

## SOMMAIRE

<i>REMERCIEMENTS</i> : .....	<i>page i</i>
<i>SOMMAIRE</i> : .....	<i>page ii</i>
<i>LISTE DES FIGURES</i> .....	<i>page iii</i>
<i>LISTE DES TABLEAUX</i> .....	<i>page iv</i>
<i>LISTE DES ABREVIATIONS</i> .....	<i>page v</i>
<i>INTRODUCTION</i> .....	<i>page 1</i>
<i>PARTIE I : GENERALITE SUR LA TEMPERATURE, ANALYSE DES RISQUES LIES A L'EVOLUTION DE LA TEMPERATURE</i> .....	<i>page 2</i>
<i>CHAPITRE I : NOTION GENERALE SUR LA TEMPERATURE</i> .....	<i>page 2</i>
<i>CHAPITRE II : ANALYSE DES RISQUES LIES A L'EVOLUTION DE LA TEMPERATURE</i> .....	<i>page 8</i>
<i>PARTIE II : MESSURE A PRENDRE POUR GERER ET REDUIRE LES RISQUES LIES A CETTE EVOLUTION</i> .....	<i>page 18</i>
<i>CHAPITRE III. MESURES A PRENDRE POUR GERER LES RISQUES LIES A CETTE EVOLUTION</i> .....	<i>page 18</i>
<i>CHAPITRE IV : LA REDUCTION DES RISQUES DE CATASTROPHES AUX COMORES</i> .....	<i>page 22</i>
<i>PARTIE III. METHODOLOGIES DE L'ETUDE ET PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS ET INTERPRETATION</i> .....	<i>page 31</i>
<i>CHAPITRE V : LA ZONE D'ETUDE</i> .....	<i>page 31</i>
<i>CHAPITRE VI : LES MATERIELS</i> .....	<i>page 32</i>
<i>CHAPITRE VII : METHODES</i> .....	<i>page 34</i>
<i>CHAPITRE VIII : RESULTATS ET INTERPRETATION</i> .....	<i>page 36</i>
<i>CONCLUSION</i> .....	<i>page 42</i>
<i>REFERENCES WEBOGRAPHIQUES</i> .....	<i>page a</i>
<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i> .....	<i>page d</i>

## LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Thermomètre utilisé pour mesurer la température de l'air.....</i>	<i>page 3</i>
<i>Figure 2 : Profil vertical de l'atmosphère.....</i>	<i>page 5</i>
<i>Figure 3 : Approvisionnement en eau en période de sécheresse : les habitants de Fomboni sont contraints de se rendre à boingoma, le village voisin, pour s'approvisionner en eau.....</i>	<i>page 8</i>
<i>Figure 4 : Les différents types des sécheresses.....</i>	<i>page 9</i>
<i>Figure 5 : Un cyclone vue d'un Satellite.....</i>	<i>page 11</i>
<i>Figure 6 : les étapes de formation d'un cyclone.....</i>	<i>page 12</i>
<i>Figure 7 : Maison amener par l'inondation en 2016 dans la région de Fomboni.....</i>	<i>page 14</i>
<i>Figure 8 : Le cycle de gestion des risques de catastrophes en quelques étapes.....</i>	<i>page 21</i>
<i>Figure 9 : Système d'alerte pour l'éruption volcanique, les cyclones et tsunamis et épidémie.....</i>	<i>page 24</i>
<i>Figure 10 : Présentation de la zone d'étude.....</i>	<i>page 31</i>
<i>Figure 11 : Température moyenne journalière de 1979 à 2016.....</i>	<i>page 36</i>
<i>Figure 12 : Température moyenne mensuelle de 1979 à 2016.....</i>	<i>page 37</i>
<i>Figure 13 : Température moyenne mensuelle de 1979 à 2016.....</i>	<i>page 38</i>
<i>Figure 14 : Température cumulé de 1979 à 2016.....</i>	<i>page 39</i>
<i>Figure 15 : Anomalie de la température de 1979 à 2016.....</i>	<i>page 40</i>
<i>Figure 16 : Moyenne mensuelle climatologique de 1979 à 2016.....</i>	<i>page 41</i>

## **LISTE DES TABLEAUX**

*Tableau 1 : Les échelles de température.....page 3*  
*Tableau 2 : La composition de l'air sec.....page 6*  
*Tableau 3 : Tableau récapitulant les valeurs observées dans la figure 16.....page 41*

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**ANACEM** : Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie  
**COSEP** : Centre des Opérations de Secours et de Protection Civile  
**CRCo** : Croissant Rouge Comorien  
**DNPC** : Direction Nationale de la Protection Civile  
**DGSC** : Direction Générale de la Sécurité Civile  
**DyACO** : Dynamique de l'Atmosphère du Climat et des Océans  
**ECMWF**: European Center for Medium rang Weather Forecas  
**GES** : Emission de Gaz à effets de Serre  
**GIEC** : Groupe d'Expert Intergouvernemental sur l'évolution du Climat  
**GRC**: Gestion des Risques de Catastrophes  
**LIGCRR** : Licence d'Ingénierie en Gestion des Catastrophes et Réductions des Risques  
**MATLAB** : Matrix Laboratory  
**MAMWE** : MADJI NA MWENDJE (Société d'eau et d'électricité des Comores)  
**ONG** : Organisation Non Gouvernementale  
**OVK** : Observatoire Volcanologique du Karthala  
**PNUD** : Programme des Nations Unis pour le Développement  
**RRC** : Réduction des Risques de Catastrophes  
**SOS** : Save Our Souls

## INTRODUCTION

La science reconnaît que le changement climatique a des conséquences dramatiques, en particulier dans les pays les Moins Avancés (PMA), en raison de leur situation géographique et leurs conditions climatiques, de leur forte dépendance à l'égard des ressources naturelles, leur retard économique et leurs capacités limitées à s'adapter à l'évolution du climat. Les prévisions climatiques et l'observation des tendances actuelles semblent indiquer un prolongement de la saison sèche et une diminution drastique des précipitations. L'agriculture serait le premier secteur à en pâtir.

La température de l'air tient un rôle important sur le plan socio-économique des pays en voie de développement comme les Comores. Pour la majorité des comoriens, la température de l'air occupe une place incontournable dans la vie quotidienne surtout dans l'activité agricole. Elle est à l'origine de toute eau douce disponible dans certaines zones. Le déficit en eau pourrait se répercuter, non seulement sur le secteur agricole, mais aussi en termes d'accès et de qualité pour les populations. [1]

Ce mémoire a pour objectifs de déterminer les aléas causés par les températures extrêmes dans la région de Fomboni ainsi que les mesures nécessaires pour réduire les risques et leurs catastrophes.

Notre étude se localise à 12°16'34''Sud de latitude et à 43°44'19''Est de longitude. Elle est basée sur la région de Fomboni dans la partie Sud de l'île de Mohéli avec une population de 20 000 habitants environ.

Alors pour ce faire, ce travail est scindé en trois grandes parties :

La première partie qui énoncera quelques généralités sur la température et l'analyse des risques liés à l'évolution de la température. Puis, la deuxième partie les mesures à prendre pour la gestion des risques et réduire les risques de catastrophe. Enfin, la troisième partie se compose dans un premier temps de la localisation de la zone d'étude, l'extraction de la base de données, les matériels utilisés ; les différentes méthodes utilisées tout au long de notre travail et en dernier la présentation des résultats obtenus et interprétation concernant l'exploitation de ces résultats.

A la fin de toute étude, le travail sera fini avec une conclusion.

# PARTIE I : GENERALITES SUR L'ETUDE

## CHAPITRE I : NOTION GENERALE SUR LA TEMPERATURE

### I.1. Présentation et définition de la température

La notion de température est d'abord une notion subjective. Par le sens du toucher, nous constatons que certains corps sont plus ou moins chauds, c'est-à-dire que leur température est plus ou moins élevée. Pour chauffer un corps matériel, nous savons tous qu'il faut lui fournir de la chaleur. Les notions de température et de chaleur ne sont pas synonymes, comme pourrait le laisser entendre certaines expressions courantes comme « il fait chaud » ou « quelle chaleur ! ». [2]

#### I.1.1. Définition [3] :

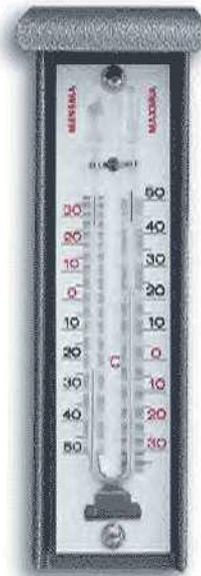
La *température* mesure une grandeur physique liée à la sensation de chaud et froid d'un corps par rapport à un autre corps. Par définition, une température est une mesure numérique d'une chaleur, sa détermination se fait par détection de rayonnement thermique, la vitesse des particules, l'énergie cinétique, ou par le comportement de la masse d'un matériau thermométrique.

#### I.1.2. La température en météorologie [4] :

En météorologie, la température de l'air – dite température sous abri – est, par définition, celle mesurée avec un thermomètre (ou une sonde) placé à 1,5 m du sol dans un abri ajouré. Mais la perception physiologique de la température varie d'un individu à l'autre et selon les conditions atmosphériques (vent, pluie, ensoleillement...). Ainsi, à température donnée, la sensation de froid est plus vive en présence de vent que par temps calme, à cause du refroidissement éolien.

### I.2. Instrument de Mesure [5]

Le thermomètre (*figure 1*) : il s'agit d'un instrument qui permet de mesurer la température de l'air. Il est constitué de tube de verre contenant un liquide (de l'alcool). Lorsque la température augmente, le liquide se dilate et monte dans le tube ; Lorsque la température diminue, le liquide se contracte et son niveau baisse.



**Figure 1** : Thermomètre utilisé pour mesurer la température de l'air

(<http://www.passion-meteo.net/decouverte/instrument.htm>)

### I.3 Les échelles de température [6]

Les échelles les plus connues sont regroupées dans le **tableau 1** suivant :

*Tableau 1 : Les échelles de température*

Nom de l'échelle	Auteur	Date de création	Température de la glace fondante	Température d'ébullition de l'eau à la pression atmosphérique normale
Echelle Fahrenheit	David Fahrenheit	1724	32°F	212°F
Echelle Réaumur	Antoine Ferchault de Réaumur	Seconde moitié du XVIII <sup>ème</sup> siècle	0°R	80°R
Echelle Celsius	Anders Celsius	1742	0°C	100°C
Echelle centigrade usuelle	Jean-Pierre Christin	1743	0°C	100°C

## **I.4 Unité de la température [7]**

L'unité légale de température est le kelvin, noté K, dont l'échelle est définie à partir de deux états: la température d'équilibre glace-liquide-vapeur, ou point triple de l'eau, qui vaut 273,15 K, et le zéro absolu ( $T=0\text{K}$ ), qui correspond à un état où les atomes et les molécules ne s'agiteraient plus (énergie cinétique nulle). En principe, le zéro absolu représente aussi la limite inférieure des températures observables dans l'Univers.

Dans la vie courante, on utilise plutôt le degré Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) dont l'échelle est définie à partir de la glace fondante ( $T=0^{\circ}\text{C}$ ) et de l'eau bouillante ( $T=100^{\circ}\text{C}$  à la pression normale de 1013,25hPa). Les pays anglo-saxons utilisent l'échelle Fahrenheit pour laquelle la glace fond à  $32^{\circ}\text{F}$  et l'eau bout à  $212^{\circ}\text{F}$  à la pression normale.

Dans notre étude, on a utilisé l'unité Celsius comme unité de mesure.

## **I.5 Température atmosphérique**

### **I.5.1 Structure de l'atmosphère (figure 2)**

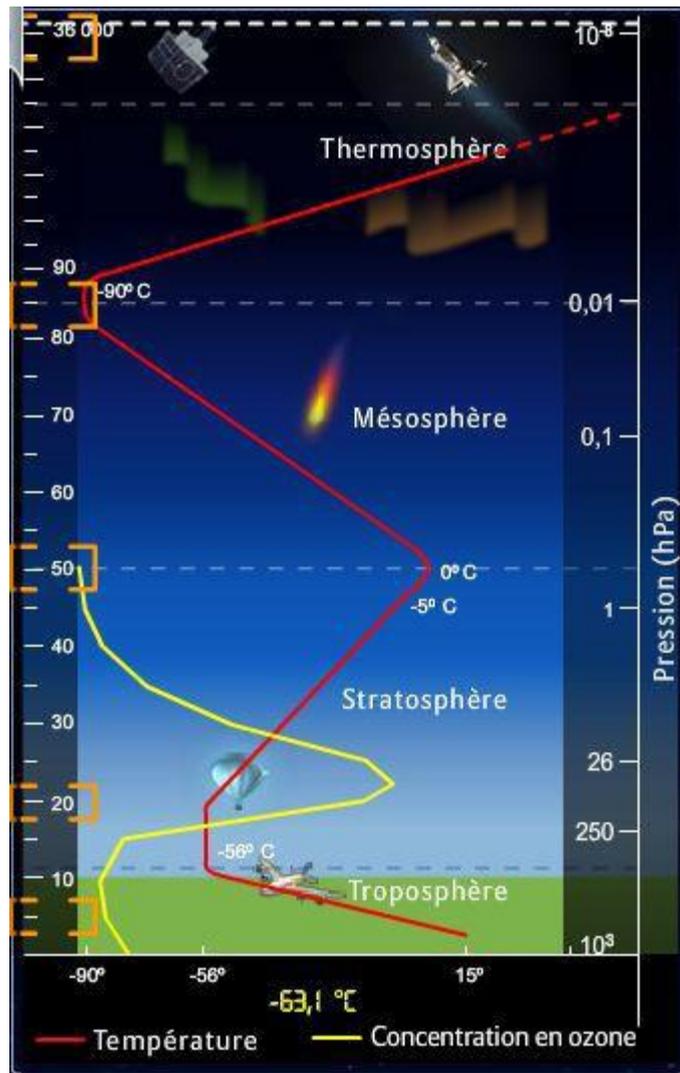
L'atmosphère peut être découpée en cinq couches qui sont la troposphère, la stratosphère, la mésosphère, la thermosphère et l'ionosphère [8]. Il est essentiellement constitué d'un mélange gazeux, l'air [9]. L'épaisseur de l'atmosphère est fluctuante, entre 350 et 800 km ; elle dépend en particulier de l'activité solaire ; l'épaisseur moyenne est d'environ 600 km.

Au-delà de cette altitude, on est dans l'exosphère : ce n'est pas le vide qui y règne, on y rencontre encore quelques très rares particules, d'hydrogène et d'hélium essentiellement, mais si rares que l'on peut considérer qu'il n'y a jamais de collision entre elles. Ces particules ne sont plus retenues par la gravité terrestre et peuvent s'échapper vers l'espace.

Le passage de l'atmosphère à l'exosphère ne se présente pas du tout comme une frontière nette entre deux domaines de caractéristiques bien distinctes, mais plutôt comme une transition progressive. En effet, le nombre de molécules de gaz par mètre cube diminue constamment à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère, jusqu'à atteindre les concentrations très faibles, caractéristiques de l'exosphère.

Les molécules des gaz atmosphériques sont donc essentiellement concentrées près du sol.

Ainsi, la moitié de la masse de l'atmosphère se situe au-dessous de 5 500 mètres, les 3/4 au-dessous de 10 km, les 9/10 au-dessous de 16 km ; 99 % de la masse de l'atmosphère se situe entre 0 et 30 km. Dans cette couche, la composition chimique de l'air est relativement homogène [10].



