

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ANNEXES

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : CONTEXTE GENERAL

CHAPITRE I : SITUATION GEOCLIMATIQUE DE MADAGASCAR

I.1. Localisation géographique de Madagascar

I.2. Le climat de Madagascar

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LES CYCLONES TROPICAUX

II.1. Formation et mouvement des cyclones tropicaux

II.2. Impact et risque cyclonique

DEUXIEME PARTIE : METHODOLOGIE

CHAPITRE I : SYSTEME D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES (SIG)

I.1. Définition

I.2. Utilisation du SIG

CHAPITRE II : DONNEES UTILISEES

II.1. Les perturbations cycloniques et leur passage à Madagascar de 1987-2017

II.2. Nombre des SDTs par région pendant les saisons 1987-2017

TROIXIEME PARTIE : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

CHAPITRE I : ANALYSE DU RISQUE CYCLONIQUE A MADAGASCAR

I.1. Résultats préliminaires

I.2. Analyse individuelle de chaque stade des SDTs

CHAPITRE II : MISE A JOUR DE LA TYPOLOGIE D'EXPOSITION DE MADAGASCAR AUX SDTs

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

ANNEXES

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

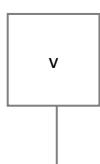
SDTs	:	Systèmes Dépressionnaires Tropicaux
°C	:	Degré Celsius
S	:	Sud
SIG	:	Système d'Informations Géographiques
ZCIT	:	Zone de Convergence Intertropicale
OMM	:	Organisation Météorologique Mondiale
CMRS	:	Centre Météorologique Régional Spécialisé (RSMC)
AR 1	:	Association Régionale N°1
SOI	:	Sud de l'Océan Indien
RVM	:	Rayon de Vent Maximal
BNGRC	:	Bureau National de Gestion des Risques et Catastrophes
CNGRC	:	Conseil National de Gestion des Risques et Catastrophes
GRC	:	Gestion des Risques et Catastrophes
RRC	:	Réduction des Risques et Catastrophes
BD	:	Banque de Données
OI	:	Océan Indien
CM	:	Canal de Mozambique
CT	:	Cyclone Tropical
DT	:	Dépression Tropicale
TTM	:	Tempête Tropicale Modérée
FTT	:	Forte Tempête Tropicale
CTI	:	Cyclone Tropical Intense
CTTI	:	Cyclone Tropical Très Intense

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Délimitation de la Zone de responsabilité de Madagascar	2
Figure 2 : 22 Régions de Madagascar	3
Figure 3 : Situation synoptique caractérisant la saison été à Madagascar	4
Figure 4 : Situation synoptique caractérisant la saison hiver à Madagascar.....	4
Figure 5 : Différentes nominations du cyclone dans le monde.....	6
Figure 6: Les bassins cycloniques d'après l'OMM	7
Figure 7 : Les zones géographiques affectées par les cyclones tropicaux.	10
Figure 8: Trajectoires types des cyclones à Madagascar	10
Figure 9 : Variations du vent et de la pression dans un cyclone type de l'hémisphère sud	11
Figure 10 : Distribution mensuelle des DTs.....	22
Figure 11 : Niveau d'exposition aux DTs.....	22
Figure 12 : Distribution mensuelle des TTMs.....	23
Figure 13 : Niveau d'exposition aux TTMs.....	23
Figure 14 : Distribution mensuelle des FTTs.....	24
Figure 15 : Niveau d'exposition aux FTTs.....	24
Figure 16 : Distribution mensuelle des Tempêtes.....	25
Figure 17 : Niveau d'exposition aux Tempêtes.....	25
Figure 18 : Distribution mensuelle des CTs.....	26
Figure 19 : Niveau d'exposition aux CTs.....	26
Figure 20 : Distribution mensuelle des CTIs.....	27
Figure 21 : Niveau d'exposition aux CTIs.....	27
Figure 22 : Distribution mensuelle des CTTIs.....	28
Figure 23 : Niveau d'exposition aux CTTIs.....	28
Figure 24 : Distribution mensuelle des Cyclones.....	29
Figure 25 : Niveau d'exposition aux Cyclones.....	29
Figure 26 : Distribution mensuelle des Tempêtes et Cyclones.....	30
Figure 27 : Niveau d'exposition aux Tempêtes et Cyclones.....	30
Figure 28 : Carte d'exposition de l'ancienne version.....	31
Figure 29 : Carte d'exposition de la mise à jour.....	31

