenne mobile.....	12
III.2.3. Anomalie.....	13
III.2.4. Test de PETTITT.....	13
IV.1.Localisation de la zone d'étude.....	14
IV.2.Analyse quantitative de la pluviométrie	14
IV.2.1. La pluviométrie journalière.....	14
IV.2.2.Pluviométrie mensuelle	15
IV.2.3.Pluviométrie annuelle	16
IV.2.4. Cumulative de la précipitation journalière	17
IV.2.5. Anomalie de la pluviométrie	18
IV.2.6. Détection de l'année de ruptures	19
IV.3. La température	21
IV.3.1. Température journalière.....	21
IV.3.2. Température annuelle	21
IV.3.3. Anomalie de la température annuelle	22
IV.3.4. Anomalie de la température avec moyenne mobile	23

IV.3.5. Anomalie de la température avec tendance	24
CONCLUSION.....	26
REFERENCE BIBLIOGRAPHIE ET WEBLOGRAPHIE	28

ACRONYMES

ECMWF: The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

RRC : Réduction de Risque de Catastrophe

GRC : Gestion de Risque et Catastrophes/ Gestion de risque des catastrophes

UNISDR: United Nations International Strategy for Disaster

UNDMTP: United Nations Disaster Management Training Programme

MATLAB : Matrix Laboratory

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Mécanisme de formation de la précipitation.....	3
Figure 2 : Variation locales de la température	5
Figure 3:Délimitation de la zone d'étude.....	14
Figure 4: Précipitation journalière.....	15
Figure 5:Précipitation mensuelle	16
Figure 6:Précipitation annuelle	17
Figure 7:Cumul de la précipitation journalière	17
Figure 8:Anomalie de la précipitation	18
Figure 9: Détection de date de rupture	19
Figure 10: Fluctuation de la température journalière	21
Figure 11: Température annuelle	22
Figure 12: Anomalie de la température	22
Figure 13: anomalie de la température avec moyenne Mobile	24
Figure 14:Anomalie de la température avec tendance	25

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Classification des années sèche et humide	19
Tableau 2: Rupture de série de la précipitation (1983-2012)	20
Tableau 3: Anomalie de la température	23

INTRODUCTION

Madagascar est située entre 12° à 26° S de latitude et entre 43° à 51° E de longitude, ce qui fait qu'elle est classée dans la zone tropicale de l'hémisphère Sud. Elle a une superficie de 590000 km² [1]. Son climat varie considérablement d'une saison à l'autre et d'une région à l'autre. Le climat de Madagascar est rythmé par l'alternance d'une saison sèche et d'une saison de pluie ou humide.

Les pluies et les températures jouent un rôle important non seulement sur des activités agricoles et que dans la vie humaine. Dans le cas de la partie Sud et Ouest, la variabilité de la pluviométrie est un grand problème sur les populations, particulièrement MORODAVA. Elles occupent une place importante dans la vie quotidienne [2].

Actuellement, le changement climatique à Madagascar engendre de graves problèmes socio-économiques pour les malgaches, comme l'insuffisance de la quantité de pluie provoquant de la sécheresse et l'abondance provoque de l'inondation. Pour la température, leur variation favorise des nombreuses maladies et peut apparaître des nouvelles maladies.

L'objectif global de ce stage est d'étudier l'évolution de la précipitation et de la température dans le district de MORONDAVA, région du MENABE, pour la période d'étude de 01 Janvier 1983 au 31 Décembre 2012.

Pour mieux cerner le problème, le travail se subdivisera en quatre grandes parties dont en première lieu nous allons rappeler quelques descriptions générales de la précipitation et la température. Dans la deuxième partie, nous allons faire la stratégie de la GRC et RRC appliqué aux problèmes liés à la variabilité de la température et la précipitation. En troisième partie présentera la méthode d'analyse de donnée. Les résultats et l'interprétation sont présentés dans la dernière partie.

I.1.La précipitation

Les précipitations comprennent toutes les eaux météoriques qui tombent à la surface de la terre tant sous forme liquide (pluie) que sous forme solide (grêle, neige) [3].

I.1.1. Classification des précipitations

On peut diviser les précipitations en trois classes [4]:

- précipitations de convection ;
- précipitations orographiques ;
- précipitations cycloniques.

I.1.1.1. Précipitations de convection

Les précipitations de convection sont provoquées par la détente de l'air chaud qui monte et qui se refroidit. Elles peuvent être accompagnées d'éclairs, de coup de foudre, de vents locaux et occasionnellement de grêle. Ces précipitations sont caractéristiques des régions équatoriales et surviennent également en zone tempérée dans les périodes chaudes [5].

I.1.1.2. Précipitations orographiques

Les précipitations orographiques se présentent sous forme de pluie sur les versants (au vent) de la barrière montagneuse. Elles sont donc provoquées par la montée des masses d'air le long des versants redressés des montagnes [6].

I.1.1.3. Précipitations cycloniques

Les précipitations cycloniques accompagnent les dépressions cyclonales et sont dues au contact de l'air chaud et de l'air froid. Une forte circulation cyclonique produit généralement des précipitations importantes et prolongées.

Les précipitations réelles résultent d'une combinaison des trois classes élémentaires définies précédemment. Ainsi, une perturbation cyclonique est souvent à l'origine des précipitations orographiques ou accentue et prolonge des pluies de convection [7].

I.1.2. Mesure de la quantité de pluie

La "hauteur des précipitations" est toujours définie comme l'épaisseur, comptée suivant la verticale, de la lame d'eau qui s'accumulerait sur une surface horizontale, si toutes les précipitations reçues par celle-ci s'y trouvent immobilisées [8].

Par convention, l'unité de la hauteur des précipitations est le mm. La règle générale est la suivante :

1 mm d'eau est équivalent à 1 mm de hauteur d'eau pour 1m²

L'appareil de mesure des précipitations est nombreux, mais le plus utilisé à Madagascar sont :

- les pluviomètres non enregistreurs que l'on a l'habitude d'appeler « Pluviomètres »
- les pluviomètres enregistreurs appelés « Pluviographes ».

I.1.3. Mécanisme de formation de la précipitation

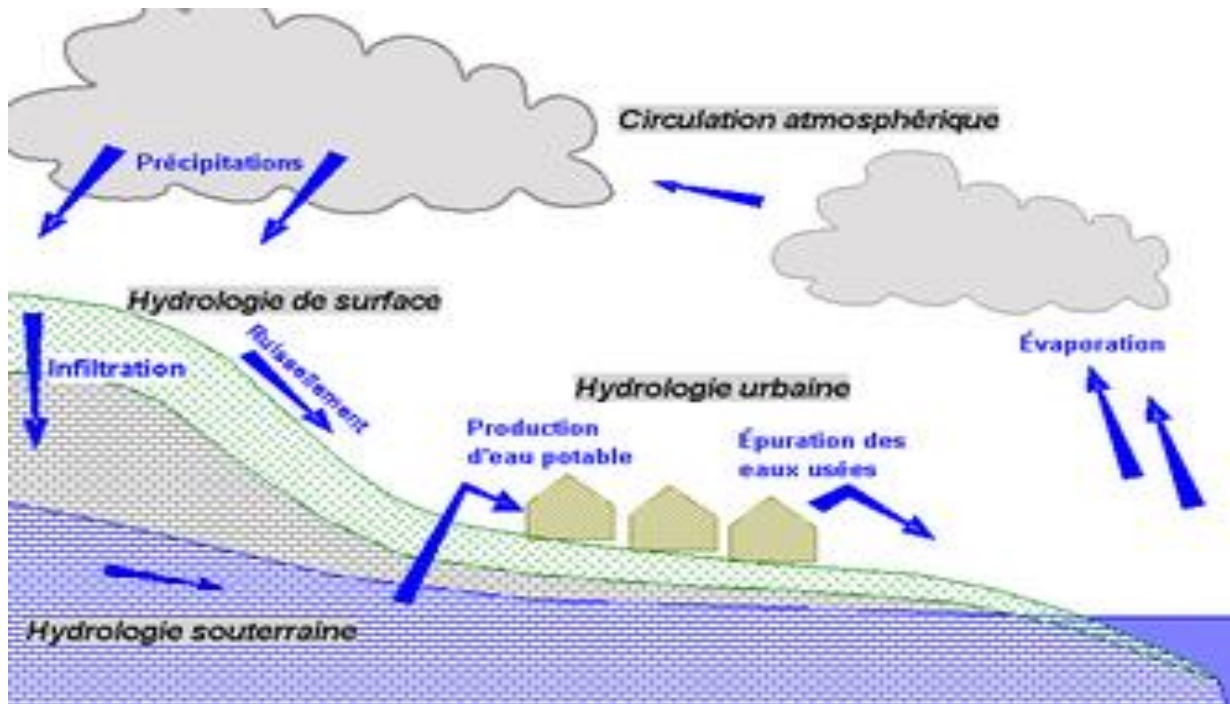


Figure 1: Mécanisme de formation de la précipitation

[Source : fr.wikipedia.org/wiki/Précipitation]

Les gouttes commencent à se former dans de l'air généralement au-dessus du point de congélation quand l'air soulevé devient légèrement sursaturé par rapport à la température environnante. Pour cela il faut cependant des noyaux de condensation, poussières ou grains de sel, sur lesquels la vapeur d'eau se dépose. Il y a d'abord de formations très fines des gouttes qui donnent le nuage. A mesure que ces gouttes montent, elles passent sous le point de congélation. Les gouttelettes augmentent de diamètre, un second processus doit intervenir, la coalescence, afin d'atteindre un diamètre suffisant pour former des gouttes de pluie. En effet, les gouttelettes formées par condensation n'atteignent que quelques dizaines de microns dans le temps nécessaire habituellement pour donner de la pluie.

