



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE TOLIARA



FACULTE DES LETTRES ET DES SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES
DEPARTEMENT GEOGRAPHIE

LES VARIATIONS DU CLIMAT DANS LA REGION DE TULEAR

MEMOIRE DE MAITRISE

Présenté par: RANDRIANANTENAINA Monja

Sous la direction de: Monsieur NAPETOKE Marcel

Maître de conférences à l'université de Toliara

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2009-2010

Date de soutenance : 22 Juin 2011

AVANT-PROPOS

L'étude climatologique est très intéressante pour le compte de l'homme. C'est l'ensemble de phénomènes météorologiques passant dans une région durant une longue période. Elle est cruciale pour le planning économique et pour d'autres activités humaines. Les variations du climat ont également une influence sur le milieu naturel et sur l'homme. Dans ce cas, nous avons choisi comme un thème de recherche « **Les variations du climat dans la régions de Tuléar** ».

Cette étude se diffère de celle de l'étude météorologique qui est axée sur l'observation des phénomènes météorologiques passant dans une courte durée. A cela, on parle du « temps » c'est-à-dire l'ensemble d'évènements météorologiques qui se passent dans un instant donné, il suffit donc de regarder le ciel pour observer le temps. Par contre, dans l'étude du climat, on est obligé de remonter à une période plus ou moins longue (10 ans, 30 ans, 50ans 60ans 100ansEtc.). On regroupe toutes les données météorologiques observées pour voir les variations du climat. Ce qui fait que les variations du temps donnent les variations du climat. Ainsi, l'étude climatique c'est une étude aussi bien scientifique que littéraire.

Nous avons choisi ce thème parce que:

- Le changement climatique pose de problème majeur au monde
- L'économie de la région est basée sur l'agriculture
- Nous sommes originaires de la région
- Nous avons besoin d'acquérir des connaissances sur la climatologie de la région
- Développer l'esprit d'observation et d'analyse par l'aptitude à rechercher, à sélectionner ainsi qu'à structurer les informations liées au climat
- Pouvoir réaliser un bilan face à cette variation du climat
- Faire une comparaison sur l'évolution du climat

L'importance de cette étude nous a motivé et nous a poussé de faire l'étude de **variations du climat dans la région de Tuléar**. Ces **variations** sont très grandes dans la zone semi-aride comme **la région de Tuléar** avec une nette désertification. Actuellement, le dérèglement du climat est un problème majeur de la population rurale surtout les agriculteurs. Il est donc encore temps de faire une étude sur les variations du climat en vue d'observer les causes et les conséquences du climat et pour qu'on puisse chercher des remèdes et des diagnostics pour le maintien du climat habituel.

Qu'il nous soit permis d'exprimer ici nos plus sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement au bon déroulement de notre étude et à la réalisation de ce travail.

Ils vont d'abord à :

- Notre Directeur de recherche, Monsieur NAPETOKE Marcel, qui, nous a accueilli à bras ouvert et qui a accepté de diriger lors ce travail, malgré ses nombreuses occupations.
- Monsieur le Directeur du Département de Géographie, SOLO Jean Robert qui nous a délivré l'autorisation d'enquête afin d'accomplir la recherche et de nous donner divers conseils.
- Tous les enseignants chercheurs du département de la géographie et d'histoire qui nous ont enseigné durant notre cursus universitaire
- Monsieur ABDALAH Nassor, Chef de service à la station météo Tuléar et son équipe pour leur accueil chaleureux et leur générosité de nous avoir acceptés à l'accès libre à la station et à la bibliothèque.
- Monsieur HERINDRANOVO Augustin chef de la C.N.A, qui nous a aidés sur la collecte de données pluviométriques.
- Notre sincère reconnaissance s'adresse également à tous les membres de la bibliothèque Tsiebo Calvin, A.C.U qui nous ont accueillis librement à la recherche de document relatifs à notre thème.
- Nous n'oublions pas de remercier nos parents qui nous ont soutenu aussi bien moralement que financièrement.
- Un grand merci est adressé également à nos amis qui nous ont donné conseils et diverses suggestions.

INTRODUCTION

Ce travail est le fruit de notre recherche dans une longue période. Cette étude se situe dans le cadre de la Géographie physique et axée sur la climatologie. L'agriculture reste comme le pilier de l'économie de la région. Cette activité a une liaison étroite avec le climat. De nos jours, l'activité agricole est affectée par des problèmes liés au climat surtout concernant les variations du climat. C'est la raison pour laquelle le thème a pour titre « **Les variations du climat dans la région de Tuléar** ». Ce n'est pas la région de Tuléar seulement qui est touchée par le dérèglement du climat, il reste comme une grande préoccupation mondiale. On entend souvent les termes réchauffement de la planète, réchauffement climatique, changement climatique, dérèglement du climat. Ces termes nous montrent que le climat subit une évolution significative à l'échelle planétaire. Mais la question, qui se pose est de savoir si la région de Tuléar, est vraiment touchée par ces variations du climat.

Pour mieux illustrer ce travail, il est divisé en trois grandes parties :

Premièrement, nous allons voir la méthodologie de la recherche qui est constituée par l'enquête sur terrain avec de raisonnement culturel puis le stage auprès de la station météorologique de Tuléar et enfin la collecte de données climatiques enregistrées dans cette station. Toujours dans cette première partie, nous verrons le traitement de données climatiques collectées suivie de calcul à partir de méthode statistique, la référence à la normale du climat et enfin la répartition de résultat par décennie.

Deuxièmement, nous allons entamer l'étude de l'évolution du climat dans la région de Tuléar. A cela s'ajoute l'augmentation de la température et la tendance au réchauffement climatique qui s'explique par la hausse de la température et les variations du cycle habituel de la température et finalement, nous verrons la tendance et le linéaire de la température. Pour l'étude de précipitations, notre étude est fondée sur la diminution de précipitations et les variations du régime pluviométrique. A cela, nous étudions l'évolution des précipitations puis la diminution de la pluviométrie annuelle et mensuelle et finalement les variations de saisons de pluies.

Enfin, la troisième partie est basée sur la discussion concernant les variations du climat. Là, nous trouvons les facteurs de variations du climat puis leurs conséquences diverses et enfin les recommandations.

Première partie :

**METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE SUR LES
VARIATIONS DU CLIMAT DANS LA REGION DE
TULEAR**

Chapitre I : ENQUETE SUR TERRAIN

Pour réaliser un travail de recherche, nous devons changer le comportement pour avoir une bonne coopération et collaboration avec les paysans et les responsables des stations et des autres branches de services afin d'avoir une bonne information et suggestion. La répétition des interventions et des débats nous permet de situer et d'orienter la recherche.

I-1 Enquête préliminaire

Elle nous oriente à identifier et à évaluer les différentes caractéristiques du climat dans la région de Tuléar. Elle est donc indispensable pour le choix de la méthode de recherche et employée également en climatologie.

Cette enquête a comme objectif de :

- Etablir un premier contact avec les agriculteurs
- Pouvoir situer et caractériser la région
- Cibler les agriculteurs qui font la culture pluviale
- Mieux connaître l'état actuel du climat

I-2 Les raisonnements sur les variations du climat

Les individus enquêtés n'ont pas de même constatations concernant les variations du climat. Les uns sont basés sur les raisonnements culturels et les autres sur les raisonnements économiques.

I-1-2-1 Raisonnement culturel

Les variations du climat dans la région de Tuléar sont causées principalement par la désacralisation des sites sacrés comme la violation : des sites funéraires, des arbres sacrés tels que le Tamarinier ou *Tamarindus indica*, le *FIHAMY* ou *Ceiba petandra*, cimetières, ce qui entraîne la colère des ancêtres à leurs descendants. Les nouveaux arrivants dans la région comme les Antandroy, les Mahafaly migrants dans la région pratiquent la carbonisation à partir de la fabrication de charbon de bois afin qu'ils puissent avoir rapidement de l'argent pour leurs survie. Ces gens coupent abusivement la forêt et cela va atteindre des sites sacrés puis ils y installent et pratiquent la coupe illicite et irrationnelle de bois même les arbres qui ont de diamètre inférieur à 20cm abattus. Cette réaction de l'homme face aux endroits sacrés contribue à la colère de Dieu et des ancêtres. Cela la raison pour laquelle le climat change ou varie progressivement pour que les ancêtres punissent les vivants. Certains agriculteurs et éleveurs connaissent déjà les changements climatiques à partir de chute de production et l'assèchement de savane pour faire paître les

troupeaux. L'assèchement hydrologique coïncide directement avec les conséquences de changement climatique. Pour certains détenteurs de Hazomanga ou Mpisoro, la population a fait beaucoup de pêchés envers les ancêtres. C'est pourquoi, ils sont en colère et frappent les vivants à partir de nombreux cataclysmes naturels y compris les variations du climat.

Certains détenteurs de Hazomanga enquêtés disent également que les hommes sont disparus. A cela, ils veulent dire que l'ancienne génération qui garde et respecte les coutumes et les rites sont morts. C'est la raison pour laquelle la génération actuelle pratique la désacralisation de sites sacrés.

Selon certains notables, Dieu a planté la forêt pour que les animaux puissent y habiter. Cette plantation a besoin de l'arrosage à partir de l'eau de pluie pour qu'elle puisse vivre et se développe. Actuellement, sous la pression humaine, la forêt se dégrade et disparaît progressivement. Par conséquent, Dieu devient fâcheux contre les hommes et feigne d'arroser les restes. Ils ont conclu que la variation du climat provient de la dégradation forestière.

I-2-2 Raisonnement économique

Il s'agit de savoir les caractéristiques générales de mode de production des agriculteurs dans la région de Tuléar. Le mode et le nombre de semis chaque année, les diminutions de récolte et de surface cultivable sont liées aux variations du climat.

Cette approche doit être effectuée auprès des groupes des agriculteurs suivant les districts. Le point commun des individus enquêtés est le problème lié au climat. Certains d'entre eux disent qu'auparavant la culture du riz se fait trois fois par an par contre actuellement elle se fait deux fois par an.

Par exemple, le premier semis du riz se fait au mois d'octobre et la récolte au mois de décembre. C'est la période de Vary aloha. Puis le Tivalatao ou zoky tsipala se fait de mois de décembre jusqu'en février et enfin le Tsipala se fait de mars en mai. Actuellement, il n'y a que de Vary aloha et du Tsipala, la culture de Tivalatao devient impossible à cause des aléas climatiques.

I-3 Revue documentaire

Toute étude doit commencer par des recherches bibliographiques. Dans ce cas, nous avons pris comme méthode plus importante la recherche bibliographique parce qu'elle joue un rôle majeur sur la réalisation des recherches et permet de connaître les travaux antérieurs et nous permet aussi de situer et d'orienter la réflexion concernant les variations du climat. Elle est effectuée depuis l'identification du thème jusqu'à la réalisation pour qu'il y ait une référence sur les travaux de recherches antérieurs. Pour cela, nous sommes obligés de consulter tous les documents disponibles et compatibles à notre thème auprès de bibliothèques de Tsiebo Calvin, Aumônerie Catholique Universitaire (ACU), Alliance française, bibliothèque du Service Météorologie de Tuléar et sur l'Internet.

I-4 Caractéristiques de la zone d'étude

Toliara ou Tuléar est la capitale du sud de Madagascar, la plus vaste avec une superficie de 161 405 km². Elle a une population de 2 229 550 habitants (juillet 2001). Sa capitale s'appelle Toliara. La dénomination de "province" est appelée à disparaître au moins sur le plan politique et administratif suite à la dernière réforme constitutionnelle d'avril 2007 qui consacre les régions. L'ancienne province de Toliara se subdivise ainsi en 4 régions : Atsimo Andrefana, Menabe, Androy et Anosy.

Le climat du sud-ouest de Madagascar est un climat semi-aride particulièrement sec le long de la côte ouest. Le manque de précipitations et les difficultés d'alimentation en eau sont des problèmes récurrents pour la population qui doit faire face à des périodes de soudure difficiles.

Pour la réalisation de la présente étude, nous avons choisi la région de Tuléar comme une zone d'étude grâce non seulement à l'effectif des habitants mais aussi la dépendance des agriculteurs sur la culture pluviale et le développement des activités agricoles. La région de Tuléar fait partie de l'ex-préfecture de Tuléar composée de 09 districts dont Tuléar I et II, Sakaraha, Ankazoabo, Beroroha, Morombe, Betioky, Benenitra, Ampanihy-ouest.

Elle est traversée par le fleuve Mangoky au nord, Fiherenana au milieu et l'Onilahy au sud. Ces fleuves sont alimentés par des rivières.

Quant à la végétation, elle est composée de la végétation de type tropical : comme, la forêt dense sèche (zombitse-Vohibasia, Iarindrano, Irijy et de Mikea), les forêts galeries qui bordent les cours d'eau, la forêt xérophile et la savane à *heteropogon contortus*.

La grande partie du Sud-ouest de Madagascar est occupée par de plateau calcaire, avec l'altitude moyenne de 800 m, appelé localement par le Lambosina. On a également d'une chaîne de colline qui prend la direction nord-sud, au nord le Manamana qui a un point culminant de 945m, et au sud l'Analavelona (1345m), le deux sont reliés par le chaîne de Mikoboka.

Chapitre II : LE STAGE AU SERVICE DE LA METEOROLOGIE

Nous avons fait d'une étude au Service de la météorologie de Tuléar pour l'approfondissement de l'étude théorique et pour avoir l'aptitude et compétence sur l'utilisation de certains appareils employés dans l'étude climatologique.

II-1 Maîtrise des appareils de mesure

Nous devons connaître et maîtriser les appareils utilisés à la station.

Le nom, le type, l'emplacement et l'altitude de ces appareils au dessus de niveau de la mer sont les premières choses que nous devons savoir avant de faire le relevé des phénomènes météorologiques d'une station. Voici la liste des appareils que nous avons utilisés :

- un pluviomètre : qui est employé pour mesurer la hauteur de pluie tombée à la station
- un anémomètre de type papillon : qui mesure la vitesse du vent et indique également la direction du vent. Il est situé à 11m au dessus de niveau de la mer.
- Un barographe : un appareil portant une aiguille pour tracer une courbe en suivant le mouvement de la pression barométrique.
- Un baromètre : qui donne la valeur numérique de la pression atmosphérique.
- Un thermomètre : pour mesurer la température, il y a de thermomètre placé à 0,5 et à 1m en dessous du sol celui-ci est utilisé pour la température du sol et d'autre se situe en surface pour mesurer la température de l'air.



Photo N°1 : Evaporomètre piche



Photo N°2 : Thermomètres

- Un évaporomètre piche : c'est comme une éprouvette pleine d'eau portant une messe mouillée. Il sert à mesurer l'évaporation.

II-2 Les stations utilisées

La station synoptique de Tuléar a plus de relevés de température et des précipitations sur la période de 1949-2008 qui a été pris en compte dans cette étude.

Après le transfert de la station météorologique de Tuléar à l'aéroport dans les années 60, nous utilisons aussi la station pluviométrique d'Ampasikibo, FOFIFA, pour l'analyse des précipitations et pour compléter les données douteuses ou aberrantes.

En dehors de la station de Tuléar, les autres stations périphériques comme : SAKARAHHA, ANKAZOABO, BEROROHA, les données relevées par la société HASYMA/Groupe DAGRIS et la M.D.P sont utilisées dans la présente étude. Pour la station de BETIOKY, nous utilisons les données enregistrées par le C.N.A. Or, dans ces stations les données de température et des précipitations sont presque incomplètes. Pour cela, l'étude de variations du climat de ces stations, nous avons utilisé les données normales envoyées par le Service National de la Météorologie de Madagascar. Dans ce cas, seule, la station de Tuléar et de Morombe ont de données satisfaisantes.

II-3 Les observations météorologiques

Les observations se font trois fois par jour, à 6 heures, 12 heures et à 18 heures. Les événements météorologiques observés dans la journée sont enregistrés dans un livret de relevé journalière. Là, nous écrivons toutes les données brutes de phénomènes météorologiques qui se passent chaque jour après avoir calculé la moyenne journalière.

Pour cela, nous avons trois données réelles par jour (matin, midi, soir). A partir de ces trois données brutes, nous allons calculer la moyenne du jour. L'observation à mi-nuit (00 heure) est très intéressante mais le travail nocturne paraît difficile sauf au passage d'un cyclone que nous devons suivre les variations des événements météorologiques en 24 heures sur 24 heures. Donc, nous avons trois données essentielles par jour.

- La donnée maximale
- La donnée minimale
- La moyenne du jour

Dans la salle d'observation, nous utilisons tous les appareils employés à l'observation des phénomènes météorologiques. Par exemple, le baromètre situé à 07 mètres au dessus de niveau de la mer qui donne la donnée chiffrée de la pression en millibar, le barographe situé à 9,40m au dessus de niveau de la mer qui trace une courbe en suivant les variations de la pression

atmosphérique, l'anémomètre de type papillon mesurant la force ou la vitesse du vent et montre aussi sa direction. Il se trouve à 12 mètre de haut, une B.L.U est utilisée à la station pour la transmission de phénomène météorologique journalier au centre de service météorologique d'Antananarivo et à l'ADEMA.

Au parc, nous avons le pluviomètre, le thermomètre, la girouette, et l'évaporomètre piche

II-4 Technique d'observation

II-4-1 L'état du ciel

Il suffit de regarder en haut et de voir le ciel et l'horizon, c'est la première étape que les observateurs font au début de l'observation. Pendant cette période, nous notons tous les événements météorologiques qui se passent dans le ciel comme : la nébulosité, le type des nuages, la visibilité, le plafond et les éclaires).

II-4-2 Relevé de température et de l'humidité

Pour le relevé de la température, nous possédons deux thermomètres gradués à mercure, l'un est mouillé pour le minimal de la température et l'autre est sec pour le maximal de la température.

En ce qui concerne le maximal, le relevé se fait à chaque jour à 17heures et pendant laquelle nous amorçons le thermomètre mouillé pour voir le minimal. A 07 heures du matin nous faisons le relevé de la température minimale en amorçant ensuite le thermomètre sec.

II-4-3 Calcul à partir de règle psychométrique

A partir de donnée recueillie sur la température, nous pouvons calculer l'humidité de l'air, la tension de vapeur et le point de rosé. Le mode de calcul est fait à partir de la corrélation de données. Il y a 5 graduations (A.B.C.D.U) et un curseur.

II-5 Enregistrement de données

Le mode d'enregistrement de données météorologiques se fait de plusieurs manières à partir de carnet d'observation, l'observation synoptique quotidienne et le tableau climatique mensuel.

II-5-1 Le carnet d'observation

Nous notons tous les phénomènes météorologiques journaliers comme l'état du ciel, la température et l'humidité, la pression atmosphérique et les précipitations.

Les données horaires puis les moyenne journalières sont également enregistrées dans ce carnet d'observation.

II-5-2 L'O.S.Q

Il s'agit d'un résumé de donnée climatologique journalière (l'état du ciel, la température, les précipitations, la température du sol et la Pression atmosphérique). Cette O.S.Q est très importante pour l'étude agro-climatologique car les données de température du sol sont notées dans cette fiche. Dans le cas le plus fréquent, nous y notons la température du sol à 30cm, 50cm, 60 cm, 100 cm à l'intérieur du sol.

II-5-3 Le T.C.M

C'est une fiche d'enregistrement de données climatiques mensuelles. Tous les événements météorologiques passant dans la station, comme par exemple la direction et la vitesse du vent, la température maximale et minimale (du sol et de l'air), l'évaporation, la pression barométrique maximale et minimale (matin, midi, soir), l'insolation, la visibilité, le plafond et les précipitations, sont enregistrés dans les T.C.M.

La première page de fiche contient la moyenne la moyenne du mois et les types des appareils employés ainsi que le code de la station. La dernière page est réservée pour les données de précipitations et les nombres de jours de pluie. Cette fiche d'enregistrement est complétée à chaque fin du mois en mentionnant également dans la situation géographique de la station et son altitude.

II-6 Collecte de données enregistrées au service de la météorologie

Les données climatiques que nous avons collectées au service de la météorologie de Tuléar ont une durée de 60 ans. Nous avons fait de relevé de toutes les données brutes afin qu'on puisse faire des études ordonnée et scientifique de ces données c'est-à-dire nous avons numérisé les données le travail. Les autres stations météorologiques de la région n'ont pas de relevé satisfaisant : ce sont des statons pluviométriques. En plus, les données sont discontinues et incomplètes. Les données manquantes sont complétées à partir de calcul à la normale. Pour la température, ces stations sont presque dépourvues de données de température. Pour cela, dans cette étude, nous avons utilisé les données normales en vue de réaliser de cette étude.

II-6-1 Qualité de données

Les données employées dans cette étude sont soumises à un contrôle préalable. Les données manquantes sont vérifiées dans le T.C.M qui est un document original.

Dans ce cas, nous avons pris la station de Tuléar comme exemple.

La série de données météorologiques que nous avons ici sont les données calculées par le service météo mensuellement à partir de relevés journalières.

Nous avons utilisé dans cette étude les moyennes annuelle et mensuelle de la température de l'air et les totaux pluviométriques annuels. Dans ce cas, seules les oscillations importantes apparaissent tandis que les variations interannuelles sont moins importantes.

I-6-2 Informatisation des données

Pour faciliter le travail et le calcul de chiffres, nous avons dû utiliser des ordinateurs pour introduire et enregistrer toutes les données écrites dans le T.C.M. Dans ce cas, l'erreur de calcul est amoindrie. De plus, les données numérisées sont plus facile à traiter et l'enregistrement est plus sûr par rapport au risque de déchirure du T.C.M. parce que nous avons rencontré de problème non seulement de déchirure mais aussi l'effacement de certaines données à cause de l'eau de pluie.

Chapitre III : TRAITEMENT DE DONNEES CLIMATIQUES COLLECTEES

III-1 Calcul à partir de modèle statistique

Les données recueillies sur des dizaines d'années des stations d'observations météorologiques sont traitées par ordinateur au moyen de modèle statistique pour suivre les oscillations du climat et de voir la tendance par le modèle linéaire.

III-1-1 Température

L'arrangement simple de température enregistrée pendant une période 60 ans donne une moyenne de 24°45C. L'effectif est donc 60. Le tableau N°1 suivant montre l'effectif de découpage en segment de la série de la température.