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau de l'échelle de Beaufort.....	8
Tableau 2 : Classification des Systèmes Dépressionnaires Tropicaux dans le SOI.....	9
Tableau 3 : Les perturbations cycloniques ayant traversé Madagascar de 1987-2017.....	17
Tableau 4 : Distribution régionale de passage des SDTs 1987-2017.....	19
Tableau 5 : SDTs qui passaient à coté de Madagascar 1987-2017.....	20
Tableau 6 : Les SDTs ayant traversé Madagascar 1987-2017.....	21
Tableau 7 : Distribution régionale de l'intensité des SDTs atterriss sur Madagascar du 1987-2017.....	21



LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I.

Tableau de bilan (décès, sinistrés) des tempêtes et cyclones à Madagascar (2003-2012)..... A

ANNEXE II.

Tableau récapitulation des SDTs par région touchés et proches (*) des provinces Antsiranana et Toamasina (1987-2017)..... B

ANNEXE III.

Tableau récapitulation des SDTs par région touchés et proches (*) des provinces Mahajanga et Antananarivo (1987-2017)..... C

ANNEXE IV.

Tableau récapitulation des SDTs par région touchés et proches (*) des provinces Fianarantsoa et Toliara (1987-2017)..... D

INTRODUCTION.

A nos jours, l'actualité nous montre que les aléas naturels deviennent plus intenses. Toute terre habitée est concernée par divers types d'aléa. Madagascar est parmi les zones géographiques affectées par les cyclones tropicaux. Chaque année, Madagascar est en général touché par deux (2) à quatre (4) Systèmes Dépressionnaires Tropicaux (SDTs).

Les cyclones tropicaux constituent des catastrophes naturelles les plus dramatiques et les plus répandus. Ils sont dévastateurs, non seulement par action directe de vent mais aussi par les inondations. L'impact des SDTs est différent d'une région à l'autre suivant son caractère géographique, s'ajoute désormais l'effet du changement climatique qui aggrave le contexte.

Cette étude vise à la contribution de la mise à jour de la carte d'exposition des régions de Madagascar aux SDTs qui datent d'une vingtaine d'années, et qui constitueront ensuite un nouvel outil opérationnel dans les activités de préparation et prévention aux urgences et à la planification à long terme.

Le manuscrit est divisé en trois parties. Dans la première partie, nous présenterons le contexte général incluant la situation géoclimatique de Madagascar, suivi des généralités sur les cyclones tropicaux. La deuxième partie sera consacrée à la méthodologie et les données de base. Cela consistera à l'utilisation de logiciel SIG (Système d'Informations Géographiques) et à la description des bases de données des perturbations à Madagascar. La dernière partie exposera les résultats et leurs interprétations. Enfin, nous aborderons une conclusion finale.

Rapport Gratuit.com

PREMIERE PARTIE:

CONTEXTE GENERAL

Chapitre I : SITUATIONS GEOCLIMATIQUES DE MADAGASCAR

I.1. Localisation géographique de Madagascar :

❖ Madagascar dans le monde :

Madagascar se trouve dans l'hémisphère Sud, dans le bassin Sud-Ouest de l'Océan Indien et dans le continent Africain. Elle s'étend du 12 au 25^{ème} degré de latitude Sud et 43 au 51^{ème} degré de longitude Est, elle est localisée presque entièrement dans la zone tropicale. Elle est séparée d'Afrique par le canal de Mozambique de 400 km. Madagascar est environ à 1400 km au Sud de l'Equateur. Elle est la cinquième plus grande île du monde (Australie, Groenland, la Nouvelle-Guinée, Bornéo) [W_1]. Les îles autour de Madagascar sont : les Comores (au Nord-Ouest à 877 km) ; les Seychelles (au Nord Est à 1824 km) ; la Réunion (à l'Est à 942 km) ; île Maurice (à l'Est à 1132 km) [W_2].