I.2. La température

I.2.1. Définition

C'est un paramètre météorologique ayant une incidence aéronautique directe et importante, à telle enseigne que presque tous les documents de vol ou messages d'aérodromes décrivant le temps comportent des indications de température [12].

I.2.2. Mesure de la température

I.2.2.1. En surface

On la mesure à 2m au-dessus du sol.

I.2.2.2. En altitude

Des ballons de radio-sondage effectuent deux fois par jour des mesures de pression-température-humidité jusqu'à 30km d'altitude environ.

I.2.3. Variation de la température

Les variations de température influent beaucoup sur les phénomènes météorologiques. Ces variations peuvent être regroupées en deux catégories. Les variations lentes, qui rythment les saisons. Les variations locales qui interviennent sur une échelle de temps beaucoup plus restreinte [13].

L' influence combinée de ces variations entraîne des changements de temps selon les lieux et les saisons.

I.2.3.1. Variations saisonnières de la température

La position de la terre par rapport au soleil induit des changements dans la quantité d'énergie solaire reçue par les points de la surface du globe. Le soleil émet des rayonnements électromagnétiques (dont la lumière fait partie) qui se propagent dans le vide.

En revanche dans l'atmosphère les rayonnements les plus énergétiques sont absorbés en totalité ou partie.

La terre tourne autour d'elle-même selon l'axe de ses pôles. Elle tourne également autour du soleil dans un plan incliné de $23,5^\circ$ par rapport à l'équateur que l'on appelle plan de l'écliptique. Les rayonnements solaires parviennent à la terre. L'épaisseur d'atmosphère qu'ils doivent traverser pour parvenir à la surface du globe n'est donc pas la même selon la latitude. Les pôles reçoivent une quantité d'énergie bien plus faible que l'équateur. La direction de l'axe des pôles restant fixe dans l'espace au cours de la rotation de la terre autour du soleil,

cette épaisseur dépend également de la position de la terre par rapport au soleil, c'est à dire de la saison. Les saisons sont alors inverses entre l'hémisphère nord et l'hémisphère sud.

I.2.3.2. Variations locales de la température

Selon la nature du sol (rocher, champs cultivés, forêts, bitume, eau,...), une même énergie arrivant du soleil par rayonnement ne produira pas le même échauffement. En effet, une part plus ou moins importante de ce rayonnement sera réfléchi par le sol (Figure 2).

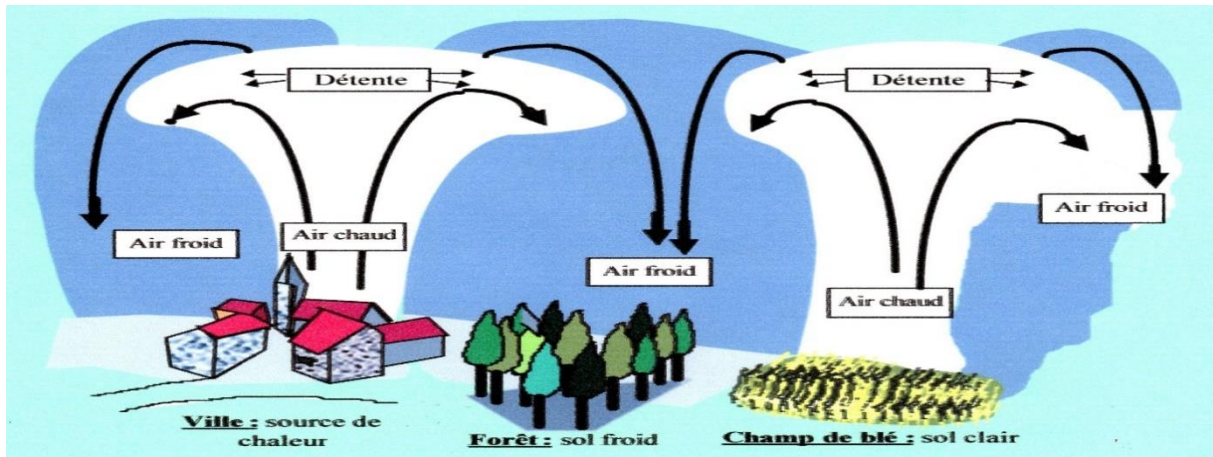


Figure 2 : Variation locales de la température

La température du sol n'est pas uniforme. Au contact des zones chaudes, l'air se réchauffe par convection. Sa masse volumique diminue alors et il s'élève pour laisser la place à de l'air plus froid. Au-dessus des zones les plus chaudes, il y a donc des mouvements ascendants de la masse d'air et au-dessus des plus froides des mouvements descendants. De plus, la formation de nuages peut bloquer l'arrivée des rayonnements jusqu'au sol. La nébulosité de l'atmosphère (présence de nuage) engendre donc aussi des différences de températures locales au sol. Ces variations locales ont une très grande influence sur l'évolution de la météo sur des durées faibles (quelques heures). Elles sont donc prises en compte par les météorologistes pour pouvoir le temps et son évolution sur une durée de quelques heures.

[Source : www.aerobigorre.org]

II.1. Définition et caractéristiques de terme clés

Pour une bonne compréhension du contenu de ce travail, il semble évident et utile de définir et expliquer quelques notions très utilisées en termes de GRC et RRC.

Qu'est-ce qu'un aléa ?

Il est important de définir ce terme pour éviter sa confusion par rapport aux autres. D'après l'UNDMTP: « C'est un événement ou phénomène, rare ou extrême, qui survient dans l'environnement naturel ou l'environnement créé par l'homme, et affecte négativement la vie humaine, les biens ou les activités, au point de créer une catastrophe »[14].

Il existe plusieurs types des aléas naturel tels que :

- Aléa climatiques ou hydrométéorologiques y compris les cyclones et les tempêtes, l'inondation, la sécheresse,...
- Aléa géologique : séisme, tsunami, glissement de terrain, éruption volcanique.
- Aléa biologique : épidémies humaines, infestation parasitaire/d'insectes.

Qu'est-ce que la vulnérabilité ?

Selon la définition donnée par l'UNISDR : « ce sont les caractéristiques et les circonstances d'une communauté ou d'un système qui le rendent susceptible de subir les effets d'un danger »[15]. Les aspects de la vulnérabilité découlent de divers facteurs physiques sociaux, économiques et environnementaux.

Les facteurs de vulnérabilité :

- La pauvreté ;
- La croissance démographique ;
- L'insécurité alimentaire ;
- La dégradation de l'environnement ;
- Manque d'infrastructure ;
- Le manque d'éducation et d'information ;
- L'accès à l'eau.
- ...

Qu'est-ce qu'un risque

Prenons la définition donnée par l'UNISDR : « un risque est la combinaison de la probabilité d'un évènement et de ses conséquences négatives » [16].

Le mot «risque» a deux connotations distinctes: dans l'usage courant, l'accent est généralement mis sur la notion de chance ou la possibilité, comme dans le risque d'un accident, alors que dans son usage technique, l'accent est généralement mis sur les conséquences, en termes de pertes potentielles, pour certains des motifs, le lieu et la période.

Scientifiquement, « le risque est l'espérance mathématique d'une fonction de probabilité d'évènements » [17]. En termes plus simples, il s'agit de la valeur moyenne des conséquences d'évènements affectées de leur probabilité. Ainsi, un évènement **e1** a une probabilité d'occurrence **P1** avec une conséquence probable **C1**; de même un évènement **en** aura une probabilité **Pn** et une conséquence **Cn**, alors le risque **r** vaudra :

$$r = P1.C1 + P2.C2 + \dots Pn.Cn = \sum Pi.Ci$$

Le produit **Pi.Ci** est appelé valeur de l'aléa **i**.

Qu'est-ce que la catastrophe ?