Tableau 1 : Effectif de découpage de la série de température

Température	effectif	Pourcentage
[<= ; 24° [	14	23,33
[24° ; 25° [	38	63,33
[25° ; 26° [	7	11,66
[26° ;=> [	1	1,66
TOTAL	60	100%

Source : Auteur

D'après ce tableau, les années qui ont la température inférieure à 24°C est de 14. Les années qui ont la température entre 24°C et 25°C comptent 38 puis 07 pour celles qui la température entre 25°C et 26°C et enfin, 01 pour l'année qui a la température supérieure à 26°C. Le mode est situé entre l'intervalle de [24° ; 25° [avec 63,33%. Par soustraction de valeurs extrêmes de la série, le paramètre de dispersion ou l'étendue de la série est de 2,94°C. Pour avoir cette valeur, nous tenons compte la valeur de l'année 1968 qui a une température moyenne annuelle de 23,33°C et celle de l'année 2000 qui a une température moyenne annuelle de 26°27. A cela, nous pouvons conclure déjà que l'année la plus froide de la série est 1968 par contre l'année la plus chaude est l'année 2000. En découplant la série en 04 parties, c'est-à-dire en valeur quartile, les résultats sont dans le tableau N°2 suivant.

Tableau 2 : Résultat par quartile de la série de Température

Etendue	Quartile supérieur	Quartile inférieure	Valeur interquartile
2,94	24,72	24,02	24,04 à 24,71
	25% > 24,72	25% < 24,02	50%

Source : Auteur

D'après le découpage en valeur quartile de la série, nous constatons que les 50% de température moyenne annuelle se situent entre 24,04°C et 24,71, là où se trouve la moyenne de la série qui est 24,45°C. Le 25% de cas sont supérieur à 24,72°C, ceux-là sont considérés comme des années les plus chaudes puis les 25% de cas sont inférieurs à 24,02°C, ce sont les années les plus fraîches.

En approfondissant le calcul, à partir de calcul d'Ecart de la température, la variance, le coefficient de variation et de l'Ecart-type. Nous avons de valeurs suivantes.

Température moyenne de la série

T moy : 24,43°C

VARIANCE

$$(\lambda^2) = \frac{\sum \text{de carré des écarts}}{\text{effectif}} = \frac{19,4933724}{60} = 0,32488954$$

ECART-TYPE

$$E : \sqrt{0,32488954} = 0,56999083$$

COEFFICIENT DE VARIATION

$$CV = \frac{0,56999083 \cdot 100}{24,43} = 2,33315935\%$$

Pour cela, le coefficient de variation est assez faible. Donc, la variabilité de la température moyenne annuelle est faible également. En moyenne, la température annuelle la plus faible est autour de 23,87°C et la plus forte est autour de 24,99°C

III-1-2 Précipitations

Le tableau suivant montre l'effectif de données statistiques de précipitations durant 60 ans d'étude.

Tableau 3 : Effectif de découpage de la série de précipitations

Précipitations	Effectif	Pourcentage
[<= ; 200[	4	4,66
[200 ; 300[	12	20
[300 ; 400[	20	33,33
[400 ; 500[	10	16,66
[500 ; 600[	7	11,66
[600 ; => [	7	11,66
	60	100%

Source : auteur

Sur 60 ans d'enregistrement à Tuléar, la moyenne est 398.1323mm. En comptant l'effectif de données de précipitations annuelles, nous avons 7 années à pluviométrie supérieure à 600mm qui correspondent à la période d'exaltation, 7 années à pluviométrie comprise entre 500 et 600mm, 10 années à pluviométrie comprise entre 400 et 500mm ; 20 années à pluviométrie comprise entre 300 et 400mm, 12 années à de précipitations comprises entre 200 et 300mm et 4 années à pluviométrie inférieure à 200 mm représentant des périodes de disette.

D'après ces données statistiques, nous avons remarqué que les précipitations moyennes sont comprises entre l'intervalle de 300 à 400 mm. Dans le cas le moins favorable, elles sont autour de 200 à 300mm d'eau et dans le cas le plus favorable, elles sont autour de 500 à 600mm.

Lors de la différence de valeurs extrêmes de la série décroissante, l'étendue est 649,1mm. C'est ce qu'on appelle le « paramètre de dispersion ». Pour cela la variabilité de précipitations est très grande.

Quant au découpage de la série en valeur quartile, la valeur médiane ou centrale est 381,3mm ; le quartile inférieur correspond à 294,9mm et le quartile supérieur correspond à 498,4mm enfin la valeur interquartile est comprise entre 304,3mm et 494,3mm. Pour cela, 25%

de cas inférieur à 294,9mm par contre 75% de cas supérieur à cette valeur puis 25% de cas supérieur à 498,4mm et 75% de cas inférieur à cette valeur. Ce qui fait que le 50% de cas est compris entre 294,9mm et 498,4mm là où les précipitations sont concentrées.

Tableau 4 : Résultat par quartile de la série de précipitations

Etendue	Quartile supérieur	Quartile inférieur	Valeur interquartile
649,1	498,4	294,9	304,3 à 494,3
	25% de cas > 498,4	25% de cas < 294,9	50% de cas

Etude de variabilité

Précipitations moyenne de la série

P moy : 398.13

VARIANCE

$$(\lambda^2) = \frac{\Sigma \text{ de carré des écarts}}{\text{effectif}} = \frac{1369503,48}{60} = 22825,058$$

ECART-TYPE

$$E : \sqrt{22825,058} = 151,079$$

COEFFICIENT DE VARIATION

$$CV = \frac{151,079 * 100}{398,13} = 37,94\%$$

La moyenne de précipitations annuelles pour Tuléar est de 398,13mm. L'Ecart-type est de 151,079. Pour cela, la moyenne de cas défavorable est de 247,051mm puis dans le cas le plus favorable les précipitations montent à 549,209mm. C'est donc une variation de 1 à 2. Le Coefficient de variation est de 37,94%. Ce qui fait que les précipitations varient énormément. Cette hausse de coefficient de variation explique la grande variabilité et l'insuffisance de précipitations. Cela veut dire que la région de Tuléar est touchée par la sècheresse.

III-2 Référence aux données normales du climat

III-2-1 Pour la température

Pour l'ensemble de stations étudiées, les données de la température augmentent énormément. Nous constatons une hausse de la température en comparant ces deux normales de la température. Durant la période, 1971-2000 la température est très élevée par rapport à la période 1941-1970. Donc, région de Tuléar connaît une augmentation de la température. La référence aux données normales de température est très importante pour notre étude car elle nous aide à identifier et à connaître facilement l'augmentation ou une diminution de la température suivant la période pendant laquelle la normale est calculée. Sans faire beaucoup de calcul, on voit déjà que le climat varie. Pour cela, la normale de la station de Tuléar prend le record avec une augmentation de $0^{\circ}56$ soit 2,31% de la moyenne de la période de 1941-1970 et Morombe a la différence $0^{\circ}43$ soit 1,77% d'augmentation puis la station de Betioky qui a la différence de $0^{\circ}25$ soit 1,02% et les deux stations du nord Ankazoabo et Beroroha ont la différence de $0^{\circ}17$ et $0^{\circ}18$ soient 0,69% d'augmentation et finalement la station de Sakaraha connaît une faible augmentation avec une différence de $0^{\circ}02$ soit un taux d'augmentation 0,08%. Donc, les stations côtières et du sud connaissent une grande augmentation de la température puis les stations du nord et finalement la station de Sakaraha. La cause cette variation inégale est l'altitude. C'est pourquoi la station de Sakaraha connaît une faible augmentation parce qu'elle a une altitude plus élevée par rapport aux autres stations.

III-2-2 Pour les précipitations

Dans toutes les stations étudiées, la normale de précipitations décroît de façon significative. La normale des premiers 30 ans (1941-1970) la normale annuelle est plus importante par rapport à la normale de seconds 30 ans (1971-2000). Ce qui fait que les totaux annuels de précipitations diminuent progressivement. En bref, la période 1941-1970 est plus pluvieuse que la période 1971-2000.

Quand nous faisons la différence de ces deux normales de précipitations, nous observons une grande variation de précipitations. Pour cela, nous constatons une nette diminution dans chaque station : Ankazoabo a une diminution de 30,6mm, Beroroha 27,5mm, Betioky 35,2mm, Morombe 14,5mm, Sakaraha 43,2mm et Tuléar 102,50mm. Pour cela, la station de Tuléar connaît une diminution de 22,78%, puis la station de Sakaraha 5,65%, Betioky 5,44%, Ankazoabo 4,07%, Beroroha 3,41% et Morombe 3,06%. Cette différence n'est qu'une différence de ces deux normales, mais la variation interannuelle de précipitations peut être plus

importante mais à cause de données incomplètes de la série annuelle de précipitations, nous nous sommes limités seulement sur le rapport de la normale. Donc, la référence à la normale du climat nous permet de connaître, d'expliquer et d'interpréter la situation du climat surtout la variation du climat dans une longue période bien déterminée et bien différente. De telle manière, les normales du climat se diffèrent suivant la période d'étude comme par exemple la normale de 10 ans (la moyenne de données climatiques dans tous les 10 ans), de 30 ans (moyenne de données climatiques dans tous le 30 ans) etc.

III-2-3 Variation de deux normales de 30 ans par rapport à la normale de la série dans la station de Tuléar

La soustraction de la moyenne de 30 par rapport à la moyenne de la série donne les résultats suivant :

- La valeur de la moyenne de 30 ans moins la valeur moyenne de 60 ans donne 09 valeurs supérieures à la moyenne de la série. Les mois déficitaires sont le mois de Juillet, Septembre et Janvier. Les autres mois sont excédentaires. Pour cela, nous disons que les premiers 30 ans sont pluvieux par rapport à la moyenne de la série.
- Pour les seconds 30 ans, il y a un changement de situation, 09 valeurs sont inférieures à la moyenne de la série et trois valeurs seulement sont supérieures à celle-là. Donc, il y a 09 mois déficitaires et 03 mois excédentaires.

Pour conclure, la comparaison de deux normales de 30ans par rapport à la moyenne de la série montre qu'il y a une diminution significative de pluviométrie dans la région de Tuléar. Autrement dit, les premiers 30 ans sont pluvieux et les seconds 30 ans sont secs.

III-3 Les régions climatiques de la région de Tuléar

La région de Tuléar est une région semi-aride. Elle est caractérisée par une longue saison sèche de 9 à 10 mois, surtout sur les zones côtières comme Tuléar et Morombe, à laquelle succède une courte saison de pluies, parfois aléatoire, souvent très irrégulière et insuffisante.

Elle a cinq sous régions climatiques.

III-3-1 Sub-humide à hiver très frais d'altitude

Ce climat affecte les montagnes inhabitées : Le Mikoboka, l'Analavelona, l'Isalo. Il y a 7 à 8 mois secs. La température moyenne annuelle T varie de 19 à 22° C, mais l'hiver y est assez froid. Pour les mois les plus frais, les moyennes des températures moyennes et minimales sont :

- T° (moy du mois le plus froid) : inférieure à 18°C.

- T° (moy des minima du mois le plus froid) : inférieure à 13°, voire à 10° C

III-3-2 Semi-humide et chaud

Il s'agit des régions septentrionales du Sud-Ouest, le Bas et le Moyen-Mangoky (Beroroha et Ankazoabo). Il y a 8 mois secs.

- Température moyenne du mois : varie de 25 à 28° C
- Température moyenne des minima du mois le plus froid : varie de 13 à 16° C

Le climat reste très favorable à l'agriculture, la 2^e récolte de riz n'est pas gênée par la fraîcheur de l'hiver.

III-3-3 Semi-humide à hiver tempéré

C'est le climat de l'Ibara en général comme le dit J.M HOERNER, du Mangoky à Onilahy, et du Masikoro oriental (Ankililoaka à Befandriana Sud). Il y a également 8 mois secs. L'aridité y est donc plus marquée mais les pluies y sont suffisantes pour y faire du coton pluvial. Les années sèches sont toutefois à redouter.

- Température moyenne est comprise entre 23 et 26° C ;
- Température moyenne du mois le plus froid inférieure à 20° C
- Température moyenne des minima du mois le plus froid varie de 10 à 13° C : l'hiver est bien moins chaud que dans le climat précédent.

III-3-4 Semi-aride à hiver tempéré

Il s'agit d'Ejeda, Ampanihy et Betioky, du plateau à la pénéplaine. L'aridité y est davantage marquée : 9 à 11 mois secs. La faiblesse des précipitations et l'irrégularité de leur répartition, tant pendant la saison de pluies que d'une l'année sur l'autre, rendent aléatoires beaucoup de cultures.

Le sorgho « apemba » prend souvent le pas sur le maïs ; les arachides sont toujours possibles, l'irrigation est souhaitable.

- Température moyenne varie de 24 à 26° C
- et Température moyenne des minima du mois le plus froid est comprise entre 10 et 13° C.

III-3-5 Sub-aride et chaud

C'est le domaine littoral et côtier du bush, nettement xérophile. Les précipitations sont très faibles. Il y a 12 mois secs. La forte humidité relative, supérieure à 65% en moyenne, alimente la rosée du matin qui est nécessaire aux cultures pluviales telles que celle du maïs.

- Température moyenne varie de 23 à 25° C
- Température moyenne des minima du mois le plus froid varie de 13 à 16°,

L'hiver y est moins marqué que vers l'intérieur.

III-4 Variation de la température dans l'espace

Pour la température, la station qui reçoit la température moyenne annuelle la plus élevée est la station de Beroroha et la station de Benenitra (plus de 25°C) et la plus faible température moyenne annuelle est la station de Sakaraha avec 23°C. La cause principale de cette faible température dans la Station de Sakaraha est l'altitude. Sa position en altitude (460m d'altitude) a une influence sur la température.

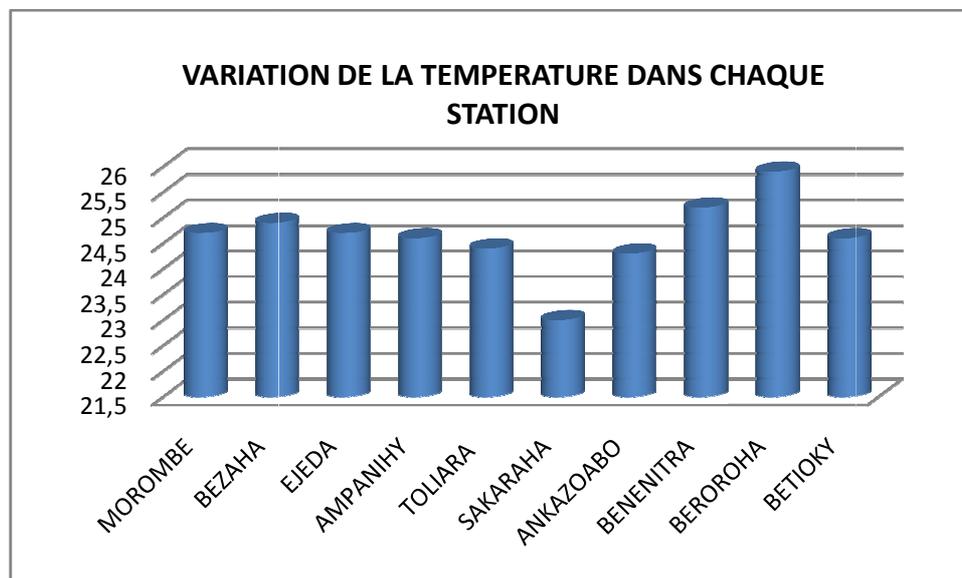


Figure 1 Variation de la température dans chaque station

Source : Auteur

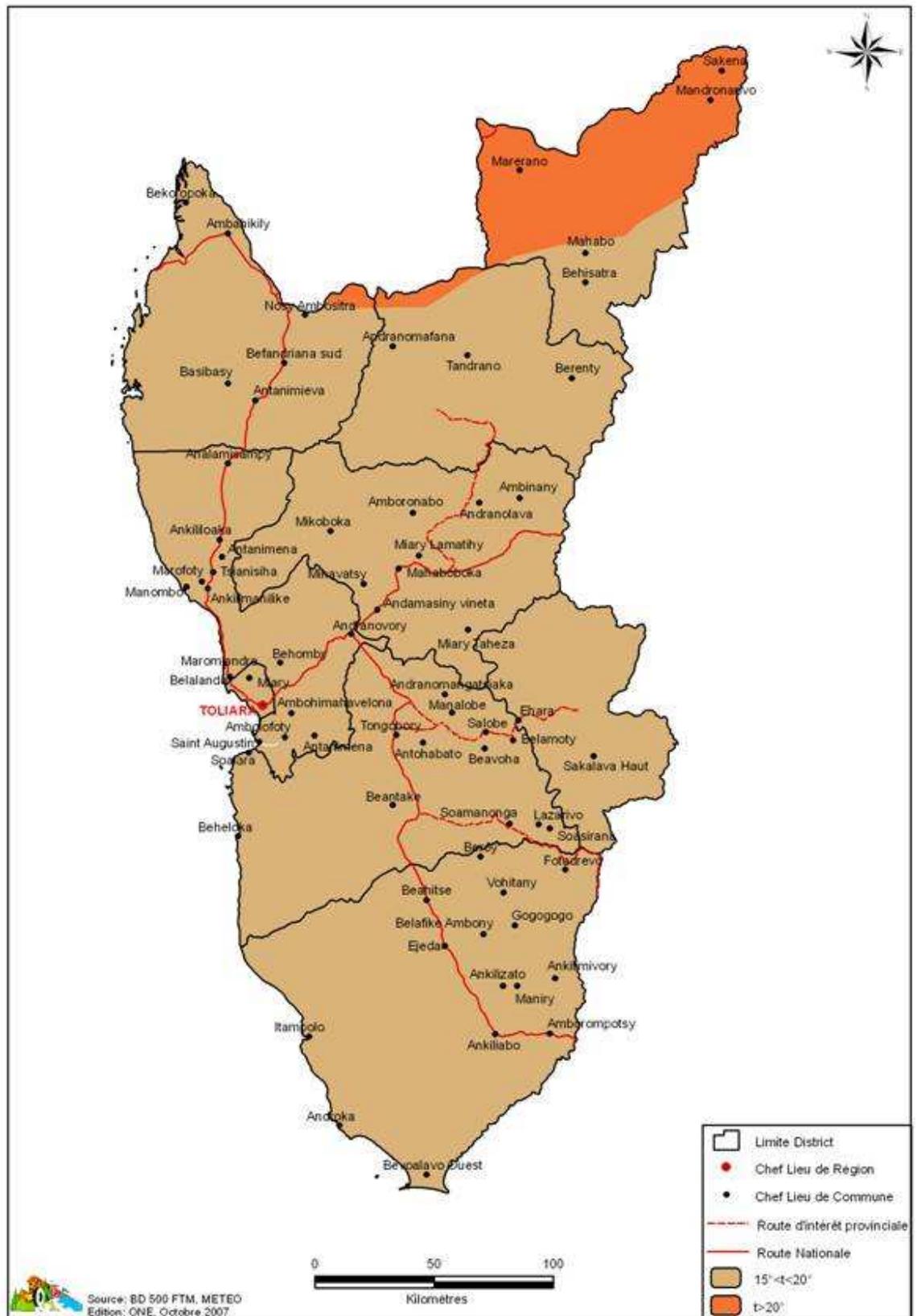


Figure 2: Répartition de la température dans l'espace

Source : Service Météo Tuléar

III-5 Variation de précipitations dans l'espace

L'étude de variation de précipitations dans l'espace aide les décideurs et les agriculteurs pour la répartition régionale de culture. Par exemple, dans la région sub-humide et semi-humide, il peut planifier le système de culture suivant les conditions climatiques des zones cibles et dans la région semi-aride et sub-aride c'est-à-dire qui a de pluviométrie insuffisante ils peuvent chercher les variétés mieux adaptées ou chercher d'autres solutions comme l'irrigation.

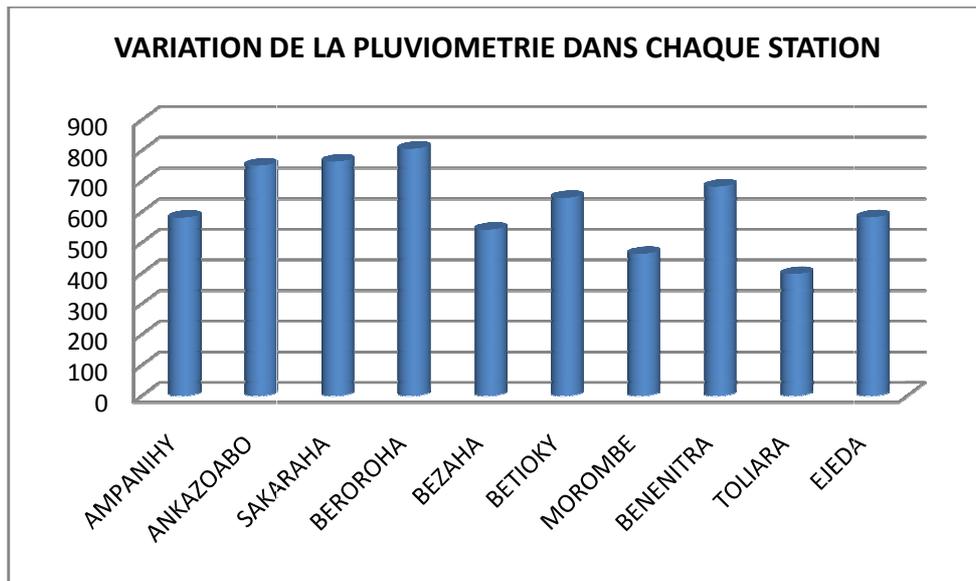


Figure 3 : variation de la pluviométrie dans chaque Station

Source : Auteur

D'après la graphique ci-dessus, nous remarquons que les précipitations augmentent du Sud vers le nord. La station de Beroroaha enregistre plus de précipitations dans l'ensemble de la région étudiée. La station d'Ankazoabo prend le relais. Ces deux stations se trouvent dans la partie nord de la zone étudiée. Tandis que la partie sud comme la Station de Bezaha et de Benenitra, les précipitations sont très faibles et parfois irrégulières et mal réparties.

Dans cette même graphique également, les précipitations sont très faibles dans les stations côtières et plus important l'arrière pays. Prenons comme exemple le cas de Morombe et Tuléar qui sont des stations côtières, la pluviométrie annuelle est autour de 400mm alors qu'à Sakaraha elle est autour de 600mm. La carte ci-après montre cette variation spatiale de précipitations.