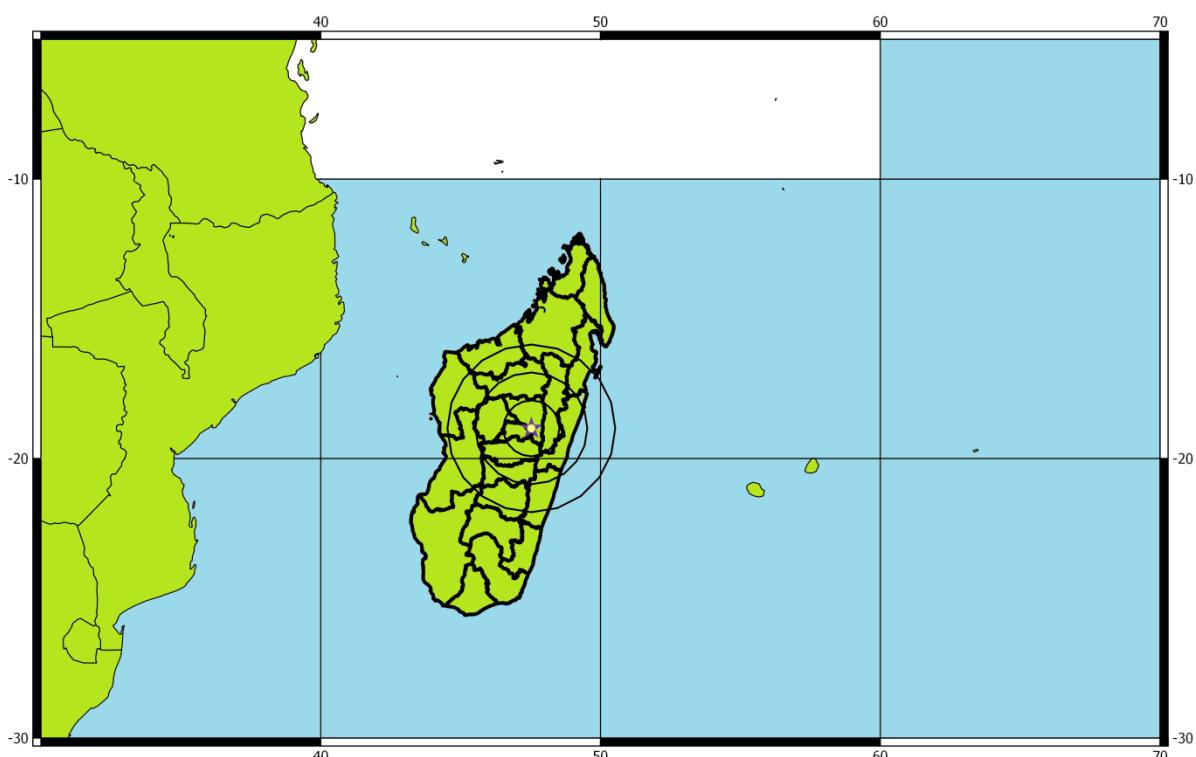


Figure 1 : Délimitation de la Zone de responsabilité de Madagascar

Source : [1]

❖ Géographie locale de Madagascar :

Madagascar possède 4828 km de côtes. C'est une île en forme de pied gauche, s'étendant à 1600 km du Nord au Sud et 600 km de l'Est à l'Ouest. Sa superficie est de 587 040 km². La topographie est très diversifiée. L'altitude maximale culmine jusqu'à 2876 m dans la partie Nord (Maromokotra), l'altitude minimale qui est le niveau moyen de la mer est localisée dans les zones côtières [W_1].

Du point de vue délimitation administrative, Madagascar est divisé en six (6) provinces :

- ✓ Antsiranana : au Nord ;
- ✓ Toamasina : à l'Est ;
- ✓ Mahajanga : au Nord-Ouest ;
- ✓ Antananarivo : au centre, c'est la capitale de Madagascar ;
- ✓ Fianarantsoa : au centre Sud et au Sud-Est ;
- ✓ Toliara : au Sud-Ouest.