**Figure 2** : Profil vertical de l'atmosphère (extrait de l'animation "La structure verticale de l'atmosphère")

### I.5.2 Composition chimique de l'atmosphère terrestre [10] (Tableau 2)

L'atmosphère terrestre est originale, comparée à celles des autres planètes du système solaire. Ainsi, les atmosphères de Vénus et de Mars sont très riches en dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> (respectivement 97 % et 95 % de ce gaz), alors que l'atmosphère terrestre en contient très peu. L'eau joue un rôle extrêmement particulier dans l'atmosphère terrestre : la vapeur d'eau est le seul gaz à y présenter une concentration très variable dans le temps et dans l'espace. Les autres gaz, eux, ont une concentration relativement stable et homogène, même s'il y a évidemment des fluctuations. Une autre particularité de l'eau, essentielle, est que ce corps est le seul présent dans l'atmosphère à présenter des changements d'état aux températures habituellement rencontrées sur notre planète. En moyenne, elle ne représente que 0,25% de la masse totale de l'atmosphère, ce qui en fait un constituant assez minoritaire. L'eau se rencontre essentiellement dans les premiers

kilomètres de l'atmosphère. On la trouve sous forme de vapeur, et aussi sous forme liquide (dans les nuages, brouillards...) et solide (dans certains nuages).

Décrivons maintenant la composition de l'air sec, avec le **tableau 2** ci-dessous :

*Tableau 2 : La composition de l'air sec*

Gaz constituants l'air sec	Pourcentage en volume
Azote ( N <sub>2</sub> )	78,09
Dioxygène ( O <sub>2</sub> )	20,95
Argon ( A )	0,93
Dioxyde de carbone ( CO <sub>2</sub> )	0,035
Néon ( Ne )	1,8 10 <sup>-3</sup>
Hélium ( He )	5,24 10 <sup>-4</sup>
Krypton ( Kr )	1,0 10 <sup>-4</sup>
Hydrogène ( H <sub>2</sub> )	5,0 10 <sup>-5</sup>
Xénon ( Xe )	8,0 10 <sup>-6</sup>
Ozone ( O <sub>3</sub> )	1,0 10 <sup>-6</sup>
Radon ( Rn )	6,0 10 <sup>-18</sup>

Signalons que cette liste de gaz n'est pas exhaustive ; certains gaz dont les pourcentages en volume sont encore plus faibles n'apparaissent pas.

On constate sur ce tableau que trois gaz, l'azote, le dioxygène et l'argon, constituent presque 100% du total ; les autres gaz ne représentent chimiquement que des traces. Malgré leur très faible concentration, certains de ces gaz à l'état de trace jouent un rôle important.

Ainsi, les gaz dits « à effet de serre » limitent les pertes d'énergie par rayonnement de la surface de la Terre, et entraînent donc un réchauffement de la température de notre planète. L'effet de serre est très bénéfique pour la Terre : sans lui, les températures seraient glaciales, peu propices à la vie. Le problème mis en évidence au cours des dernières décennies réside dans l'augmentation de l'effet de serre à cause des activités humaines (l'utilisation croissante des combustibles fossiles et accessoirement le déboisement). Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et le méthane (CH<sub>4</sub>) sont deux gaz impliqués dans cette augmentation de l'effet de serre.

L'ozone O<sub>3</sub> joue lui aussi un rôle crucial, malgré sa très faible concentration. Son importance réside dans sa capacité à absorber une grande partie des rayonnements ultraviolets en provenance du Soleil et à « protéger » la surface de la Terre de ce rayonnement dangereux.

### **I.5.3 Variation de la température avec l'altitude [10] (figure 2)**

On a mis en évidence, dans l'atmosphère, un certain nombre de couches caractérisées par leur profil thermique vertical.

- La première couche, celle dans laquelle nous vivons, s'appelle la **troposphère**. Elle est épaisse d'une dizaine de kilomètres, et elle est caractérisée par une décroissance moyenne de la température avec l'altitude de 0,65 °C par 100 mètres. La troposphère est la couche dans laquelle ont lieu l'immense majorité des phénomènes météorologiques ; elle contient presque toute la vapeur d'eau. La limite supérieure de la troposphère s'appelle la tropopause. Son altitude varie en fonction de la latitude, ainsi que de la situation météorologique. On la trouve en moyenne vers 6 à 8 km aux pôles, 11 km aux latitudes tempérées et vers 16-18 km aux latitudes équatoriales.

- La seconde couche s'appelle la **stratosphère**, caractérisée par une croissance de la température avec l'altitude, d'abord très faible, puis devenant plus nette à partir de 30 km.

La limite supérieure de la stratosphère s'appelle la stratopause, qui se situe en moyenne vers 50 km d'altitude, avec une température moyenne de 0 °C.

- La troisième couche s'appelle la **mésosphère** ; on y observe une décroissance rapide de la température avec l'altitude, cessant brusquement à la mésopause, située vers 80 km et 1 Pa et où l'on a des températures comprises entre -120 °C et -50 °C.

- Enfin, au-delà de 85 km environ, c'est la **thermosphère** ; on y observe une augmentation rapide de la température avec l'altitude. Signalons que les molécules de gaz y deviennent si rares que la notion de température établie sur l'agitation des molécules n'a plus vraiment de sens à partir de 100 km environ. À ces hautes altitudes, les particules commencent à interagir avec le vent solaire.

La température est totalement liée à la composition chimique de l'atmosphère, et à la capacité des différents gaz qui la composent d'absorber certains rayonnements. Ainsi, l'augmentation de la température avec l'altitude dans la stratosphère, et donc le maximum relatif de température à la stratopause, s'explique par l'absorption des UV par l'ozone stratosphérique.

## Chapitre II : ANALYSE DES RISQUES LIES A L'EVOLUTION DE LA TEMPERATURE

### II.1 Sècheresse

#### II.1.1 Définition [11]

D'après la définition des climatologues, on parle de sécheresse lorsqu'il n'y a pas eu de précipitations sur une zone pendant une longue période. La sécheresse ne sera pas déclarée de la même façon selon les pays et leur climat. La *figure 3* nous montre l'approvisionnement en eau potable en période de sècheresse.



**Figure 3** : Approvisionnement en eau en période de sècheresse : les habitants de Fomboni sont contraints de se rendre à boingoma, le village voisin, pour s'approvisionner en eau.

(Source : [http://fr.africatime.com/sites/default/files/styles/une\\_pays/public/photoarticles/2015/...](http://fr.africatime.com/sites/default/files/styles/une_pays/public/photoarticles/2015/...))

#### II.1.2 Les différents types de sécheresse [12]

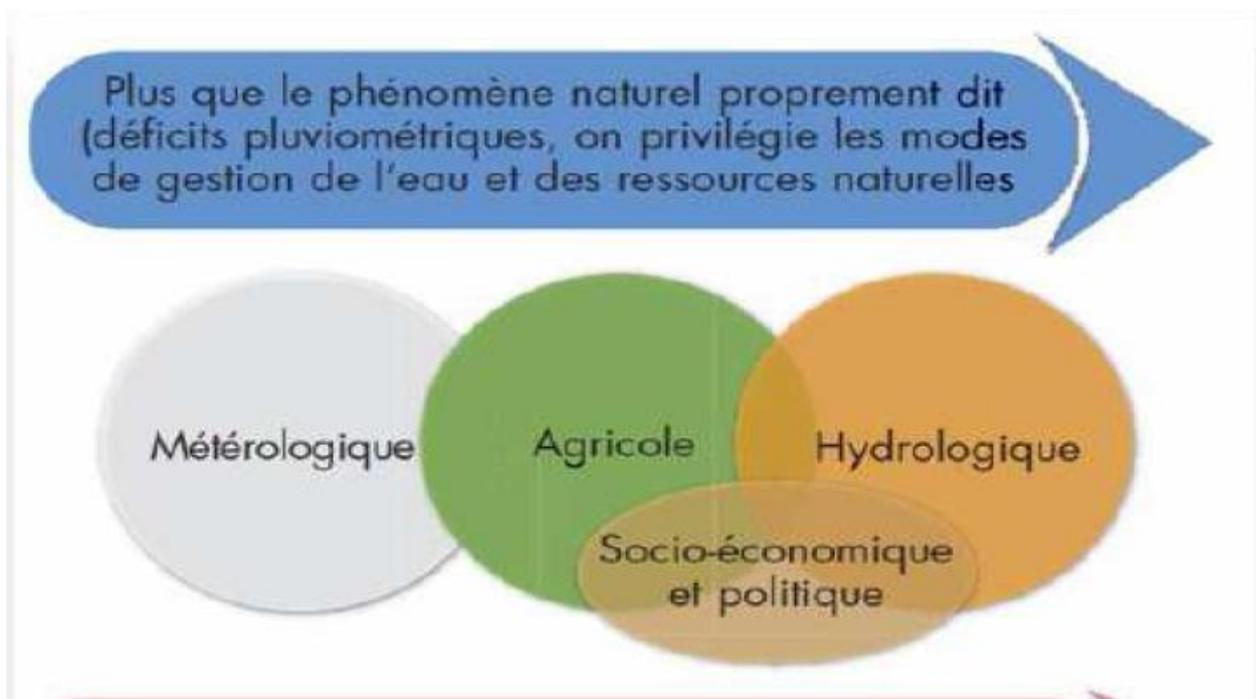
Il existe plusieurs types de sécheresses :

- **La sécheresse météorologique** correspondant à un déficit prolongé de précipitations ;
- **La sécheresse agricole** qui se caractérise par un déficit en eau dans les sols d'une profondeur maximale de 2 mètres, qui a un impact sur le développement de la végétation. Ce type de sécheresse va dépendre des précipitations reçues sur la zone, ainsi que de

l'évapotranspiration des plantes. Cette sécheresse sera donc sensible au climat environnant, soit l'humidité, les précipitations, la température ambiante, le vent mais aussi le sol et les plantes ;

- **La sécheresse hydrologique** se manifeste lorsque les cours d'eaux (nappes souterraines, lacs ou rivières) montrent un niveau anormalement bas. Les précipitations vont être un facteur clé, du type de sol contenant les cours d'eau, selon s'il est perméable ou non ce qui va jouer sur l'infiltration et le ruissellement de l'eau.

La **figure 4** nous donne les différents types des sécheresses.



**Figure 4 :** Les différents types des sécheresses, (Source : SOS, 2004)

### II.1.3 Les causes des sécheresses [12]

Le manque d'eau est la principale cause de la sécheresse. Lorsque l'hiver ou le printemps n'ont pas été suffisamment pluvieux, les réserves d'eau ne sont pas assez remplies. Le manque d'eau accompagné de températures élevées va accentuer le phénomène de sécheresse car il y aura davantage d'évaporation et de transpiration des plantes (évapotranspiration) ce qui assèche les sols. Pour être dans des configurations de sécheresse, il faut donc qu'un certain type de temps persiste. Les dépressions sont des phénomènes climatiques (des masses d'air froides et humides ascendantes) qui engendrent des précipitations. Les anticyclones (masses d'air descendantes) vont

favoriser l'apport d'air chaud et sec, donc pas de précipitations. Ainsi, pour être dans un état de sécheresse, il faut qu'un anticyclone soit présent pendant une certaine période de temps.

Le manque d'eau et les températures élevées sont des causes naturelles de la sécheresse.

Les activités humaines vont accentuer la sécheresse. En effet, le manque d'eau va créer un déficit dans les réserves et si ces dernières sont mal gérées, alors la sécheresse sera d'autant plus marquée.

L'agriculture, les usines, et les habitations nécessitent un apport en eau important. Seulement, tout n'est pas "nécessaire" à l'Homme et parfois, les consommations sont excessives. Ainsi, des restrictions d'eau doivent être mises en place pour ne pas abaisser encore plus le niveau des nappes phréatiques et les cours d'eau qui étaient déjà déficitaires.

#### **II.1.4 Les conséquences des sécheresses [12]**

Les principales conséquences de la sécheresse sont :

- **Sur la population** : la santé des enfants et des personnes âgées est très fragile et sensibles aux fortes chaleurs car ils n'ont pas le réflexe, ni l'envie de boire pour lutter contre leur déshydratation qui peut tuer ;
- **Sur la faune** : de même que pour la population, un manque d'eau affecte les poissons vivant dans l'eau, mais aussi les animaux qui s'abreuvent aux points d'eau ;
- **Sur les forêts** : la sécheresse va rendre les arbres plus secs et déshydratés ce qui peut causer leur mort. De plus, une végétation très sèche sera propice aux départs de feux ;
- **Sur l'agriculture** : l'irrigation des cultures (tel que le blé en France) est affectée par la sécheresse car les réserves d'eau sont faibles ;
- **Sur les sols** : en automne, les sols asséchés, qui ont pourtant besoin de se recharger en eau, ne vont plus pouvoir absorber les précipitations, créant des inondations et glissement de terrain ;
- **Sur les réserves d'eau potable** : l'alimentation et l'évacuation des eaux ménagères ne se font pas correctement, car le niveau des rivières, des fleuves et des nappes est très bas. Dans certaines zones rurales, l'eau est rationnée ou coupée ;

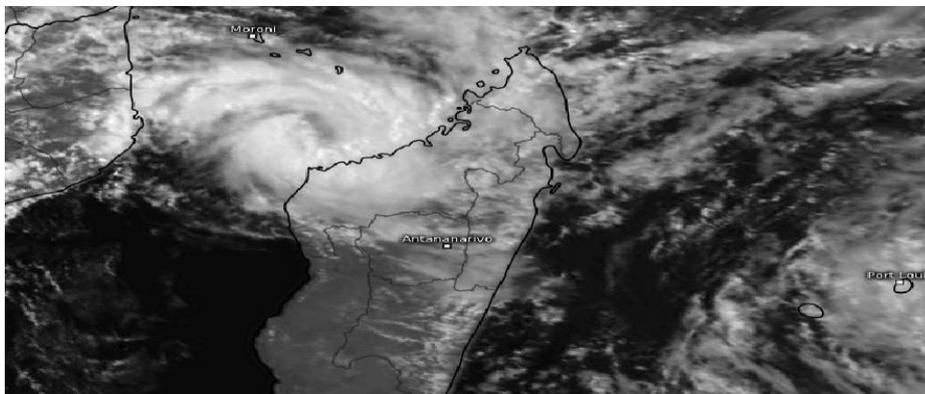
- **Sur la production d'électricité** : l'eau est utilisée pour refroidir certaines centrales nucléaires, elles sont donc coupées pendant les sécheresses et périodes de canicule alors que la demande en électricité augmente : climatisation, ventilateur, réfrigérateur qui nécessitent beaucoup d'électricité.

Les conséquences de la sécheresse peuvent perdurer longtemps après le retour des pluies : denrées alimentaires rares et chères, ressources en eau peu abondantes, sols érodés et bétail affaibli, sans parler des conflits juridiques et sociaux qui peuvent persister

## II.2 Les cyclones

### II.2.1 Définition [13]

Les cyclones désignent le phénomène météorologique des tempêtes tropicales fortes et font partie des risques naturels les plus répandus sur la planète. Accompagnés de pluies torrentielles et de puissantes rafales de vent, les cyclones causent chaque année d'importants dégâts matériels et peuvent faire des centaines, voire des milliers de victimes. La **figure 5** représente un cyclone dans le canal de Mozambique.