L'UNISDR donne une définition officielle à une catastrophe comme « une rupture grave du fonctionnement d'une communauté ou d'une société impliquant d'importants impacts et pertes humaines, matérielles, économiques ou environnementales que la communauté ou la société affectée ne peut surmonter avec ses seules ressources » [18]. Les catastrophes sont souvent décrites comme le résultat d'une combinaison entre l'exposition à un danger, les conditions de vulnérabilité existantes, et l'insuffisance des mesures visant à réduire ou à faire face aux éventuelles conséquences négatives.

II.2. Les grands principes de la gestion des risques et catastrophes (GRC) [19]

La gestion des risques des catastrophes comporte trois phases importantes :

- ✓ Avant la crise ;
- ✓ Pendant la crise ;
- ✓ Après la crise.

II.2.1. PHASE I : Avant la crise

La phase pré-événement, se divise en deux étapes : la prévention et la préparation.

1. Prévention

Ensemble des activités permettant d'éviter complètement l'impact négatif des catastrophes, et de minimiser les aléas environnementales, technologiques et biologiques qui leur sont associées.

Actions à entreprendre :

- Identification des aléas ;
- Evaluation des risques et vulnérabilités ;
- Prise de mesure pour se protéger contre les catastrophes : construction de barrage pour contrôler les inondations, plan d'urbanisme, application de la norme de construction, réglementation de l'utilisation de la terre dans les zones vulnérables aux cyclones et inondations, contrôle de feu de brousse.
- Extension des mesures pour la réduction des dégâts potentiels ;
- Application des lois ;
- Application de norme de construction ;
- Réglementation de l'utilisation de la terre ;
- Programmes agricoles ;
- Mise en place de système de protection des installations ;
- Développement des infrastructures en tenant compte des probabilités de catastrophes ;
- Information, Education et Communication.

2. Préparation

La préparation regroupe les actions destinées à minimiser d'abord les pertes en vies humaines et les dommages, à organiser ensuite l'évacuation temporaire des populations et des biens d'un lieu menacé et à faciliter enfin les opérations opportunes et efficaces de sauvetage, secours et réhabilitation.

Mesures à prendre :

- Développement de plan d'opération d'urgence ;

- Mise en place de système d'alertes et d'avertissements ;
- Formation et éducation publique : éducation publique dans les écoles, formation spéciale à travers et en complément des programmes déjà en place (coopérative, alphabétisation), programme d'éducation complémentaire pour les éducateurs sociaux basés dans les communautés et les villages, information du public à travers des messages à la télévision et à la radio, formation des intervenants (ceux qui apportent le message d'alerte et ceux qui apporteront directement les secours) ;
- Promotion d'autosuffisance communale avant et durant les urgences ;
- Allocation de ressources/ inventaire des ressources disponibles ;
- Pré-stockage ;
- Exercices de simulation, c'est à-dire la répétition et l'apprentissage des comportements adoptés en cas de catastrophes.

II.2.2.PHASE II : Pendant la crise

La phase réactive constitue la deuxième phase dans la gestion de la catastrophe. L'arrivée à ce stade indique que l'institution est devant une situation de crise, que l'incident a été inévitable et que la première phase préventive avait échoué.

Quel que soit le degré de préparation de l'institution à un événement venant à l'improviste, elle sera entachée aux effets de surprise et de panique.

1. L'entrée en crise

C'est une phase déterminante pour les responsables qui doivent se ressaisir rapidement et sortir du déphasage causé par le choc. Au niveau de cette phase, l'organisation doit compter sur trois types de moyens pour sortir de la crise : les moyens techniques, les capacités organisationnelles et les aptitudes du personnel.

2. La conduite de la crise

Une bonne conduite de la crise suppose que l'entrée est passée dans des conditions normales, les moyens sont disponibles et le personnel a été bien responsabilisé.

Actions à entreprendre :

- Mobilisation/ coordination ;
- Déclenchement du plan d'opération d'urgence ;
- Déclenchement des systèmes d'alertes et d'avertissement (dissémination, émission, transmission des alertes) ;
- Communication;
- Evaluation des besoins et des ressources.

II.2.3.PHASE III : L'après la crise

Toute crise est un moment difficile pour les personnes et les organisations. Il importe de se réapproprier l'épreuve, d'opérer les meilleures cicatrises, de corriger les inconvénients inévitables liés aux choix qui ont été faits dans la contradiction, d'en tirer des enseignements.

La phase d'apprentissage est aussi importante que les deux premières phases (préventive et réactive), elle suppose que l'organisation est sortie de la crise, les dégâts ont été recensés, les victimes hospitalisées et suivies, l'ambiance d'anxiété s'est calmée, la pression des médias s'est éteinte graduellement, et l'organisation commence ainsi à cicatriser ses plaies entreprendre ses anciennes activités.

1. Analyser la catastrophe

L'organisation s'engage par le biais de la cellule de crise, dans une démarche de retour dans l'expérience qu'elle vient de vivre, tout en gardant en œil sur le présent. Le retour en arrière marque sa volonté de tirer des leçons de la crise dans le but de se lancer en avant.

L'organisation effectue à travers la cellule de crise une autre lecture de la catastrophe différente de celle qui a été adoptée par les responsables pendant la crise. C'est un travail qui doit être engagé juste après que l'organisation sorte de la crise, pendant que la mémoire de l'ensemble du staff est encore fraîche et avant que le retour à la normale impose une nouvelle gestion du temps, du travail et du personnel.

Les conséquences de la catastrophe sur les secteurs de l'organisation doivent être déterminées avec précision pour faire sortir les décisions à prendre par les responsables. Une étude de la mesure de l'impact s'avère ainsi nécessaire et doit être observée à travers plusieurs critères (politique, socioéconomique et psychologique).

2. Rester en situation d'alerte

L'organisation doit rester en situation de veille, intensifier les mesures préventives et laisser la cellule de crise opérationnelle. La cellule de crise représente une organisation d'urgence qui permet aux responsables des services d'identifier un problème, de déployer un plan de secours et de revenir le plus rapidement possible à une situation normale.

Elle doit évaluer le sinistre, prendre les mesures immédiates de protection des personnes et des installations affectées, informer la Direction et les autorités locales, assurer la communication et déterminer une stratégie de retour au fonctionnement normal. Pendant la phase d'apprentissage, la cellule de crise doit rester opérationnelle jusqu'à nouvel ordre et doit continuer à jouer le rôle qui lui a été assigné au départ par la direction générale de l'organisation. Ainsi on remarque que même après la phase d'apprentissage, elle continuera à exercer sa mission. Dans le même sillage, l'organisation doit développer une stratégie de communication pendant la phase d'apprentissage en interne et en externe. Les stratégies de communication sont indispensables aux activités de l'organisation.

Les campagnes de communication sont susceptibles de réussir quand elles révèlent plutôt qu'elles ne dissimulent rien, lorsqu'elles réduisent les doutes et établissent durablement un climat de confiance auprès des citoyens et des médias.

III.1. Base de données

III.1.1. Les données

Les données que nous avons utilisées sont des données historiques entre 01 janvier 1983 à 31 décembre 2012, récoltées dans le NOAA et ECMWF. Elles contiennent les données de la précipitation et température journalière durant ces trente années.

III.1.2. Les matériels

Nous avons utilisés le logiciel Matlab dans la majeure partie des tâches.

III.2. Statistique appliqué à la climatologie

III.2.1. La moyenne [20]

La **moyenne** est une mesure statistique caractérisant les éléments d'un ensemble de quantités : elle exprime la grandeur qu'aurait chacun des membres de l'ensemble s'ils étaient tous identiques sans changer la dimension globale de l'ensemble. Il y a plusieurs façons de calculer la moyenne d'un ensemble de valeurs, choisies en fonction de la grandeur physique que représentent ces nombres. Dans le langage courant, le terme « moyenne » réfère généralement à la moyenne arithmétique.

$$\bar{X} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T X_t$$

III.2.2. La moyenne mobile

La **moyenne mobile**, ou **moyenne glissante**, est un type de moyenne statistique utilisée pour analyser des séries ordonnées de données, le plus souvent des séries temporelles, en supprimant la fluctuation transitoire de façon à en souligner les tendances à plus long terme. Cette moyenne est dite *mobile* parce qu'elle est recalculée de façon continue, en utilisant à chaque calcul un sous-ensemble d'éléments dans lequel un nouvel élément remplace le plus ancien ou s'ajoute au sous-ensemble [21]. Une formule permettant de calculer une moyenne mobile simple est :

$$\bar{x}_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x_{n-k} \quad \text{Où } \bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{x_n - x_{n-N}}{N}$$

III.2.3. Anomalie

L'anomalie est définie comme la différence entre la composante utilisée et sa moyenne

$$An = x_n - \bar{x}_n$$

An : Anomalie

x_n : Composante utilisé

$\bar{x}_n$: Moyenne

III.2.4. Test de PETTITT

Le test de PETTITT est non-paramétrique. Il dérive du test de MANN-WHITNEY. L'absence d'une rupture dans la série (X_i) de taille N constitue l'hypothèse nulle. La mise en œuvre du test suppose que pour tout instant t compris entre 1 et N , les séries chronologiques (X_i) $i=1$ à t et $t+1$ à N appartiennent à la même population [22]. La variable à tester est le maximum en valeur absolue de la variable $U_{t,N}$ définie par :