Les provinces sont ensuite subdivisées en vingt-deux (22) régions sur laquelle est focalisée notre étude:

- ✓ Province Antsiranana : DIANA, SAVA ;
- ✓ Province Toamasina : Atsinanana, Analanjirofo, Alaotra Mangoro ;
- ✓ Province Mahajanga : Sofia, Boeny, Betsiboka, Melaky;
- ✓ Province Antananarivo : Analamanga, Itasy, Vakinankaratra, Bongolava ;
- ✓ Province Fianarantsoa : Matsiatra Ambony (Haute Matsiatra), Vatovavy Fitovinany, Atsimo Atsinanana, Ihorombe, Amoron'i Mania;
- ✓ Province Toliara : Atsimo Andrefana, Menabe, Androy, Anosy



Figure 2 : 22 Régions de Madagascar (Source : auteur)

Remarque : la région Vatovavy Fitovinany (à l'Est de Haute Matsiatra, au Nord d'Atsimo Atsinanana, province de Fianarantsoa) est masquée ici et dans les autres cartes de Madagascar. Analamanga aussi est masquée, province d'Antananarivo.

I.2.Le Climat de Madagascar :

❖ Climatologie à l'échelle régionale de l'Océan Indien:

Etant donné sa position géographique quasi localisée dans la zone Tropicale, Madagascar possède quatre (4) saisons dont deux (2) saisons marquées et deux (2) courtes saisons (communément connues sous le nom d'intersaison) :

- ✓ Décembre à Mars : c'est la saison chaude et humide, appelée également saison cyclonique. La Zone de Convergence Intertropicale (ZCIT) constitue l'un des systèmes dynamiques qui régissent cette saison. Sa position moyenne est en effet localisée entre 5°S et 20°S. Ainsi, durant cette période on assiste généralement à la formation en moyenne d'une dizaine de perturbations cycloniques.
- ✓ Avril et Mai : saison de transition. La ZCIT remonte et atteigne l'hémisphère boréal. Les perturbations tropicales sont rares et généralement peu actives. Ainsi la pluviosité diminue dans plusieurs régions du pays.
- ✓ Juin à Août : c'est la saison sèche et fraîche. Les alizés dictent en grande partie le temps qu'il fait dans les Archipels des Mascareignes et sur Madagascar.
- ✓ De Septembre à Novembre : saison de transition vers celle de pluvieuse.

L'anticyclone de Mascareignes s'affaiblit et favorise les activités des brises locales. Ainsi, les activités orageuses sont surtout sous l'effet des dynamiques locales. C'est en cette période que la ZCIT se progresse à nouveau vers l'hémisphère austral. [2]

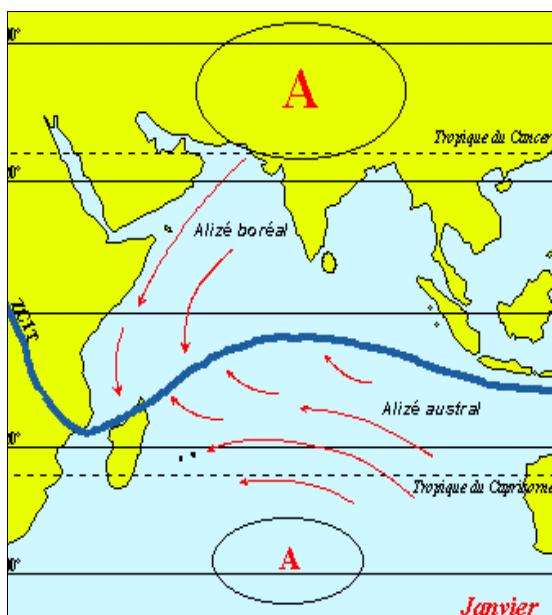


Figure 3 : Situation synoptique caractérisant la saison été à Madagascar

Source : [W_3]