**Figure 5** : Un cyclone vu d'un Satellite

(Source : <http://www.cycloneoi.com/medias/album/13-02-85-1200utc.jpg>)

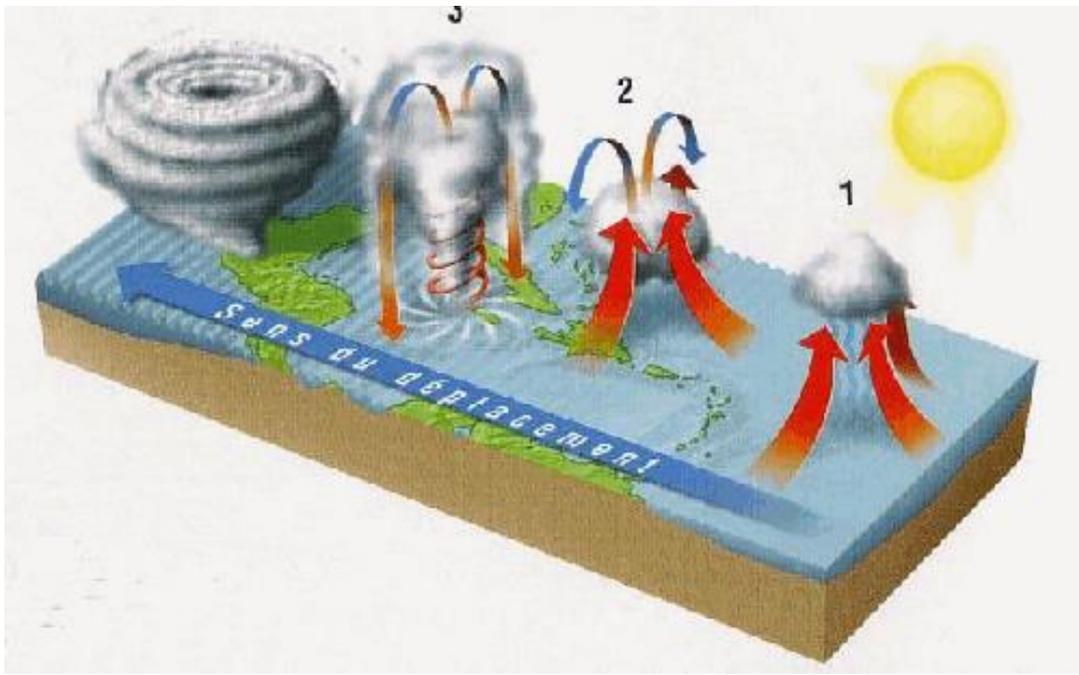
### II.2.2 Formation d'un cyclone [13]

A l'origine d'un cyclone, il y a une dépression tropicale : des nuages chargés de pluie et des vents, qui, sous l'impulsion de la force de Coriolis, soufflent dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Sud, et inversement dans l'hémisphère Nord. C'est ce qui donne la structure en spirale des cyclones, telle qu'on peut l'observer sur les images par satellite. Ces tempêtes tropicales se forment généralement dans une zone s'étirant à 20° de part et d'autre de l'Equateur.

Lorsque les vents atteignent les 17mètres par seconde, soit 63km/h, sur une durée soutenue d'une minute, la dépression est classée en tempête tropicale.

Une fois le seuil des 33mètres par seconde dépassé (soit 118km/h), on parle de cyclone tropical.

(Figure 6)



**Figure 6** : les étapes de formation d'un cyclone, (Source : <http://cyclones.e-monsite.com>, 2014)

### II.2.3. Les différents types de cyclones [14]

Il existe quatre types de cyclones :

- les cyclones tropicaux
- les cyclones extratropicaux
- les cyclones subtropicaux
- les cyclones polaires

#### a) Les cyclones tropicaux

Les cyclones tropicaux sont les cyclones classiques qui forment au-dessus des eaux tropicales comme leur nom l'indique. Pour qu'ils se forment il faut que l'eau soit au minimum à 26°C sur 60 mètre d'épaisseur. Les cyclones tropicaux se forment à une distance supérieure à 550 km de l'équateur car la force de Coriolis qui est favorable à leur formation prend effet à cette distance.

#### b) Les cyclones extratropicaux

Les cyclones extratropicaux sont assez différents des cyclones tropicaux, ils se forment en hiver entre octobre et mars alors que leurs frères se forment en été. Les cyclones tropicaux ont pour source d'énergie la condensation de l'eau dû à la forte température de celle-ci alors que les extras tropicaux se forment grâce à la différence de température de l'eau quand elle est très grande.

#### c) Les cyclones subtropicaux

Ces cyclones sont appelés subtropicaux car ils se forment aux latitudes subtropicaux. Les cyclones subtropicaux sont un mélange entre les cyclones tropicaux et les extratropicaux. En effet il présente des caractéristiques communes aux deux types précédents de cyclones.

#### d) Les cyclones polaires

Ces cyclones sont exactement les mêmes que les cyclones extratropicaux mise à part le fait qu'ils ne se forment pas dans les mêmes zones, ils se forment dans les latitudes arctique et antarctique. IL y a plus de cyclone polaire dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud.

### II.2.4 Les conséquences des cyclones [15]

- Conséquences humaines : Les causes de décès ou de blessures sont surtout dues aux marées de tempête provoquant l'inondation des zones basses littorales et aux effets liés aux fortes précipitations (chute de blocs, coulées boueuses...).
- Conséquences sur les biens ; destruction partielle ou totale des édifices, des infrastructures de transports, des infrastructures industrielles, des réseaux divers (eaux, électricité, télécommunication), des infrastructures agricoles et interruption des liaisons aériennes et maritimes. Ces destructions peuvent avoir un cout considérable et entraînent l'apparition de beaucoup de sans-abris.
- Conséquences sur l'environnement : destruction des zones forestières, des cultures, du bétail, dégâts sur la faune et la flore liés aux inondations et aux vents violents.

### II.3. Les Inondations

#### II.3.1 Définition [16]

Débordement d'eau qui submerge les terrains environnants.

Elle peut être bénéfique quand elle est lente : apport de limons fertilisants. Elle peut être désastreuse quand elle est violente : ravine le sol et dépôt de matériaux grossiers et stériles. Si

l'inondation concerne des zones habitées, il se transforme rapidement en risque et entraîne des conséquences plus ou moins grave sur les populations, leurs biens et l'environnement. (**Figure 7**)



**Figure 7 :** Maison ravagée par une inondation en 2016 dans la région de Fomboni  
(Source : <http://www.comores-infos.net/wp-content/uploads/2016/02/Screenshot>)

### **II.3.2. Types d'inondations [17]**

On distingue quatre types d'inondations :

#### **✓ L'inondation à montée lente**

Cette inondation concerne la montée progressive du niveau d'eau dans les cours d'eau qui, au bout d'une période relativement longue sort de son lit mineur et inonde les plaines environnantes. Cette inondation concerne les terrains bas.

#### **✓ L'inondation à montée rapide**

On appelle inondation à monter rapide un phénomène pluvial intense tombant sur un bassin versant. L'eau de ruissèlement remplit le cours d'eau et occasionne des crues rapides, brutales et violentes. Elles se produisent sur une période inférieure à 12 h, ce qui rend la prévention très difficile. Le cours d'eau peut transporter de grandes quantités de flottants comme des branches, des feuilles, ou des déchets. L'amalgame de ces flottants peut former un barrage qui, lors de sa rupture libère une vague très dangereuse voire meurtrière.

#### **✓ L'inondation par ruissèlement pluvial**

L'imperméabilisation du sol dû aux aménagements (bâtiments, routes, parkings...) limite l'infiltration de l'eau dans le sol et accentue le ruissèlement. Ceci occasionne la saturation du

réseau d'assainissement des eaux pluviales. Il en résulte des écoulements plus ou moins importants et souvent rapides dans les rues. Lorsque ce dernier se produit en milieu urbain, on appelle cela le ruissellement urbain. Il s'agit d'un phénomène fréquent dans le Gard où, à l'issue de fortes précipitations sur des petits bassins versants, les cadereaux sont à sec, se gorgent vite et quittent rapidement leur lit.

#### ✓ **L'inondation par submersion marine**

Cette inondation concerne le niveau de la mer qui, lors de conditions météorologiques extrêmes (associant dépressions atmosphériques, vents violents, fortes houles, phénomènes marégraphiques et tempêtes) s'élève considérablement et inonde les zones côtières. Cette inondation peut aussi être déclenchée par des séismes sous-marins qui peuvent entraîner un tsunami selon sa magnitude.

### **II.3.3 Causes des inondations [18]**

Les inondations comme tout autre aléa naturel prévisible peuvent avoir plusieurs causes naturelles ou anthropiques directes et/ou indirectes.

#### a) Les causes naturelles :

Elles sont liées aux aléas climatiques suite à l'évolution des phénomènes météorologiques tels que les précipitations et les températures, et d'autres événements naturels pouvant impacter les systèmes de drainage initial. (Exemple : aux Comores les retombées de cendres volcaniques à Ngazidja, les glissements de terrain à Mohéli et à Anjouan).

#### b) Les causes humaines directes :

Elles sont liées aux techniques agricoles et d'urbanisation non maîtrisées visant respectivement à supprimer des arbres, des végétaux et à construire des bâtiments qui peuvent accélérer le ruissellement de la masse d'eau en limitant l'infiltration à cause de la déforestation et de la dégradation des sols. Mais aussi, aux erreurs lors de la construction d'un ouvrage de génie civil tel qu'une digue ou un barrage qui peuvent entraîner leur rupture et donc avoir d'énormes conséquences.

#### c) Les causes humaines indirectes :

Les causes humaines indirectes liées au changement global du climat par les émissions de gaz à effet de serre (GES) qui provoquent une augmentation des températures, la fonte de glaces et des sécheresses. Ces causes sont à l'origine de l'augmentation du niveau de la mer et des phénomènes extrêmes.

### **II.3.4 Dégâts et conséquence des inondations [19]**

Lors des inondations, il peut y avoir des dégâts très importants et de très lourdes conséquences sur notre vie, il y a différents types de conséquences. Il existe 2 principales conséquences des inondations : les dégâts matériels et les dégâts humains.

#### **a- Les dégâts matériels**

Les principales conséquences des inondations sont les dégâts matériels. Les inondations peuvent être très dévastatrices, en effet suite à une inondation, les habitations, les immeubles, les ponts, sont très souvent dégradés. Les habitations qui sont touchées doivent être évacuées à partir de la montée des eaux jusqu'à la décrue. Ces habitations sont alors inhabitables car les dégradations sont irrémédiables, il faut alors tout reconstruire car l'habitation est complètement détruite. Mais la plupart du temps, les dégâts sont plutôt bénins et les habitants peuvent donc résoudre le problème eux-mêmes, l'habitation nécessite juste quelques réparations et travaux de consolidation.

Les inondations entraînent très souvent des pannes d'électricité. A la suite d'une inondation, de très nombreux foyers situés dans la zone de l'inondation se retrouvent sans électricité suite à l'endommagement des pylônes électriques, lignes à haute tension. Les appareils électriques de la maison (électroménagers, appareils de communication, ...) sont alors trempés et se retrouvent hors circuit. A la suite d'une inondation, l'accès à l'eau potable devient très difficile, il n'y en a plus beaucoup.

Enfin, les petits commerçants et agriculteurs sont très touchés après une inondation. Les commerces peuvent être détruits et les commerçants ruinés car ils ont beaucoup de mal à se relancer. Le matériel devient hors d'usage et les commerçants doivent fermer leur boutique. Les agriculteurs sont aussi très affectés par les inondations. Car la dévastation de leurs cultures les plonge vers la ruine car ces cultures représentent la quasi-totalité de leurs revenus annuels.

#### **b- Les dégâts humains**

Les inondations ont pour conséquences de nombreux dégâts humains, beaucoup de personnes périssent au cours des inondations. Elles peuvent mourir noyées ou bien frappées par des décombres emportés par le courant. On ne retrouve d'ailleurs pas toutes les personnes car certaines disparaissent sous les eaux, entraînés par la puissance de l'eau. Il est aussi difficile d'évacuer les blessés.

De plus, les inondations ne facilitent pas la vie des habitants des maisons inondées, car ceux-ci doivent alors s'occuper de la réparation des dégâts de la maison ainsi que du ravitaillement en nourriture qui devient très difficile lors des inondations.

Certaines personnes doivent quitter leur maison vers un autre logement ce qui est la plupart du temps très difficile à trouver. Puis, le manque d'eau potable entraîne un manque d'hygiène qui peut être favorable à la propagation des épidémies.

Sur le plan moral, les inondations peuvent être très douloureuses. Car elles peuvent entraîner la destruction d'objets sentimentaux très importants pour une personne et donc entraîner des traumatismes importants chez certaines de ces personnes.

Les inondations ne sont donc pas toujours négatives, l'exemple du Nil en Afrique est là pour le montrer.

Chaque année, presque à jour fixe, du 20 juin au 1er juillet, ce fleuve grossit peu à peu durant cent jours; franchit ses rives dans la moyenne Egypte et dans le Delta et se répand sur tout le pays jusqu'à la fin de septembre, imbibant la terre d'une quantité d'eau qui, avec les rosées abondantes des nuits, suffit pour nourrir les plantes le reste de l'année. A partir du commencement d'octobre il baisse, se retire et rentre enfin au solstice d'hiver dans son lit, laissant sur les terres qu'il a recouvertes un limon gras et léger qui sert d'engrais ; il continue à décroître jusqu'à la fin mai. Il faut que la crue soit de 7 mètres à 7 mètres et demi pour que l'inondation recouvre tout le sol labourable et que la récolte soit abondante. S'il monte moins haut, une partie seulement des terres est arrosée et peut êtreensemencée. Au-dessus de 8 mètres, la crue devient nuisible, parce que les eaux séjournent trop longtemps sur les terres ; passé 8 mètres et demi, la famine est certaine, car on ne peut faire les semailles dans un sol marécageux, et il y a danger de peste. Dans la haute Egypte, le fleuve étant encaissé entre des rives élevées, l'inondation est artificielle.

# **PARTIE II : MESURES A PRENDRE POUR GERER ET REDUIRE LES RISQUES LIES A CETTE EVOLUTION**

## **CHAPITRE III : MESURES A PRENDRE POUR GERER LES RISQUES LIES A CETTE EVOLUTION**

Dans ce chapitre, on va décrire les différentes phases et le cycle de la gestion des risques de catastrophes d'une manière générale.

### **III.1 Risque, vulnérabilité et prévention [20]**

- a- Risque : La combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences négatives.
  
- b- Vulnérabilité : Les caractéristiques et les circonstances d'une communauté ou d'un système qui le rendent susceptible de subir les effets d'un danger.
  
- c- Prévention : ensemble d'activités permettant d'éviter complètement l'impact négatif des aléas, et de minimiser les catastrophes environnementales, technologiques et biologiques qui leur sont associées.

### **III.2 Les différentes phases de la GRC**

S'il est impossible d'empêcher les événements naturels, les catastrophes potentielles peuvent être "gérées" en vue de réduire les pertes en vies humaines. Cette « Gestion des Risques de Catastrophes » comprend généralement trois grandes étapes dont, l'étape avant les catastrophes (ou préventive), l'étape pendant les catastrophes (ou réactive) et celle après les catastrophes (ou apprentissage), lesquelles se divisent en quelques phases :

- ❖ La phase d'Atténuation ou Mitigation.
- ❖ La phase de Préparation.
- ❖ La phase de Réponse.
- ❖ La phase de Réhabilitation
- ❖ La phase de Reconstruction.

Les deux premières phases, Atténuation et Préparation sont classées dans l'étape avant catastrophe tandis que les trois autres figurent dans les étapes pendant et post-catastrophe.

### **III.2.1 La phase d'Atténuation ou Mitigation [21]**

L'atténuation concerne toute mesure prise avant une catastrophe pour réduire ses impacts, y compris les mesures de préparation contre et de réduction à long terme des risques. L'atténuation se distingue dans deux catégories :

- ✓ Structurelles comme : la création des barrages anti inondations, ou le renforcement des constructions, des digues, des bâtiments résistant aux aléas,
- ✓ Non structurelles comme : l'estimation du risque, l'établissement des programmes d'éducation et des politiques concertées, comme zonage (division des régions en zones selon leur sensibilité), diversification des cultures, règlements de construction, prévision, planification, et alerte.