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N Dij$$

$$\text{Ou } Dij = \text{sgn}(X_i - X_j) \begin{cases} \text{sgn } 1 \text{ si } X > 0 \\ \text{sgn } 0 \text{ si } X = 0 \\ \text{sgn } -1 \text{ si } X < 0 \end{cases}$$

Soit K_N la variable définie par le maximum en valeur absolue de U_t , N pour t variant de 1 à $N - 1$. Si k désigne la valeur K_N prise sur la série étudiée, sous l'hypothèse nulle, probabilité de dépassement, la valeur K est donnée approximativement par :

$$\text{prob}(K_N > k) \approx 2\exp(-6k^2/(N^3 + N^2))$$

IV.1.Localisation de la zone d'étude

La figure 3 délimite notre zone d'étude marquée par le point rouge, c'est-à-dire le district de Morondava. Il se situe à :

-la latitude 20.05° S

-la longitude 44.19° E

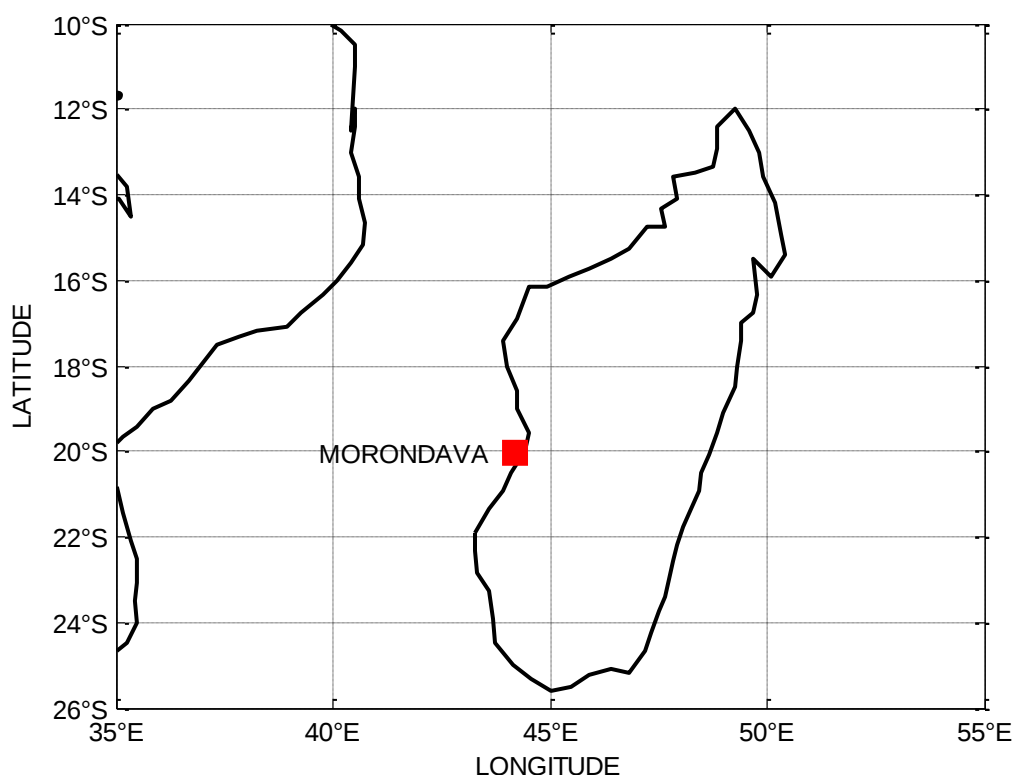


Figure 3:Délimitation de la zone d'étude

IV.2.Analyse quantitative de la pluviométrie

Nous avons vu dans la première partie la définition et la caractéristique de la précipitation. Pour notre cas, nous avons essayé d'étudier leur variation journalière, mensuelle et annuelle.

IV.2.1. La pluviométrie journalière

La précipitation journalière du 01 Janvier 1983 à 31 Décembre 2012 à MORONDAVA est représentée sur la figure 4.

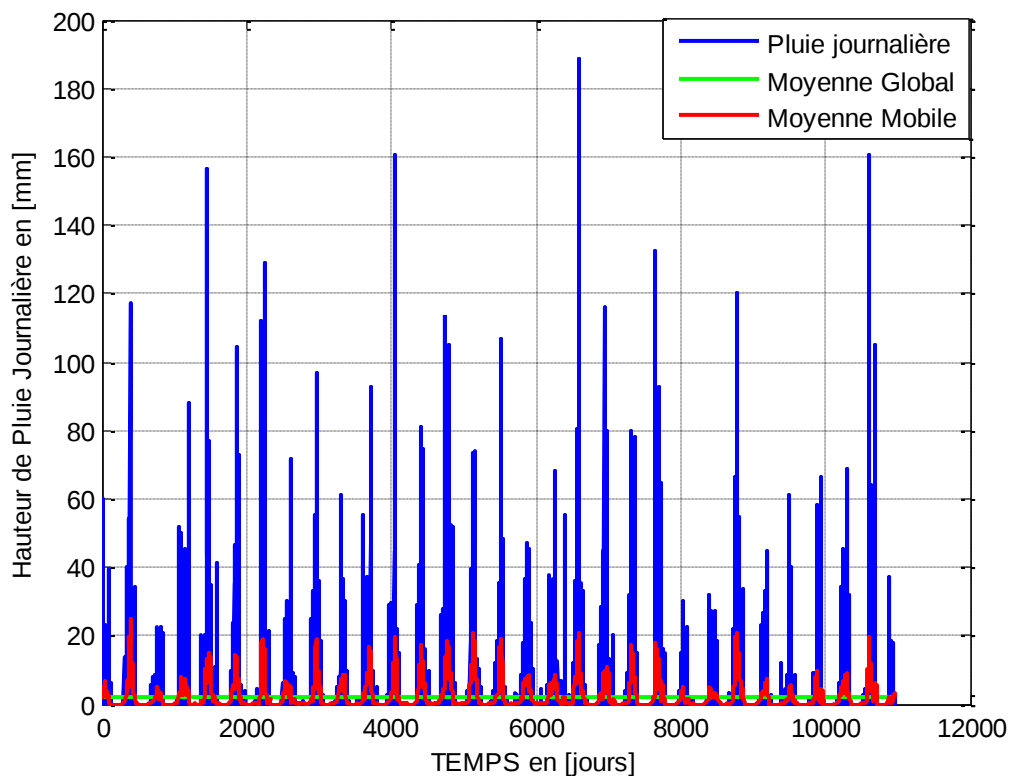


Figure 4: Précipitation journalière (1983-2012)

L'axe des abscisses représente le temps en jours et l'axe des ordonnées représente la hauteur de pluie en mm. Dans cette figure, les pics en haut marque les jours de pluie et les creux présentent les jours sèche ou les jours dans les périodes hors cyclonique.

La moyenne mobile (courbe en rouge) en dessous de la moyenne globale (droite en vert) signifie les jours faible pluviométrie, et la moyenne mobile en dessus de la moyenne global présente les jours de pluies (période de pluie).

IV.2.2.Pluviométrie mensuelle

La figure 5 montre la quantité de pluie pour les 360 mois de l'année 1983 à 2012.

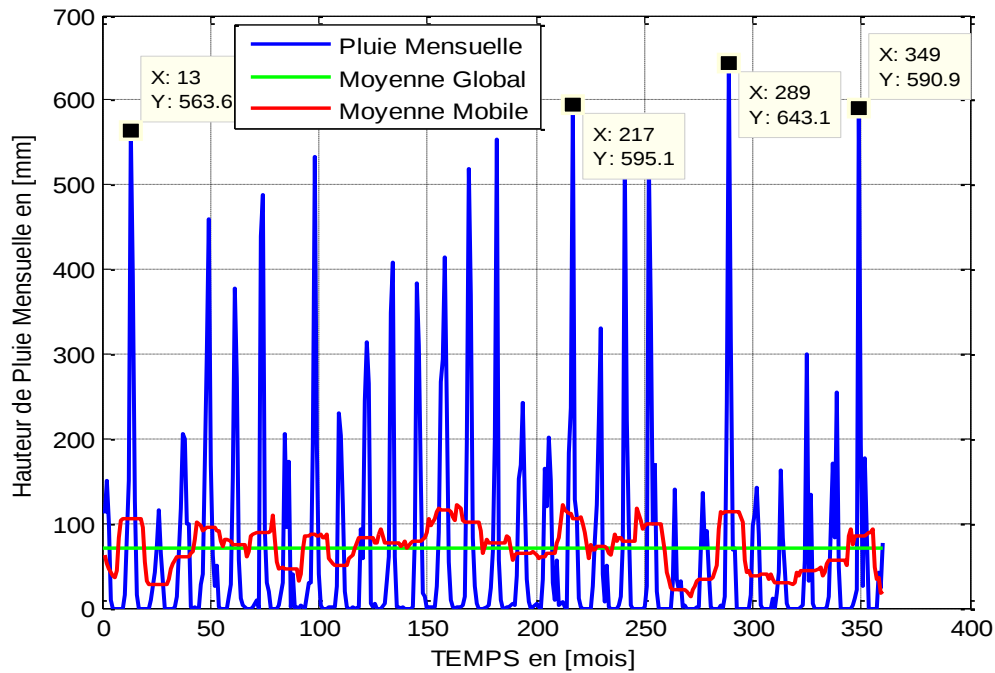


Figure 5: Précipitation mensuelle (1983-2012)