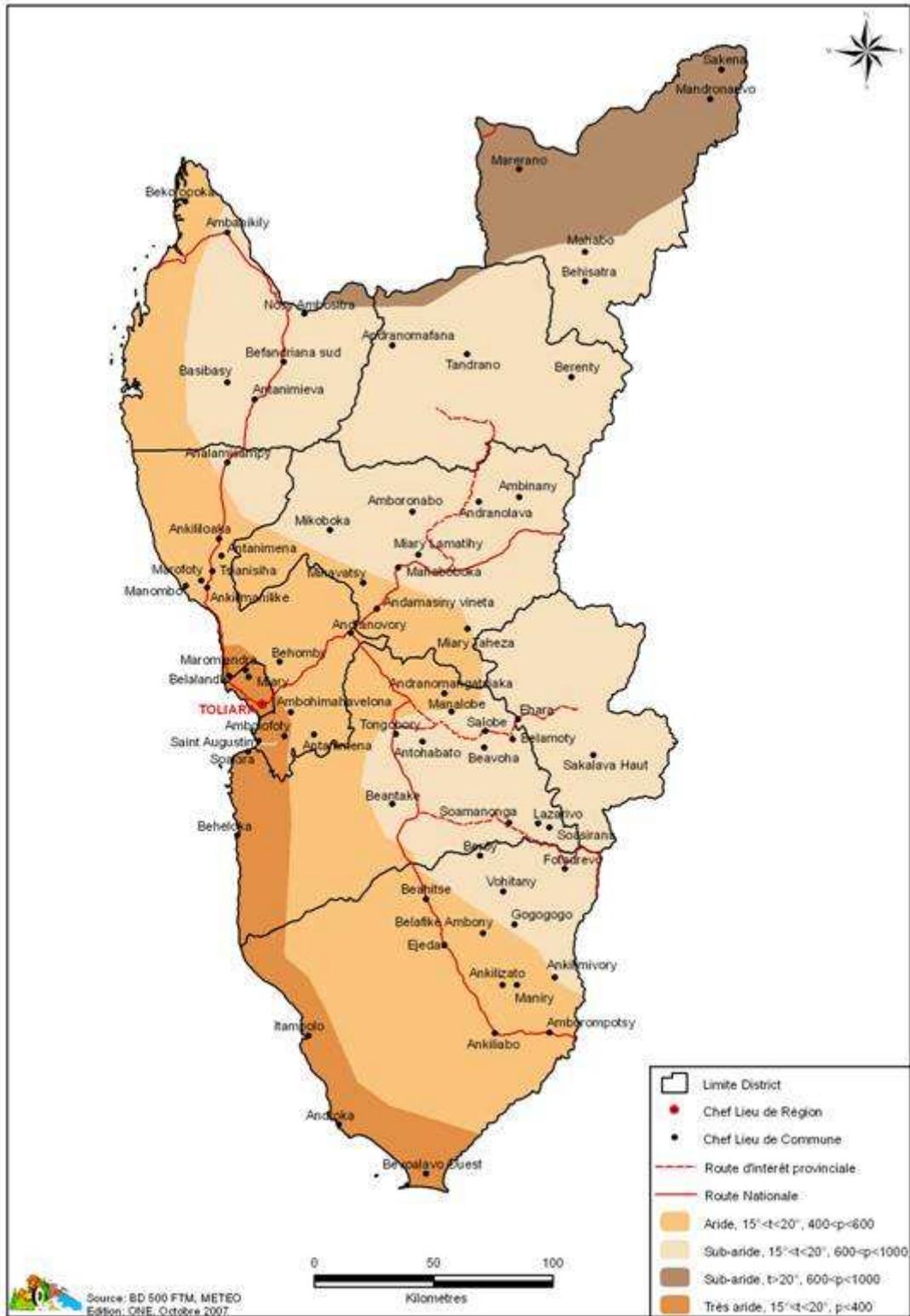


Figure 4 Répartition de précipitations dans l'espace

Source : service Météo Tuléar

Deuxième partie :

**L'EVOLUTION DU CLIMAT DANS LA REGION DE
TULEAR**

Chapitre IV : AUGMENTATION DE LA TEMPERATURE ET TENDANCE AU RECHAUFFEMENT.

IV-1 La hausse de la température

IV-1-1 Les extrêmes de température par décennie

Suivant les années, la moyenne annuelle de la température oscille autour de la moyenne de la série. De 1949 à 1958, la température annuelle est presque faible. La majorité d'années est presque inférieure à la moyenne de la série. Pour cette période l'année qui a la plus faible température est 1951 avec une température moyenne annuelle de $23^{\circ}78$ soit une différence de $0^{\circ}65$ en dessous de la moyenne de 60ans. L'année la plus chaude est l'année 1952 avec une température moyenne $24^{\circ}63$ soit un surplus $0^{\circ}2$.

Pour la période de 1959-1968, l'année la plus froide est l'année 1965 avec une différence de $0^{\circ}98$ en dessous de la moyenne et l'année la plus chaude est l'année 1959 avec une différence $0^{\circ}17$ au dessus de la moyenne.

Pour la période 1969-1978 le minimal extrême est 1975 avec une température de $23^{\circ}9$ soit une différence de $0^{\circ}53$ et le maximal extrême est 1969 qui a un excédent de $0^{\circ}36$ par rapport à la moyenne.

Pour l'année 1978-1988 l'année qui a la plus basse température est l'année 1979 avec une température de $23^{\circ}64$ soit un déficit de $0^{\circ}79$ et le maximal est pour l'année 1983 avec une température de $24^{\circ}72$ soit un excédent de $0^{\circ}29$.

Durant la période 1989-1998, l'année la plus froide est 1990 avec une température moyenne annuelle de $23^{\circ}48$ soit une différence de $0^{\circ}95$ en dessous de la moyenne le maximal est de $25^{\circ}4$ pour l'année 1998 soit un excédent de $0^{\circ}97$.

Pour la période 1999-2008, le minimal extrême est de $24^{\circ}36$ pour l'année 2008 soit une différence de $0^{\circ}07$ le maximal extrême est de $26^{\circ}27$ soit un écart positif de $1^{\circ}84$ par rapport à la moyenne.

IV-1-2 Le phénomène de réchauffement

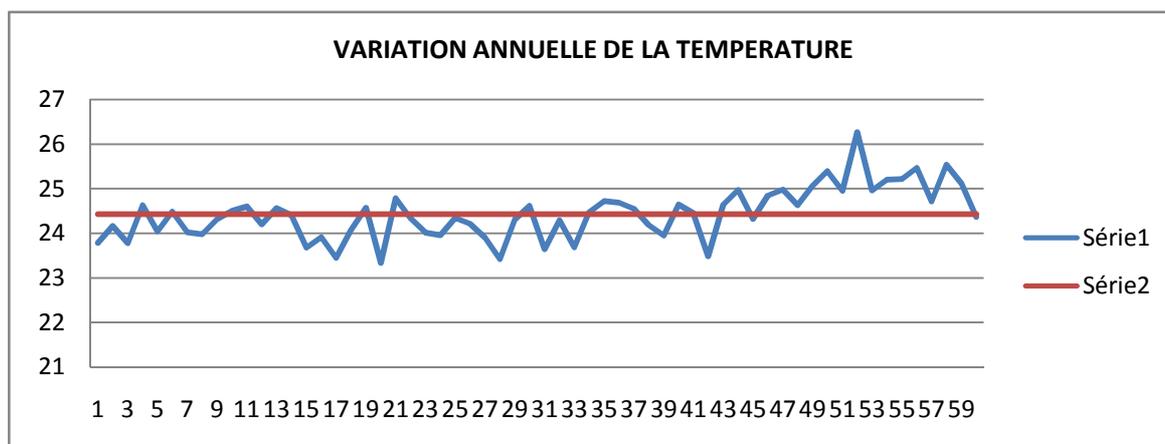


Figure 5 : Variation de la température par rapport à la moyenne

Source : Auteur

Série 1 : Courbe de données climatique annuelle

Série 2 : Ligne de la moyenne de la série

La ligne colorée en rouge signifie la moyenne de la série et la courbe colorée en bleue la variation interannuelle de la température. Pour la station de Tuléar la ligne de la moyenne correspond à une température de 24°C . Dès 1949 à 1963 la courbe ne s'éloigne pas la courbe rouge. Elle ondule auprès de la courbe rouge. Dès 1963 à 1990 l'ondulation de la courbe bleue se situe en bas de la ligne rouge avec un écart négatif très spectaculaire à celle de la ligne de référence. Pour cette période, il y a quand même de dépassement de la courbe bleue au dessus de la courbe rouge mais elle reste tout près de la ligne rouge comme par exemple l'année 1967, 1969, 1978, 1982 jusqu'à 1985, 1988 et 1989 les autres années sont en dessous de la moyenne. Finalement depuis 1991 jusqu'en 2008, la courbe bleue saute au-dessus de ligne rouge en faisant une forme d'une colline avec un point culminant en l'an 2000.

L'étude et l'analyse de la courbe bleue par rapport à la ligne rouge donnent un résultat plus ou moins satisfaisant. Nous constatons trois séries de variation du climat à Tuléar depuis 1949 jusqu'en 2008. Des 1949 à 1962, c'est la période où il n'y a pas de grande variation du climat donc le climat reste encore stable. Durant cette période, nous observons que la courbe bleue frotte toujours la ligne rouge. C'est la période pendant laquelle le changement climatique n'agit pas encore. Donc c'est une période calme.

Dès 1963 à 1990, le climat de Tuléar connaît déjà un changement du climat. Nous avons dit précédemment que la courbe bleue reste en dessous de la ligne rouge. Alors, lorsque la courbe de données de température annuelle est en bas de la ligne de la moyenne de la série, il y a un refroidissement climatique. En d'autre terme, quand la moyenne de la température est

toujours supérieure aux données de la température annuelle, il y a une baisse ou une diminution de la température dans une période déterminée. Dans ce cas, cette période est considérée comme une période de refroidissement climatique pour le cas de Tuléar.

Dès 1991 à 2008, il y a un changement de la situation climatique à Tuléar. Comme nous avons vu auparavant que la courbe bleue monte au-dessus de la ligne rouge, il y a encore un nouveau changement climatique. Quand la courbe de données de la température annuelle monte au-dessus de la ligne de la moyenne, il s'agit d'une augmentation de la température. Autrement dit, quand la moyenne de la série est inférieure aux données annuelles, il y a un réchauffement climatique.

En conclusion, la première période prend encore une continuation de l'état normal du climat passé. Pour la seconde période, Madagascar est encore appelé « île verte » pour cela il y avait beaucoup de forêts qui utilisent la lumière pour leur développement et pour la photosynthèse. Pour la dernière période, la diminution de la forêt et l'intensité de feux de brousse sont les responsables de l'augmentation de la température.

IV-2 Variation de cycle habituel de la température

Le cycle saisonnier de la température ne suit plus la normale. Il y a fréquemment une confusion des saisons. L'été n'est plus l'été et l'hiver n'est plus l'hiver. C'est la variation inopinée du climat.

IV-2-1 Longue saison chaude et une courte saison froide

D'après la normale de saison de la région de Tuléar, il y a trois saisons qui se suivent pendant toute l'année. La répartition de saison est comme suit :

- Une saison froide et sèche (Asotry)
- Une saison chaude et sèche (Faosa)
- Une saison chaude et humide (Asara ou litsake)

La saison froide commence au mois de Mai et s'arrête au mois de septembre puis la saison chaude et sèche débute au mois d'octobre pour prendre fin en novembre et enfin la saison chaude et humide commence au mois de décembre jusqu'en avril.

Du fait de la variation de saison, cette normale saisonnière est actuellement modifiée. La saison froide subit une réduction en commençant au mois de juin et s'arrête au mois d'août. Cela veut dire que la saison froide arrive plus tard et s'arrête plus tôt. La saison pluviale commence de

décembre et s'arrête en février ou en mars. Quant à la réduction de nombre de mois, il s'agit d'une réduction de 5 à 3 mois ou de 5 à 4 mois.

Nous verrons plus tard l'étude de précipitations qu'il y a aussi une réduction de la saison de pluie de 5 à 3 mois. Ce qui fait que la saison de pluie et la saison froide et sèche subissent une diminution de la durée.

Quand ces deux saisons diminuent sa durée de passage, la troisième saison augmente sa durée. Mais il y a une répétition de cette saison au cours d'une année.

Elle commence premièrement au mois de mars jusqu'au mois de mai et deuxièmement, elle débute au mois de septembre jusqu'au mois de novembre. Ce premier commencement de la saison sèche et chaude fait partie auparavant à la saison de pluie. Cette période est appelée « Fararano » c'est-à-dire la fin de la saison de pluie et le commencement de la saison froide. Autrement dit c'est la fin de l'Asara. Cette période est donc chaude mais la pluie devient plus rare. C'est la raison pour laquelle, cette période est classée dans la période chaude et sèche ou « faosa » car les conditions thermique et pluviométrique sont les mêmes. Voici une nouvelle partition de saison :

- Saison sèche et froide ou Asotry de juin à Août
- La saison sèche et humide de décembre à Février
- La saison sèche et chaude de Mars en Mai et de Septembre en Novembre.

En conclusion, la région de Tuléar connaît un allongement et une répétition de la saison chaude et sèche avec une diminution de la saison chaude et humide et de la saison froide et sèche. Finalement, la région est touchée par une augmentation de la température et une diminution quantitative de pluie et de nombre de jours de pluie. Ce qui facilite l'aggravation de la sécheresse. C'est donc un dérèglement inhabituel de la saison.

IV-2-2- Variation du cycle journalier de la température

La variation journalière est très grande. Le jour devient de plus en plus chaud et la nuit devient plus froide. Il y a donc une variation d'écart de température journalière. Ici à Tuléar par exemple, en hiver, il fait plus froid le matin et alors qu'à midi de 10h à 16h il fait très chaud. En été, l'amplitude thermique devient plus faible. Cela signifie que la température du soir ne diminue pas trop bas. La moyenne maximale et minimale de la température tend à augmenter. C'est la raison pour laquelle, le froid devient plus frais et le chaud devient plus chaud et torride. A cela, nous ne parviendrons plus à constater la période froide et la période chaude. Cette variation journalière de la température reflète également sur l'amplitude thermique.

IV-2-3 Variation de l'amplitude thermique

Couramment, l'amplitude thermique est faible en été et plus fortes en hiver. Même s'il y a une tendance positive de la température minimale et du maximale, la variation de l'amplitude thermique est encore bien gardée. Mais elle suit le rythme saisonnier du climat. Cela veut dire que le mois de juin, juillet et août, elle est toujours plus forte alors qu'auparavant cette forte amplitude thermique a atteint le mois de septembre. Comme la variation saisonnière du climat, l'amplitude thermique plus faible s'allonge et la durée de celle de plus forte se raccourcit. Ce qui signifie que la période pendant laquelle la température est plus chaude devient plus longue que la période froide. Dans chaque station de la région de Tuléar, le rapport entre l'amplitude diurne et annuelle est toujours supérieur à 01. Ce qui justifie la constatation de TROLL dans le climat tropical. Cette forte amplitude est due à la faible couverture nuageuse, au déficit de réserve en eau du sol (M. SOURDAT) et la faible couverture végétale (P. MORAT). Quand il y a un changement positif de la température, nous parlons souvent que le climat se réchauffe. Pour cela, nous allons voir les tendances climatiques.

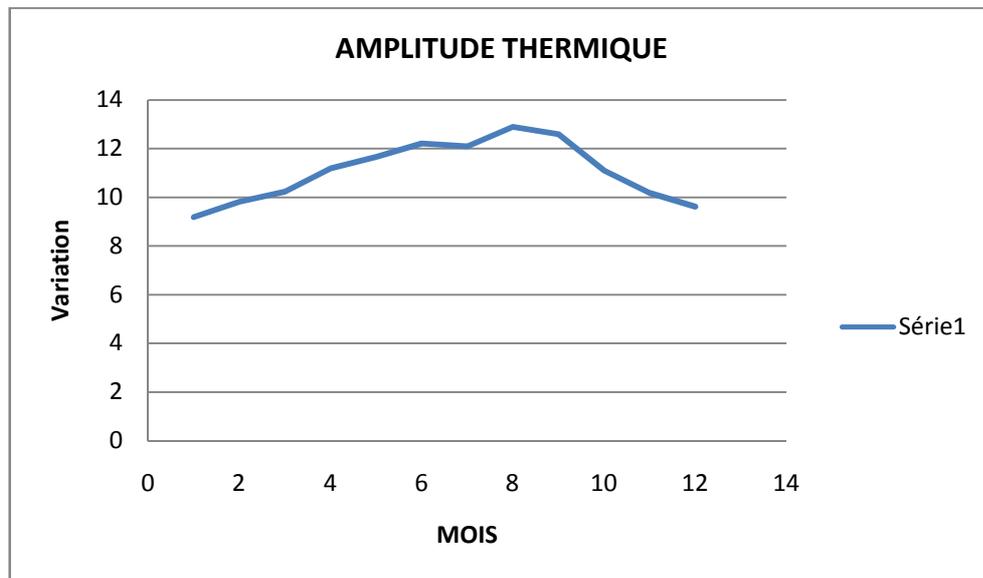


Figure 6 : Amplitude thermique

Source : Auteur

IV-3 Tendance et linéaire de la température

Pour pouvoir étudier l'évolution de la température, nous devons regarder aussi la tendance et le linéaire de la température. La figure ci-dessous montre la tendance et le linéaire de la température et qui nous livre l'évolution de la température.

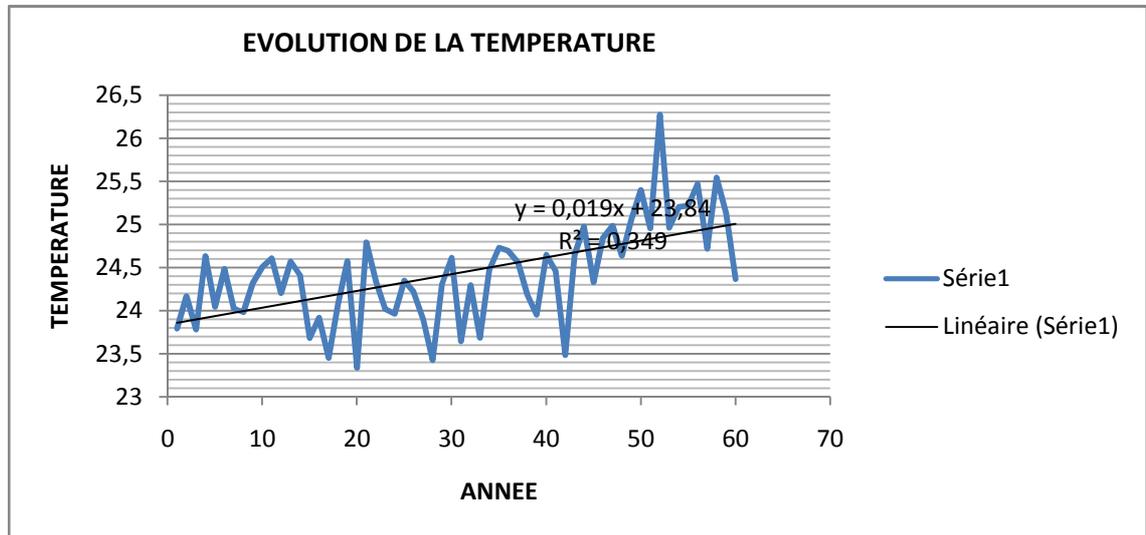


Figure 7 : Evolution de la température

Source : Auteur

Nous avons ici deux courbes différentes mais qui s'expliquent l'un de l'autre. L'un c'est la variation annuelle de la température et l'autre c'est le linéaire ou la courbe de tendance. L'étude de tendance climatique est très importante pour que nous puissions connaître l'évolution du climat. Nous avons fait cette étude de tendance climatique sur les données climatiques recueillies à la station météo de Tuléar. La courbe de tendance tend à augmenter de 1949 à 2008. Ce qui fait que la température de Tuléar tend à réchauffer de $0^{\circ}34$ durant 60 ans. D'après l'étude que nous avons faite plus haut, il y a trois périodes de variation du climat : la première période est la période calme où le climat reste encore intact, la seconde période est la période de refroidissement du climat et la dernière période est la période de réchauffement climatique.

Chapitre V : DIMINUTION DE PRECIPITATIONS ET VARIATION DE REGIME PLUVIOMETRIQUE

V-1 EVOLUTION DES PRECIPITATIONS

V-1-1 Variation de précipitations par rapport à la moyenne

Les précipitations de la région de Tuléar évoluent de façon significative. La pluviométrie moyenne annuelle diminue progressivement. La courbe suivante montre l'oscillation de totaux de pluviométrie annuelle par rapport à la moyenne de la série.

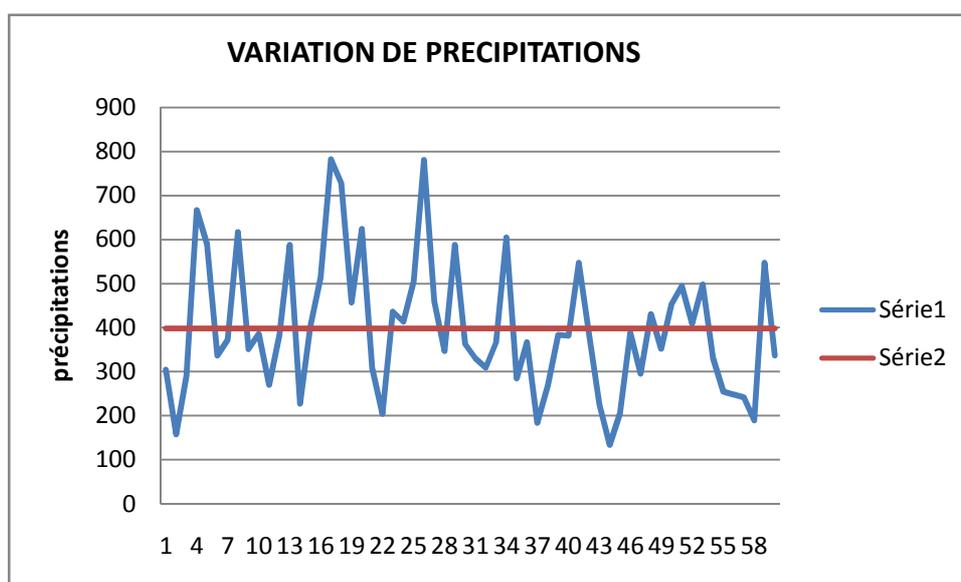


Figure 8 : Variation des précipitations par rapport à la moyenne

Source : Auteur

Dès 1949 à 1978, la courbe de totaux annuelle de précipitations occupe une grande partie au dessus de la courbe de la moyenne. Ce qui fait que les nombres des années qui ont des totaux pluviométriques supérieurs à la moyenne sont nombreux et les nombres des années déficitaires sont moins nombreux. Contrairement, depuis 1979 jusqu'en 2008, la courbe de totaux annuels de précipitations se trouve en grande partie en dessous de la courbe de la moyenne de 60 ans. Donc, nous considérons que la période avant 1978 est une période à bonne condition climatique. Un agriculteur nous a dit que la période pendant laquelle TSIRANANA était au pouvoir le climat était bon et les rendements étaient satisfaisants.