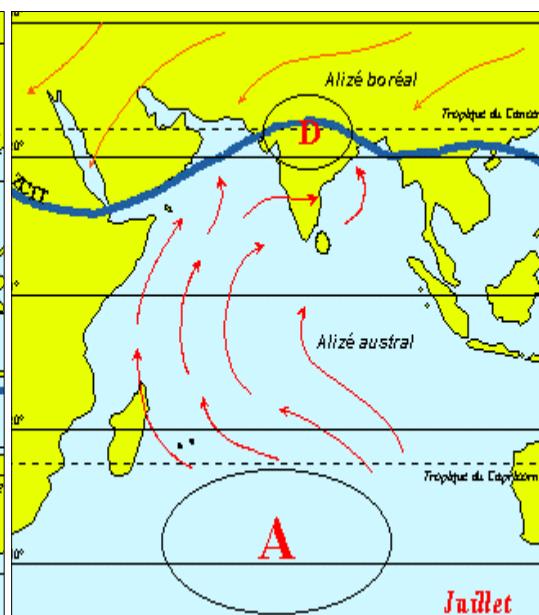


Figure 4 : Situation synoptique caractérisant la saison hiver à Madagascar

❖ *Climatologie locale de Madagascar : [3]*

D'après la classification générale du climat dans le monde (Koppen), celui de Madagascar est du type tropical humide. La forme du relief, l'influence maritime et le régime des vents sont les principales causes des conditions climatiques très variées que l'on rencontre sur l'île. Une dorsale montagneuse culminante entre 1.200 m et 1.500 m d'altitude s'appuyant sur trois (3) massifs qui dépassent 2.600 m du Nord au Sud.

Madagascar se divise en cinq(5) régions climatiques :

- ✓ Côte Est : climat chaud et humide, exposée directement aux courants d'alizés, elle reçoit plus de 2 500 mm de pluie par an avec un maximum de 3 700 mm dans la baie d'Antongil, et un minimum 900 mm à 1 600 mm aux extrémités Nord et Sud de Madagascar. Le cumul pluviométrique est particulièrement abondant pendant la saison estivale. La température moyenne est d'environ 24°C.
- ✓ Plateaux : les zones centrales au-dessus de 700 m. La hauteur de pluie varie de 1 250 mm à 1 900 mm, mais Andringitra et Tsaratanana en reçoivent plus de 2 500 mm. Les pluies sont presque entièrement limitées à la période Octobre-Avril. La température moyenne oscille de 18 à 22°C.
- ✓ Nosy-Be - Sambirano : cette zone est analogue à celui de la côte Est : chaud et humide avec des pluies annuelles 2 000 mm à 2 500 mm. Son caractère spécifique est la quasi-présence d'une convergence dynamique à la fois liée à la brise et à la décélération des flux d'alizés. Les mois de Décembre à Mars sont les plus pluvieux. La température moyenne est d'environ 26°C.
- ✓ Côtes et région Ouest : La pluviosité moyenne annuelle diminue du Nord au Sud, passant de 1 910 mm (Analalava) à 340 mm (Androka- Toliara). Le maximum de précipitation est observé en Janvier dans la moitié Nord et en Février dans la moitié Sud de cette région. La température moyenne annuelle est 24°C au Sud et 27°C au Nord.
- ✓ Extrême-Sud : Une grande variabilité de climat qui s'apparente à celui d'une zone semi-aride. Elle reçoit entre 340 mm à 750 mm de pluies par an. La répartition spatiale est très irrégulière au cours de l'année. La température moyenne annuelle est 24°C.

En résumé, en été l'anticyclone océanique s'affaiblit et se morcèle. Une dorsale arabique intéressante par intermittence le Nord du canal de Mozambique et génère les flux de mousson. En même temps, la ZCIT étend son influence sur la partie Nord de Madagascar. Une instabilité orageuse se développe presque quotidiennement en toutes régions. En hiver, le principal centre d'action est constitué par la ceinture anticyclonique subtropicale qui est régulièrement perturbée par le passage des systèmes baroclines des moyennes latitudes. Ces hautes pressions dirigent sur Madagascar un régime d'alizé de secteur Est, d'épaisseur et d'activité variables. Pendant cette saison, la partie Est de la chaîne faîtière jouit d'un climat humide « au vent », tandis que la partie Ouest subit la sécheresse d'un climat « sous le vent ».

Chapitre II : GENERALITES SUR LES CYCLONES TROPICAUX

II.1. Formation et mouvement des cyclones tropicaux :

❖ Définition :

D'après l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM 1992), le cyclone est défini comme des « *perturbations dépressionnaires d'échelle synoptique non accompagnées d'un système frontal, prenant naissance au-dessus des eaux tropicales ou subtropicales et présentant une activité convective organisée et une circulation cyclonique, plus intense en surface qu'en altitude* » [4]. Au stade mature, leur dénomination varie suivant les régions océaniques du globe : cyclone, ouragan, typhon ...