Dans cette figure, les pics marquent les mois humide, dans ce cas il y a des pics très élevés qui représente la forte pluie à cause passage cyclone ou tempête tropical. Par exemples le mois de janvier 2007, janvier 2001 et janvier 2012 sont à cause de passage de cyclone ou tempête tropical. (janvier 2001 : ANDO Cyclone tropical, janvier 2007 : FAVIO Cyclone tropical, janvier 2012 CHANDA tempête tropical et ETHEL : Cyclone tropical). Les intercalations ou creux dans cette figures représentent les saisons sèches.

La moyenne mobile en dessous de la moyenne globale signifie les mois secs, et la moyenne mobile au-dessus de la moyenne globale marque le mois humide.

IV.2.3. Pluviométrie annuelle

La figure 6 présente la pluviométrie annuelle (1983-2012). L'axe des abscisses représente le temps en année et l'axe des ordonnées représente la quantité de pluie en mm. La courbe rouge présente la moyenne mobile et la droite verte présente la moyenne globale. Entre 1983 à 1986 et 1989, 1991 et 2004 à 2012 la moyenne mobile est en dessous de la moyenne globale, qui marque l'année faible pluviométrie (sèche). L'année 1987, 1988, et 1990-2003, la moyenne mobile est en dessus de la moyenne globale qui signifie l'année humide.

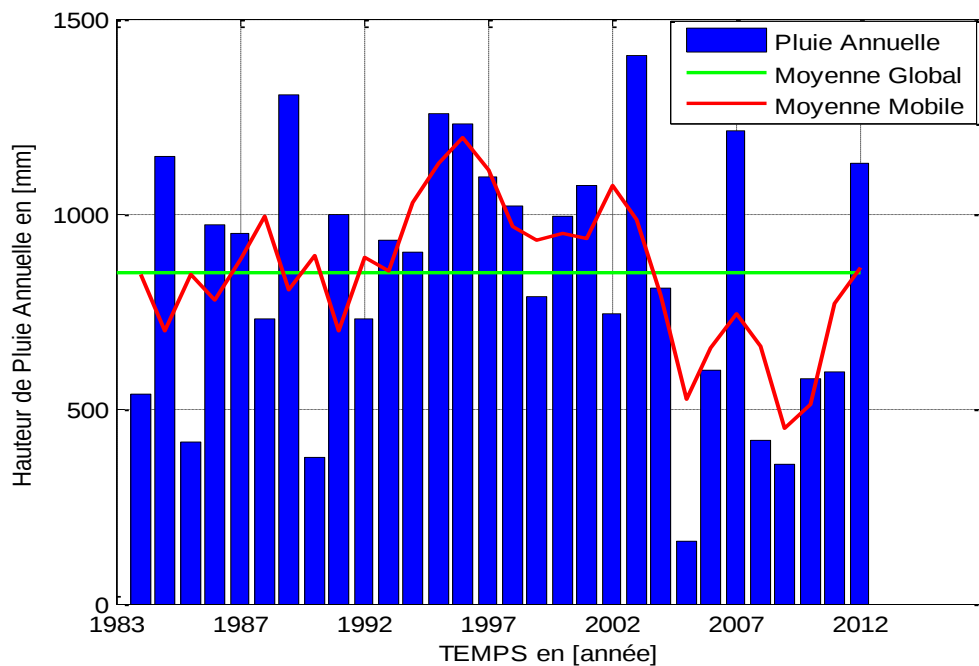


Figure 6: Précipitation annuelle (1983-2012)

IV.2.4. Cumulative de la précipitation journalière

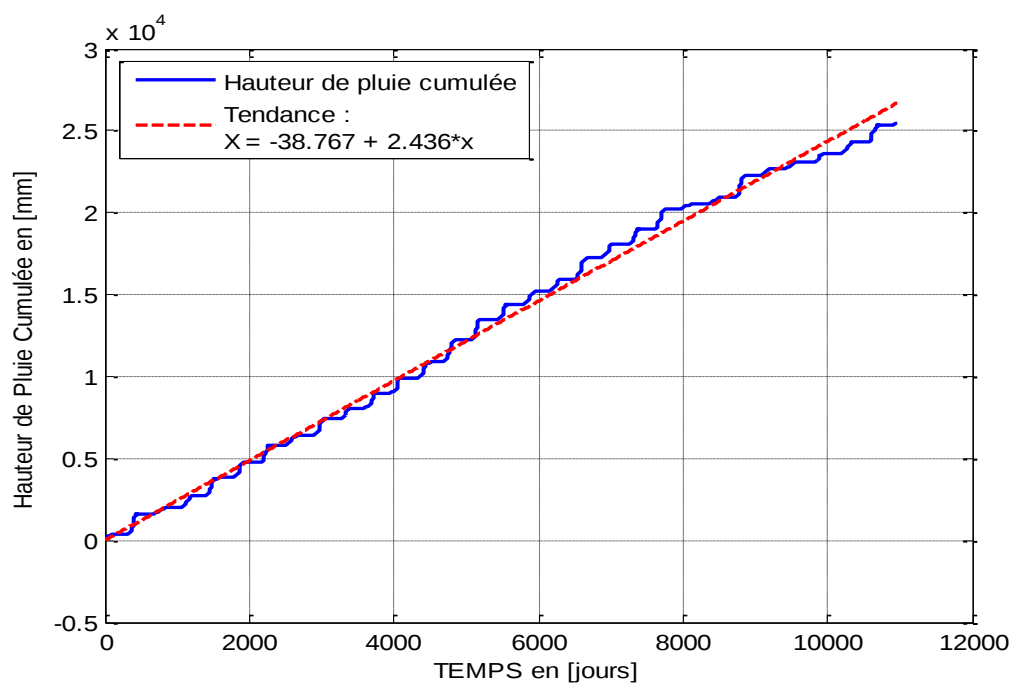


Figure 7: Cumul de la précipitation journalière (1983-2012)

L'axe des abscisses représente le temps en jours et la hauteur de la pluie cumulé est représentée sur l'axe des ordonnées. La courbe bleu présente la hauteur de pluie cumulée et la tendance est représentée par la droite discontinue colorée en rouge d'équation

$X = -38,767 + 2,436x$ (X : hauteur de pluie en mm x : temps en jours).

Le cumul nous permet de connaître la variabilité de la précipitation soit mensuelle soit annuelle. Entre 01 janvier 1983 à 13 mars 1996, la pluviométrie généralement constante, parce que la courbe de la précipitation cumulée est alterné à la tendance, et entre 01 janvier 1996 à 22 juin 2008 le cumul de hauteur de pluie est au-dessus de la tendance qui marque l'augmentation de la pluviométrie. Enfin, elle est en dessous de la tendance depuis juin 2008 jusqu'à 2012, qui signifie la diminution de la précipitation.

IV.2.5. Anomalie de la pluviométrie

La figure suivant représente l'anomalie de la précipitation de 1983 à 2012.