« Tamin'ny fahaky Tsirana, ny soa ty tao sady nahafa-po ty vokatse »¹

Les agriculteurs ont pris comme référence le président de la république parce qu'ils n'arrivent pas à dater la période. Et quant nous entrons entre un peu à l'histoire, ce sont les

¹ SOLOMANA, Notable et cultivateur à Miary-Lamatihy District de Sakaraha

années 60 qu'ils veulent nous expliquer. En confrontant cette explication avec le mouvement de la courbe puis la liste de totaux annuels de précipitations, les agriculteurs ont raison car la pluviométrie durant cette période est bel et bien supérieure à la moyenne de la série. A cet effet, le besoin en eau de l'agriculture était satisfaisant, c'est pourquoi le rendement escompté est possible. La période de semis ne varie pas trop. Cette bonne condition climatique se poursuit encore jusqu'en 1977. De 1978 jusqu'en 2008, les précipitations diminuent progressivement suivi d'une période de sécheresse. Cette diminution de la quantité de pluie par rapport à la normale engendre un allongement de la saison sèche ce qui fait que les précipitations se concentrent dans une période plus courte. Cela favorise l'intensité de la sécheresse et l'inondation. Finalement, l'année 1978 divise la série en deux. La période avant 1978 est pluvieuse par contre la période après 1978 est sèche.

V-1-2 Tendance de précipitations

Pour étudier la tendance de précipitations nous utilisons le modèle linéaire pour avoir la courbe de tendance qui présente l'augmentation ou une diminution. Si la courbe est horizontale n'y a pas de changement ou de variation et si la courbe tend vers le haut, il y a une augmentation et si le contraire se produit, c'est la diminution. Ici, la courbe de tendance décroît. Ce qui fait que les totaux annuels de précipitations diminuent. La courbe d'évolution suivante présente cette diminution de pluviométrie.

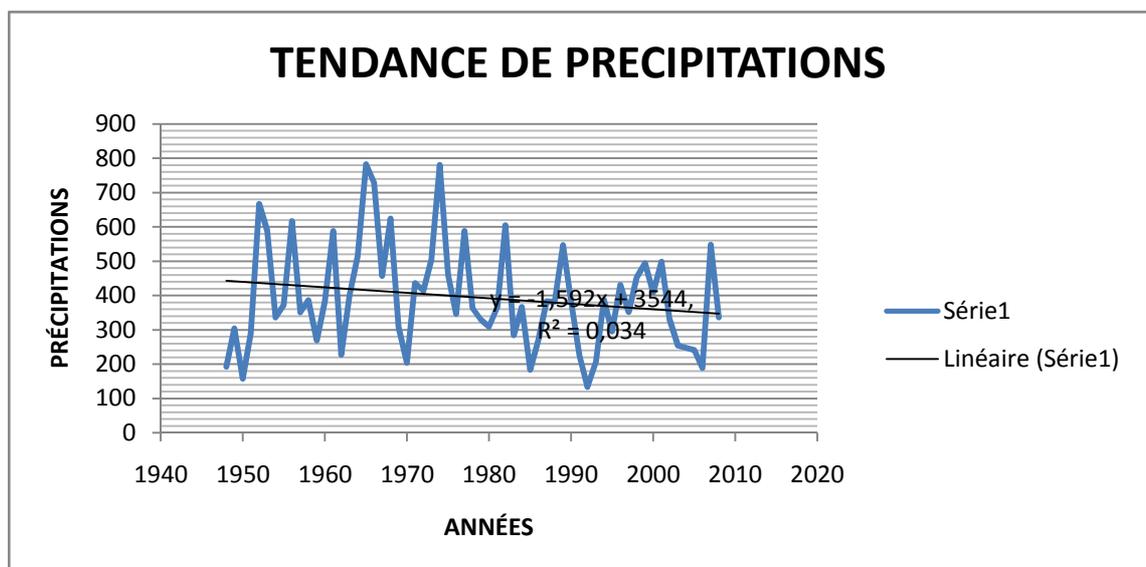


Figure 9 : Tendance de précipitations

source : Auteur

Depuis 1949 jusqu'en 2008, la présentation graphique de totaux annuels de précipitations connaît une diminution de la courbe de tendance c'est-à-dire le sens de la tendance de la série.

L'ajustement de la courbe de tendance nous conduit à détecter et à identifier l'année humide et l'année sèche. Dans ce linéaire de la série, nous avons remarqué une diminution de précipitations annuelles. La série de données pluviométriques montre également cette diminution. Cet abaissement de courbe est très accentué durant les trois dernières décennies. Les extrêmes sont les années 1991 et 1992 qui présentent une carence très remarquable de la série avec un total pluviométrique en dessous de 200 mm.

V-2 Variation de saison de pluie

V-2-1 Variation saisonnière de précipitations suivant les six décennies

En dehors d'une nette diminution de pluviométrie annuelle, nous avons assisté également à un bouleversement de saison de pluie et de forte disparité très remarquable.

La pluie d'été arrive tardivement et rare. Normalement, la pluie tombe de novembre et s'arrête en mars. Actuellement, elle débute au mois de décembre et s'arrête brusquement en février ou mars.

L'excès de pluie dans une courte période soit de 03 à 05 jours représentant souvent la moyenne de pluie annuelle est plus fréquent. Cela vérifie que la pluie est d'origine cyclonique parce qu'elle tombe en excès lors de passage d'un cyclone.

Dans ce cas, le semis de culture pluviale devrait être retardé également, mais le besoin en eau de plante n'est pas satisfaisant car la pluie n'atteint pas la période végétative. En conséquence, il y a une influence négative sur la récolte escomptée.

J.M. HOERNER a dit que la saison sèche dure 7 à 9 mois et 3 à 5 mois de saison humide en 1986. De nos jours, la période humide est de 2 à 3 mois donc la période sèche s'allonge de 9 à 10 mois. Les précipitations occultes peuvent être importantes mais ne compensent pas la perte par évaporation. En regardant la moyenne mensuelle, le mois le plus sec est le mois d'août avec une moyenne de 4,65 mm d'eau et le mois le plus humide est le mois de janvier avec une moyenne de 98,17 mm d'eau, soit une étendue de 93,52 mm et un rapport entre l'extrême de 1 à 21, l'irrégularité est donc énorme.

Les courbes suivantes montrent les variations de saisons de pluies par décennie par rapport à la moyenne de la série.

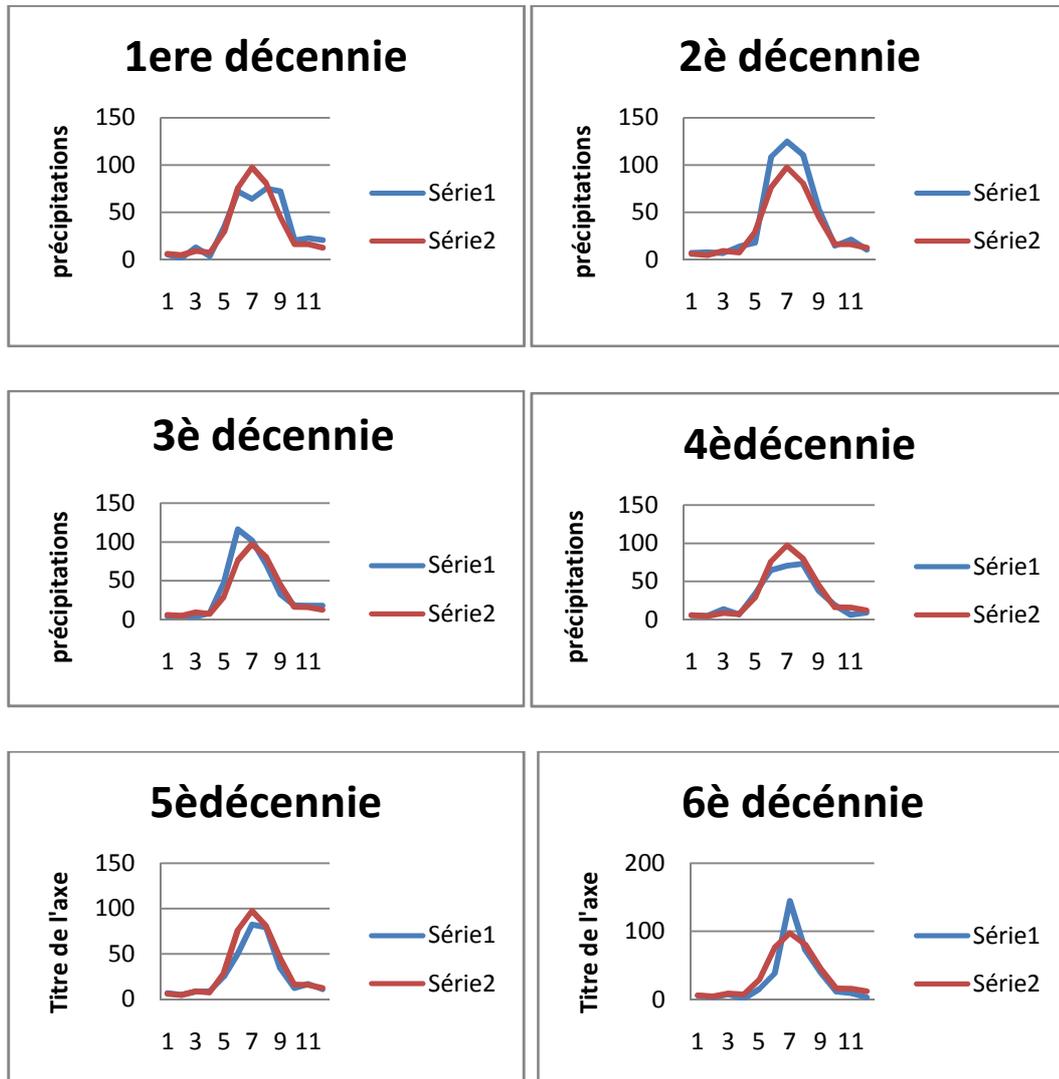


Figure 10 : Variation de saison de pluie par décennie

Source : Auteur

Dans le cas normale, les précipitations du Sud-ouest de Madagascar tombent au mois de novembre jusqu'en mars d'après les travaux antérieurs que nous avons consultés puis approuvée également par l'ajustement de courbe de variation saisonnière de précipitations suivant la moyenne de 60 ans.

L'étude de la variation de saison de pluie dans tous les 10 ans par rapport à la moyenne de 60 ans donne des résultats très bien différents.

Pour la première décennie, la pluie garde toujours la date de début c'est-à-dire le mois de novembre mais pour le mois de janvier et de février la moyenne de décennie reste en dessous de la moyenne de 60 ans et parfois tend à s'abaisser. Cependant, l'avantage de cette décennie est

que la pluie continue à pleuvoir jusqu'en avril et la courbe monte au dessus de la moyenne de 60 ans au mois de mars après avoir pris fin au mois d'avril.

Pour la deuxième décennie, la saison de pluie commence au mois de novembre et la moyenne de décennie passe au dessus de la moyenne de 60 ans pour le mois de décembre, janvier et février. Ici, le pic se trouve au mois de janvier. La date de la fin de la saison est toujours le mois de mars. Le dépassement de la courbe de décennie au dessus de la courbe de 60 ans présente que la pluie a tombé énormément durant le mois de décembre janvier et février. La raison de cette variation est simple. C'est la période pendant laquelle la perturbation cyclonique est très active.

La troisième décennie montre que la pluie débute au mois d'octobre avec un excès pour le mois de novembre et décembre après avoir pris la normale et s'arrête également au mois de mars. Dans cette décennie, il y a un avancement de saison de pluie et aussi un allongement de saison sèche.

A la quatrième décennie, les deux courbes se cofondent au début de la saison de pluie jusqu'au mois de décembre, mais pour le mois de janvier et février, la courbe de décennie n'atteint même pas la hauteur de la courbe de référence c'est-à-dire la courbe de 60 ans. Donc durant cette période il y avait un déficit pluviométrique pour le mois de janvier et février. Mais la date finale de la saison de pluie est bien gardée. Dans ce cas là, il y a déjà une diminution de la pluviométrie.

A la cinquième décennie, dans l'ensemble la courbe de décennie reste toujours en dessous de la courbe de référence et la pluie commence à tomber à la fin de mois de décembre et s'arrête déjà au début de mois de mars. Donc, il y a une réduction de la période de pluie.

A la sixième décennie, la saison de pluie devient de plus en plus réduite. La pluie commence à la fin de mois de décembre et s'arrête à la fin de mois de février avec une forte pluie au mois de janvier.

Finalement, la région de Tuléar connaît un bouleversement de saison de pluie. Elle varie en réduisant de façon plus importante dans tous le 10 ans. Autrement dit la pluie tombe dans une courte période et ne garde plus la normale.

V-2-2 Coefficient pluviométrique de chaque station

La saison humide est la période pour laquelle le coefficient pluviométrique est supérieur à 1 et la saison sèche est la période pendant laquelle le coefficient pluviométrique est inférieur à

1. Pour cela, dans notre zone d'étude, la saison humide commence au mois de décembre dans la grande partie de la région et s'arrête au mois de mars sauf pour les deux stations voisines Bezaha et Betioky que la saison humide commence au mois de novembre.

Dans ce cas, la saison pluvieuse dure 03 mois seulement et les autres mois sont secs. Autrement dit, la période sèche dure 09 mois tandis que la période pluvieuse dure 03 mois. C'est le cas de la zone semi-aride qui a une courte saison de pluie et une longue saison sèche.

V-2-3 Variation de moyenne mensuelle par décennie

Durant la période 1949-1958, il y a six mois déficitaires et six mois excédentaires. Les mois concernés par ce déficit pluviométrique sont le mois de Janvier, Février, Juillet, Août, Octobre et Décembre. C'est-à-dire les mois restant sont excédentaires. Donc, pendant cette période, l'été est touché par un déficit pluviométrique.

Pour la période 1959-1968, il y a 04 mois déficitaires et 08 mois excédentaires. Donc, durant cette période, la période pluviale est plus longue que la période sèche. Les mois touchés par le déficit pluviométrique sont le mois d'Avril, Juin, Septembre et le mois de Novembre. Dans ce cas là, nous remarquons que le déficit hydrique se produit durant la saison fraîche. Autrement dit, en hiver austral. C'est normal pour le cas du Sud-ouest et en général pour le cas de la zone intertropicale.

En ce qui concerne la période, 1969-1978, elle est comme la décennie 1959-1968, il y a également 4 mois à pluviométrie déficitaire mais les mois touchés ne sont pas similaires à celle de ladite période. Ce sont le mois de février, Mars, juillet, Septembre. Seul, le mois de Septembre qui est toujours déficitaire.

La décennie, 1979-1988, Tuléar a 8 mois déficitaires et 4 mois excédentaires. Donc, il y a une variation plus nette de situation pluviométrique durant cette période. Les mois concernés sont les mois de Janvier, Février, Mars, Mai, Juin, Juillet, Octobre, et le mois de Décembre. Pour cela, toute la période pluviale est touchée par un déficit pluviométrique plus distingué. C'est la période pendant laquelle la sécheresse commence. Par exemple la sécheresse de l'année 1981.

La décennie 1989-1998, il y a également 08 mois déficitaires par rapport à la moyenne mensuelle de la série. La saison de pluie est toujours concernée. Durant cette période s'est passée une longue sécheresse de 1988-1992. C'est la raison pour laquelle cette période est classée comme une période de disette appelée « période de *Kere* ».

Enfin la décennie 1999-2008, pendant l'été seul le mois de Janvier qui est excédentaire les autres sont déficitaires. Donc la sécheresse se poursuit et s'allonge avec 10 mois déficitaires et 02 mois excédentaires.

En conclusion, les trois premières décennies pendant lesquelles les précipitations sont assez satisfaisantes au besoin hydrique. Par contre, les trois dernières décennies, elles sont moins satisfaisantes et parfois insatisfaisantes.

V-2-4 Variation de pluie journalière.

Faute de l'absence d'un pluviomètre enregistreur, nous n'arrivons pas à enregistrer l'intensité horaire de pluie. Il suffit de consulter le moment où il pleut fréquemment. Pendant la saison humide c'est-à-dire en été, il pleut pendant l'après midi ou pendant la nuit le maximum horaire est 1heure 30 minutes. En hiver, il pleut au cours de la matinée.

V-2-5 Variation de nombre de jours de pluie.

Dans l'ensemble le nombre de jour de pluie ne dépasse pas 70 jours. La station qui a le nombre de jours de pluie le plus long est la station de Sakaraha avec un nombre de jours de pluie moyenne de 62,6 puis dans la station d'Ankazoabo et de Beroroha qui a une moyenne de 59,8 et 57,3. La station de Tuléar a 48 jours et de Morombe a 38jours. Cette variation de nombre de jours de pluie nous montre que les stations côtières reçoivent moins de précipitations que les stations de l'intérieur de terre. L'excès de pluie se produit dans une courte période parfois de 3 à 5 jours représentant fréquemment la moyenne de pluie annuelle. Cela démontre que la pluie est d'origine cyclonique ou de dépression tropicale.

Chapitre VI LES AUTRES PHENOMENES METEOROLOGIQUES

VI-1 Vent

Le vent est le mouvement de l'air dû à la différence de pression entre deux zones. Il est reconnaissable par sa force et par sa direction. Par contre la direction du vent peut être modifiée par la forme de relief et même la vitesse du vent est modifiée également par le frottement avec la surface.

VI-1-1 Direction du vent

La direction du vent est de secteur sud avec un nombre d'observation plus marqué SSE. Cette direction est souvent plus fréquent tout l'après midi. Dans la région de Tuléar, cette direction du vent donne la naissance de l'appellation « Tsiokatsimo » ou vent du sud. Pour le matin, le vent prend la direction ESE ou ENE donc c'est un vent de secteur Est appelé, par le gens d'Ankilibe, « Fandohotse ». La représentation graphique de nombres d'observation suivant montre cette variation de direction du vent.

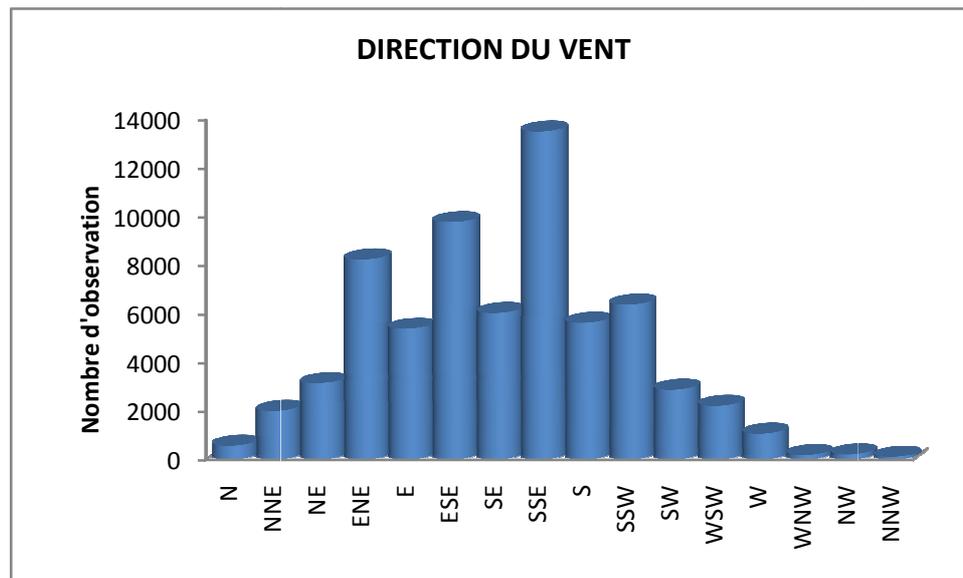


Figure 11 : Nombre d'observation de direction du vent

Source : Auteur

VI-1-2 Force du vent

Quant à la vitesse du vent le nombre d'observation montre qu'elle est autour de 2 et 4 m/s. Ce qui fait qu'elle est autour de 10 Km/h. faute de l'absence de couverture végétale l'action du vent devient plus forte qu'auparavant. Il arrache le sol et apporte le sable ou de poussières dans un autre endroit. C'est la raison pour laquelle, l'érosion éolienne est plus remarquable que

l'érosion liée à la pluie (ruissèlement). Par exemple, le vent apporte de poussières et de sables en direction vers le nord.

Le vent s'accélère en hiver et se décélère en été parce que la pression atmosphérique est plus élevée en hivers et le centre d'action positif approche la partie sud de la région. Donc, ce mouvement vers le nord de ce centre d'action fait accélérer la vitesse du vent. Par contre, en été l'anticyclone du sud se décale vers le sud et s'éloigne la côte. Cet éloignement de cet anticyclone contribue diminution de vitesse du vent.