### **III.2.2 La phase de préparation [22]**

Si dans la phase d'atténuation, la prévention des gros dommages à l'arrivée des catastrophes est une préoccupation majeure, la phase de préparation par contre, engage une planification préalable à la catastrophe. Cette phase implique notamment l'élaboration des stratégies de communication, de systèmes d'alerte rapide, et la constitution de stocks d'urgence et de biens de secours.

Plusieurs supports techniques doivent être utilisés dans cette phase, dont :

- Système d'alerte et de communication : pour persuader et permettre aux personnes et aux organisations de prendre les mesures nécessaires pour accroître la sécurité et réduire les impacts d'un danger,
- Education et sensibilisation du Public : pour permettre aux personnes menacées par une catastrophe potentielle de savoir sur quoi elles peuvent compter, ce qu'elles devront faire ou quelle peut être leur contribution en période d'urgence.

- Outils de collecte et de gestion d'information : pour développer et renforcer les systèmes en place ;
- Entraînement (simulations) : qui est une occasion pour bien savoir les forces et les faiblesses d'un plan d'urgence.

### **III.2.3 La phase de Réponse ou de Secours.**

La phase de réponse, appelée encore phase de secours, est une étape où des mesures exceptionnelles doivent être prises. Ces mesures doivent être prises au moment suivant immédiatement l'arrivée d'une catastrophe et aussi pendant la catastrophe. Elle engage la mise en œuvre d'un plan d'urgence après la catastrophe. Notamment la mobilisation des services d'urgence, la coordination de la recherche et des secours, et cartographie de l'ampleur des dégâts.

Les principaux aspects techniques nécessaires à mettre en œuvre sont :

- L'évacuation,
- La recherche,
- Le sauvetage et les secours,
- L'évaluation après catastrophe,
- La communication,
- La gestion de l'information et des médias,
- La sécurité,
- La gestion des opérations d'urgence.

### **III.2.4 La phase de Réhabilitation.**

Après la phase de réponse, une étape permettant le retour à la situation antérieure est nécessaire. C'est ce qu'on appelle phase de réhabilitation. La réhabilitation a pour objectif central de permettre aux populations affectées (familles et communautés locales) de reprendre un mode de vie plus ou moins normal, comme celui avant catastrophe. On peut la considérer comme une phase de transition entre les secours immédiats, et une action majeure de reconstruction visant le long terme, ainsi que la poursuite du développement en cours.

Il s'agit en effet d'un ensemble de réparations matérielles et de mesures provisoires comme :

- La remise en fonction des routes,
- La réhabilitation des écoles,
- La distribution des semences,
- L'aménagement des bâtiments endommagés...

Ces actions seront établies au niveau de chaque ménage, ou de l'ensemble de la population locale, et au profit de tous et de chacun, afin de retourner petit à petit au courant précédent de la vie quotidienne.

### III.2.5 La phase de Reconstruction

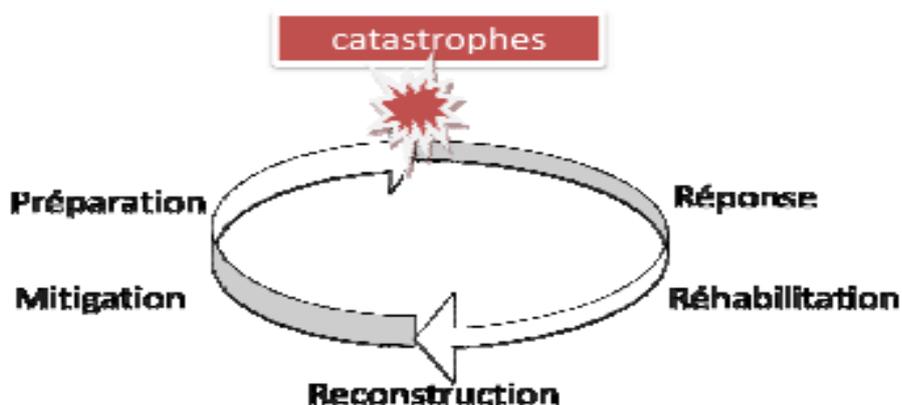
Après les mesures provisoires prises dans la phase de réhabilitation, des projets à long terme doivent être établis. Le but est d'assurer le retour à l'ordre normal de la vie quotidienne de la région affectée, ainsi que d'instaurer une politique de développement local de cette dernière pour améliorer le bien-être de toute la population. La reconstruction est la construction définitive ou le remplacement permanent de structures physiques sévèrement endommagées, la restauration complète de tous les services et de l'infrastructure locale, ainsi que la revitalisation de l'économie.

Cette phase devrait être conçue pour

- ✚ Atténuer les contraintes économiques
- ✚ Créer des occasions d'emploi ;
- ✚ Soutenir et renforcer les entreprises économiques existantes.
- ✚ Construction résistant aux aléas

### III.3 Le cycle de gestion de catastrophe

Bien que les étapes de la GRC soient spécifiques selon le moment (avant catastrophe ou après catastrophe), ainsi que le contexte auquel on est confronté, précédemment, ces différentes phases sont en parfaite liaison comme le montre le schéma suivant (*Figure 8*) :



**Figure 8** : Le cycle de gestion des risques de catastrophes en quelques étapes,  
(Source : Programme de Formation à la Gestion des Catastrophes des Nation Unies)

## **CHAPITRE IV : LA REDUCTION DES RISQUES DE CATASTROPHES**

### **AUX COMORES**

#### **INTRODUCTION :**

L'UNION DES COMORES est un archipel constitué de quatre îles d'origine volcanique. Situées au sud-ouest de l'Océan Indien, à l'entrée Nord du Canal de Mozambique entre le Nord Est de Madagascar et la Côte Orientale de l'Afrique. Elle a une superficie totale de 2.034 km<sup>2</sup> (Grand-Comores 1025 km<sup>2</sup>, Anjouan 424 km<sup>2</sup>, Mohéli 211 km<sup>2</sup> et Mayotte 374 km<sup>2</sup>) avec une population de 752438 habitât en 2015.

Le climat de ces îles est de type tropical caractérisé par deux grandes saisons :

- Une saison chaude et humide qui est aussi la saison de pluie de novembre à avril avec une pluviométrie maximale entre janvier et mars et une température moyenne variant de 24 à 27,8°C.
- Une saison sèche et fraîche de mai à octobre avec une température variant entre 23,2 à 27°C.

#### **IV.1 Institutions en charge de la GRC aux Comores**

La multiplication des catastrophes naturelles et technologique a conduit l'état comorien à créer des institutions avec des missions bien définies pour assurer la prévention et la protection des populations et leur bien tant financier que matérielles. Il s'agit de :

##### **IV.1.1 La Direction de la météorologie nationale**

La direction de la météorologie nationale est l'une des directions techniques de l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la météorologie (ANACM) des Comores. Cette direction est conçue pour assurer :

- Les activités relatives aux informations, prévisions météorologiques, climatologiques et l'évolution du système climatique.
- Les échanges internationaux des données en application des accords ratifiés par l'Union des Comores.

Elle est divisée en plusieurs services : service de la climatologie, de l'environnement et de l'observation, service de la prévision et de la recherche, service de l'agro-météorologie, service de l'hydro météorologie et le service de la météorologie maritime et océanographie.

#### **IV.1.2 La Direction de l'observatoire du volcan Karthala (DOVK)**

La Direction de l'observatoire du volcan Karthala est censée contribuer à renforcer un attrait pour le volcanisme comorien et à prévenir les risques volcaniques et leurs conséquences notamment sur le patrimoine culturel.

#### **IV.1.3 Le Croissant Rouge Comorien (CRCo)**

Le Croissant Rouge Comorien (CRCo) créé en 1982, reconnu officiellement par le gouvernement comorien comme auxiliaire des pouvoirs publics en 1985 et membre de la Fédération Internationale des sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge depuis 2005.

Ses activités sont entre autres : la formation en secours et en santé d'une part et d'autre part la réponse aux urgences, et préparation aux catastrophes.

#### **IV.1.4 La Direction générale de sécurité civile (DGSC)**

La Direction Générale de la Sécurité civile (DGSC) créé en 2012 sous l'autorité du ministère de l'Intérieur est le département en charge de la sécurité nationale et de la protection civile.

Cette institution réunit la Direction Nationale de la Protection Civile (DNPC créé en 2003) et le centre des Opérations de Secours et de Protection Civile (COSEP créé en 2006) [23]. En effet, la DNPC a été créé en 2003 par le décret No.78/PR sous l'organisation du ministère de la défense et en 2006 le décret N°06-51/PR a séparément créé un centre des Opérations de Secours et Protection Civile(COSEP) avec les responsabilités similaires de « concevoir et d'appliquer les mesures relatives à la prévention des risques et à la sécurité des biens et des personnes » et d'élaborer et mettre en application tous les plans de prévention des risques naturels ».

#### **Centre des Opération de Secours et Protection Civile (COSEP)**

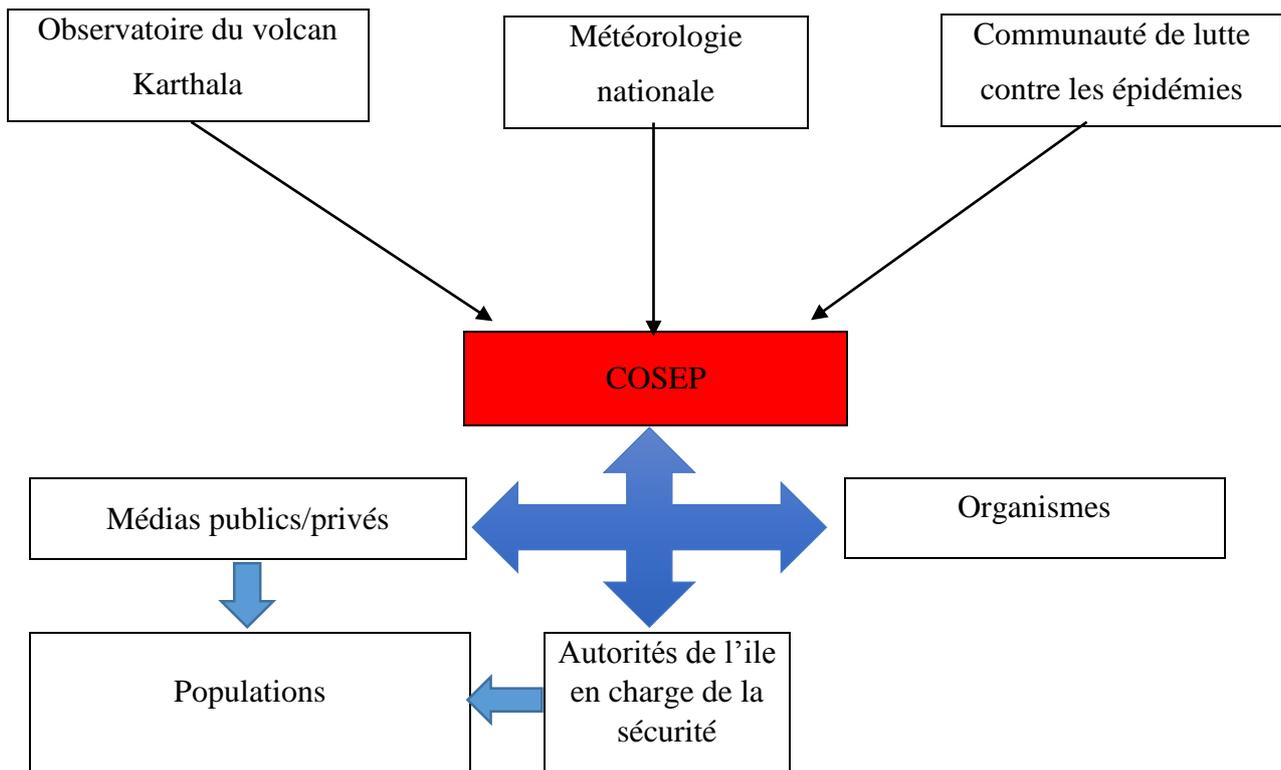
Le Centre des Opération de Secours et Protection Civile (COSEP) est l'organe opérationnel permanent de la DGSC. Il assure les missions suivantes :

- Chargé de la veille et l'alerte précoce,
- la centralisation, l'analyse et le traitement de l'information,
- la prévention, l'organisation et la gestion des moyens,
- la facilitation de la communication entre les différents secteurs,
- la Coordination de l'élaboration, la mise à jour et de l'activation des différents plans de GRC.

Noter que : Dans toutes ces institutions il existe un manque des moyens et spécialistes, pour apporter les réponses assez éclairées aux situations de crise actuelle et future.

## IV.2 Système d'alerte :

Des systèmes d'alerte précoce sont en place pour la plupart des aléas naturels et transmis aux communautés (**Figure 9**). Ces systèmes d'alerte existent pour le risque d'éruption du volcan Karthala (le centre de surveillance est l'Observatoire Volcanologique du Karthala : OVK), pour le risque cyclonique et pour le tsunami (la surveillance est menée par la météorologie nationale) et enfin pour le risque épidémique (menée par la Communauté de lutte contre les épidémies).



**Figure 9** : Système d'alerte pour l'éruption volcanique, les cyclones et tsunamis et épidémie

Cette figure 9 montre que le déclenchement de l'alerte est assuré par le COSEP. On distingue quatre types d'alerte :

- Alerte jaune : indique une situation anormale qui fait appel à une vigilance.
- Alerte orange : situation imminente qui nécessite des dispositions adéquates en vue d'informer à la population sans la paniquer.
- Alerte rouge : Situation qui entraîne l'engagement des moyens sur terrain.
- Levé de l'alerte : le danger s'écarte du pays

Ce pendant que, ces systèmes d'alerte précoce ne sont pas suffisamment connus de la population dans la mesure où la fiabilité de ces systèmes n'est pas vérifiée à ce jour et la radio et la télévision nationale ne couvrent pas la totalité du territoire. Raison pour laquelle des formations sur les

procédures de l'alerte visant à associer, impliquer et responsabiliser les communautés sont en cours.

### **IV.3 Réponse aux urgences**

Lors d'une crise ou situation d'urgence le gouvernement Comorien se mobilise pour apporter des secours d'urgence aux populations victimes avec l'appui des partenaires de développement bilatéraux, multilatéraux et des organisations non gouvernementales nationales et internationales. Le comité national de gestion de risques et catastrophes s'est réuni à la Direction Générale de la Sécurité Civile (DGSC), afin de gérer la situation [24]. Il est composé d'acteurs de différents secteurs chargés chacun en ce qui le concerne de surveiller de façon continue les zones ciblées et d'apporter la réponse appropriée : En effet, les opérations de secours sur le terrain sont menées par l'armée nationale, l'unité de sapeur-pompier du Centre des Opérations des Secours et de Protection civile (COSEP), du Croissant Rouge Comorien et les communautés locales de la zone ciblée.

### **IV.4 Propositions des axes stratégiques pour lutter contre les risques de catastrophes**

Nous allons définir des mesures à l'échelle locale en particulier à Fomboni pour gérer et réduire les risques de catastrophes. Ces mesures vont permettre aux populations d'augmenter leur résilience en réduisant les impacts socio-économiques et environnementaux.