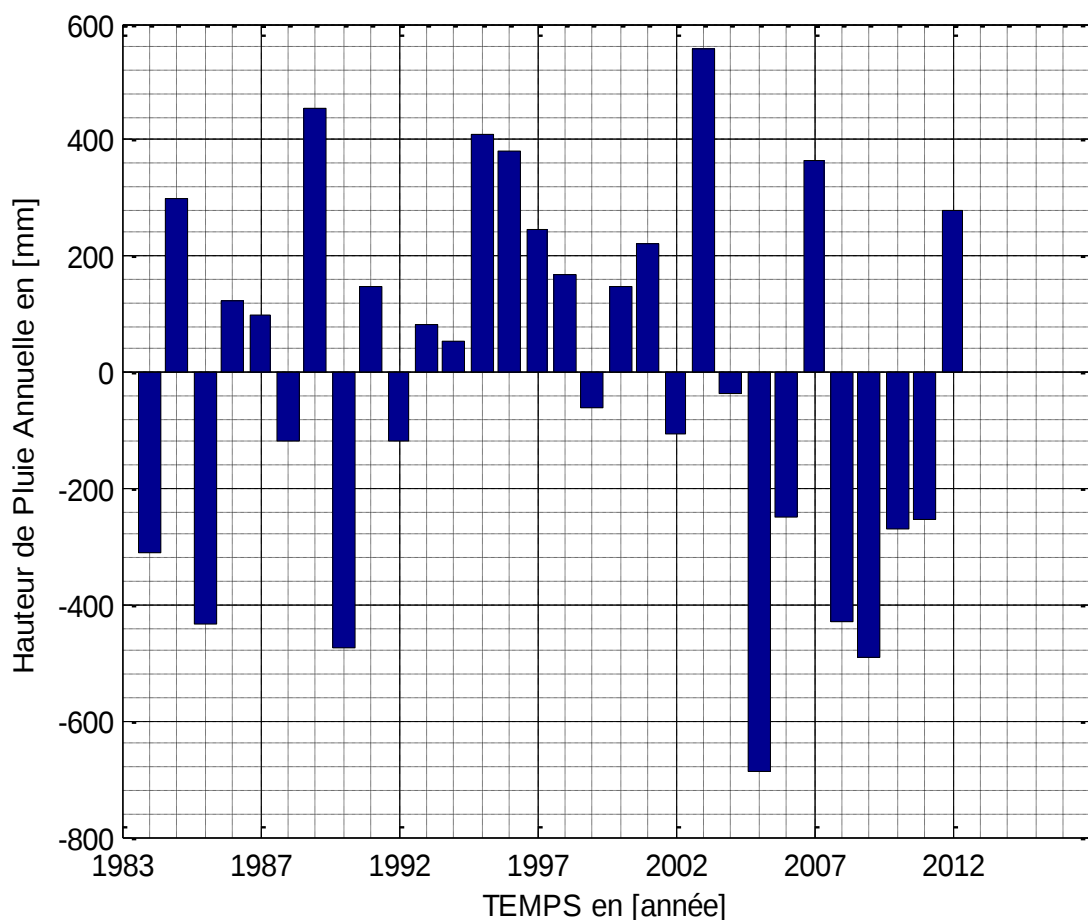


Figure 8: Anomalie de la précipitation (198-2012)

La forte variabilité est mise en évidence par la figure 8 qui montre les anomalies de la précipitation à Morondava durant l'année 1983-2012. Les anomalies positives marquent l'année humide et les anomalies négatives représentent l'année sèche.

Pour mieux comprendre l'interprétation de la figure 8, nous avons utilisé le tableau1

Tableau 1: Classification des années sèche et humide

année	observation	année	observation
1983	sèche	1998	humide
1984	humide	1999	humide
1985	sèche	2000	humide
1986	humide	2001	humide
1987	humide	2002	Sèche
1988	Sèche	2003	humide
1989	humide	2004	Sèche
1990	Sèche	2005	Sèche
1991	humide	2006	Sèche
1992	sèche	2007	humide
1993	humide	2008	Sèche
1994	humide	2009	Sèche
1995	humide	2010	Sèche
1996	humide	2011	Sèche
1997	humide	2012	humide

IV.2.6. Détection de l'année de ruptures

Le test PETTITT est plus particulièrement adapté à la détection de ruptures dans une série chronologique.

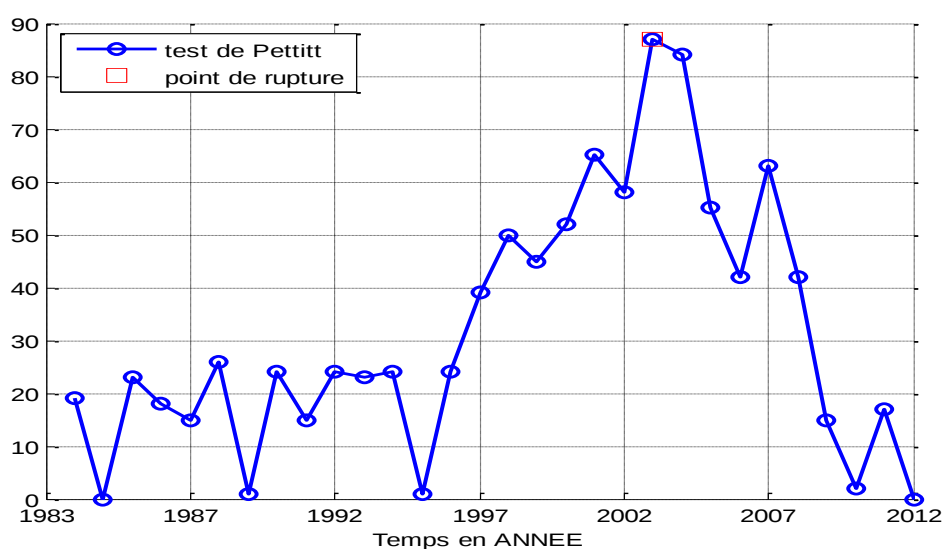


Figure 9: Détection de date de rupture (1983-2012)

D'après le test de PETTITT, la date de rupture est observée l'année 2003. Pour connaître le changement sur l'année de rupture, on calcule la moyenne annuelle de la pluviométrie avant la rupture et la moyenne annuelle après rupture (tableau2).

Tableau 2: Rupture de série de la précipitation (1983-2012)

Station	Année de rupture	Moyenne avant rupture	Moyenne après rupture
MORONDAVA	2003	932,91	726,32

On constate qu'il y a de diminution de 21,14% après la date de rupture (2003).

IV.3. La température

IV.3.1. Température journalière

Figure 10 représente la fluctuation journalière de la température du 01 janvier 1983 à 31 décembre 2012.

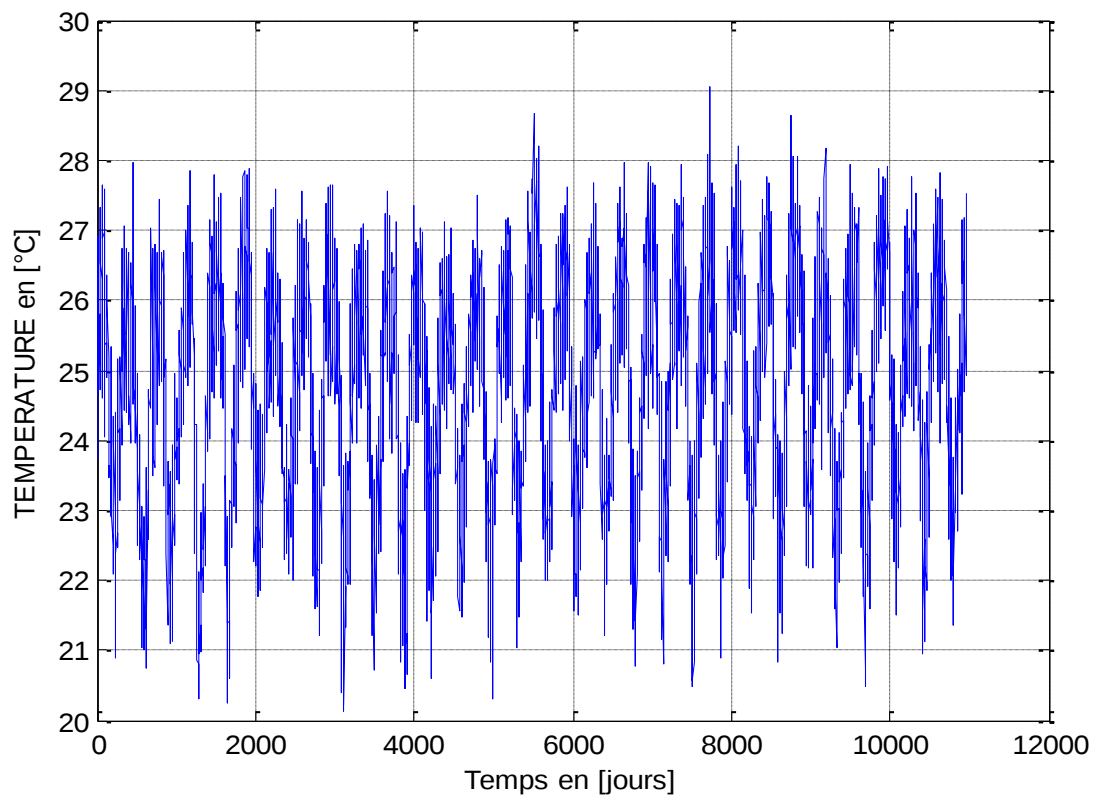


Figure 10: Fluctuation de la température journalière (1983-2012)

L'axe des abscisses représente le temps en jours et l'axe des ordonnées représente la température en °C. Les pics maximum marque la période chaud comme le 05 mars 2004, la température atteint la peine 29,04 °C et les pics minimum signifie la période froid comme le 20 juin 1991 la température est de 20,12°C. La température journalière de MORONDAVA varie entre 20,12°C à 29,04 °C le 01 janvier 1983 à 31 décembre 2012.