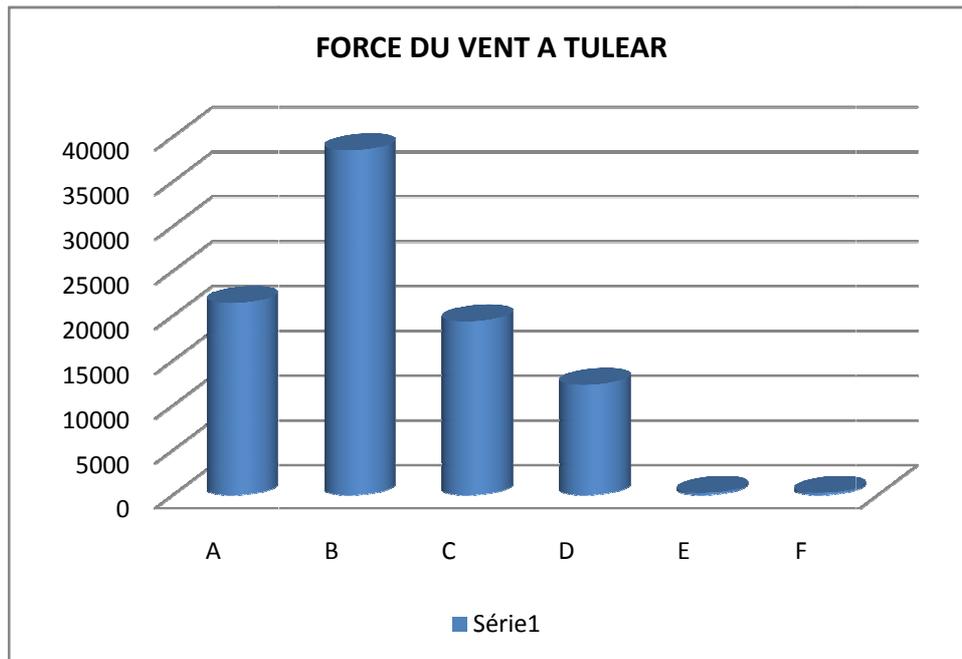


Figure 12 : Nombre d'observation de vitesse du vent

source : Auteur

A= vitesse du vent entre 0 et 1 m/s ou 0et 3,6Km/h

B= vitesse du vent entre 2 et 4 m/s ou 7,2 et 14,4Km/h

C= vitesse du vent entre 5 et 6 m/s ou 18 et 21,6 Km/h

D= vitesse du vent entre 7 et 14 m/s ou 25,2 et 50,4Km/h

E= vitesse du vent entre 15 et 21 m/s ou 54 et 75,6Km/h

VI-2 Pression Atmosphérique

La pression atmosphérique est observée à partir de l'utilisation de baromètre ou de barographe. La connaissance de la variation de la pression barométrique nous aide à savoir la zone anticyclonique et cyclonique. Ce deux zones se diffèrent par la pression atmosphérique dites zone de haute pression pour la zone anticyclonique et la zone de basse pression pour la zone cyclonique. L'existence de ces deux zones contribue au mouvement de l'air. Quand elles sont éloignées le vent est moins violent par contre quand elles sont rapprochées le vent est

volent. Pour savoir l'éloignement et le rapprochement de l'anticyclone et de cyclone, nous devons étudier le gradient de pression.

VI-2-1 Variation saisonnière de la pression

L'existence des cellules de haute pression permanente sur l'océan indien autour de 30° latitude sud a une influence sur le climat de la région de Tuléar. Comme tous les centres d'action suivent la marche apparente du soleil, en hiver la cellule anticyclonique se déplace vers la basse latitude et touche la région de Tuléar (près de 1020mb en moyenne au mois de juillet) par contre en été elle se décale vers la haute latitude. Ce déplacement vers le sud entraine une diminution de la pression en été (elle est autour de 1010mb pour le mois de décembre, janvier et février). Donc, la variation annuelle de la pression atmosphérique prend l'opposé de la variation de la température. Pendant la période chaude, la pression s'affaiblit par contre pendant la période froide elle est plus forte. Ce dispositif anticyclonique plus marqué en hiver entraine le tassement de l'air et produit le vent local que l'on appelle le « Tsiokatsimo ». Le graphique suivant montre la variation annuelle de la pression atmosphérique dans la station de Tuléar.

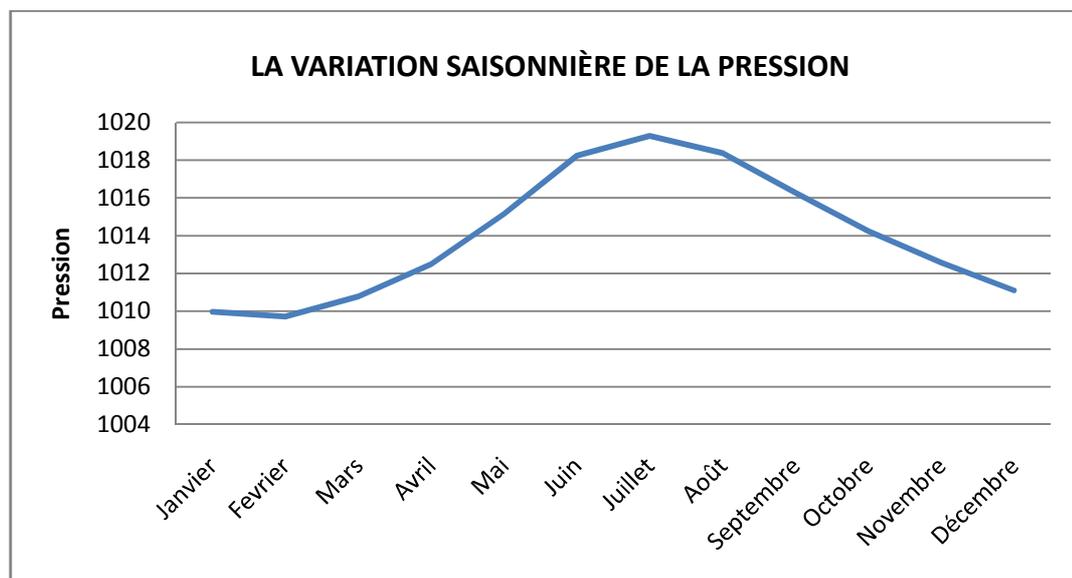


Figure 13 : Variation saisonnière de la pression

Source : Auteur

Quant à la variation interannuelle de la pression barométrique, il y a une tendance positive de la pression. Cette augmentation de la pression a des impacts négatifs sur les précipitations. Elle favorise l'installation de la sécheresse. Le pic a été atteint en 2004 avec 1015,67 mb et l'année la plus faible était l'année 1997 avec 1013,00mb

VI-2-2 Evolution de la pression atmosphérique

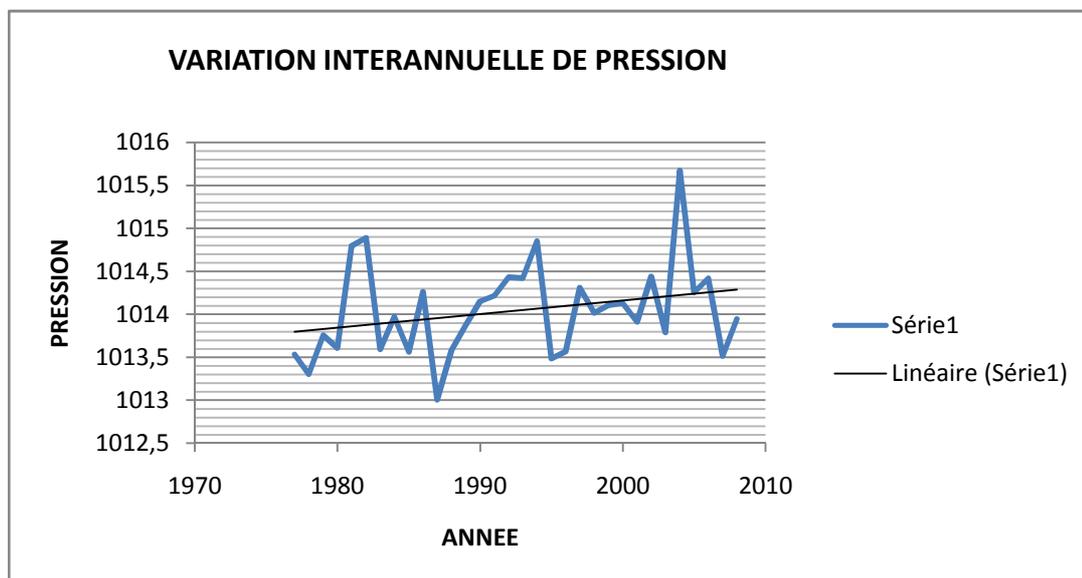


Figure 14 : Variation interannuelle de la pression

Source : Auteur

Pour la station de Tuléar, les variations annuelles sont les plus remarquables que les variations interannuelles parce que la différence entre l'extrême de l'été et celle de l'hiver nous donne une amplitude de 8,57mb tandis que la différence entre les années extrêmes donne 2,67mb. Pour cela la variation saisonnière est très grande par rapport à la variation interannuelle. Depuis 1975, il y a une tendance à l'augmentation de la pression atmosphérique. Cette tendance positive explique l'installation de l'anticyclone. Par conséquent, la masse d'air devient plus lourde et s'affaisse. Donc, l'ascendance de l'air devient difficile. Ce qui aboutit finalement aux faibles précipitations et favorise la désertification.

D'après la courbe ci-dessus, la pression atmosphérique connaît une augmentation plus significative durant les périodes 1980-1981 puis 1990-1994 et 2004-2005. Ces périodes correspondent aux périodes de sécheresse plus accentuée ayant touché la région de Tuléar.

VI-3 Nébulosité

Pour la région de Tuléar la nébulosité est faible en hiver et forte en été avec une moyenne maximale au mois de décembre. Cette faiblesse a un effet sur la température car la grande quantité de rayonnement solaire sont absorbée par la terre c'est-à-dire que le rayonnement solaire réfléchi par le nuage est très minime. Ce qui fait que la grande partie de rayonnement solaire absorbée par la terre est renvoyée, sous forme d'infrarouge, dans l'espace. Mais l'existence de

gaz à effet de serre dans l'atmosphère absorbe le rayonnement infrarouge émis par la terre et le transforme en énergie. Dans ce cas, la faible nébulosité dans la région engendre l'excès de chaleur. Cette intensité de chaleur empêche la condensation de vapeur d'eau que l'air contient. Cela cause la faible nébulosité de la région ainsi que de précipitations.

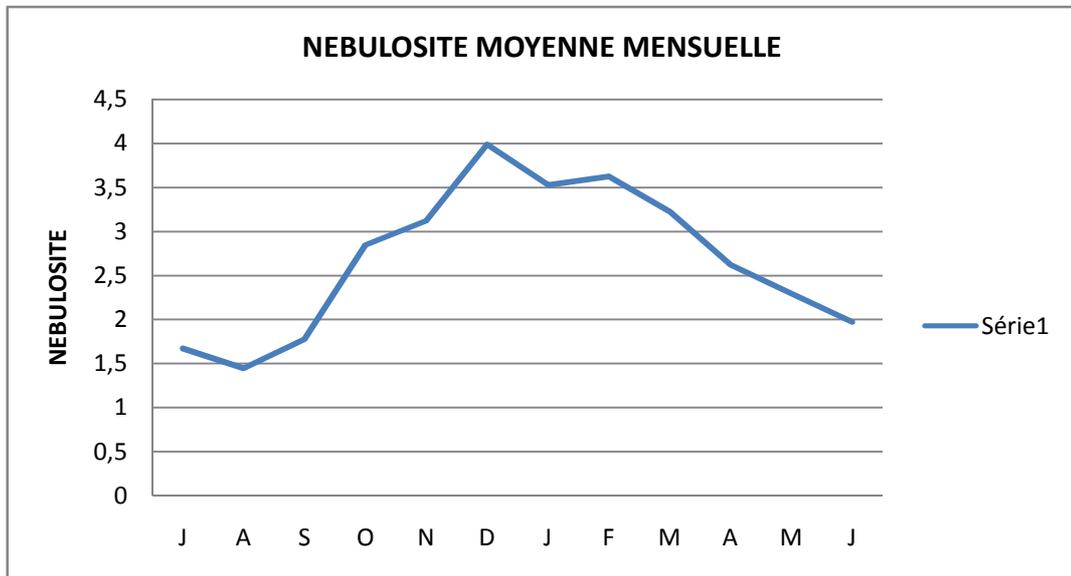


Figure 15 : Nébulosité moyenne mensuelle

Source : Auteur

VI-4 La rosée matinale

Pour la région de Tuléar, la rosée matinale produit un apport hydrique plus important pour la végétation. Généralement, elle est fréquente à la fin de la saison humide et se poursuit au cours de la saison froide et sèche. Elle se forme à partir de la faible température nocturne qui favorise la condensation de vapeur existante dans l'air. Parfois, une véritable gouttelette d'eau suspend sur les feuilles herbes chaque matin.

VI-5 Le brouillard

C'est un véritable nuage qui se forme en surface. Comme la rosée, il se forme durant le matin du fait d'une baisse de la température nocturne. Souvent, il apporte de pluie fine. Il est fréquent et abondant pendant la saison froide surtout dans la zone forestière. Par l'évapotranspiration faite par la plante, il se condense au-dessus de la couverture forestière. Il compense donc le déficit pluviométrique au début de la saison sèche. Il réduit également la visibilité. Dans de cas, la visibilité n'atteint ou ne dépasse pas 01Km.

VI-6 L'insolation

Les données concernant l'insolation sont très fragmentaires dans la région de Tuléar. Sauf dans la station synoptique de Tuléar et de Morombe. La durée d'ensoleillement moyenne est 11 heures à Tuléar et 10 heures à Morombe. Soit plus de 3000 heures par an.

Quant à la variation de la durée d'ensoleillement, elle est plus longue en été et plus courte en hiver. La cause est le mouvement de la marche apparente du soleil. Parce que le soleil est dans l'hémisphère sud en été par contre il se trouve dans l'hémisphère nord en hiver austral.

VI-7 Humidite de l'air

L'humidité de l'air est maximale en été et minimale en hiver. Cette variation saisonnière de l'humidité de l'air est due à la variation de la température. Elle est également plus forte dans les stations côtières que dans les stations de l'intérieurs de terre. Cela est due à l'évaporation physique de la mer. Ce qui fait que la mer joue un rôle important sur l'humidité de l'air malgré l'insuffisance de précipitations dans cette zone. C'est pourquoi les précipitation occultes sont fréquentes. Selon J.M Hoerner, le cumul de la rosé matinale annuelle atteint jusqu'à 30mm soit 06 à 07% de précipitations annuelles. Elle rend le sol humide et limite l'évapotranspiration. Pour cela, le déficit hydrique est plus faible dans les stations côtières par rapport à celles de l'intérieure. Elle favorise la formation de brouillard et de rosée matinale.

Chapitre VII- LES PHENOMENES METEOROLOGIQUES EXTREMES

Il s'agit de passage des phénomènes météorologiques violents qui peuvent toucher le système socio-économique d'un pays ou d'une région appelé couramment « catastrophe naturelle ». Elle est principalement d'origine météorologique tels que les cyclones tropicaux, inondations, sécheresse.

Pour l'élaboration de cette, nous avons pris comme méthode de mesure l'enquête et la décompte cependant le problème il y a de perturbation cyclonique qui provoque de grave inondation mais non baptisée, pour la sécheresse nous tennons compte seulement de la température, de l'évapotranspiration potentielle et de sa durée.

VII-1 Les cyclones tropicaux et les dépressions tropicales

Comme la région est une zone semi-aride, les précipitations sont basées sur le passage des cyclones ou de dépression tropicale

La région de Tuléar est auparavant moins touchée par un cyclone tropical. Pourtant, depuis les années 90, la saison cyclonique est nettement plus active que d'habitude. Le mois de janvier, février et mars sont les mois les plus actifs.

VII-1-1 Liste des cyclones ayant touché la région de Tuléar

Les cyclones tropicaux enregistrés dans la banque de données au Service météorologique de Tuléar sont dans le tableau suivant

Tableau 5 : Liste des cyclones ayant passé dans la région

ANNEE	NOM DE CYCLONE	DATE DE PASSAGE
1968	CT Georgette	Janvier
1969	CT Dany	6-8 Février
1970	CT Gèneviève	16-18 Janvier
1975	CT Fernande	1-3 Février
1978	CT Angèle	28 décembre
1982	CT Bénédicte	24 Mars
1986	CT Honorine	15-17 Mars
1989	DT Calasanjy	13-16 Janvier
1991	DT Cynthia	17-18 Février
1993	Pert Garcia	22-23 Février
1993	Pert Iona	02-05 Mars
1994	CT Daisy	07-10 Janvier
1994	CT Géralda	26Janvier au 09 Février
2000	CT Eline	17-18 Février
2000	TTM	01-05 Mars
2002	CT Cyprien	01-02 Février
2003	CT Fari	29-30 Janvier
2003	CT Cela	16-17 Décembre
2004	CT Elita	31 Janvier-01 Février
2004	CT Gafilo	08-11Mars
2005	CT Ernest	22-29 Janvier
2005	TTM Felapi	01-03 Février
2006	CT Boloetse	03-04 Février
2007	DT	08-09 Janvier
2008	CT Ivan	19-20 Février
2008	CT Jokwe	11-12 Mars

Source : Service météo Tuléar

Dès 1968 à 2008, 19 cyclones tropicaux, 03 dépressions tropicales, 02 perturbations cycloniques et 02 tempêtes tropicales modérées ont été enregistrés dans la Station météorologique de Tuléar. Il est à noter qu'il y a d'autres cyclones enregistrés mais à cause de

forte action cyclonique les cahiers des informations cycloniques sont perdus ou détruits par l'eau de pluie et emportés par le vent.

VII-1-2 Période et durée de passage des cyclones

En observant la période de passage le mois de Février est le record avec 07 phénomènes météorologiques extrêmes puis le mois de Janvier avec 6 phénomènes en plus le mois de Mars qui a 05 phénomènes et de Décembre avec un phénomène.

Quant à la durée de passage, le cyclone tropical Geralda qui a une longue durée de passage en 1994, avec 14 jours de passage puis le cyclone tropical Ernest en 2005 qui dure 7 jours et finalement la tempête tropicale modérée en l'an 2000 qui dure 05 jours. En effet, les phénomènes météorologiques extrêmes augmentent leurs ampleurs dans la région non seulement au nombre de cyclone passant dans une année mais également à la durée de passage.

Enfin, les effets dévastateurs d'un cyclone sont très amplifiés comme par exemple la forte érosion, déracinement des arbres, fortes crues catastrophiques et ensablement de terrain cultivable puis d'autres dégâts matériels comme coupure de pont, destruction de digue de protection, obstruction de canaux d'irrigation, destruction de maisons et d'autres infrastructures et enfin, de dégât humain et animal comme des hommes et des animaux noyés ou emportés par des crues soudaines.

VII-2 La sécheresse

La sécheresse est reconnaissable à partir de l'abaissement de niveau limnométrique, l'arrêt de l'approvisionnement en eau de campagne, réduction de la production agricole, la mort des animaux à cause de problème de pâturage et des eaux et enfin l'épuisement de puits et de réserve souterraine.

La première cause de la sécheresse est l'insuffisance de précipitations. Elle risque d'être dévastatrice : les réserves d'eau s'épuisent, les cultures ne poussent pas, les animaux meurent, la malnutrition et la mauvaise santé se rependent. Elle est caractérisée par sa durée et sa gravité. Donc, l'absence de cyclone tropicale marque l'intensité de la sécheresse.

Dans la région de Tuléar, la hauteur de pluie annuelle est toujours déficitaire par rapport à la perte par évaporation. Pour Tuléar par exemple l'évapotranspiration est de l'ordre de 1300mm par an alors que les précipitations annuelles sont de l'ordre de 400mm. La différence est donc très grande avec 900mm. La variation est de 1 à 3. Pour cela, il y a un déficit hydrique plus important. Les précipitations occultes comme la rosée et le brouillard peuvent être plus

importantes mais elles n'arrivent à compenser la perte due au phénomène évaporatoire. La réserve en eau du sol peut être importante aussi mais faute de la nature du sol et la chaleur, l'eau s'évapore facilement par capillarité et porte les matières solubles en surface. Cela influe aussi sur la nature du sol. La longue saison sèche est donc le responsable de ce phénomène. Mais il faudrait voir la période pendant laquelle la sécheresse est plus intense.

VII-2-1 les périodes de sécheresse

Le début des années 80 marque le commencement de la sécheresse dans la région de Tuléar, surtout l'année 1980, 1981, 1983, 1985, 1986. Ces années ont été touchées par la sécheresse avec une moyenne pluviométrique de 362,6mm ; 308,9mm ; 366mm ; 284,3mm ; 183,1mm ; 268,8mm. Puis cette sécheresse se poursuit également dans les années 90. La moyenne pluviométrique est très faible pour l'année 1990, 1991, 1992, 1993, 1994 avec un total pluviométrique 383,9mm ; 225,7mm ; 133,3mm ; 205,1mm. Pour cela, nous constatons que la sécheresse se passe dans des années consécutives. En plus, en l'an 2000, l'année 2002, 2003, 2004, 2005, et 2006 connaît également un déficit pluviométrique avec des totaux annuels de 330,8mm ; 254,4mm ; 247,7mm ; 241,4mm ; 189,4mm.

D'après ces données météorologiques, il est possible de constater la période de sécheresse et par lesquelles nous avons conclu que la fin des années 70, il y a un allongement et une continuité de la période de sécheresse. Les périodes les plus graves sont les périodes 1981, 1988-1992, 2000, 2002-2006. Les groupes les plus touchés sont les petits exploitants agricoles et les éleveurs. En regardant simplement la date de commencement de la sécheresse, ce sont les deuxièmes trente ans qu'il y a un changement du climat. Car, les premiers 30 ans (1949-1978) sont considérés comme une période humide par contre les seconds 30 ans (1979-2008) sont considérés comme une période de sécheresse.

VII-2-2 Liste des sécheresses qui ont touchée la région de Tuléar

D'après le déficit pluviométrique que nous avons observé dans la série nous pouvons faire la liste des sécheresses qui ont frappé la région.

Tableau 6 : Liste des sécheresses qui ont touché la Région

Début/fin	Localisation	Nombre de mois
1981	Tuléar	12
Avril 1988-1992	Tuléar,	1988= 4
	Betioky	1990=12
	Sakaraha	1991=10
		1992=12
Jun 2000	Ankazoabo, Sakaraha, Tuléar, Ampanihy-ouest	2000=6
Nov 2002-2004	Morombe,	2002=5
	Tuléar,	2003=7
	Betioky	2004=5
2005-2006	Ampanihy- ouest	2005=4
		2006=3-5

Source : Service météo Tuléar

Quand nous regardons la durée et l'intensité de la sécheresse, la période la plus dure est donc l'année 1981, 1990, 1991, 1992. Les trois dernières années consécutives sont appelées par le gens du sud période de « Santira vy » ceinture en fer, « flottement » pour le gens de Tuléar. Ces expressions désignent la faim, il y a eu une hausse de prix de gobelet de riz. Ce qui fait que la sécheresse qui a passé au cours de cette période touche également la région Androy. Globalement, c'est l'ensemble de la région sud et sud-ouest de Madagascar qui ont été gravement touchée par la sécheresse. Ce qui est comble ici, nous n'arrivons pas à compter les nombres des personnes affectées par cette sécheresse.