#### **IV.4.1 Cas des sécheresses**

##### **IV.4.1.1 Moyens de réduction des risques de sécheresses**

Face aux changements climatiques, il est nécessaire de mettre en place des mesures afin de lutter contre les conséquences dramatiques de la sécheresse. Il s'agit entre autre des mesures basés sur:

➤ **Une évolution des politiques de développement,**

Les gouvernements doivent mieux cibler leurs efforts. Il est également nécessaire de soutenir des projets sociaux de type de travail rémunéré en vivres ou travail en échange de biens pour que les populations soient moins vulnérables face aux chocs économiques et aux catastrophes naturelles.

➤ **Un travail de prévention, de formation et de sensibilisation aux populations,**

La sensibilisation des populations compte aussi parmi la série des mesures importantes. En effet, la sécheresse est un phénomène assez lent qu'il est possible d'anticiper. La création d'un comité de gestion des sécheresses, avec des fonds d'urgence dédiés, permettra d'encadrer les familles et de donner suite aux alertes en mettant en place les mesures nécessaires. Il convient

également d'intégrer à ce volet de sensibilisation la formation des communautés à la gestion des sécheresses et des moyens de préserver leur environnement, et cela, en collaboration avec les acteurs nationaux et internationaux (Les personnes concernés, les ONG, les autorités...etc.)

➤ **La mise en place de nouvelles pratiques agricoles**

La mise en place de nouvelles pratiques agricoles constitue l'ultime étape de la lutte durable contre la sécheresse. Le développement de cultures résistantes aux conditions climatiques difficiles, la réduction de la dépendance aux eaux de pluie grâce à des systèmes d'irrigation, l'augmentation et la diversification des ressources alimentaires peuvent être cités comme des solutions pérennes et peu coûteuses.

#### **IV.4.1.2 Ce qui est à faire avant, pendant et après la sécheresse**

##### **a) Avant la sécheresse**

- Interdire l'utilisation du feu chez les agriculteurs comme outil de défrichage et de conquête de terres cultivables ;
- Utiliser avec prudence l'eau disponible en évitant de la gaspiller ;
- Institutionnaliser le système de gestion des risques de sécheresse ;
- Améliorer la capacité technique des producteurs et d'utilisateurs d'information climatique afin d'augmenter l'utilisation des produits de surveillance et de prévisions du climat dans la gestion des risques de sécheresse et dans la gestion de l'environnement ;

##### **b) Pendant la sécheresse**

- Cultiver les espèces qui résistent à la sécheresse ;
- Diversifier l'élevage avec différents animaux et avec différents cycles de reproduction et habitudes de pâturages ;
- Eliminer les pertes d'eau en réparant immédiatement la fuite des tuyaux et en s'assurant que tous les robinets sont bien fermés ;
- Développer une vision et une stratégie pour le développement des terres de ces zones vulnérables ;
- Mettre en place un fonds prévisionnel d'aide aux agriculteurs ;

### **c) Après la sécheresse**

- Tirer de bonnes leçons des capacités qu'il faut développer face à ces situations
- Eviter le gaspillage des ressources en eau ;
- Adopter une bonne politique de gestion des ressources en eau ;
- Eviter le déboisement et la dégradation des terres ;
- Changer de modes de vie qui ne dépendent que des ressources naturelles (ex utilisation du gaz butane domestique en lieu et place du bois de chauffe)

## **IV.4.2 Cas des cyclones**

### **IV.4.2.1 Moyens de surveillance et d'alerte précoce**

Les moyens de surveillance et d'alerte précoce de ce phénomène sont toujours ceux développés par le centre de la météorologie nationale (ANACM). Cette direction manque de base de données pour élaborer des statistiques. Les outils d'observation et de surveillance du temps et du climat ne sont pas fiables car ils ne permettent pas à l'heure actuelle de faire de prévision et d'émettre un bulletin météorologique dans le pays. Cependant il faut :

- Renforcer les capacités du personnel des services de l'ANACM pour l'amélioration des techniques de traitement des données
- Renforcer les réseaux d'observation du temps et du climat en matériel d'aide à la prise de décisions éclairées, ressources humaines qualifiées, etc...
- Etablir des bulletins de prévision par île.

### **IV.4.2.2 Ce qui est à faire avant, pendant et après un cyclone**

#### **a) Avant un cyclone**

- Ecouter les messages de la météorologie nationale (ANACEM)
- Renseignez-vous auprès du Centre des Opérations de Secours Et de la Protection Civile (COSEP) ;
- Faire entrer à l'intérieur les objets susceptibles d'être emportés ;
- Fermer portes et fenêtres ;
- S'éloigner des bords de la mer et des lacs ;

### **b) Pendant un cyclone**

- S'informer du niveau d'alerte, et des consignes des autorités ;
- Se déplacer le moins possible ;
- En voiture roulé lentement ;
- Débrancher les appareils électriques et les antennes de télévision

### **c) Après un cyclone**

- Réparer ce qui est endommagée (toitures et autres) ;
- Couper les branches des arbres qui menacent ;
- Faire attention aux fils de téléphone et électrique ;

## **IV.4.3 Cas des inondations**

### **IV.4.3.1 Moyens de réduction du risque d'inondation**

La réduction de risques d'inondations se fait par des mesures d'anticipation et de mesures de protection :

#### **a) les mesures d'anticipation**

Sensibiliser les populations affectées par les inondations sur la nature des risques qu'elles peuvent encourir ainsi que la conduite à tenir ;

Elaborer un plan d'urgence local pour protéger et secourir les populations, un plan qui doit être testé régulièrement ;

Renforcer le système de prévision et de surveillance à la météo nationale en fournissant des outils et techniques pour la réaction aux prochains épisodes de fortes pluies ;

Maîtriser l'urbanisation autour des zones susceptibles d'être inondées ;

#### **b) les mesures de protections.**

- Mettre en place des ouvrages ou des barrages transversaux qui permettront de dévier certain volume de l'eau dans les plus grandes rivières dans chaque île. Les barrages peuvent stocker l'eau et peuvent libérer l'eau à un taux maniable.

- L'utilisation de sacs de terre pour servir de digue afin de réduire la vulnérabilité. (Les équipements importants comme des hôpitaux, écoles devraient être construits dans des secteurs sûrs).
- Lutter contre les érosions, qui doivent se faire à travers un programme d'aménagement des bassins versants dans les zones affectées

#### **IV.4.3.2 ce qui est à faire avant, pendant et après une inondation**

##### **a) Avant une inondation**

- Avant de vivre dans un secteur sujet aux inondations, prendre les informations auprès des autorités locales ou des structures compétentes pour savoir les zones à risques ;
- Si on vit dans un secteur fréquemment inondé, renseignez-vous sur les signaux d'alarme d'inondation (si disponible), les prévisions météorologiques et les bulletins de renseignements ;
- Entrer en contact avec le bureau local de gestion de secours pour une copie du plan d'évacuation de la communauté (COSEP, CRSCo, préfecture de Fomboni...) ;
- Enseigner aux enfants comment et quand appeler la police, les sapeurs-pompiers, et quelle station de radio écouter pour les informations de secours (Radio Comores...) ;
- Avoir en main des approvisionnements, comme les lampes-torches, la radio à piles, les batteries supplémentaires, la trousse de secours, la nourriture, l'eau de secours.

##### **c) Pendant une inondation**

- Ecouter les informations avec une radio à piles et être prêt pour évacuer ;
- Fermer les portes, fenêtres et aérations pour ralentir l'entrée d'eau et limiter les dégâts ;
- Le membre de la famille qui est dehors doit être en contact permanente avec la famille ;
- Si on est dans une voiture, suivre les consignes de sécurité et mettre le poste de radio en marche. Si la voiture cale, il faut l'abandonner immédiatement ;
- Garder avec soi ses papiers d'identité, nourriture, eau, lampe de poche, radio vêtements chauds et médicaments ;
- Rester calme et signaler sa présence à la vue des secours.

### **c) Après une inondation**

Les dangers d'inondation ne finissent pas quand l'eau commence à reculer.

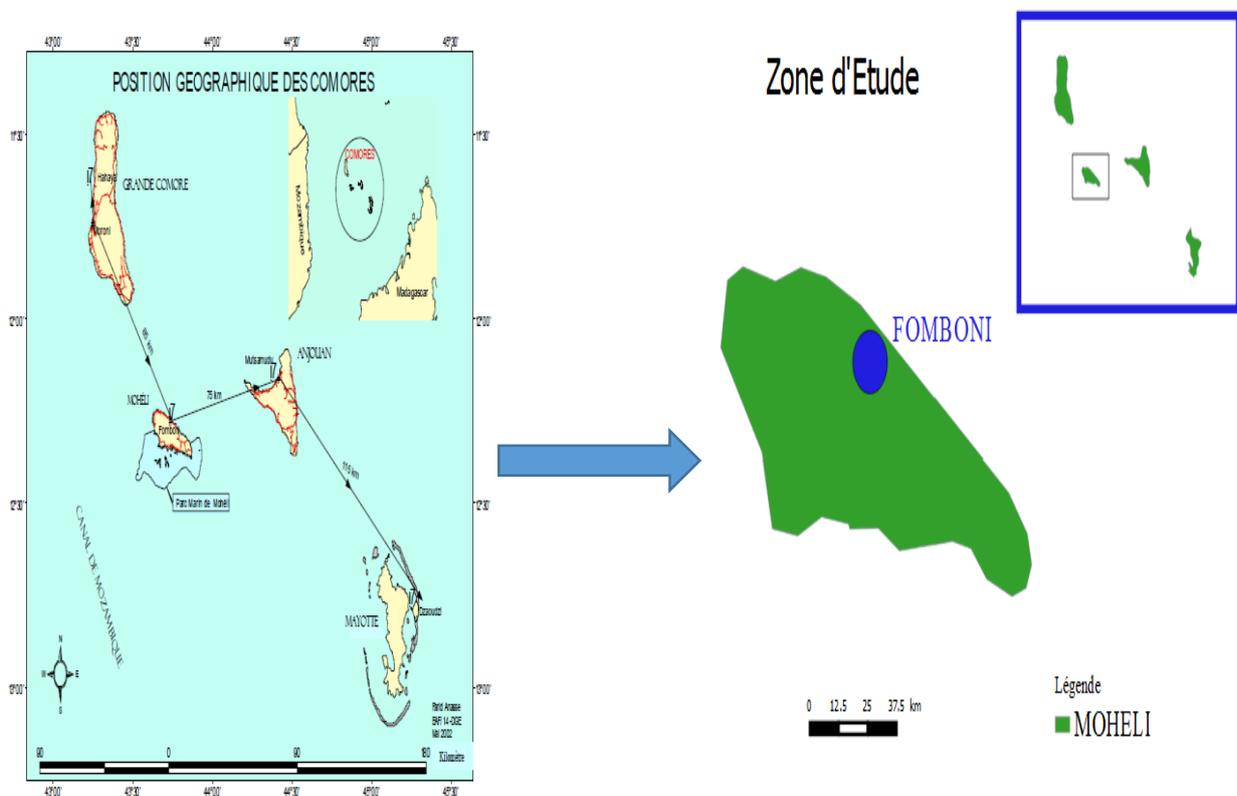
- Écouter la radio et ne retourner pas à la maison jusqu'à ce que les autorités indiquent qu'il est sûr de faire ainsi ;
- Ne pas oublier d'aider les voisins tels que les enfants à bas âge, les personnes âgées et les personnes handicapées qui peuvent avoir besoin d'aides spéciales ;
- Examiner les murs, planchers, portes et les fenêtres pour s'assurer que le bâtiment n'est pas sur le point de s'effondrer ;
- Aérer et désinfecter la maison ;
- Si possible, prendre des photos des dommages ;
- Vérifier les canalisations endommagées d'eau potable et des égouts ainsi que du système électrique ;

# Partie III. METHODOLOGIES DE L'ETUDE ET PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS ET INTERPRETATIONS

## Chapitre V : LA ZONE D'ETUDE

### V.1.1 Localisation de la zone d'étude :

**Fomboni** est la capitale de l'île de Mohéli aux Comores. Elle compte environ 20 000 habitants, soit plus d'un tiers de la population insulaire, et elle forme la troisième plus grande ville de l'Union des Comores. Elle se situe géographiquement à 12°16'34'' de latitude Sud et à 43°44'19'' de longitude Est. [25] (*Figure 10*)



**Figure 10** : Présentation de la zone d'étude

### V.1.2 Base de données

Les données utilisées sont des données de température de la localité de Fomboni de l'ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecast) ayant comme extension netcdf ou .nc pendant la période de 1979 à 2016 qui correspond à 13880 jours. Nos données provenant du site ECMWF ( <http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/> ) sont initialement une grande matrice à trois dimensions dont la première dimension est la longitude, la deuxième dimension est la latitude, et la troisième dimension est le temps. (Longitude, latitude, jours) et avec une unité de mesure le « K ». Nous avons soustrait ces données par 273,15 pour le convertir en degré Celsius « °C ».

## **Chapitre VI : MATERIEL**

Le logiciel Matlab a été utilisé afin d'analyser et d'obtenir les résultats.

### **❖ Matlab <sup>[26]</sup>**

#### **VI.1. Présentation du logiciel Matlab/Simulink**

Le logiciel Matlab est un logiciel de manipulation de données numériques et de programmation dont le champ d'application est essentiellement les sciences appliquées. Son objectif, par rapport aux autres langages, est de simplifier au maximum la transcription en langage informatique d'un problème mathématique, en utilisant une écriture la plus proche possible du langage naturel scientifique.

Le logiciel fonctionne sous Windows et sous Linux. Son interface de manipulation HMI utilise les ressources usuelles du multifenêtrage. Son apprentissage n'exige que la connaissance de quelques principes de base à partir desquels l'utilisation des fonctions évoluées est très intuitive grâce à l'aide intégrée aux fonctions.

Une alternative à Matlab est Scilab, logiciel libre, dont la version 5 présente de nombreux points communs avec Matlab. De nombreuses entreprises (EDF, ...) ont fait le choix de passer sous Scilab. Le passage d'un logiciel à l'autre n'est cependant pas direct, certaines fonctions ayant des comportements différents (ce ne sont pas des erreurs mais des choix scientifiques différents). Tous les logiciels de calcul réutilisent des savoir-faire scientifiques anciens et éprouvés, développés dans les années 1960.

#### **VI.2. Programme Matlab**

Le programme peut être lancé depuis la fenêtre d'édition. D'autres boutons permettent le débogage des programmes avec points d'arrêt et exécution pas à pas. A noter que Matlab possède toutes les fonctionnalités d'un logiciel moderne de programmation.

Tout programme enregistré sous l'extension (*.m*) peut être lancé depuis la Commande Windows de Matlab, en frappant son nom (sous réserve que le chemin d'accès au fichier soit déclaré sous Matlab

#### **VI.3. Aide sur Matlab**

Il existe deux types d'aides sur Matlab : l'aide intégrée aux fonctions (existant sur les précédentes versions) ou l'aide hypertexte.

La commande >> help ou >> help nom-de-fonction permet d'obtenir une aide sur le logiciel en général, un Toolbox ou une fonction particulière. C'est pourquoi il n'est pas indispensable de connaître le manuel complet de Matlab pour s'en servir !

L'aide hypertexte est d'une très grande richesse. Elle inclut la description des fonctions, des exemples, des démonstrations en ligne, des références bibliographiques. L'aide hypertexte est un véritable cours !

**VI.4. Espace de Travail (Workspace) et Variable** Les variables sont définies au fur et à mesure que l'on donne leurs noms et leurs valeurs numériques ou leurs expressions mathématiques. Les variables ainsi définies sont stockées dans l'espace de travail et peuvent être utilisées dans les calculs subséquents.

Pour obtenir une liste des variables dans l'espace de travail, on utilise les instructions suivantes :

who Affichage des variables dans l'espace de travail.

whos Affichage détaillé des variables dans l'espace de travail.