IV.3.2. Température annuelle

La figure 11 représente la température annuelle durant les années 1983 à 2012

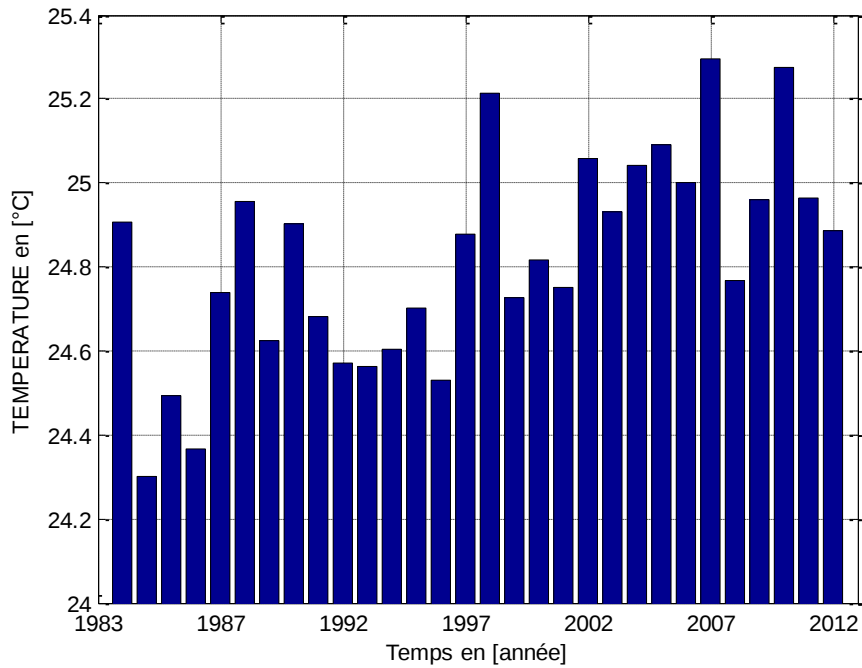


Figure 11: Température annuelle (1983-2012)

L'axe des abscisses représente le temps en année et l'axe des ordonnées représente la température en °C.

La température annuelle varie entre 24,3°C à 25,3°C. D'un seul coup d'œil sur la figure 11, il y a une augmentation de la température.

IV.3.3. Anomalie de la température annuelle

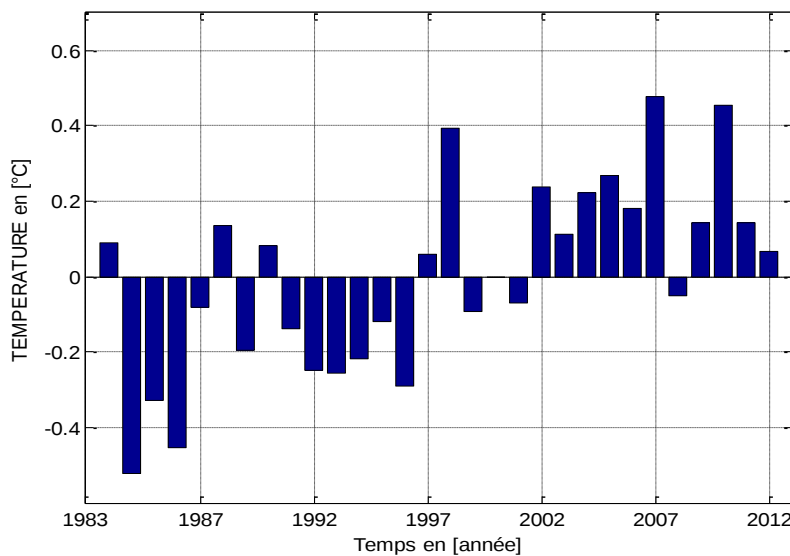


Figure 12: Anomalie de la température (1983-2012)

Concrètement, cette série se compose d'une première partie (1983-1997) où les anomalies sont majoritairement négatives et d'une seconde partie (1998-2012) où les anomalies sont majoritairement positives (tableau3). De plus, les anomalies négatives paraissent rester stables dans le temps alors que les anomalies positives seraient de plus en plus élevées lorsque l'on se rapproche de la fin de la série. Les anomalies négatives signifient l'année froide et les anomalies positives signifient l'année chaude. Ceci traduirait le réchauffement.

Tableau 3:Anomalie de la température

Année	Valeur des anomalies	observation	Année	Valeur des anomalies	observation
1983	0,088	chaud	1998	0,394	chaud
1984	-0,521	froid	1999	-0,093	froid
1985	-0,328	froid	2000	-0,069	froid
1986	-0,455	froid	2001	0,000	moyenne
1987	-0,082	froid	2002	0,240	chaud
1988	0,136	chaud	2003	0,112	chaud
1989	-0,197	froid	2004	0,223	chaud
1990	0,082	chaud	2005	0,269	chaud
1991	-0,137	froid	2006	0,182	chaud
1992	-0,249	froid	2007	0,477	chaud
1993	-0,256	froid	2008	-0,051	froid
1994	-0,217	froid	2009	0,141	chaud
1995	-0,119	froid	2010	0,455	chaud
1996	-0,289	froid	2011	0,143	chaud
1997	0,059	chaud	2012	0,065	chaud

IV.3.4. Anomalie de la température avec moyenne mobile

La figure 12 présente l'anomalie de la température, la courbe rouge présente la moyenne mobile. Entre l'année 1983 à 1997 la moyenne mobile est dans la partie négative, c'est-à-dire les températures ont des anomalies négatives, qui signifient l'année froide. Entre 1997 à 2012 la moyenne mobile est dans la partie positive, qui signifie l'année chaude.

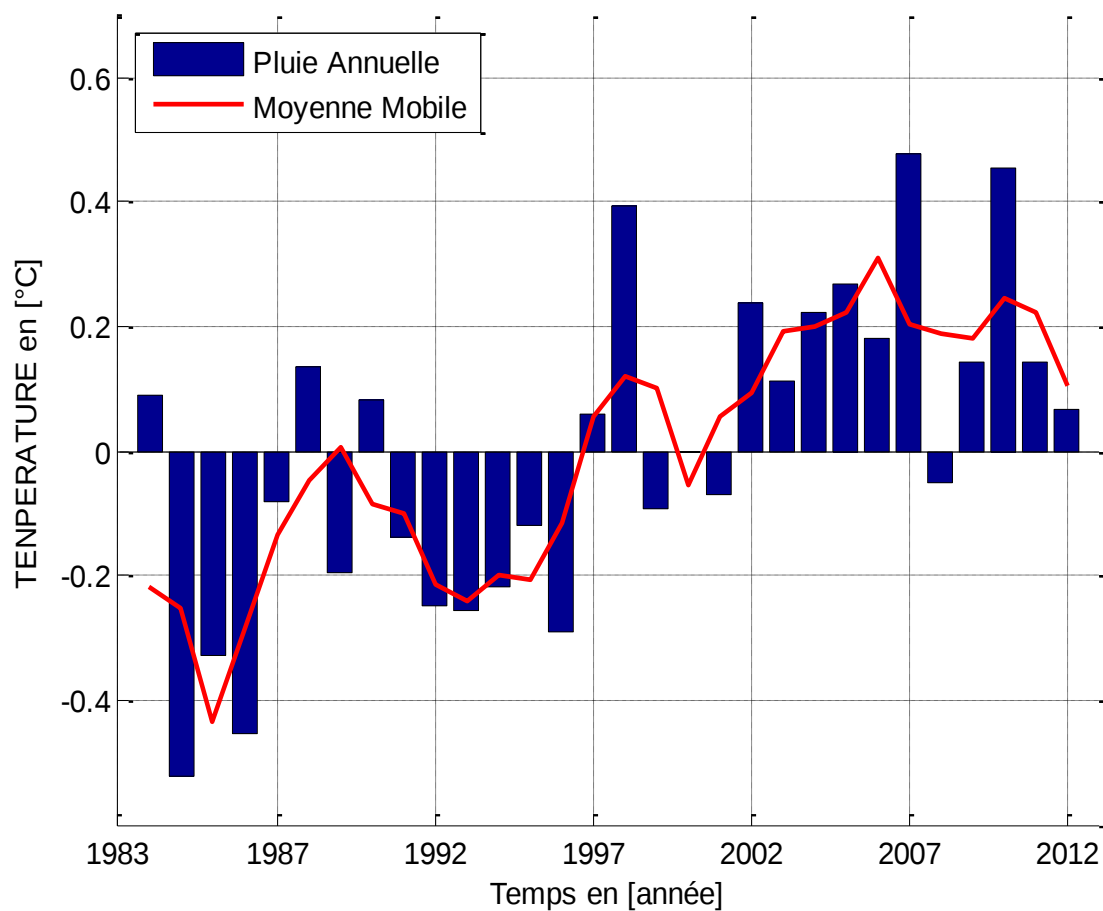


Figure 13: anomalie de la température avec moyenne Mobile (1983-2012)

IV.3.5. Anomalie de la température avec tendance

L'analyse statistique des anomalies des températures annuelles, a montré que durant les périodes étudiées (1983-2012), ces températures ont connu une nette tendance à la hausse. Les résultats de l'application calcul des anomalies par rapport à la moyenne de périodes étudiées, confirment ces anomalies positives à partir de l'année 1997 (Figure 14).