Troisième partie :

**DISCUSSIONS CONCERNANT LES VARIATIONS
DU CLIMAT**

Chapitre VIII : FACTEURS DE VARIATION DU CLIMAT

Dans l'ensemble des stations de la région, nous constatons qu'il y a une grande variation de phénomène météorologique. Les résultats des études faites montrent une élévation de la température par rapport à la normale et une tendance au réchauffement. Pour la pluviométrie, la région connaît : une diminution plus importante de quantité de pluie tombée chaque année, une diminution de nombre de jours de pluie, une grande variation de saison et un allongement de la saison sèche. Mais la question qui se pose de savoir quelles sont les causes et les conséquences de ces variations plus considérables du climat, quelles solutions proposent-nous pour remédier et diagnostiquer ces aléas climatiques.

VIII-1 Causes physiques

VIII-1-1 Relief

Malgré la présence de vent permanent le Tsiokatsimo qui est un vent humide au départ car il traverse l'océan indien à longue distance, la région ne bénéficie pas de pluie apportée par ce vent à cause de la faible rugosité de la surface. Le relief est donc plus faible. L'ascendance orographique devient impossible dans la zone côtière. Puis, l'orientation de l'Analavelona, le Mikoboka et du Manamana est presque parallèle à la direction du Tsiokatsimo. Donc, ces montagnes ne jouent pas le rôle de barrière orographique. Quant à l'altitude, la zone côtière est autour de 0 à 200m d'altitude, la montagne tabulaire ou la Table 300m, l'Analavelona 1345m, le Mikoboka 1025m, le Manamana 945m et le Lambosina 800m. Cette faible ondulation de la surface n'entraîne pas de perturbation sur la circulation du vent. Mais elle entraîne quand même de microclimat suivant l'altitude. C'est pourquoi nous pouvons distinguer les régions climatiques.

VIII-1-2 Effet de foehn

L'alizé oriental provenant de l'anticyclone de Mascareignes est un vent humide au départ mais elle subit forcément une ascendance sous l'action de la falaise orientale puis au sud par la chaîne anosyenne et le rebord manambien. Dans ce cas, il déverse la grande partie de leur humidité dans la partie au vent de ce relief. En arrivant dans la partie sous le vent la masse d'air se réchauffe et s'assèche car elle descend et se dilate ce qui élimine la condensation. Ce phénomène est appelé « effet de foehn ». Il constitue donc un facteur d'aridité car les quelques maigres pluies frontales ne peuvent pas compenser leur effet.

VIII-1-3 La dépression de canal de Mozambique

La mousson du nord-ouest de Madagascar peut entraîner de précipitations dans la région lors de son incursion vers le sud. Mais du fait de sa position latitudinale, la mousson du nord-ouest apportée par le courant chaud de canal de Mozambique appelé courant des aiguilles déverse la grande partie de ses réserves d'eau dans la partie nord. Ce passage de la mousson est plus espacé et irrégulier dans la partie sud de l'île. Cela contribue également à une forte variation de précipitation dans le Sud-ouest.

VIII-1-4 Action de front polaire

Dans la zone côtière, elle subit de forte irrégularité de précipitations. Il existe de grande variation entre les totaux annuels et entre les même mois de différentes années. La répartition de pluie dans l'année montre une tendance à l'égalisation de totaux pluviométriques de l'été et de l'hiver. Cela est dû à l'action de front polaire qui est en contact avec la masse d'air chaud de la surface et contribue à une ascendance frontale et donne de pluie très éparses en hiver. Mais ce phénomène dépend de passage de front polaire dans la basse latitude et dépend aussi à la présence de masse d'air chaud dans la surface. C'est la raison pour laquelle dans la région côtière les précipitations de l'hiver sont presque comparables à celles de l'été.

VIII-2 La pollution atmosphérique

L'air est notre ressource naturelle, sa pollution constitue donc un problème sérieux. La pollution de l'air veut dire existence de gaz toxiques dans la basse couche de l'atmosphère. Ces polluants sont néfastes pour les hommes, l'environnement que ce soit à travers la mauvaise quantité de l'air ou indirectement avec le trou de la couche d'ozone provoquant le réchauffement climatique.

Il y a pollution atmosphérique comme les feux de brousse, les poussières, mais le plus grave vient surtout de l'industrialisation (comme les centrales thermiques). Les principaux polluants sont les gaz carboniques, le dioxyde de soufre et d'azote.

VIII-2-1 Les carbonisations traditionnelles

L'utilisation de bois de chauffe et de charbon est un facteur de modification de condition climatique. Selon l'étude de MANA Parfait, RAJAONARIVELO Sitraka et MILLEVILLE Pierre en 1999 concernant la production de charbon de bois, la production annuelle par producteur est estimée à 9,1 tonnes à Ifaty et 12 tonnes à Befoly. A cela deux producteurs de charbon produisent 20 tonnes de charbon chaque année. Mais la question qui se pose est de

savoir combien de producteurs dans l'ensemble de la région de Tuléar, combien des tonnes des charbons sont produits annuellement, combien des tonnes des carbonnes sont déversés dans l'atmosphère, combien d'hectares de forêts sont abattu chaque année. La cause de développement de cette activité charbonnière est l'insuffisance de précipitations pour l'agriculture. A cet effet, la plupart des agriculteurs s'orientent à la fabrication de charbon de bois pour leurs survivis. C'est la raison pour laquelle le nombre des agriculteurs diminuent alors que le nombre de charbonniers augmentent. Pour cela, le taux d'augmentation de l'émission de CO₂ croit également de façon considérable.

Dans la région de Tuléar, la majorité des ménages utilisent les bois de chauffe et des charbons de bois. Ces consommations domestiques sont destinées à la cuisson des aliments. Les coûts de ces sources d'énergie poussent les gens à les utiliser.

VIII-2-2 Les feux de brousse

Ce sont des feux à grande échelle qui se développent dans la savane à *Heteropogon contortus* ou dans de friches herbacées. Ils se répètent en deux modalités : le feu précoce qui est effectué au début de la saison sèche et le feu tardif s'effectuant à la fin de la saison sèche. L'objectif de cette activité est d'avoir une nouvelle pousse d'herbe pour que les animaux puissent brouter ou paître. Donc les pratiquants des feux de brousse sont les éleveurs. La sécurité du feu est très médiocre voire nulle. Les feux peuvent s'étendre en grande surface et ne s'arrêtent qu'aux limites naturelles (fleuves) ou artificielles (routes).

Les pyromanes n'utilisent pas de pare-feux pour la protection de l'extension rapide du feu contrairement la mode de mise en feu se fait pendant la nuit pour qu'il n'y ait pas de gens qui vont l'éteindre puis pour profiter de l'action du vent qui augmente l'intensité du feu. Il est bénéfique pour les pratiquants pendant deux ou trois ans puis après cette période le sol devient dénaturé. De cette manière le sol devient impuissant pour le développement des certaines essences végétales. Par conséquent, la carbonisation de l'atmosphère se fait directement et augmente les gaz à effet de serre additionnels surtout l'augmentation de taux de CO₂ dans l'air. C'est une pollution atmosphérique incontestée.

Cette augmentation de CO₂ dans l'atmosphère amplifie le taux de rétention de la chaleur et perturbe l'humidité de l'air. La masse d'air situant au dessus de la surface incendiée se dilate brusquement à cause de la chaleur du feu en bas et la chaleur est retenue par le CO₂ émis. Ce qui annule la condensation de l'eau atmosphérique. Cette dilatation de masse d'air augmente l'absorption de vapeur d'eau et empêche la formation de nuage et l'impossibilité de pluie.

Les pluies sont également affectées lorsque les feux utilisés pour nettoyer la forêt créent de la pollution dans l'air et relâchent des petites particules appelées aérosols. Mais la concentration des aérosols dans l'atmosphère a des impacts sur le climat local par exemple la diminution de pluie. Ainsi, les feux de brousse ont pour effet de réduire les pluies, laissant l'espace brûlé plus favorable à la sécheresse.

VIII-2-3 La déforestation

La forêt a un rôle capital sur l'amélioration et la reconstitution des sols, la production des bois et la conservation des espèces animales. Elle produit d'O₂ et absorbe le CO₂. Elle joue également un rôle vital dans le fonctionnement de cycle climatique en régularisant le temps local à travers leur absorption d'O₂, création de pluie et leur échange de gaz atmosphérique. Elle s'auto-entretient en humidité par sa transpiration.

D'après la DRDR Tuléar, la déforestation annuelle dans l'ensemble de la région couvre 11380ha par an durant la période 1990-2000 puis d'après l'ANGAP ou Madagascar National Parks, elle couvre 16300ha durant la période 1993-2000. Cette déforestation est due principalement à l'activité humaine :

- Agriculture
- Recherche de bois de construction
- Coupe abusive et illicite de la forêt
- Fabrication des pirogues, des charrettes et des meubles

Or, la forêt est un véritable réservoir de CO₂ en capturant le CO₂ maintenu dans l'air et le transforme en matière organique selon la loi de la photosynthèse. Lors que la forêt disparaît le taux de CO₂ dans l'atmosphère abonde. En plus, sous l'action de bactérie toutes les matières organiques pourrissent et tôt ou tard se transforment en CO₂ puis rejoignent encore l'atmosphère. Cela nous permet de dire que la déforestation participe également à la carbonisation de l'atmosphère et engendre un dérèglement du climat. Cela veut dire que la déforestation entraîne la diminution de la pluviométrie de la région. Sans la couverture végétale l'action du vent devient plus intense et emporte la masse d'air humide dans d'autres régions plus éloignées. Pour le cas de la région étudiée par exemple, le Tsiokatsimo « vent du sud » pousse la masse d'air humide vers le nord. C'est pourquoi la partie nord de la région est pluvieuse que la partie sud. Elle favorise plus facilement l'installation de la sécheresse et la désertification. Alors que l'installation de ces phénomènes dégrade au fur et à mesure la couverture végétale.

VIII-2-4 La désertification et le changement climatique

La diminution de la couverture végétale, la diminution de précipitations et l'augmentation de la température contribuent à la désertification.

Les tendances à la désertification ont une incidence sur les réservoirs et les puits de carbone. A ce titre, la désertification contribue au réchauffement climatique de la région. D'après l'étude que nous avons faite, la température normale subit une élévation anormale et les précipitations diminuent de façon plus importante. Cela entraîne donc davantage d'évaporation, une baisse de l'humidité des sols et une aggravation de la dégradation des terres dans la région de Tuléar, des sécheresses répétées, et une plus grande vulnérabilité des terres à la désertification. Ainsi, si les changements climatiques sont appelés à accentuer les processus de désertification aux niveaux régional et local, les causes et les conséquences de la désertification accentuent-elles aussi. Les changements climatiques à l'échelle régionale accentuent leur effet sur la végétation.

VIII-2-5 La circulation automobile et la centrale thermique

La circulation automobile émet aussi de gaz à effet de serre dans l'atmosphère par l'intermédiaire de la combustion incomplète de carbone. Le non rentabilité de l'état du moteur de l'automobile accentue l'émission de monoxyde de carbone (CO) à partir de l'échappement surtout les voiture diesel. Ce monoxyde de carbone émis par l'automobile rejoint l'atmosphère et amplifie le taux de carbone dans la composition des gaz atmosphériques. Cette augmentation de taux des carbones dans l'atmosphère à une incidence sur la température. Nous disons souvent le réchauffement climatique. En dehors de monoxyde de carbone, l'automobile émet également de l'oxyde d'azote.

Dans la région, l'exploitation de l'énergie renouvelable est encore plus faible sauf l'introduction de four solaire et de panneaux solaire par l'A.D.E.S mais ne sont pas accessible pour la population à cause de leur coût. A cela, pour la production d'énergie ou d'électricité, les centrales thermiques consomment beaucoup de carbone fossile pour mettre en marche la machine. La combustion comme celle de l'automobile est incomplète. L'émission de carbone est de plus en plus nette à cause du fonctionnement continu de ces centrales thermiques. Dans la région chaque chef lieu de district possède de centrale thermique crée par la JIRAMA plus la centrale thermique de Bezaha.

VIII-2-6 Traitement phytosanitaire et lutte antiacridienne

En agriculture, l'emploi des insecticides et des herbicides en poudre pour tuer les insectes et les mauvaises herbes perturbe la pureté de l'air. Le déversement des produits chimiques dans l'atmosphère par des avions pour la lutte contre l'invasion de criquets et de chenille défoliatrice pollue l'air. La grande quantité de ces produits chimiques est maintenue dans l'air et contribue à la pollution de l'air. La suspension de ces matières étrangères dans l'atmosphère bouleverse la composition chimique de l'air. Ces matières peuvent empêcher la condensation de l'eau hygroscopique de l'air. La formation de nuage est donc très difficile et cela contribue également à l'insuffisance de précipitations puis à la mal répartition de pluie dans le temps et dans l'espace. Même s'il y a de pluie, elle est très irrégulière c'est-à-dire ne suit pas le rythme habituel de pluie autrement dit, la normale de précipitations n'est plus respectée. La pluie acide est plus fréquente. Celle-là a une influence sur la vie végétale.

VIII-2-7 Les déchets d'ordure

Le volume d'ordure augmente de jour en jour. Pour le cas de Tuléar par exemple, les déchets d'ordure se rependent à la périphérie des routes ou à l'intérieur des marchés. Le service de la voirie ne parvient pas à s'occuper cette mer d'ordure déversée dans la ville. Ces déchets émanent des odeurs puantes. Cette odeur provient de pourrissement des matières organiques sous l'action de bactérie. Donc, il y a un dégagement de carbone en direction de l'atmosphère et contribue au réchauffement climatique.

VIII-2-8 Les déjections animales

La région étudiée est l'une des régions qui élèvent beaucoup de troupeaux comme l'élevage bovin. La déjection animale comme la bouse produit de méthane (CH_4) et de carbone. Ce gaz va dans l'atmosphère et contribue au changement climatique.

VIII-2-9 Les champs de culture

Les champs de culture produit également de gaz à effet de serre à partir de pourrissement des matières organiques et l'émanation produit par de sol boueux. Or, la région participe à la culture du riz sur les bassins versants de ses fleuves (Mangoky, Fiherenana, Onilahy). Donc, ce gaz à effet de serre comme le méthane produit par les champs de culture amplifie l'action des autres gaz à effet de serre.

Chapitre IX- LES CONSEQUENCES DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

IX-1 CONSEQUENCES SUR LES MILIEUX NATURELS

IX-1-1 Assèchement hydrologique

Les régimes hydrologiques présentent des variations annuelles des débits qui se reproduisent suivant le climat. Pendant la saison de pluie les crues sont fréquentes et les débits élevés sont nettement fort. Ils sont caractérisés par un certain nombre de grandeur que nous appelons souvent variation saisonnière.

La corrélation entre module et précipitations annuelles nous montre que la dispersion est grande. La principale cause est l'influence de la mauvaise répartition de précipitations au cours de l'année. Cette forte irrégularité interannuelle de cours d'eau montre déjà que la région est semi-aride ou aride. Les crues durent en quelques heures seulement et se passent de façon soudaine. Celle-là est la cause de forte inondation et d'énormes dégâts matériels.

En général, l'écoulement s'annule ou diminue de l'amont jusqu'en aval. Cela s'appelle la « dégradation hydrologique » comme le cas par exemple du fleuve de Fiherenana et la rivière de Manombo.

Actuellement, les riziculteurs se plaignent de l'assèchement hydrologique. Ils disent que les canaux principaux d'irrigation s'assèchent et diminuent toujours et n'approvisionnent plus les champs de culture. Ce qui entraîne souvent dans le bassin du Fiherenana un conflit d'usage du canal. Alors qu'auparavant il n'y avait pas de conflit concernant l'utilisation de canal. Maintenant un nouveau consensus social a été établie pour régler le problème de l'irrigation c'est le « Tour à Tour » c'est-à-dire le matin l'un va irriguer son champs de culture et le soir c'est le tour de l'autre.

Ce phénomène est la conséquence directe de l'assèchement hydrologique qui est en liaison étroite sur la diminution de la pluviométrie. Ainsi, d'après Martin il y a une diminution de débit du Fiherenana, lorsqu'il a fait son étude à Bemia à l'Est de Tuléar en 1948. Cet assèchement hydrologique résulte d'une diminution des précipitations que nous avons détaillée précédemment dans notre travail et l'augmentation de la température qui produit d'énorme énergie susceptible de provoquer une forte évaporation. Il est à noter que l'assèchement du sol implique sur l'écoulement de cours d'eau car le sol plus sec le taux de rétention en eau du sol et l'infiltration sont maximum.

Les variations de cours d'eau sont des indices sur la reconnaissance des variations du climat d'une région car les débits de cours d'eau dépendent de la pluviosité.

IX-1-2 La désertification

Il y a une désertification lorsqu'il y a une diminution progressive de la couverture végétale. Cette formation de désert est due à l'action anthropique ou climatique. Cette dernière action nous intéresse beaucoup parce qu'elle est en liaison avec notre travail. La diminution de la pluviométrie annuelle contribue à la disparition peu à peu de la forêt. Car l'eau est vitale pour la vie végétale et animale. L'augmentation de la température influe également sur la végétation. Elle engendre l'intensité de phénomène évapotranspiratoire. Alors que la compensation de cette perte en eau devient de plus en plus faible. Par conséquent, la végétation devient déshydratée et disparaît peu à peu sauf pour celle qui a le temps de s'adapter à cette condition climatique.

IX-1-3 Dégradation des sols

La dégradation de sol un phénomène généralement moins discutée dans la région. Elle se produit lorsque de forte pluie fait couler rapidement une masse importante de terre. L'action de l'eau de ruissèlement est plus efficace lorsque la surface subit de feux de brousse, de déforestation et de surpâturage. Quand le phénomène érosif s'intensifie, il y a une modification de forme de relief. Par exemple, il y a une formation de lavaka, une disparition de partie superficielle comportant les éléments organiques et nutritifs. Cela contribue à une formation de couche compacte et imperméable limitant l'infiltration rapide des eaux et augmente l'action érosive.

IX-1-4 Impacte sur la végétation

La grande variation du climat entraine un gros problème sur la couverture végétale. Bon nombre des espèces végétales vont mourir parce qu'elles n'ont pas le temps de s'adapter aux variations du climat. Cela va être plus prône à la désertification.

En plus, la végétation n'arrive pas à se reproduire parce que la saison pluvieuse est plus courte ou bien elle meurt en poussant sous l'action de la forte chaleur la chute brutale de précipitations.

IX- 2 CONSEQUENCES SUR LES MILIEUX HUMAINS

II-2-1 L'Inondation

Les crues peuvent se produire après une période de sécheresse quand de fortes pluies tombent sur le sol très sec et très dur dans lequel l'eau ne peut pas pénétrer rapidement. Elles sont provoquées par de forts orages ou par des cyclones tropicaux. Par conséquent, il y a un gonflement brusque de cours d'eau et l'inondation va se produire.

La violence et la fréquence des cyclones tropicaux sont l'origine des plusieurs catastrophes naturelles. L'inondation est l'une de plus importante dans la région de Tuléar. La forte crue et la forte érosion sont les causes de l'ensablement des champs de culture, de déracinement des arbres, de coupure de route (cas de la RN9 et RN10), de coupure de pont (cas de pont de Belalanda en 1994 lors du passage du cyclone Géralda à la date du 26 Janvier au 09 février). En plus, le passage de Gafilo du 08 au 11 mars 2004 cause l'inondation de la ville de Tuléar. Ce passage de 04 jours de Gafilo entraine la forte crue brusque de Fiherenana, avec destruction des infrastructures d'ouvrage d'art comme la destruction de digue de protection de Miary, puis la grande partie de la ville de Tuléar est engloutie sous l'eau. Quant à la force du vent et de pluie diluvienne apportée par un cyclone entraine beaucoup des conséquences comme par exemple la destruction des maisons, bon nombre des cheptels sont noyés. En comparant, le nombre de jours de passage de ces deux cyclones, Géralda a passé 12 jours dans la région puis Gafilo 04 jours. Alors que les désastres provoqués par ces deux cyclones sont comparables. Cela va provoquer également une grave conséquence sur la zone touchée. La fréquence de passage des cyclones augmente le nombre des victimes et des sans abris.

IX-2-2 Maladie liée au climat

Le passage fréquent des phénomènes extrêmes qui est dû incontestablement à la forte variation du climat a pour conséquence sur la santé de l'homme. Par exemple, quand la sécheresse s'installe bon nombre des maladies sont provoquées par la carence alimentaire en outre quand un cyclone tropical passe, il y a aussi de prolifération des microbes vecteurs des certaines maladies à cause des eaux stagnantes partout. La plus grave est que la forte variation du climat entraîne la naissance de nouvelle maladie qui n'a jamais observée auparavant.

D'après l'enquête que nous avons faite dans le centre hospitalier de Tuléar, les maladies identifiées comme liées aux variations du climat sont :

- ✓ La diarrhée ou dysenterie avec ou sans déshydratation
- ✓ La pneumonie

- ✓ La maladie de la peau
- ✓ La maladie respiratoire
- ✓ Dérèglement ou instabilité de tension artérielle et des autres maladies cardio-vasculaires
- ✓ Le paludisme

Quant à leurs fréquences et d'importance des individus infectés, le paludisme tient le premier rang avec un taux de 55% puis les maladies diarrhéiques 23% puis les infections respiratoires et d'autres maladies.

IX-2-3 Conséquences sur les modes de vie

La variation du climat a une incidence sur le mode de vie de la population. Dans la région de Tuléar par exemple le mode de vie de la population change au fur et à mesure que le climat change. Pour cela nous avons des différentes mode de vie considérées comme liées aux variations climatiques :

- Port de lunette noire pour résister à la forte radiation lumineuse et aux poussières apportées par le *tsiokatsimo*.
- Habitude de porter de vêtement léger ou sans manches « débardeur »
- Sortir durant la nuit pour se rafraichir (*Toliara tsy miroro*)
- Emploi de ventilateur et chambre climatisée pour une famille moyenne et riche
- Habitude de se mettre à l'abri d'un arbre à midi dans la campagne
- Dormir sans couverture en été
- Prendre fréquemment des douches ou prendre un bain dans les rivières

IX-2-4 Conséquence sur la vie économique

Quant la pluie arrive à une période adéquate constitue une garantie de bonne récolte et l'inverse produit une catastrophe plus dramatique pour l'économie de la région. Donc, le changement de condition climatique engendre l'affaiblissement de production c'est-à-dire une famine causée essentiellement par la sécheresse. Par conséquent, le problème de la faim a des répercussions sur la santé humaine du fait de la carence en quantité et en qualité des aliments consommés.