Pour enregistrer les variables de l'espace de travail dans un fichier, on utilise les instructions suivantes :

- **Save** Enregistrer toutes les variables dans un fichier matlab.mat. Dans une session ultérieure, taper load pour charger les données à utiliser.

## Chapitre VII : METHODES

Cette partie sera consacrée aux définitions des outils mathématiques utilisés pour la réalisation de ce travail.

### VII.1 Moyenne [28]

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

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

Avec :

T : Nombre total de valeurs de la température

$X_i$  : Valeurs de la température

$\bar{X}$  : Moyenne des valeurs de la température

### VII.2 Moyenne Mobile [29]

La moyenne glissante, ou moyenne mobile trouve son application dans l'analyse des séries temporelles de données en permettant la suppression des fluctuations de façon à en souligner les tendances sur le long terme. Cette moyenne est dite mobile parce qu'elle est recalculée de façon perpétuelle, dès lors qu'une nouvelle donnée intègre la série en venant remplacer la plus ancienne, modifiant ainsi la date de référence. Cette façon de faire tend à lisser le phénomène étudié en noyant les valeurs extrêmes dans une masse de données davantage représentative d'une tendance moyenne.

D'une manière générale, la moyenne glissante s'écrit :

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

Où

- $N$  : représente le nombre de valeurs successives à prendre en compte.
- $x_n$  : représente la valeur de référence.
- $k$  : représente le rang

### VII.3 Moyenne globale

La moyenne globale également appelée moyenne générale est la moyenne des toutes les valeurs observées. La moyenne globale est donc une mesure importante qui permet en climatologie de caractériser la valeur des températures journalières, mensuelles ou annuelles.

### VII.4 Moyenne mensuelle climatologique

La moyenne mensuelle climatologique est la moyenne de tous les mois observés pendant la période d'étude.

### VII.5 Anomalie standardisé

Une anomalie désigne tout phénomène qui s'éloigne de ce qui est considéré comme normal.

L'anomalie de Température est à son tour la différence entre la température d'un lieu et la moyenne de la température en ce même lieu. Cette anomalie permet de mettre en évidence la variation de la température dans une période donnée par rapport à la valeur moyenne.

Elle se définit comme telle :

$$An(i) = \frac{X(i) - \bar{X}}{\sigma}$$

Avec :

**i** : jour/mois/année

**An** : anomalie standardisée pour i

**$\sigma$**  : écartype

**$\bar{X}$**  : la moyenne de la variable température.

**X(i)** : donnée pour i

### VII.6 Cumul

Le cumul est la somme des valeurs sur une période considérée, dans notre cas c'est la somme des valeurs quotidiennes des 13880 jours de l'étude.

### VII.7 Equation de la régression linéaire

C'est une équation de régression linéaire de la forme :

$$Y = aX + b$$

Cette équation nous oriente dans une observation à la hausse ou baisse de la température sur une période assez longue. Ainsi, une équation de régression à pente positive affirme une tendance à la hausse tandis qu'une pente négative illustre une régression ou tendance à la baisse.

Dans notre étude, X représente les années et Y les anomalies standardisées de température.

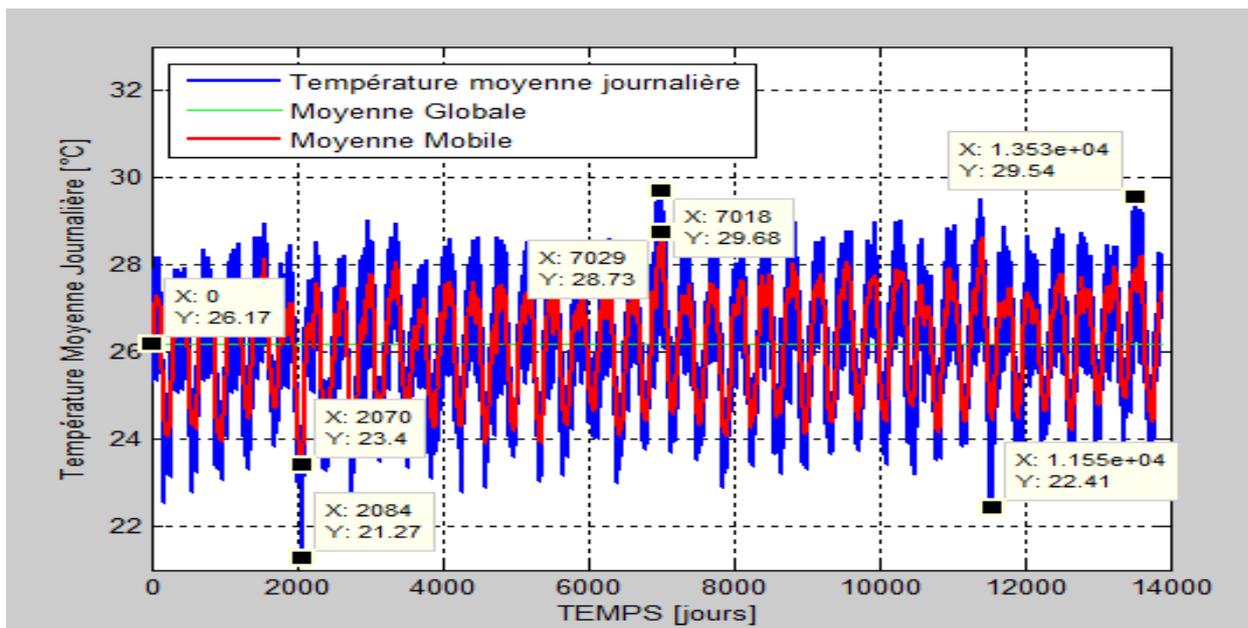
## Chapitre VIII : PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS ET INTERPRETATIONS

### VIII.1. Température moyenne journalière

La *figure 11*, montre l'évolution de la température moyenne journalière, de janvier 1979 au décembre 2016 dans la région de Fomboni. La droite horizontale verte indique la moyenne globale journalière de la température, qui est de 26,17°C.

Concernant la température moyenne journalière (la courbe en bleu), deux valeurs minimales 21,27°C et 22,41°C sont observées au 2084<sup>ème</sup> jour et 11550<sup>ème</sup> jour qui correspondent respectivement aux dates du 14 Septembre 1984 et du 15 Aout 2010, les jours les plus froids entre 1979 et 2016. La température est faible en septembre car il s'agit d'un mois frais. Deux valeurs maximales 29,68°C et 29,54°C sont observées, l'une au 7018<sup>ème</sup> jour, l'autre au 13530<sup>ème</sup> jour qui correspondent respectivement aux dates du 19 Mars 1998 et du 16 janvier 2016. De ce fait ce sont les jours les plus chauds durant cette période. La température est élevée aux mois de janvier et février car ils s'agissent des mois de l'été.

La moyenne mobile d'ordre 31 (la courbe en rouge), varie entre une valeur minimale de 23,4°C au 2070<sup>ème</sup> jour correspondant à la date du 31 aout 1984 et une valeur maximale de 28,73°C au jour de 7029<sup>ème</sup> jour correspondant 30 Mars 1998. Elle montre la variation de la température moyenne mensuelle (31 jours) qui est dans l'intervalle [23,4°C ; 28,73°C]



**Figure 11** : Température moyenne journalière de 1979 à 2016

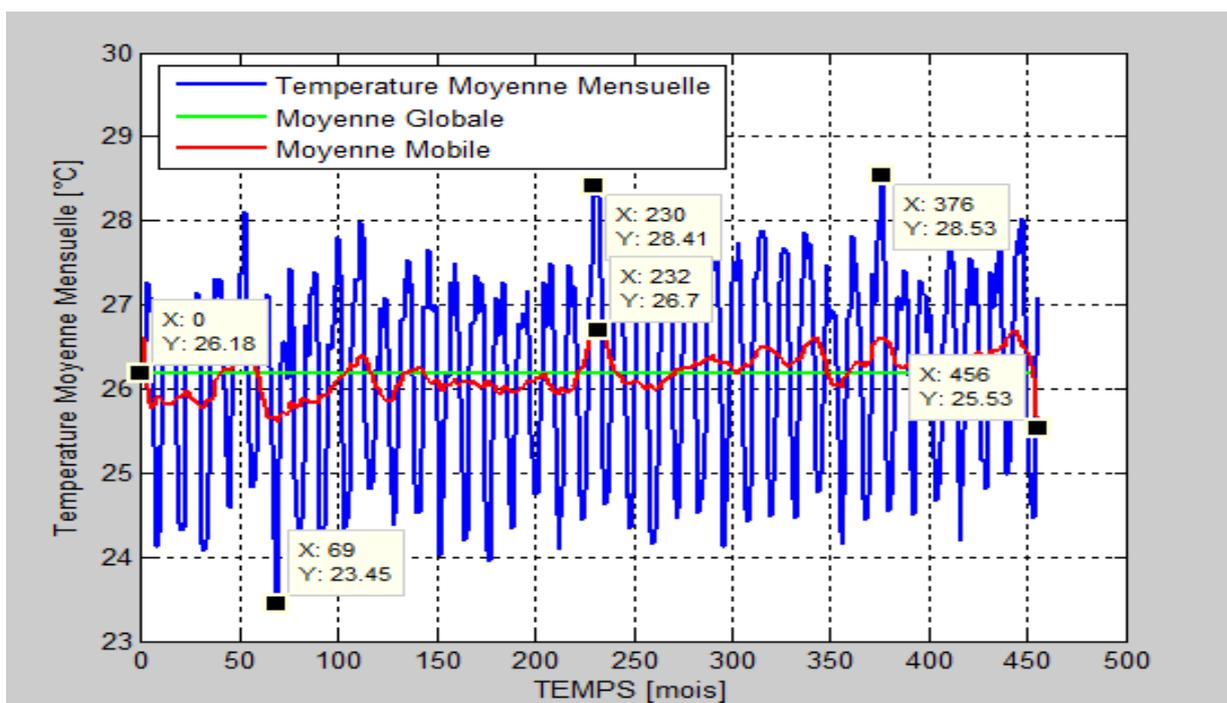
## VIII.2. Température moyenne mensuelle

La *figure 12*, représente l'évolution de la température moyenne mensuelle entre 1979 à 2016 dans la région de Fomboni. La droite horizontale verte indique la moyenne globale mensuelle de la température qui vaut  $26,18^{\circ}\text{C}$ , depuis l'année 1979 jusqu'à 2016.

Concernant la température moyenne mensuelle, la valeur minimale de  $23,45^{\circ}\text{C}$  est observée et enregistré au 69<sup>ème</sup> mois correspondants au mois de septembre 1984. De ce fait c'est le mois le plus froid entre 1979 à 2016. La température est faible au mois de septembre car il s'agit d'un mois frais. Les valeurs maximales de la température moyenne mensuelle sont de  $28,41^{\circ}\text{C}$  et  $28,53^{\circ}\text{C}$  observées et enregistré, respectivement au 230<sup>ème</sup> mois et au 376<sup>ème</sup> mois correspondants aux mois de Février 1999 et Avril 2011. L'écart de durée d'observation est de 146 mois soit 12ans. Ce sont les mois les plus chaud de 1979 à 2016. La température est élevée aux mois de Fevrier et Avril car il s'agit des mois chaudes.

L'observation des deux courbes (Température moyenne mensuelle en couleur bleu, Moyenne mobile d'ordre 12 en couleur rouge ) nous permet de mieux connaitre l'évolution de la température durant cette periode.

La moyenne mobile d'ordre 12 varie entre une valeur minimale de  $25,53^{\circ}\text{C}$  au 456<sup>ème</sup> mois en Décembre 2016 et une valeur maximale de  $26,7^{\circ}\text{C}$  au 232<sup>ème</sup> mois en Avril 1999. Elle montre la variation de la température moyenne annuelle (12mois) qui est dans l'intervalle [ $25,53^{\circ}\text{C}$ ;  $26,7^{\circ}\text{C}$ ].



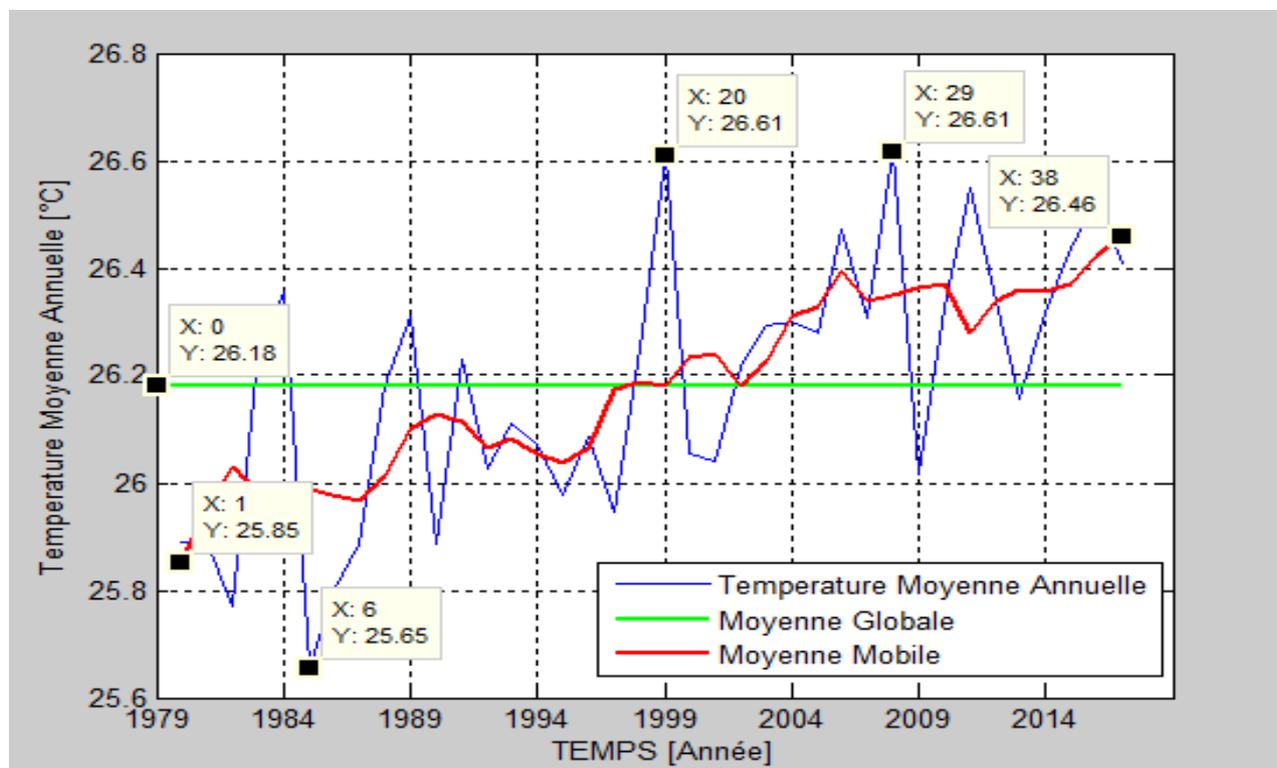
**Figure 12** : Température moyenne mensuelle de 1979 à 2016

### VIII.3. Température moyenne annuelle

D'après la *figure 13* ci-dessous, la variation de la moyenne annuelle de la température entre 1979 à 2016 met en évidence deux courbes ( Température annuelle en couleur bleu, moyenne mobile en couleur rouge ) et une droite horizontale verte qui représente la moyenne de la température dans chaque année. Elle est de l'ordre de 26,18°C.