Figure 5 : Différentes nominations du cyclone dans le monde

Source : [W_4]

Dans le Sud-Ouest, Sud-Est de l'Océan Indien et le Pacifique Sud, le terme générique utilisé est le cyclone tropical.

❖ Genèse des perturbations cycloniques tropicales :

Plusieurs conditions d'ordre dynamiques et thermodynamiques sont nécessaires au processus de cyclogenèse : [4]

- ✓ Présence d'une perturbation préexistante ;
- ✓ La température de la mer doit dépasser 26,5°C jusqu'à une profondeur d'au moins 60 m. C'est la principale source d'énergie des cyclones tropicaux ;
- ✓ Un cisaillement vertical de vent faible serait favorable à l'existence d'une circulation tourbillonnaire cohérente sur toute épaisseur de l'atmosphère ;
- ✓ Une distance d'au moins 500 km de l'Équateur (soit en moyenne 5° de latitude) pour que la force de Coriolis puisse provoquer le mouvement tourbillonnaire cyclonique. Dans la plupart des cas, les systèmes cycloniques se forment essentiellement entre 5° et 20° Nord / Sud ;
- ✓ Présence d'une forte instabilité de grande échelle et humidité dans la moyenne troposphère. Les conditions doivent être favorables à la formation et aux maintiens des systèmes convectifs.

La majorité des systèmes cycloniques prennent naissance dans la Zone de Convergence Intertropicale (ZCIT) où les conditions de genèse sont fréquemment remplies. En effet, les systèmes nuageux et les ondes tropicales persistant dans la ZCIT constituent des perturbations initiales.

Dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien, l'année cyclonique s'étend du 1^{er} Juillet au 30 Juin. A Madagascar, la saison cyclonique s'étend du 1^{er} Novembre au 30 Avril ; durant laquelle se manifestent la plupart des cyclones tropicaux. [5]

Il existe deux(2) zones privilégiées de formation des cyclones qui intéressent Madagascar :

- Ils prennent naissance dans la partie Sud de la ZCIT près de l'Archipel des Chagos, et progressent vers l'Ouest en infléchissant leur trajectoire vers le Sud-Est de Madagascar ;
- Ils se forment dans la zone s'étendant du Nord de Saint-Brandon au Nord de Madagascar.

Quelques-uns se forment ou se régénèrent dans le canal de Mozambique. [W_5]

❖ *Structure et classification* :

Un cyclone est constitué d'un centre ou œil et de mur de l'œil. C'est une zone où l'on observe la pression la plus basse et des températures les plus chaudes en altitude (de l'ordre de 10°C à 12 km d'altitude).

En moyenne son diamètre varie de 30 à 60 km. Cependant, il peut varier de 8 km à 200 km de diamètre. Le mur de l'œil est une zone circulaire caractérisée par de convection profonde. Le vent le plus fort et qui reflète l'intensité d'un système cyclonique est observé dans ce mur de l'œil. [W_6]

La classification des stades d'évolution d'un système tropical diffère suivant les bassins cycloniques.