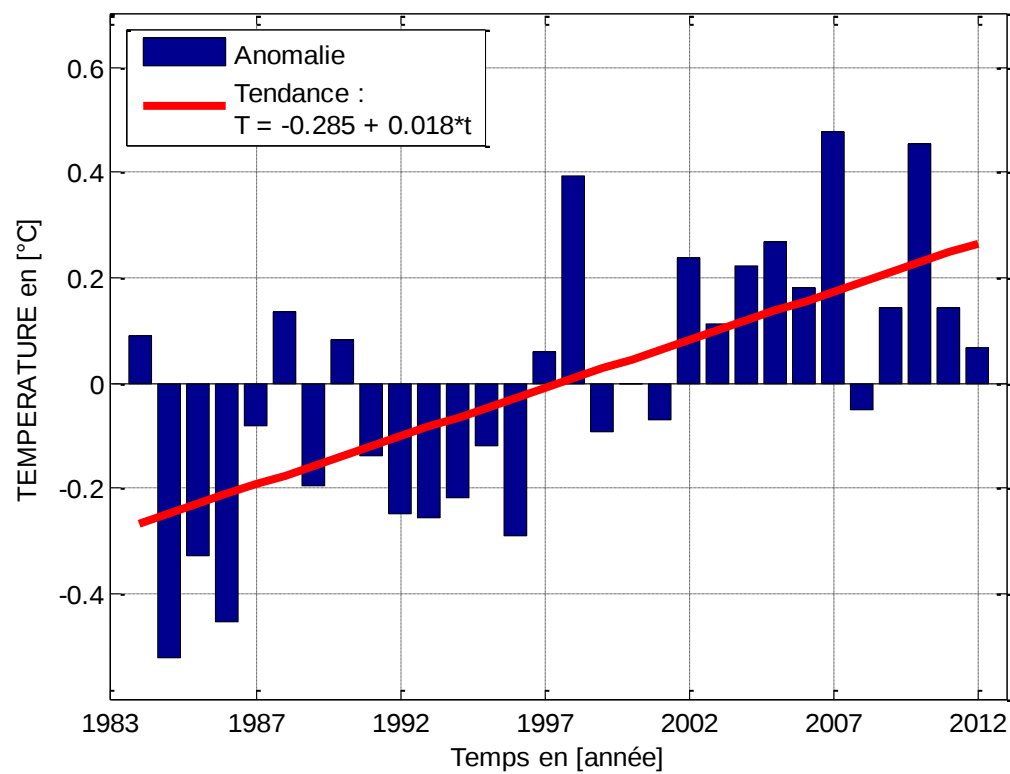


Figure 14: Anomalie de la température avec tendance (1983-212)

Le coefficient est positif (0,018), donc il y a une tendance vers la hausse d'équation $T = -0,285 + 0,018 \cdot t$ présenté par la droite en rouge.

CONCLUSION

Dans ce travail nous avons étudié les séries des températures et des précipitations de l'année 1983 à 2012 pour la station de MORONDAVA. Cette partie se situe 44,19° Est longitude et 20,05° Sud de latitude. Cette étude se limite sur l'utilisation de données venant du ECMWF et NOAA. Les données sont traitées avec le logiciel MATLAB.

La saison de pluie commence au mois de décembre et se termine au mois de mars et la saison sèche se trouve entre mois d'avril et mois de novembre. La pluie annuelle varie entre 159 mm à 1393 mm. A partir de résultats obtenus par la présentation de la moyenne globale et la moyenne mobile concernant la pluviométrie mensuelle et annuelle, 1983 à 2003, MORONDAVA est généralement arrosé, mais depuis 2003 jusqu'à 2012 la pluviométrie a une diminution de 21,14%. L'année 2003 est observée comme année de rupture, pour la série de la précipitation.

La température journalière varie entre 20,21°C à 29,04°C, l'année 1983 à 1997 l'anomalie annuelle est majoritairement négative, et l'année 1997 à 2012, l'anomalie est majoritairement positive. D'après la représentation des anomalies de température avec tendance, on trouve une tendance à la hausse qui signifie le réchauffement climatique.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIE ET WEBLOGRAPHIE

- [1] : www.indexmundi.com › Madagascar › Géographie.
- [2] : BNGRC, risques majeure à Madagascar.
- [3] : M.RALAIMARO, cours eaux et fleuve, LIGCRR, 2014.
- [4] : M.RALAIMARO, cours eaux et fleuve, LIGCRR, 2014.
- [5] www.meteobelgique
- [6] www.aquaportail.com
- [7]<http://www.btb.termiumplus.gc.ca>
- [8] la.climatologie.free.fr
- [9] www.directindustry.fr
- [10] www.station-meteo.com
- [11]Cours Météorologie, ESPA
- [12] Mr RASOLOFONIAINA Jean Donné, cours hydrologie, ESPA,2012.
- [13] Said EL KHATRI, Centre National de Recherches Météorologiques, Service Etudes Climatiques
- [14]UNISDR, «Réduction des risques de catastrophe : bilan mondial 2009 -Risques et pauvreté dans un climat en évolution Investir aujourd’hui pour des lendemains plus sûrs», 2009
- [15] UNDMTP, << Evaluation des risques et vulnérabilités >>, 2009
- [16]UNISDR, «Réduction des risques de catastrophe : bilan mondial 2009 -Risques et pauvreté dans un climat en évolution Investir aujourd’hui pour des lendemains plus sûrs», 2009
- [17]Daniel Bernoulli, Specimen theoriae novae de mensura sortis, 1738.
- [18] UNDMTP, << Vue générale sur la gestion des catastrophes >>, PNUD /DHA UNDRO, 1992.

[19] Patrick LAGADEC, La gestion des crises, outils de réflexion à l'usage des décideurs, McGraw_Hill, Mars 1991.

[20] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Moyenne>

[21] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Moyenne glissante](http://fr.wikipedia.org/wiki/Moyenne_glissante)

[22] H. LUBES, J.M. MASSON, E. SERVAT, J.E. PATUREL, B. KOUAME, J.F. BOYER, 1994, Caractérisation de fluctuations dans une série chronologique par application de tests statistiques.

**TITRE : ANALYSE DE L'EVOLUTION DE LA PRECIPITATION ET DE LA
TEMPERATURE : CAS DE DISTRICT DE MORONDAVA**

RESUME

Ce travail consiste à analyser l'évolution de la température et de la précipitation du 01 janvier 1983 à 31 décembre 2012 à MORONDAVA situé à la latitude 20,05°S et la longitude 44,19°E. L'objectif de ce travail de connaître la variabilité de la précipitation et de la température. La quantité de la pluie annuelle est généralement constante l'année 1983 à 2003. L'année de rupture est observée en 2003, après la rupture se trouve une diminution de quantité de pluie 21,14%. La température journalière varie 20,12°C à 29,04°C. L'anomalie de la température est majoritairement négative l'année 1983 à 1997 et cette anomalie est majoritairement positive 1998 à 2012 qui signifie le réchauffement climatique.

Mots clefs: anomalies, rupture, réchauffement climatique.

**TITLE: ANALYSIS OF THE EVOLUTION OF PRECIPITATION AND
TEMPERATURE: MORONDAVA DISTRICT CASE**

ABSTRACT

This work is to analysis the evolution of the temperature and precipitation of 1 January 1983 to 31 December 2012 to MORONDAVA located at latitude 20.05 ° S and longitude 44.19 ° E. The objective of this work to know the variability of precipitation and temperature. The amount of annual rainfall is generally constant 1983 to 2003. The break is observed in year 2003, after the rupture is a rainfall decrease 21.14%. The daily temperature varies 20,12 ° C to 29,04 ° C. The temperature anomaly is mostly negative 1983 to 1997, and this anomaly is overwhelmingly positive from 1998 to 2012 which means global warming.

Keywords: anomalies, failure, global warming

ENCADREUR: Mr. RATIARSON Andriamanga Adolphe, Professeur titulaire	IMPETRANT: RASAMISAONA Charlot Jean Daniel Andriamahenina TEL: 034 21 931 96/032 63 704 41 E-mail: jdrasamisaona@gmail.com Adress: bloc 116 CU Ambohipo
---	--