La courbe de la température moyenne annuelle montre une valeur minimale de 25,65°C enregistré la 6<sup>ème</sup> année correspondant à l'année 1985. Deux valeurs maximales de température identiques 26,61°C sont observées le 20<sup>ème</sup> année et 29<sup>ème</sup> année correspondant respectivement aux années 1999 et 2008. De ce fait c'est l'année 1985 qui est l'année la plus froide tandis que les années 1999 et 2008 sont les plus chaudes.

La moyenne mobile d'ordre 5 qui oscille de 25 à 26°C est en déficit en 1979 à 1997 et en excès de température par rapport à la moyenne globale en 1999 à 2016. La moyenne mobile de 1998 à 1999 est égale à la moyenne globale ce qui montre qu'il n'y a pas eu variation de température. Elle varie entre une valeur minimale de 25,85°C en 1980 et une valeur maximale de 26,46°C en 2016. Elle montre la variation de la température moyenne annuelle tous les 5 ans entre 1979 et 2016.

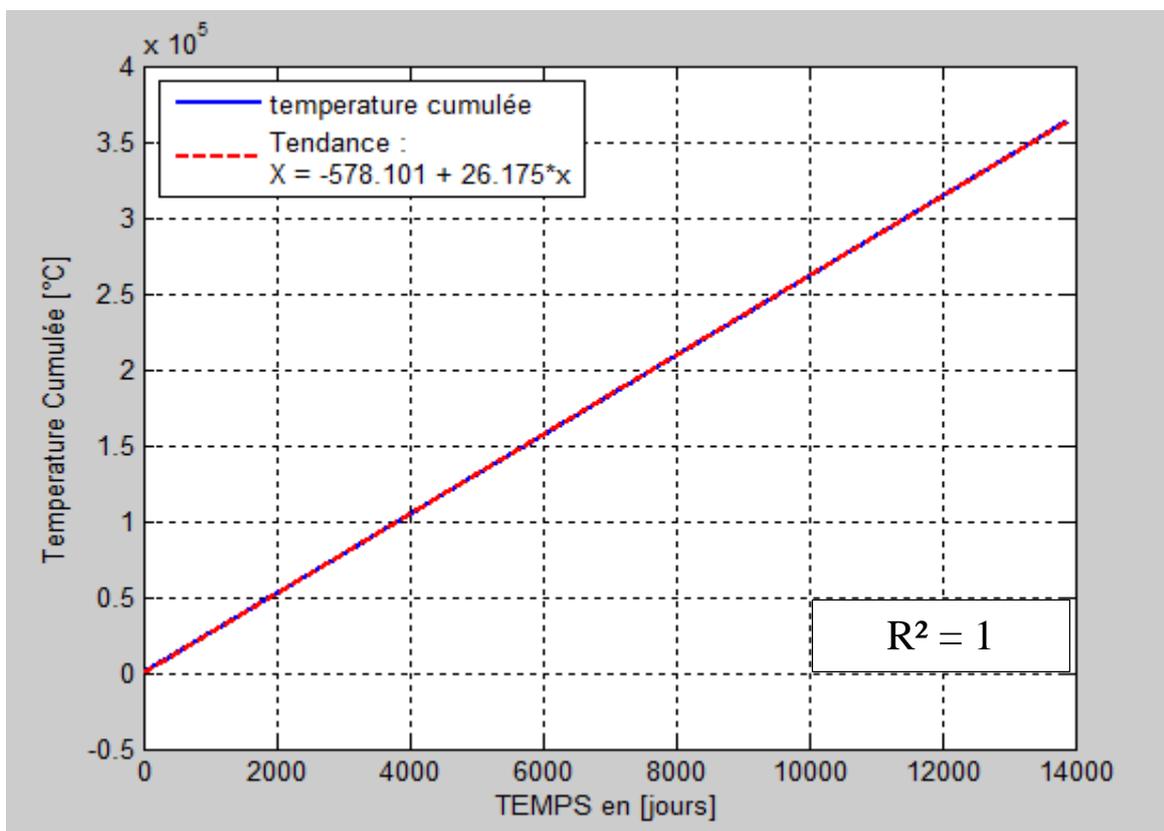


**Figure 13** : Température moyenne annuelle de 1979 à 2016

#### VIII.4. Température cumulée

La *figure 14*, représente la température cumulée journalière entre 1979 à 2016. La courbe en bleu représente la température cumulée et celle en rouge la droite de tendance linéaire. On remarque que les deux courbes se suivent côte à côte en s'embrassant en ligne droite linéaire ce qui montre qu'il n'y a pas eu de changement dans les données de température pendant la période de 1979 à 2016.

Le coefficient de détermination  $R^2 = 1$ , donc le modèle est adéquat avec les données cumuls de température trouvée.

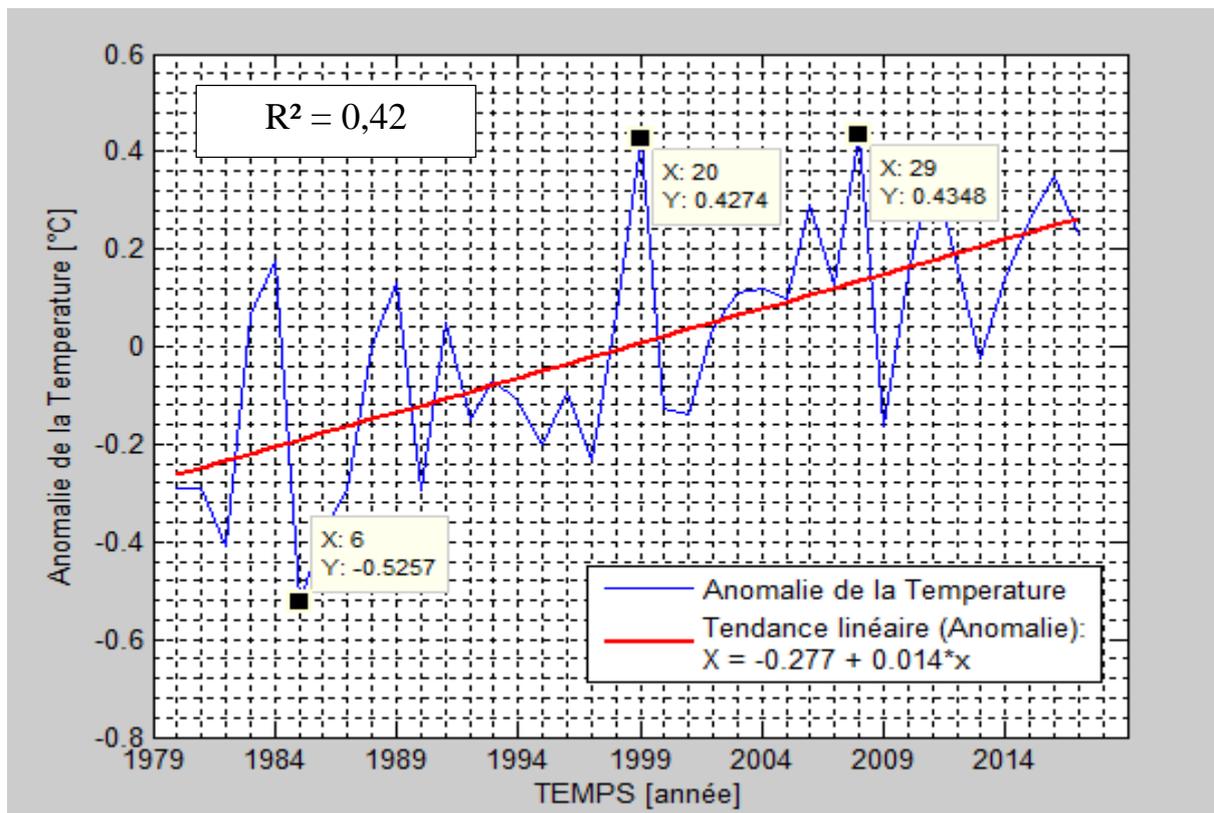


***Figure 14 : Température cumulé de 1979 à 2016***

### VIII.5. Anomalie de la température

La *figure 15*, représente l'anomalie de la température. On définit l'anomalie comme étant tout phénomène s'éloignant de celle qui est considérée comme normale. La figure ci-dessous représente la tendance de l'anomalie annuelle dans la région de Fomboni entre 1979 et 2016. L'anomalie de la température est représentée par la courbe en bleu et la tendance linéaire par la ligne en rouge. L'anomalie minimale de la température est de  $-0,5257^{\circ}\text{C}$  est observée en 1985. Les deux anomalies maximales  $0,4274^{\circ}\text{C}$  et  $0,4348^{\circ}\text{C}$  sont observées respectivement en 1999 et en 2008. Durant cette période, 1985 est l'année le plus froid tandis que les années 1999 et 2008 sont les chaudes. Le coefficient directeur de l'équation de la droite de la tendance est positif ( $0,014$ ), ce qui montre une température en excès. La température augmente de  $0,014^{\circ}\text{C}$  chaque année entre 1979 à 2016 soit une augmentation totale de  $0,532^{\circ}\text{C}$  sur les 38 années de notre étude.

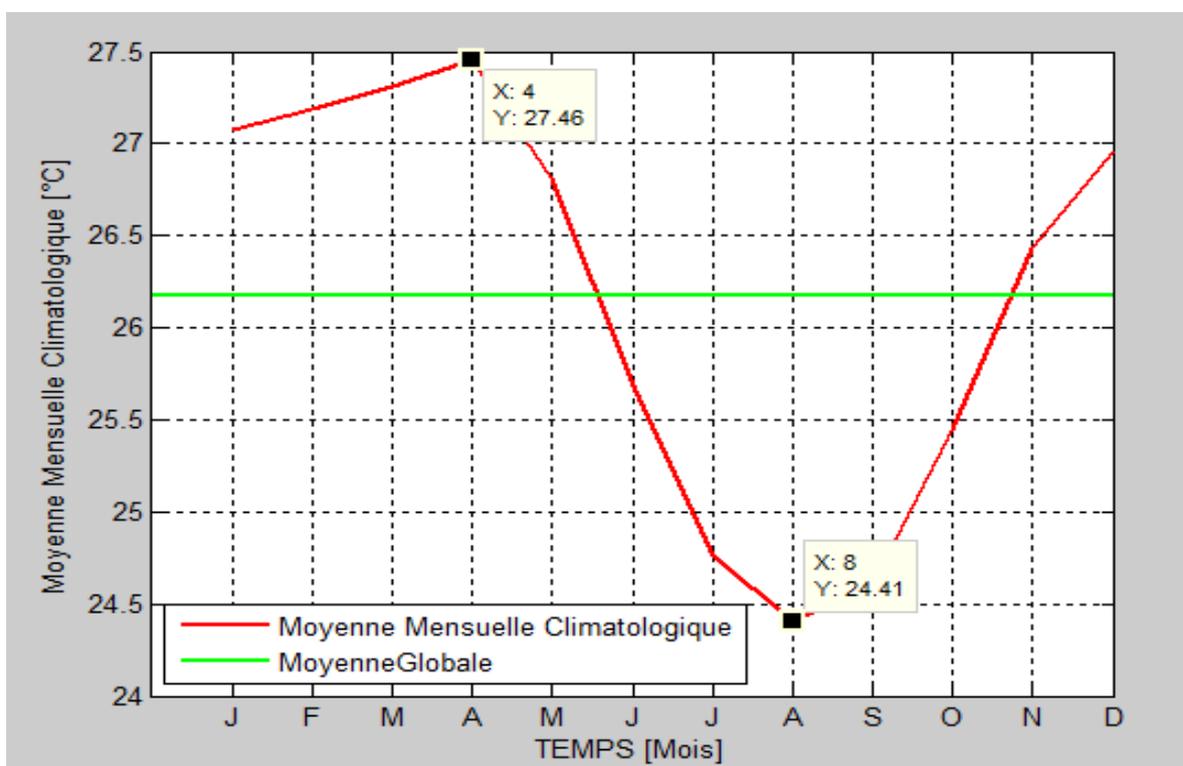
Le coefficient de détermination  $R^2 = 0,42$ , donc le modèle est moyennement adéquat avec les données anomalies de température trouvées.



**Figure 15 :** Anomalie de la température de 1979 à 2016

## VIII.6. Moyenne Mensuelle Climatologique

La *figure 16* et le *tableau 3*, montrent l'évolution de la moyenne mensuelle climatologique entre 1979 et 2016 dans la région Fomboni. La courbe de la moyenne mensuelle climatologique en rouge présente une valeur maximale de 27,46°C au mois d'Avril et une valeur minimale de 24,41°C au mois d'Aout. La droite en horizontale verte indiquant la moyenne globale climatologique de la température, sépare les mois les plus fraîches en bas (De Juin à Octobre) et les mois les plus chaudes en haut (De Novembre à Mai).



**Figure 16 :** Moyenne mensuelle climatologique de 1979 à 2016

*Tableau 3 : Tableau récapitulant les valeurs observées dans la figure 16*

Mois	Température en °C	Mois	Température en °C
Janvier	27,07	Juillet	24,76
Février	27,18	Aout	24,41
Mars	27,31	Septembre	24,61
Avril	27,46	Octobre	25,45
Mai	26,81	Novembre	26,43
Juin	25,67	Décembre	26,96

## CONCLUSION

Durant cette étude, on a montré la variation de la température pendant une durée de 38ans qui correspond à intervalle d'année de 1979 à 2016 dans la ville de Fomboni. Cette ville, qui est capitale de l'île de Mohéli est située à  $12^{\circ}16'34''$  de latitude Sud et  $43^{\circ}44'19''$  de longitude Est. Nous avons utilisé des données provenant de l'ECMWF (The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). Pour pouvoir réaliser ce travail, nous avons eu recours à des outils mathématiques, à savoir la moyenne de la température (journalière, mensuelle, annuelle), l'anomalie et la moyenne mobile de la température, qui ont été effectués avec le logiciel Matlab.

Nous avons remarqué que durant cette période, la température journalière la plus basse ( $21,27^{\circ}\text{C}$ ) est observée le 14 septembre 1984 et la plus élevée ( $29,68^{\circ}\text{C}$ ), le 19 Mars 1998. La température mensuelle maximale est de  $28,53^{\circ}\text{C}$  au mois d'avril 2011 et la minimale est de  $23,45^{\circ}\text{C}$  au mois de septembre 1984. La température annuelle la plus élevée est de  $26,61^{\circ}\text{C}$  observées aux années 1999 et 2008 et la plus basse est de  $25,65^{\circ}\text{C}$  observée en 1985.

L'anomalie de la température annuelle au cours des 38ans montre que l'anomalie la plus minimale est de  $-0,5257^{\circ}\text{C}$  observé en 1985 ce qui montre une diminution de la température. Alors que les deux anomalies maximales  $0,4274^{\circ}\text{C}$  et  $0,4348^{\circ}\text{C}$  sont observées respectivement en 1999 et en 2008 ce qui montre un excès de la température.

L'équation de la régression a révélé que durant cette période la température a augmenté de  $0,014^{\circ}\text{C}$  chaque année ce qui montre une tendance en hausse de la température. Une augmentation de  $1,694^{\circ}\text{C}$  est projetée en 2100, si le réchauffement climatique poursuit sa croissance.

Définitivement, une hausse de  $0,532^{\circ}\text{C}$  de la température à Fomboni est observée pendant la période de 1979-2016. Bref, des mesures préventives doivent être prises, afin de réduire les risques de catastrophes liés aux réchauffements climatiques actuels et surtout dans les années à venir. En tenant compte de ces résultats, si l'évolution de la température continue ce rythme, son augmentation en moyenne pourrait atteindre  $1^{\circ}\text{C}$  dans les 100 années à venir. Le GIEC prévoit que la température de la terre s'élèvera de  $3^{\circ}\text{C}$  en moyenne d'ici 2100, un scénario catastrophique. En comparant la projection de la température en 2100 dans la région de Fomboni et celle de la GIEC, nous pouvons dire que la région d'étude n'est pas encore en situation d'alerte [30].