Le problème de pâturage dû à la médiocrité de précipitations et les feux de brousse engendre la contamination de maladie sur le bétail. Par exemple, le charbon symptomatique et la douve de vache chez l'élevage bovin, cholera chez les volailles. Cela contribue à la baisse de la production pastorale de la région

IX-2-5 Problème de l'eau

La forte température augmente le phénomène évaporatoire qui entraîne le tarissement de réserve en eau. Tandis que les précipitations, pour compenser la perte par évaporation, deviennent plus insuffisantes, aléatoires et mal réparties. Chaque année, la région connaît une perte en eau et l'apport pluviométrique devient plus faible. Il y a de l'épuisement des puits, l'assèchement de cours d'eauetc. L'apport pluviométrique est plus excédentaire dans le passage d'un cyclone mais la durée de passage est très courte. Puis, elle engendre beaucoup de dégât matériel et humain. Donc, la sécheresse devient plus longue et l'action de l'augmentation de la température provoquant l'évaporation est très intense. Ce qui entraîne la déshydratation de la végétation et une formation de nouvelle adaptation.

Chapitre X- RECOMMANDATION

La dégradation forestière a des impacts sur le fonctionnement du cycle climatique comme l'augmentation de la température et la diminution de la pluviométrie. D'après l'étude météorologique, nous n'avons pas pu constater qu'il y a une variation plus importante de temps mais pour une étude climatique, nous pouvons voir les tendances et les oscillations. Cette variation du climat est due principalement à l'activité anthropique. Pour cela, l'homme doit prendre des mesures pour remédier et diagnostiquer le climat. L'homme devrait prendre les mesures suivantes:

X-1- CONSERVATION ET VALORISATION DES RESSOURCES FORESTIERE

X-1-1 Sensibilisation de population locale

Tout d'abord, nous devons sensibiliser la population locale sur l'importance et la valeur de la forêt. La présentation et l'explication des rôles de la forêt à la population sont plus importantes pour qu'elle soit consciente et participe à la protection de la forêt. Pour cela, nous sommes obligés de collaborer et de travailler avec les paysans rustiques pour qu'ils ne fassent pas des actes néfastes à la forêt.

En plus la forêt doit être appropriée à la communauté locale et en tant que propriétaire ils conservent la forêt et ne tendent pas à la couper. Nous allons les expliquer les techniques d'aménagement des terrains de culture dont ils possèdent déjà c'est-à-dire la diffusion ou la partage des techniques agro-écologiques ou la pratique de l'agriculture sans menacer l'environnement.

X-1-2 Reboisement

Il va falloir planter beaucoup d'arbres pour améliorer la pluviométrie. Ce système de reboisement est mesure plus efficace pour faire face aux effets néfastes de changement climatique. Il est vrai que c'est difficile de reconstituer la forêt originelle mais les variations du climat vont être modérées ou amoindries. Cette technique est donc plus importante car l'augmentation de la couverture végétale augmente aussi le taux d'absorption de CO₂ et augmente également le dégagement d'O₂. Pour cela, les CO₂ en suspension dans l'atmosphère diminuent de façon plus significative parce qu'ils sont transformés en matière organique et finalement cette matière organique devient source d'alimentation pour l'homme et pour les animaux.

X-1-3 Renforcement de rôle de société civile

L'ANGAP ou National Parks, WWF, SAGE et L'Eau et Forêt sont de société civile qui joue un rôle majeur sur la protection de l'environnement et surtout la forêt. Nous travaillons ensemble avec ces sociétés civiles pour la conservation de la forêt en augmentant par exemple les zones protégées comme les parcs nationaux et les réserves nationales.

X-1-4 Rôle de l'Etat

L'Etat doit renforcer les lois relatives à la conservation de la forêt pour la mise en valeur des rôles des sociétés civiles et pour limiter la coupe abusive et illicite de forêt. Il doit également élaborer et soutenir le programme de développement de forêt en cartographiant et inventoriant les écosystèmes forestiers pour faciliter la surveillance et l'évaluation de la forêt.

La loi n°97-1200 du 03 Octobre 1997 portant adoption de la politique forestière Malgache, a défini que l'action des acteurs devraient soutenir les six principes suivants :

- Intégrer les actions dans le domaine forestier avec les autres mesures visant le développement du pays.
- Conserver les ressources forestières par une gestion durable appropriée.
- Prendre des mesures afin de prévenir les risques écologiques.
- Amener le secteur forestier à contribuer au développement économique du pays.
- Responsabiliser les acteurs locaux.
- Adapter les actions aux réalités nationales.

X-1-5 Limitation de feux de brousse

La limitation des feux de brousse devrait être pris en compte pour diminuer la carbonisation de l'atmosphère à partir de l'imposition de la loi sévère aux pratiquants de feux de brousse en leur donnant de technique moderne pour leurs élevages.

X-1-6 Contrôle des déchets d'ordure

Pour éviter l'émission de gaz à effet de serre, nous allons contrôler et surveiller les ordures. C'est-à-dire, nous allons sélectionner les matières nocives pour l'environnement et nous les enfuyons dans le sol. Par exemple, nous devons enterrer les matières plastiques qui entraînent de pollution atmosphérique engendrant le changement climatique. Pour cela, il faudrait qu'il ait une mesure de surveillance des déchets d'ordure pour qu'il ne se repende pas partout.

X-2 UTILISATION DE L'ENERGIE RENOUVELABLE

Malgré le coût de cette technique, il faut orienter notre habitude sur l'utilisation des nouvelles sources d'énergie.

X-2-1 L'énergie solaire

La durée d'ensoleillement est plus longue dans la région de Tuléar. Elle est toujours supérieure à 3500 heures par an, c'est-à-dire autour de 10 heures par jours. C'est la raison pour laquelle la ville de Tuléar est surnommée « Ville de soleil ». Ce qui fait que le soleil est brillant dans la région. En effet, pour limiter l'utilisation des sources d'énergie qui pollue l'atmosphère, nous utilisons d'autres solutions comme l'installation de « panneaux solaire » pour la production de l'électricité, « Four solaire » pour la cuisson des aliments. Ce projet a été mise en place dans la ville de Tuléar et Ejeda par la société A.D.E.S.

Le lancement de ce projet doit être rependu dans l'ensemble de la région de Tuléar. Mais le problème est que le coût de cette source d'énergie est très cher. Pour cela, il faut réduire au maximum le prix de ces matériels. Les succès de l'utilisation de ces sources d'énergie écologiquement saine entraînent la diminution progressive de l'utilisation de charbon de bois.

X-2-2 Energie éolienne

Faute de l'absence des matériels susceptibles de produire l'énergie éolienne la région de Tuléar ne tire pas de profit à la présence de Tsiokatsimo. Le tsiokatsimo est un vent local et permanent dans la région de Tuléar, il souffle du sud vers le nord avec une vitesse moyenne entre 2 et 4 mètres par seconde. Il est donc favorable d'installer les appareils capables de produire de l'énergie éolienne et solaire partout. La demande en charbon et en bois de chauffe diminuera de façon plus nette.

X-2-3 Le biocarburant

Aujourd'hui le biocarburant est formé à partir d'éthanol, un produit miscible à l'essence, ou à partir d'huile, pour faire un produit diesel. L'éthanol se fait par distillation de sucre. Le second se fait à partir des plantes oléagineuses, le Jatropha par exemple ; par une opération simple, l'huile est estérifiée, ce qui forme un "diester", assimilable au diesel.

Cette forme de produit par la transformation de canne à sucre et de Jatropha est très importante pour la circulation automobile. L'émission de CO, CO₂ devient de plus en plus faible l'utilisation de biocarburant qui émet moins de carbone annule peu à peu l'utilisation de carbone fossile. Pour limiter et réduire l'émission de CO₂ dans l'atmosphère, les automobilistes doivent

choisir ce type de carburant. C'est un outil principal pour le ralentissement de l'émission de Gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

X-2-4 Utilisation de four à charbon plus économique

Cette technique est plus facile à reprendre à la population car elle utilise encore le charbon de bois mais plus économique c'est-à-dire à faible quantité. Cette technique n'annule pas l'émission de gaz à effet de serre mais elle réduit quantitativement l'émission.

X-3 AUTRES SOLUTIONS

X-3-1 Collecte et utilisation de l'eau de pluie

Pour minimiser les problèmes liés à l'eau comme par exemple l'assèchement de cours d'eau, l'épuisement de nappe phréatique, nous pouvons collecter l'eau de pluie en créant des bassins de rétention d'eau ou en utilisant de l'impluvium ou des gouttières. Nous pouvons faire également la dérivation à partir de lits de cours d'eau vers les bassins collinaires. C'est un moyen plus important car il minimise l'action de l'inondation durant la forte crue pendant la saison humide.

Les eaux accumulées durant la saison de pluie sont employées pendant la saison sèche. Le problème de ravitaillement en eau de la population et bétail va être amoindri.

X-3-2 Programme d'appui pédagogique

L'éducation environnementale doit être introduite dans le programme d'enseignement scolaire et universitaire pour que les élèves et les étudiants fassent et les protègent en suivant les démarches suivantes :

- Le développement d'une stratégie pour la lutte contre la variabilité climatique.
- La limitation d'impact de l'activité humaine sur le climat.
- La production des informations pour la sensibilisation sur les feux de brousse.
- Promouvoir et développer la recherche pour la lutte contre la désertification.
- Restaurer et développer les écosystèmes forestiers.
- Evaluer les impacts et les adaptations aux changements climatiques.
- Etudier les problèmes liés aux variations du climat.

CONCLUSION

La région de Tuléar se caractérise par un climat tropical semi-aride à courte saison des pluies. Les écarts pluviométriques interannuels apparaissent plus énormes. Les variations très marquées font apparaître des saisons alternées très marquées par une longue saison sèche et s'étend du mois d'avril au mois de décembre avec une période de sécheresse qui va d'avril à novembre présentant des précipitations quasi-nulles. En décembre, de rares mais violent et intense orage annoncent la saison de pluie. Jusqu'au début de mars, les pluies sont courtes et intenses tombant souvent à la fin de l'après midi à l'exception de passage de cyclone tropical. Ce régime pluviométrique influence l'écoulement du fleuve Fiherenana. Dans ce cas, le fleuve et les rivières débordent et inondent le bassin versant laissant de gros dégât sur l'agriculture.

Quant à la température, la région connaît un allongement de la saison chaude qui dure 09 mois s'étendant du mois d'Août au mois d'avril et une courte saison fraîche du mois de mai en juillet. D'après la constatation de cette étude, il y a une tendance à l'augmentation de la température moyenne de la région suivant la station. En hiver, il fait froid du soir au matin tandis que vers 10 heures à 15 heures il fait chaud ce qui présente une modification du cycle climatique.

C'est la variation inopinée des saisons : l'été n'est plus l'été et l'hiver n'est plus l'hiver. Les saisons des récoltes sont bouleversées. La semence du mois de novembre est reportée au mois de décembre. Le cycle climatique ne suit plus les normes habituelles, il y a confusion des saisons. L'hiver devient mois froid et l'été devient plus chaud que d'habitude. Cette variation du climat a pour conséquence sur les espèces animales et végétales. Il y a disparition petit à petit des espèces car celles-ci n'arrivent plus à s'adapter aux changements climatiques. La variation du climat est un changement inhabituel du climat. Beaucoup des personnes présentent d'inhabituels symptômes des maladies dues à ce changement et jamais constatés auparavant.

Les problèmes abordés par la population locale de la région sont la hausse des températures comparées à celles des années passées et la raréfaction de pluie d'année en année, augmentation des phénomènes extrêmes, par exemple, l'augmentation de nombre annuel de cyclone tropical et l'aggravation de la sécheresse dans la région de Tuléar

Les solutions proposées sont la sensibilisation des gens sur les effets néfastes de la déforestation, l'incitation au reboisement, diminution de l'utilisation de charbon de bois en utilisant les fours solaires ou les fours à charbon plus économique « Fata mitsitsy ». Création d'emploi pour les gens qui vivent sur l'exploitation de bois. Mais le problème pour la réalisation est que l'Etat ne prend pas en charge l'application de ces solutions. Par conséquent, lors des

événements climatiques exceptionnels comme le passage de cyclone le phénomène de disette ou « Kere » (grande famine) l'Etat se précipite pour la sauvegarde de la population touchée. A cause de la déforestation qui change le climat et dégrade le sol, la terre devient de moins en moins fertile et produit de moins en moins donc la production agricole diminue et la famine s'installe.

ANNEXE

MOYENNE DE PLUVIOMETRIE DANS CHAQUE STATION

Stations	1941-1970	1971-200	Différence	Variation en %
Ankazoabo	751,5	720,9	30,6	4,07
Beroroha	805,6	778,1	27,5	3,41
Betioky	646	610,8	35,2	5,44
Morombe	473,2	458,7	14,5	3,06
Sakaraha	763,7	720,5	43,2	5,65
Tuléar	449,83	347,3	102,5	22,78

Normale de précipitations calculée par service météo Tuléar

MOYENNE DE LA TEMPERATURE DANS CHAQUE STATION

Stations	1941-1970	1971-200	Différence	Augmentation en %
Ankazoabo	24°30	24°47	0°17	0,69
Beroroha	25°9	26°08	0°18	0,69
Betioky	24°35	24°6	0°25	1,02
Morombe	24°27	24°7	0°43	1,77
Sakaraha	23°00	23°02	0°02	0,08
Tuléar	24°14	24°71	0°56	2,31

Normale de la température calculée par le service météo Tuléar

VARIATION DE DEUX NORMALE DE 30ANS PAR RAPPORT A LA MOYENNE DE LA SERIE

	Jt	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
M	6,1	4,66	9,04	7,27	28,75	75,7	98,179	80,32	44,88	16,22	15,9 2	12,2
N1	5,8	4,75	7,91	8,64	32,78	99	97,031	85,64	52,83	17,76	20,7 7	16,5
D1	-0,3	0,09	-1,14	1,38	4,035	23,2	-1,148	5,328	7,952	1,542	4,85	4,23
N2	6,4	4,57	10,2	5,89	24,85	51,7	99,327	74,99	36,93	14,68	11,0 7	8,01
D2	0,3	-0,1	1,14	-1,38	-3,901	-24	1,148	-5,33	-7,95	-1,54	- 4,85	- 4,23

M= moyenne de la série

N1= normale de premier 30 ans

N2= Normale de deuxième 30 ans

D1= différence de N1-M

D2= différence de N2-M

NORMALE DE TEMPERATURE ET DE PRECIPITATION

STATION	ALTITUDE	LATITUDE	T°	P°
MOROMBE	5	21,45	24,7	466
BEZAHA	100		24,9	517
EJEDA	70		24,7	582
AMPANIHY	275		24,6	581
TOLIARA	9	23,53	24,4	398
SAKARAHHA	460	22,55	23	742
ANKAZOABO	428	25,02	24,3	736
BENENITRA	220	23,26	25,2	343
BEROROHA	180	21,4	25,9	792
BETIOKY	263	23,42	24,6	628

TEMPERATURE MOYENNE MENSUELLE ET ANNUELLE

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M
ANKAZOABO	27,1	26,9	26,2	25,2	22	20,05	20,05	21,15	23,7	25,75	27,35	27,1	24,35
SAKARAHHA	26,5	26,3	25,5	24	20,4	18,2	17,95	19,25	21,8	24,4	26,15	26,35	23,1
BEROROHA	28,45	28,45	27,85	27	23,5	21,25	20,95	22,65	25,25	28	29,3	29,05	25,95
BEZAHA	28,45	28,55	27,8	26,15	22,1	20,05	19,95	21,05	23,5	26,3	27,85	28,25	25
BETIOKY	27,75	27,8	27	25,8	21,8	19,95	19,8	21,4	23,55	25,8	27,25	27,75	24,6
TOLIARA	27,5	27,45	26,7	25,15	22,8	21	20,75	21,45	22,85	24,15	25,65	27,25	24,4
MOROMBE	27,45	27,35	26,45	25,1	22,7	20,65	24,5	20,75	22,5	24,45	26,1	26,5	24,55

PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES

STATION	ALT	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T
ANKAZOABO	428m	210,5	142,2	90,6	49,5	7	8,2	1,8	3,4	6,1	25,1	64,7	156,4	736
SAKARAHHA	460m	195,8	142,4	120	49,3	10,7	7,5	4,5	4,5	7,4	24,5	60,3	149,2	742
BEROROHA	180m	212,2	151,1	116	43,1	6,5	3,8	2,2	3,1	8,3	23,5	63,2	186,1	791
BEZAHA	125m	121,3	81,6	59,8	44,6	10,5	10,5	3,4	4,7	5,6	14,3	60,6	125,5	509
BETIOKY	262m	158,6	110,6	67	44,5	11	9,6	4,3	5,2	11	14,8	76,1	145,3	628
MOROMBE	5m	109,4	128,7	51,7	9,9	11,6	4,3	3	2,8	2,6	12,6	19,8	109,8	466
BENENITRA		162,2	85,6	111	26,6	12,4	15	9,8	6,3	25,8	19,3	102	106,4	343
TOLIARA	9m	97,06	79,96	44,2	15,97	15,7	12,04	6,1	4,58	9,04	7,18	29,37	74,65	398

VARIATION DE NOMBRE DE JOURS DE PLUIE

STATION	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T
ANKAZOABO	12,9	10,5	8,2	2,2	1,2	1,6	0,5	0,9	1,2	3,2	5,8	11,1	59,8
SAKARAHHA	12,6	10,1	9,4	3,1	2	1,5	0,8	1,4	1,6	2,9	6,2	11	62,6
BEROROHA	13,2	10	8,1	1,9	1,1	0,9	0,6	0,8	1	2,6	5,6	11	57,3
BEZAHA	10	8	7	2	2	2	1	1	1	2	5	10	51
BETIOKY	11,2	8,9	6	2,4	2	2,3	1,2	1,2	1,6	1,8	5,6	10,3	54,5
TOLIARA	9	9	6	3	3	2	2	1	2	2	3	6	48
MOROMBE	9	8	4	1	2	1	1	1	1	1	2	7	38

COMPARAISON PAR DECENIE

STATIONS	49-58	59-68	69-78	79-88	89-98	99-08
TULEAR	347	355	356	445	408	315
SAKARAHHA	780	775	648	950	630	540
MOROMBE	450	461	398	421		
BETIOKY	600	580	549	650	560	648
TOLIARA	407	497,4	445,09	347,72	341,42	352,84

HUMIDITE DE L'AIR

ANKAZOABO	68	67	67	61	57	58	54	52	48	48	52	61	57
SAKARAHHA	66	66	68	62	60	61	58	54	50	48	53	63	59
BEROROHA	64	63	64	56	55	55	53	48	45	46	48	58	55
BEZAHA	64	64	66	61	62	61	60	56	52	50	53	61	59
BETIOKY	60	60	61	56	57	57	52	50	45	45	48	57	54
TOLIARA	71	69	68	65	64	59	58	59	59	58	68	70	64
MOROMBE	69	68	68	67	62	61	59	59	59	62	66	70	64,2

REPARTITION DE RESULTAT PAR DECENNIE

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ms	98,17	80,31	44,88	16,21	15,91	12,23	6,09	4,65	9,04	7,26	28,47	75,05
Md	64,47	75,15	72,55	20,29	22,74	20,86	5,62	1,55	12,93	3,99	34,71	72,09
DD	-33,7	-5,16	27,67	4,08	6,83	8,63	-0,47	-3,1	3,89	-3,27	6,24	-2,96
M/S	98,17	80,31	44,88	16,21	15,91	12,23	6,09	4,65	9,04	7,26	28,47	75,05
Md	124,83	110,56	53,09	14,579	21,43	10,46	7,268	7,89	6,775	13,84	18,06	108,71
DD	26,66	30,25	8,21	-1,631	5,52	-1,77	1,178	3,24	-2,265	6,58	-10,41	33,66
M/S	98,17	80,31	44,88	16,21	15,91	12,23	6,09	4,65	9,04	7,26	28,47	75,05
Md	101,79	71,22	32,86	18,41	18,13	18,09	4,54	4,81	4,02	8,1	47	116,12
DD	3,622	-9,09	-12,02	2,2	2,22	5,86	-1,55	0,16	-5,02	0,84	18,53	41,07
M/S	98,17	80,31	44,88	16,21	15,91	12,23	6,09	4,65	9,04	7,26	28,47	75,05
Md	70,59	72,9	37,77	19,45	6,59	9,35	5,98	5,23	13,88	7,02	34,16	64,72
DD	-27,58	-7,41	-7,11	3,24	-9,32	-2,88	-0,11	0,58	4,84	-0,24	5,69	-10,33
M/S	98,17	80,31	44,88	16,21	15,91	12,23	6,09	4,65	9,04	7,26	28,47	75,05
Md	82,54	79,53	33,82	12,42	17,18	11,07	6,9	5,08	8,65	9,01	24,88	50,34
DD	-15,63	-0,78	-11,06	-3,79	1,27	-1,16	0,81	0,43	-0,39	1,75	-3,59	-24,71
M/S	98,17	80,31	44,88	16,21	15,91	12,23	6,09	4,65	9,04	7,26	28,47	75,05
Md	144,85	72,53	39,2	12,16	7,378	3,6	6,26	3,39	8,01	1,64	15,5	38,33
DD	46,68	-7,78	-5,68	-4,05	-8,532	-8,63	0,17	-1,26	-1,03	-5,62	-12,97	-36,72

Ms= Moyenne mensuelle de la série calculée dans 60 ans

Md= Moyenne mensuelle par décennie

DD= Différence entre la moyenne par décennie et la moyenne de la série

COEFFICIENT PLUVIOMETRIQUE DE CHAQUE STATION

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ANKAZOABO	3,2	2,27	1,45	0,79	0,11	0,13	0,029	0,05	0,1	0,4	0,97	2,5
SAKARAHA	2,92	2,21	1,88	0,77	0,17	0,12	0,071	0,07	0,12	0,38	0,95	2,34
BEROROHA	3,16	2,25	1,71	0,64	0,08	0,04	0,033	0,05	0,12	0,35	0,94	2,62
BEZAHA	2,69	1,81	1,32	0,99	0,23	0,23	0,075	0,1	0,12	0,32	1,34	2,78
BETIOKY	2,95	2,05	1,24	0,83	0,2	0,18	0,08	0,1	0,2	0,27	1,23	2,66
MOROMBE	2,84	3,34	1,34	0,26	0,3	0,11	0,052	0,07	0,07	0,33	0,49	2,82
BENENITRA	2,85	1,51	1,95	0,47	0,22	0,26	0,172	0,11	0,45	0,34	1,79	1,87
TOLIARA	2,96	2,42	1,34	0,48	0,47	0,36	0,184	0,14	0,27	0,22	0,89	2,26

TEMPERATURE MOYENNE MAXIMALE ET MINIMALE

ANKAZOABO	T	33,3	33	32,6	32,9	29,7	27,9	28,5	30,1	32,7	34,4	34,9	33,6	31,9
	t	20,9	20,8	19,8	17,5	14,2	12,2	11,6	12,2	14,7	17,1	19,8	20,6	16,8
SAKARAHA	T	32,8	32,6	32,2	32,3	29,1	27,2	27,5	29,1	31,7	33,5	34,1	33	31,3
	t	20,2	20	18,8	15,7	11,6	9,2	8,4	9,4	11,9	15,3	18,2	19,7	14,9
BEROROHA	T	34,1	34,2	33,8	34,1	31,1	29,1	29,2	30,9	33,4	35,8	36,7	35,4	33,1
	t	22,8	22,7	21,9	19,9	15,8	13,4	12,7	14,4	17,1	20,2	21,9	22,7	18,8
BEZAHA	T	35,2	35,3	34,8	34,4	30,6	28,7	29,2	30,7	33,3	35,5	36,1	35,3	33,3
	t	21,7	21,8	20,8	17,9	13,5	11,4	10,7	11,4	13,7	17,1	19,6	21,2	16,7
BETIOKY	T	34,2	34,1	33,6	33,4	29,2	27,5	28,1	29,6	32,2	34,4	34,8	34,4	32,1
	t	21,3	21,5	20,4	18,2	14,3	12,4	11,5	13,2	14,9	17,2	19,7	21,1	17,1
TOLIARA	T	32,1	32,4	31,8	30,8	28,6	27,1	26,8	27,9	29,1	29,7	30,7	31,7	29,9
	t	22,9	22,5	21,6	19,5	16,9	14,9	14,7	15	16,6	18,6	20,6	22,8	18,9
MOROMBE	T	32,8	32,6	32,8	31,9	30,8	28,2	36,7	28,3	30,1	33,1	32,2	32,1	31,8
	t	22,1	22,1	20,1	18,3	14,5	13,1	12,3	13,2	14,9	15,8	20	20,9	17,3

T= Température maximale moyenne mensuelle et annuelle

t= Température minimale moyenne mensuelle et annuelle

AMPLITUDE THERMIQUE

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ANKAZOABO	12,4	12,2	12,8	15,4	15,5	15,7	16,9	17,9	18	17,3	15,1	13
SAKARAHA	12,6	12,6	13,4	16,6	17,5	18	19,1	19,7	20	18,2	15,9	13,3
BEROROHA	11,3	11,5	11,9	14,2	15,3	15,7	16,5	16,5	16	15,6	14,8	12,7
BEZAHA	13,5	13,5	14	16,5	17,1	17,3	18,5	19,3	20	18,4	16,5	14,1
BETIOKY	12,9	12,6	13,2	15,2	14,9	15,1	16,6	16,4	17	17,2	15,1	13,3
TOLIARA	9,2	9,9	10,2	11,3	11,7	12,2	12,1	12,9	13	11,1	10,1	8,9
MOROMBE	10,7	10,5	12,7	13,6	16,3	15,1	24,4	15,1	15	17,3	12,2	11,2

COMPARAISON DES RESULTATS PAR DECENNIE

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
TM	31,88	32,67	31,7	30,69	29,04	27,37	27,05	27,54	28,91	29,85	30,85	31,52
TM/N	32,11	32,45	31,83	30,78	28,63	27,16	27,25	29,92	29,21	29,75	30,81	31,81
D	-0,23	0,22	-0,13	-0,09	0,41	0,21	-0,2	-2,38	-0,3	0,1	0,04	-0,29
TM	31,73	32,5	31,86	30,28	28,23	26,74	26,74	27,5	28,6	29,39	29,95	30,95
TM/N	32,11	32,45	31,83	30,78	28,63	27,16	27,25	29,92	29,21	29,75	30,81	31,81
D	-0,38	0,05	0,03	-0,5	-0,4	-0,42	-0,51	-2,42	-0,61	-0,36	-0,86	-0,86
TM	31,92	31,85	31,63	29,94	28,6	26,81	26,87	27,9	29,75	29,46	30,33	31,56
TM/N	32,11	32,45	31,83	30,78	28,63	27,16	27,25	29,92	29,21	29,75	30,81	31,81
D	-0,19	-0,6	-0,2	-0,84	-0,03	-0,35	-0,38	-2,02	0,54	-0,29	-0,48	-0,25
TM	32	31,78	31,02	30,17	27,89	26,42	27,07	27,76	29,49	29,81	31,15	31,52
TM/N	32,11	32,45	31,83	30,78	28,63	27,16	27,25	29,92	29,21	29,75	30,81	31,81
D	-0,11	-0,67	-0,81	-0,61	-0,74	-0,74	-0,18	-2,16	0,28	0,06	0,34	-0,29
TM	32,79	32,87	32,59	32,29	28,5	27,47	27,41	28,42	29,6	29,81	31,11	31,78
TM/N	32,11	32,45	31,83	30,78	28,63	27,16	27,25	29,92	29,21	29,75	30,81	31,81
D	0,68	0,42	0,76	1,51	-0,13	0,31	0,16	-1,5	0,39	0,06	0,3	-0,03
TM	32,38	33,03	32,18	31,37	29,51	28,47	28,41	28,46	29,48	30,4	31,5	33,56
TM/N	32,11	32,45	31,83	30,78	28,63	27,16	27,25	29,92	29,21	29,75	30,81	31,81
D	0,27	0,58	0,35	0,59	0,88	1,31	1,16	-1,46	0,27	0,65	0,69	1,75

TM= Température moyenne par décennie

TM/N= Température moyenne de la série

D= Différence entre TM- TM/N

PRESSION ATMOSPHERIQUE A TULEAR

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M
1010	1010	1010,8	1012	1015	1018,2	1019,3	1018,38	1016,3	1014,2	1013	1011,11	1014

DIRECTION DU VENT

N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
575	2030	3208	8249	5483	9814	6188	13565	5742	6748	3220	2389	1206	214	256	285

VITESSE DU VENT

A	B	C	D	E	F
29055	51457	26202	16500	236	243

LISTE DES ABREVIATIONS

- ACU: Aumonerie Catholique Universitaire
- ADEMA: Aéroport De Madagascar
- ADES: Association Pour le Développement de Energie Solaire
- ANGAP : Agence Nationale pour la Gestion des Aires Protégés
- CNA : Centre National Antiacridien
- DRDR : Direction Régionale Pour le Développement Rural
- FOFIFA : Foiben'ny Fiompiana sy Fambolena
- HASYMA : Hasy Malagasy
- JIRAMA : JIro sy RAno MAlagasy
- MDP : Maison Des Paysans
- OSQ : Observation Synoptique Quotidienne
- RN : Route Nationale
- SAGE : Service d'appui pour la gestion environnementale
- TCM : Tableau Climatique Mensuel
- WWF : Wild World Fund for nature

LISTE DES FIGURES ET DES CARTES

- Figure N°1: Variation de la température dans chaque station
- Figure N°2 : Variation annuelle de la température
- Figure N°3 : Amplitude thermique
- Figure N°4 : Evolution de la température
- Figure N°5 : Variation de la pluviométrie dans chaque station
- Figure N°6 : Variation de précipitations
- Figure N°7 : Tendence de précipitations
- Figure N°8 : Variation de saison de pluie par décennie
- Figure N°9 : Direction du vent
- Figure N°10 : Force du vent

- Figure N°11 : Variation saisonnière de la pression
- Figure N°12 : Variation interannuelle de la pression
- Figure N°13 : Nébulosité moyenne mensuelle
- Carte N°1 : Répartition dans l'espace de la température
- Carte N°2 : Répartition dans l'espace de précipitations

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau N°1 : Effectif de découpage de la série de température
- Tableau N°2 : Résultat par quartile de la série de Température
- Tableau N°3 : Effectif de découpage de la série de précipitations
- Tableau N°4 : Résultat par quartile de la série de précipitations
- Tableau N°5 : Liste des cyclones tropicaux ayant passé dans la région
- Tableau N°6 : Liste des sécheresses qui ont touchée la région

LISTE DE PHOTOS

- Photo N°1 : Evaporomètre piche
- Photo N°2 : Thermomètre

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. BLAVOUX B. et LETOLLE R. (1995) : « *Apports des techniques isotopiques à la connaissance des eaux souterraines* ». *Géochronique*, 54, p. 12-15.
2. BUSSIERE M. (1996) : « *L'érosion des sols cultivés en France* ». Mém. D.E.S.S., Univ. Picardie, p.136
3. CARL TROLL (1963) : « *Seasonal climate of the Earth* » ... in *World Maps of climatology*, Berlin, P 26-30
4. CASABIANCA (D) (1966) : « *Les sables roux entre la désertification et l'expansion agricole* », Tananarive, IRAM, 2 Tomes, p.89
5. CHOISEL E. et NOILHAN J. (1995) : « *La prévision des sécheresses* », *La Recherche*, p. 34-40.
6. DONQUE (G) (1975): « *Les cyclones tropicaux à Madagascar* », *Revue de Géographie*, N°27, p.76
7. DUCHAUFOR P. (1991) : « *Pédologie* ». Masson, p.136
8. DUFOURNET (R) (1972) : « *Domaines climatiques de Madagascar* », *Revue de Géographie*, N°20, p.42
9. DUVERGE (P) (1949): « *L'indice d'aridité à Madagascar* », *Service Météo*, N°18, p.59.
10. GAUCHER G. (1968) : « *Traité de pédologie agricole* » Le sol. Dunod. P.96
11. GAUSSEN (H) (1955): « *Détermination des climats par la méthode des courbes ombrothermiques* », *CR. Acad. Sc*, t 240, p. 644-645
12. GAUTIER (E.F) (1902) : « *Madagascar, essai de géographie physique* », Thèse Faculté des lettres de Paris, Librairie maritime et coloniale A. Challamel, p.428
13. HOERNER (J.M) (1986) : « *Géographie régionale du Sud-ouest de Madagascar* », Tananarive, p 42-60.
14. LAMBERT R. (1996) : « *Géographie du cycle de l'eau* ». P.U.M. Toulouse. P.29
15. LE BOURDIEG (F) (1969) : « *Climatologie* », Tananarive, Atlas de Madagascar, Planches 8 et 10, p.89
16. MANA P, S. RAJAONARIVELO, MILEVILLE (1999) « *Production de charbon de bois dans deux situations forestières de la région de Tuléar* », Département de géographie de l'université de Tuléar. 2 IRD, BP 434, 101Tananarive. P.66
17. MARGAT J. (1990) : « *Les gisements d'eau souterraine* ». *La Recherche*, 221, p. 590-596
18. MARSILY DE G (1981) : « *Hydrogéologie quantitative* ». Masson, p.87

19. MASSON (1961) : « *Précis de climatologie* » 1^{ère} édition, Paris- VI^e Boulevard Saint-Germain, P 230-268
20. MASSON (1970): « *Précis de climatologie* » ,2^{ème} édition, Paris- VI^e Boulevard Saint-Germain, P 45-77
21. MASSON et CIE (1977): « *Précis de climatologie* », Paris- VI^e Boulevard Saint-Germain, P 53-78
22. MORAT (P) (1973): « *Les savanes du Sud-ouest de Madagascar* », Paris, Mémoire ORSTOM, p.25-40
23. NAPETOKE (M) (1985) : « L'eau dans l'extrême Sud-ouest de Madagascar » Thèse de Doctorat, Paris Sorbonne, P320
24. RAVET (J) (1958) : « *Les pluies à Madagascar et aux Comores* », publ Serv Météo Madagascar N°26, p.142
25. SALOMON J.N (1978): « Fourrée et forêt sèche du Sud-ouest Malgache », In Madagascar, *Revue de Géographie* N°32,
26. SALOMON J.N (décembre 1984) : « Le sud-ouest de Madagascar, étude de géographie physique », *Revue de géographie* N°45 juillet-, P 23-30
27. SOURDAT (M) (1969): « *Notes de climatologie descriptive* », Ronéotés, centre ORSTOM de Tananarive, 24 pp
28. VIERS .G (1968) : « *Elément de climatologie* », Nathan, P 56-106
29. MARTONNE .E DE (1940): « *Traité de géographie physique* », Tome I, Paris, P175-224
30. WHITE (F) (1986) « *La végétation en Afrique*), Mémoire ORSTOM, p.575

LIVRE TECHNIQUE

31. Groupe des Ingénieurs de la météorologie nationale : *LES NUAGES II* : Systèmes nuageux et types de ciels, Paris 1961
32. INSTRUCTIONS SUR LES CYCLONES, Antananarivo, Octobre 1977
33. Règlement technique des stations climatologie, Service météo Toliara 151, Janvier 1962
34. Instructions pour les stations pluviométriques, Service météo, Tananarive, Imprimerie officielle 1937
35. Instructions sur les cyclones, centre de service de cyclone tropical, Décembre 1996

36. Notice sur la climatologie de Madagascar, Météorologie nationale, publ N°31 éd 1970
37. CODES METEOROLOGIQUES : ACENA, Agence pour la sécurité de la navigation Aérienne en Afrique et Madagascar, éd 1^{er} Janvier 1968
38. NUAGES, TYPES DE CIELS, SYSTMES NUAGEUX : cours de météorologie « école d'application d'office national météorologique de France », Planches II, Paris à l'office nationale de météorologie 1941

WEBOGRAPHIE

39. http://unfccc.int/ressource/docs/napa/mda_01.pdf
40. <http://www.ecosysteme.fr/aridite.html>
41. <http://www.pnae.mg/ie/tbc/nationalo8/cgt-clim/donnees/pheno-meteo-xtrem.htm>
42. http://www.pnae.mg/ie/tbc/fiche_descriptive/cgt_clim/reponse/source/nrj_altr.htm
43. http://www.pnae.mg/ie/tbc/fiche_descriptive/cgt_clim/reponse/lcd_hm
44. http://www.pnae.mg/ie/tbc/fiche_descriptive/cgt_clim/reponse/projet_rappot_ccc.htm
45. http://www.pnae.mg/ie/tbc/fiche_descriptive/cgt_clim/pression/vent_dominant.htm
46. http://www.pnae.mg/ie/tbc/fiche_descriptive/cgt_clim/etat/var-reg-pluvio-reg.clim.htm
47. http://www.pnae.mg/ie/tbc/fiche_descriptive/cgt_clim/etat/pheno_rechauffemnt.htm
48. http://www.pnae.mg/ie/tbc/fiche_descriptive/cgt_clim/etat/pheno_desert.htm
- http://www.pnae.mg/ie/tbc/fiche_descriptive/cgt_clim/reponse/maladie_climat.htm

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	P.1
I PARTIE : METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE SUR LES VARIATIONS DU CLIMAT	
DANS LA REGION DE TULEAR.....P.2	
Chapitre I : ENQUETE SUR TERRAIN	P.3
I.1 Enquête préliminaire	P.3
I-2 Raisonement sur les variations du climat	P.3
I.1-2 1 Raisonement culturel	P.3
I.1-2 2 Raisonement économique	P.4
I-3 Revue documentaire	P.5
I-4 Caractéristique de la zone d'étude	P.5
Chapitre II.2 STAGE AU SERVICE DE LA METEOROLOGIE	P.7
II-1 Maitrise des appareils de mesure	P.7
II-2 Les stations utilisées	P.8
II-3 Les observations météorologiques.....	P.8
II-4 Technique d'observation	P.9
II.4 1 L'état du ciel.....	P.9
II-4 2 Relevé de température et humidité	P.9
II-4 3 Calcul à partir de règle psychométrique.....	P.9
II-5 Enregistrement de données	P.9
II-5 1 Le carnet d'observation	P.10
II-5 2 L' O S Q	P.10
II-5 3 Le T C M	P.10
II-6 Collecte des données enregistrées au service de la météorologie	P.10
II-6-1 Qualité des données	P.11
II-6-2 Information sur les données	P.11
Chapitre III TRAITEMENT DES DONNEES CLIMATIQUE COLLECTEES	P.12
III-1 Calcul à partir de modèle statistique	P.12
III-1 1 Température	P.12

III-1 2 Précipitations	P.14
III-2 Référence a les données normales du climat.....	P.16
III-2-1 Pour les précipitations	P.16
III-2-2 Pour les températures	P.16
III-3-3 Variation de deux normales de 30 ans par rapport à la normale	P.17
III-3 Les régions climatiques de la région de Tuléar	P.17
III-3-1 Sub- humide à hiver très frais d'altitude	P.17
III-3-2 Semi-humide et chaud	P.18
III-3-3 Semi-humide à hiver tempéré	P.18
III-3-4 Semi-aride à hiver tempéré.....	P.19
III-3-5 Semi-aride et chaud	P.18
III-4 Les variations de la température dans l'espace	P.19
III-5 Les variations de précipitations dans l'espace	P.20
II PARTIE : EVOLUTION DU CLIMAT DANS LA REGION DE TULEAR.....	P.23
Chapitre IV : AUGMENTATION DE LA TEMPERATURE ET TENDANCE AU RECHAUFFEMENT.....	P.24
IV-1 La hausse de la température	P.24
IV-1-1 Les extrêmes de la température par décennie	P.24
IV-1 2 Le phénomène de réchauffement	P.25
IV-2 La variation du cycle habituel de la température.....	P.26
IV-2-1 Longue saison chaude et courte saison froide	P.26
IV-2-2 Variation du cycle journalier de la température	P.27
IV-2-3 Variation de l'amplitude thermique	P.28
IV-3 tendance et linéaire de la température	P.29
Chapitre V : DIMINUTION DES PRECIPITATIONS ET VARIATION DE REGIME PLUVIOMETRIQUE	P.30
V-1 l'évolution de précipitations	P.30
V-1-1 Variation de précipitations par rapport à la moyenne	P.30
V-1-2 Tendance de Précipitations	P.31
V-2 Variation de saison de pluie	P.32
V.2-1 Variation saisonnière de précipitations suivant le six décennie	P.32
V-2-2 Coefficient pluviométrique de chaque station	P.34

V-2-3 Variation de moyenne mensuelle par décennie	P.35
V-2-4 Variation de pluie journalière	P.36
V-2-5 Variation de nombre de jour de pluie	P.36
Chapitre VI- LES AUTRES PHENOMENES METEOROLOGIQUES	P.37
VI-1 Vent	P.37
VI-1-1 Direction du vent	P.37
VI-1-2 Force du vent	P.37
VI-2 Pression atmosphérique	P.38
VI-2-1 variation saisonnière de la pression atmosphérique	P.39
VI-2-2 Evolution de la pression atmosphérique	P.40
VI-3 Nébulosité	P.40
VI-4 la rosée matinale	P.41
VI-5 Le brouillard	P.41
VI-6 L'insolation	P.42
VI-7 Humidité de l'air	P.42
Chapitre VII- LES PHENOMENES METEOROLOGIQUES EXTREMES	P.43
VII-1 Les cyclones tropicaux et dépressions tropicales	P.43
VII-1-1 Liste des cyclones ayant passé dans la région	P.43
VII-1-2 Période et durée de passage de cyclone	P.45
VII-2 La sécheresse	P.45
VII-2-1 Les période de sécheresse	P.46
VII-2-2 Liste de sécheresses qui ont touchée la région	P.46
III PARTIE : DISCUSSIONS CONCERNANT LES VARIATIONS DU CLIMAT.....	P.48
Chapitre VIII : LES FACTEURS DE VARIATIONS.....	P.49
VIII-1 Causes physiques	P.49
VIII-1-1 Le relief	P.49
VIII.1-2 L'effet de foehn	P.49
VIII.1-3 La dépression de canal de Mozambique	P.50
VIII-1-4 L'action de front polaire	P.50
VIII-2 Pollution atmosphérique	P.50

VIII-2-1 les carbonisations traditionnelles	P.50
VIII-2-2 Les feux de brousse	P.51
VIII-2-3 La déforestation	P.52
VIII-2-4 Les désertifications et changement climatiques	P.53
VIII-2-5 La circulation automobile et centrale thermique	P.53
VIII-2-6 Le Traitement phytosanitaire et lutte antiacridienne	P.54
VIII-2-7 Les déchets d'ordure	P.54
VIII-2-8 Les déjections animales	P.54
VIII-2-9 Le champs de culture	P.55
Chapitre IX CONSEQUENCES DE VARIATIONS CLIMATIQUES	P.55
IX-1 Conséquences sur les milieux naturels.....	P.55
IX-1-1 Assèchement hydrologique	P.55
IX-1-2 La désertification	P.56
IX-1-3 Dégradation des sols	P.56
IX-1-4 Impact sur la végétation	P.56
IX-2 Conséquence sur les milieux humains	P.57
XI-2-1 L'inondation	P.57
XI-2-2 Maladies liées au climat	P.57
IX-2-3 Conséquences sur le mode de vie	P.58
IX-2-4 Conséquences sur la vie économique	P.58
IX-2-5 Problème de l'eau	P.59
Chapitre X- RECOMMANDATIONS	P.60
X-1 Conservation et valorisation de ressource forestière	P.60
X-1-1 Sensibilisation de la population locale	P.60
X-1-2 Le reboisement	P.60
X-1-3 Renforcement de rôle de société civile	P.61
X-1-4 Rôle de l'Etat.....	P.61
X-1-5 Limitation de feux de brousse	P.61
X-1-6 Contrôle de déchets d'ordure.....	P.61
X-2 Utilisation de l'énergie renouvelable	P.62

X-2-1 l'énergie solaire	P.62
X-2-2 l'énergie éolienne	P.62
X-2-3 Le biocarburant	P.62
X-2-4 Utilisation de four à charbon plus économique	P.63
X.4.3 Autres solutions	P.63
X-3-1collecte et utilisation de l'eau de pluie.....	P.63
X-3-2 Programme d'appui pédagogique	P.63
CONCLUSION.....	p.64
ANNEXE	p.66
LISTE DES ABREVIATIONS.....	p.73
LISTE DES FIGURES ET DES CARTES.....	p.73
LISTE DES TABLEAUX.....	p.74
LISTE DES PHOTOS.....	p.74
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE.....	p.75
LIVRE TECHNIQUE.....	p.76
WEBOGRAPHIE.....	p.77
TABLE DE MATIERE	p.78