L'Etat comorien doit essaie de mettre en place une stratégie de réduction de risque et de catastrophe qui impose une approche proactive en matière de prévention, d'atténuation et d'intervention aux

aléas sur l'ensemble des territoires à risques : l'ambition de cette stratégie est de porter une attention particulière aux secteurs les plus exposés dans la ville de Fomboni comme dans d'autre. Elle doit aussi envisager la sensibilisation de la population, le renforcement des infrastructures comme des constructions de digue pour le cas de l'inondation, la mise en place de nouvelle pratique agricole pour une lutte durable contre la sécheresse, la mise en place de moyen de surveillance et d'alerte précoce pour tout type d'alea, l'échange d'information inter iles, et la mitigation (en cas de température extrême) des habitants vers un lieu moins vulnérable.

## REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

[1]: PANA Comores version française - PreventionWeb.

[www.preventionweb.net/files/21866\\_15604panacomores1.pdf](http://www.preventionweb.net/files/21866_15604panacomores1.pdf) (consulté le 30-10-2017 à 11 :46 :45)

[2] : André Perrenoud : TEMPERATURE, CHALEUR.

[owl-ge.ch/IMG/pdf/cours-chaleur.pdf](http://owl-ge.ch/IMG/pdf/cours-chaleur.pdf) (consulté le 07-11-2017 à 10 :33 :08)

[3] : Définition de température.

<https://www.aquaportail.com/definition-2414-temperature.html> (consulté le 30-10-2017 à 11 :46 :45)

[4] : Météo-France : Qu'est-ce que la température ressentie ?

<http://www.meteofrance.fr/actualites/22314163-qu-est-ce-que-la-temperature-ressentie> (consulté le 07-11-2017 à 11 :04 :15)

[5] : Les instruments de mesure - Météo Lor'.

<https://www.meteolor.fr/les-instruments-de-mesure> (consulté le 07/11/2017 à 11:32:35)

[6] : sarah. Puginier, 12-01-2009. La mesure de la température.

<http://files.meteofrance.com/files/education/temperature.pdf> (consulté le 07-11-2017 à 19:48:02)

[7] : TEMPÉRATURE, Unités et mesures de la température - Encyclopædi...

<https://www.universalis.fr/encyclopedie/temperature-meteorologie/1-un..> (consulté le 07/11/2017 à 20:06 :54)

[8] : Couches atmosphériques - Météo 45

[http://www.meteo45.com/couches\\_atmospheriques.html](http://www.meteo45.com/couches_atmospheriques.html) (consulté le 08/11/2017 à 10:25:47)

[9] : C.Baillet – 2004. Atmosphere terrestre.

[Eduscol.education.fr/rnchimie/phys/baillet/04/atmosphere.pdf](http://Eduscol.education.fr/rnchimie/phys/baillet/04/atmosphere.pdf) (consulté le 08/11/2017 à 10:35:29)

[10] : La structure de l'atmosphère.

<http://education.meteofrance.fr/dossiers-thematiques/le-fonctionnemen...> ( consulté le 08/11/2017 à 10:45:28)

[11] : La sécheresse : causes et conséquences - notre-planete.info.

[https://www.notre-planete.info/terre/risques\\_naturels/secheresse.php](https://www.notre-planete.info/terre/risques_naturels/secheresse.php) (consulté le 08/11/2017 à 12:40:56)

[12] : La sécheresse : causes et conséquences - notre-planete.info.

[https://www.notre-planete.info/terre/risques\\_naturels/secheresse.php](https://www.notre-planete.info/terre/risques_naturels/secheresse.php) ( consulté le 08/11/2017 à 13:14:30)

[13] : Un cyclone, qu'est-ce que c'est ? Geo.fr.

<http://www.geo.fr/environnement/les-mots-verts/cyclone-ouragan-typh...> ( consulté le 09/11/2017 à 09:25:47)

[14] : Les différents types de cyclones.

<http://cyclones.e-monsite.com/pages/les-differents-types-de-cyclones.html> ( consulté le 10/11/2017 à 10:10:46)

[15] : Qu'est ce qu'un cyclone ?

<http://www.ilereunion.com/divers/méteo/cyclones> ( consulté le 10/11/2017 à 10:16:34)

[16] : Inondation - Définition.

[https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire\\_environnement/d...](https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/d...) ( consulté le 10/11/2017 à 10 : 39 : 56 )

[17] : Inondation.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Inondation> ( consulté le 13/11/2017 à 19:10:45)

[18] : [www.notre-planete.info>inondation/causes](http://www.notre-planete.info/inondation/causes) (consulté le 15/11/2017 à 19:10:45)

[19] : Dégâts et conséquences des inondations.

<http://les-inondations.e-monsite.com/pages/ii-degats-et-consequences-...> (Consulté le 15/11/2017 à 19:10:45)

[25] : Fomboni

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Fomboni> (consulté le 15/11/2017 à 15 :34 :16)

[26] : Pierre Bonnet, 30-09-2009.Partie : Matlab.

[http://www-lagis.univ-lille.1.fr/bonnet/Outils.../Cours\\_Matlab\\_M1ASE.pdf](http://www-lagis.univ-lille.1.fr/bonnet/Outils.../Cours_Matlab_M1ASE.pdf) (consulté le 05-11-2017 à 12 :11 :09)

[27] : Hoang le-Huy, Septembre 1998. Introduction à MATLAB et Simulink.

<w3.gel.ulaval.ca/~lehuy/intromatlab/intromat.pdf> (consulté le 05-11-2017 à 13:07:17)

[28] : Moyenne.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Moyenne> (consulté le 13/11/2017 à 10:45:50)

[29] : Moyenne arithmétique.

[http://www.educatim.fr/tq/co/Module\\_TQ\\_web/co/moyenne\\_arithmeti...](http://www.educatim.fr/tq/co/Module_TQ_web/co/moyenne_arithmeti...) ( consulté le 09/11/2017 à 06:39:08)

[30] : GIEC,04-11-2014. Changement climatique : les prévisions du GIEC

[http://www.notre-planete.info/terre/climatologique\\_meteo/changement-climatique-GIEC.php](http://www.notre-planete.info/terre/climatologique_meteo/changement-climatique-GIEC.php)  
(consulté le 17/12/2017 à 17:58:43)

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[20] UNISDR Terminologie pour la Prévention des risques de catastrophe, 2009

[21] : MANUAL DES COURS : Introduction à la gestion des catastrophes Copyright ; Gabriel Garrilo, 10-07-2009

[22] : ILIASSA Moindjie, 2016 : « Etude de l'évolution de la température à Moroni de 1979 – 2014 et les mesures adoptées pour gérer et réduire les risques de catastrophes lies à ce phénomène ». Mémoire de Licence d'ingénierie en gestion des catastrophes et réduction des risques à l'université d'Antananarivo.

[23] : ANWADHU Mansourou, 2013 « contribution à la GRC aux Comores : cas des inondations, P45

[24] : Directeur de la Direction Générale de la sécurité et protection Civile, 2016

# TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
SOMMAIRE.....	ii
LISTE DES FIGURES .....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	iv
LISTE DES ABREVIATIONS.....	v
INTRODUCTION.....	1
PARTIE I : GENERALITE SUR LA TEMPERATURE ET ANALYSE DE RISQUES LIEES A SON EVOLUTION.....	2
CHAPITRE I : Notion générale sur la température.....	2
I.1 Présentation et définition de la température.....	2
I.1.1 Définition.....	2
I.1.2 La température en météorologie.....	2
I.2 Instrument de Mesure.....	2
I.3 Les échelles de température.....	3
I.4 Unité de la température.....	4
I.5 Température atmosphérique.....	4
I.5.1 Structure de l’atmosphère .....	4
I.5.2 Composition chimique de l’atmosphère terrestre.....	5
I.5.3 Variation de la température avec l’altitude .....	7
Chapitre II : ANALYSE DES RISQUES LIES A L’EVOLUTION DE LA TEMPERATURE.....	8
II.1 Sècheresse.....	8
II.1.1 Définition.....	8
II.1.2 Les différents types de sécheresse.....	8
II.1.3 Les causes des sécheresses.....	9
II.1.4 Les conséquences des sécheresses.....	10
II.2 Les cyclones.....	11
II.2.1 Définition.....	11
II.2.2 Formation d’un cyclone.....	11
II.2.3. Les différents types de cyclones.....	12
a) Les cyclones tropicaux.....	12

b) Les cyclones extratropicaux.....	13
c) Les cyclones subtropicaux.....	13
d) Les cyclones polaires.....	13
II.2.4 Les conséquences des cyclones.....	13
II.3. Les Inondations.....	13
II.3.1 Définition.....	13
II.3.2. Types d'inondations.....	14
II.3.3 Causes des inondations.....	15
a) Les causes naturelles.....	15
b) Les causes humaines directes .....	15
c) Les causes humaines indirectes.....	15
II.3.4 Dégâts et conséquence des inondations.....	16
a- Les dégâts matériels.....	16
b- Les dégâts humains.....	16
PARTIE II : MESSURE A PRENDRE POUR GERER ET REDUIRE LES RISQUES LIES A CETTE EVOLUTION.....	18
CHAPITRE III. MESURES A PRENDRE POUR GERER LES RISQUES LIES A CETTE EVOLUTION.....	18
III.1 Risque, vulnérabilité et prévention.....	18
III.2 Les différentes phases de la GRC.....	18
III.2.1 La phase d'Atténuation ou Mitigation.....	19
III.2.2 La phase de préparation.....	19
III.2.3 La phase de Réponse ou de Secours.....	20
III.2.4 La phase de Réhabilitation.....	20
III.2.5 La phase de Reconstruction.....	21
III.3 Le cycle de gestion de catastrophe.....	21
CHAPITRE IV : LA REDUCTION DES RISQUES DE CATASTROPHE AUX COMORES .....	22
IV.1 Institutions en charge de la GRC aux Comores .....	22
IV.1.1 La Direction de la météorologie nationale .....	22
IV.1.2 La Direction de l'observatoire du volcan Karthala .....	23
IV.1.3 Le Croissant Rouge Comorien (CRCo).....	23

IV.1.4 La Direction générale de sécurité civile .....	23
IV.2 Système d’alerte.....	24
VI.3 Réponse aux urgences .....	25
VI.4 Propositions des axes stratégiques pour lutter contre les risques de catastrophes.....	25
IV.4.1 Cas des sécheresses.....	25
IV.4.1.1 Moyens de réduction des risques de sécheresses.....	25
IV.4.1.2 Ce qui est à faire avant, pendant et après sécheresses.....	26
a) Avant la sécheresse.....	26
b) Pendant la sécheresse.....	26
c) Après la sécheresse.....	27
IV.4.2 Cas des cyclones.....	27
IV.4.2.1 Moyens de surveillance et d’alerte précoce.....	27
IV.4.2.2 Ce qui est à faire avant, pendant et après cyclones.....	27
a) Avant un cyclone.....	27
b) Pendant un cyclone.....	28
c) Après un cyclone.....	28
IV.4.3 Cas des inondations.....	28
IV.4.3.1 Moyens de réduction du risque d’inondation.....	28
a) les mesures d’anticipation.....	28
b) les mesures de <i>protections</i> .....	28
IV.4.3.2 ce qui est à faire avant, pendant et après inondation.....	29
a) Avant une inondation.....	29
b) Pendant une inondation.....	29
c) Après une inondation.....	30
 Partie III. METHODOLOGIES DE L’ETUDE ET PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS ET INTERPRETATION.....	 31
Chapitre V : LA ZONE D’ETUDE.....	31
V.1.1 Localisation de la zone d’étude.....	31
V.1.2 Base de données.....	31
Chapitre VI : MATERIEL.....	32
VI.1. Présentation du logiciel Matlab/Simulink .....	32
VI.2. Programme Matlab.....	32
VI.3. Aide sur Matlab.....	32

VI.4. Espace de Travail (Workspace) et Variable.....	33
Chapitre VII : METHODES.....	34
VII.1. Moyenne.....	34
VII.2. Moyenne Mobile.....	34
VII.3. Moyenne globale .....	35
VII.4. Moyenne mensuelle climatologique.....	35
VII.5. Anomalie standardisé .....	35
VII.6. Cumul.....	35
VII.7. Equation de la régression linéaire .....	35
CHAPITRE VIII : PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS ET INTERPRETATION.....	36
VIII.1. Température moyenne Journalière.....	36
VIII.2. Température Moyenne Mensuelle.....	37
VIII.3. Température moyenne annuelle .....	38
VIII.4. Température Cumulée.....	39
VIII.5. Anomalie de la température .....	40
VIII.6. Moyenne Mensuelle Climatologique.....	41
CONCLUSION.....	42
REFERENCES WEBOGRAPHIQUES.....	a
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	d
<i>RESUME</i>	
<i>ABSTRACT</i>	

**TITRE : ETUDE DE LA TEMPERATURE A FOMBONI 1979 –2016 ET LES  
MESSURES ADOPTER POUR GERER ET REDUIRE LES RISQUES DE  
CATASTROPHE LIES AUX CAS EXTREMES**

**RESUME :**

Ce mémoire se base sur l'étude de l'évolution de la température à Fomboni de 1979 à 2016. Cette ville est la capitale de Mohéli située à 12°16'34'' Sud de latitude et de 43°44'19'' Est de longitude. Le but de notre travail est de mettre en évidence la variation de la température afin de pouvoir gérer les risques de catastrophe naturelle liés au réchauffement climatique dans cette région. Pour ce faire nous avons utilisés le logiciel MATLAB comme outil de travail, pour faire des études statistiques sur les paramètres suivants : la température moyenne (journalière, mensuelle, annuelle), la moyenne climatologique mensuelle, la température cumulée, la moyenne mobile, l'anomalie de température moyenne annuelle et sa tendance. Les résultats trouvés, nous ont permis d'affirmer que l'évolution de la température moyenne à Fomboni est en hausse de 0,532°C pendant la période de 1979-2016.

*Mots clés : Température, Moyenne climatologique, Anomalie, Moyenne mobile, Réduction des risques, Analyse des risques, MOHELI et FOMBONI.*

**TITLE: STUDY OF THE TEMPERATURE IN FOMBONI 1979 -2016 AND THE  
MESSURES ADOPTED TO MANAGE AND REDUCE THE RISKS OF DISASTER  
RELATED TO EXTREME CASES**

**ABSTRACT:**

This memory is based on the study of the evolution temperature in FOMBONI from 1979 to 2016. This city is the capital of MOHÉLI located at 12 ° 16'34" Sud latitude and 43 ° 44'19 " East of longitude. The purpose of our work is to highlight the variation of the temperature in order to be able to manage the risks of natural disaster linked to the global warming in this region. To do this, we used the MATLAB software as a working tool, to make statistical studies on the following parameters: the average temperature (daily, monthly, yearly), the monthly climatological average, the cumulative temperature, the moving average, the average temperature anomaly annual and tendency. These results are found; we were able to say that the evolution of the average temperature with Fomboni is up by 0,532 ° C during the period of 1979-2016.

*Key words: Temperature, Climatic average, Anomaly, Moving average, Risk reduction, Risk analysis, MOHELI and FOMBONI.*

<b>ENCADREUR :</b> <b>Professeur Titulaire,</b> <b>RATIARISON Andriamanga Adolphe</b>	<b>IMPETRANT :</b> NASSURDINE Azmir Tel : 00261349968134 Email : azmiranturi@live.fr Adresse : Antananarivo, lot IIF 33 ISJA Antsamaeva (près Andraisoro)
---	--