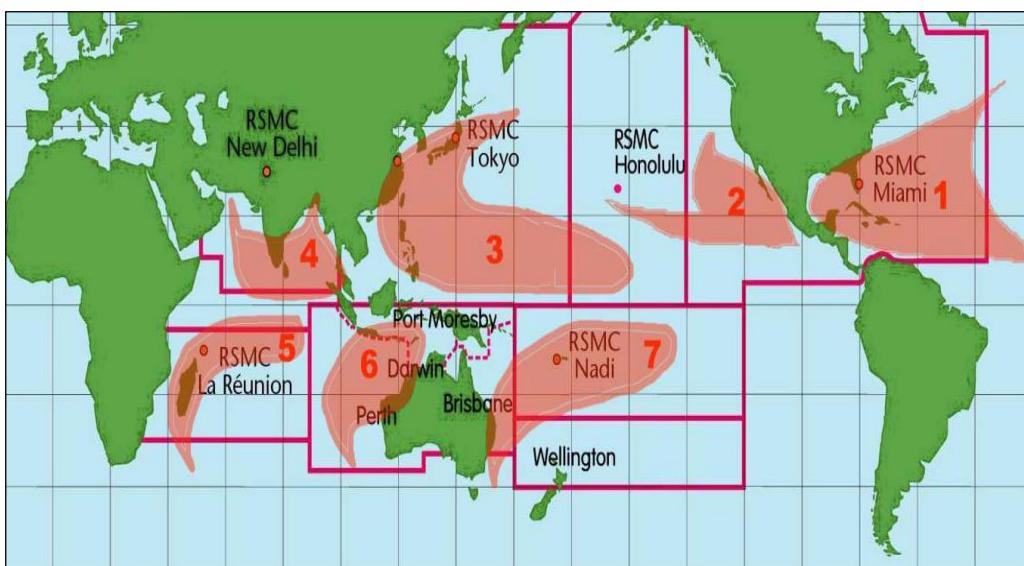


Figure 6: Les bassins cycloniques d'après l'OMM

Source : [W_7]

L'intensité d'un système tropical est déduite à partir du vent mesuré ou estimé au sein de la circulation en surface. Dans la plupart des bassins, le vent est moyenné sur 10 minutes tandis que dans l'Atlantique Nord et Pacifique Nord-Est, on utilise le vent moyen sur 1 minute. On y utilise l'**échelle de Saffir-Simpson**.

Le monde maritime utilise l'**échelle de Beaufort** inventée en 1805 par un hydrographe irlandais Francis Beaufort. Elle comporte 13 degrés (0 à 12) spécifiant la force du vent, l'état de la mer et un qualificatif d'éventuel impact. [W_8]

Tableau 1 : Tableau de l'échelle de Beaufort

Source : [W_9]

Degrés	Termes descriptifs	Vitesse moyenne en noeuds	Vitesse moyenne en km/h	Éléments généraux de détermination de la vitesse	État des eaux
0	calme	< 1 Kt	< 1 km/h	La fumée monte verticalement	comme un miroir
1	très légère brise	1 à 3 kT	1 à 5 km/h	La fumé, mais non la girouette, indique la direction du vent.	Quelques ride sur l'eau
2	légère brise	4 à 6 Kt	6 à 11 km/h	On sent le vent sur la figure; les feuilles bruissent; les girouettes bougent.	vaguelettes ne déferlant pas
3	petite brise	7 à 10 kT	12 à 19 km/h	Feuilles et brindilles bougent sans arrêt; les petits drapeaux se déploient.	les moutons apparaissent
4	jolie brise	11 à 16 kT	20 à 28 km/h	Poussière et bouts de papier s'envolent; les petites branches remuent.	petites vagues, nombreux moutons
5	bonne brise	17 à 21 kT	29 à 38 km/h	Les petits arbres feuillus se balancent.	vagues modérées, moutons, embruns
6	vent frais	22 à 27 kT	39 à 49 km/h	Les grosses branches bougent.	lames, crêtes d'écume blanche, embruns
7	grand frais	28 à 33 kT	50 à 61 km/h	Des arbres tout entiers s'agitent.	lames déferlantes, traînées d'écume
8	coup de vent	34 à 40 kT	62 à 74 km/h	Des petites branches se cassent.	tourbillons d'écume à la crête des lames, traînées d'écume
9	fort coup de vent	41 à 47 kT	75 à 88 km/h	Peut endommager légèrement les bâtiments.	lames déferlantes grosses à énormes, visibilité réduite par les embruns
10	tempête	48 à 55 kT	89 à 102 km/h	Peut déraciner les arbres, endommager sérieusement les bâtiments.	
11	violente tempête	56 à 63 kT	103 à 117 km/h	Très rare; gros dégât	
12	Ouragan	> 63 kT	> 117 km/h	Très rare.	

L'OMM utilise la classification selon la vitesse des vents moyenne sur 10 minutes : [W_10]

- Une dépression tropicale si le vent est inférieur à 63 km/h ou 33 Noeuds
- Une tempête tropicale si le vent est compris entre 63 et 117 km/h ou entre 33 à 63 Noeuds
- Un cyclone tropical si le vent dépasse 117 km/h ou 63 Noeuds

Ci-dessous la classification utilisée par l'ensemble des pays de l'AR 1 membres du Comité des Cyclones Tropicaux.

Tableau 2 : Classification des Systèmes Dépressionnaires Tropicaux dans le SOI

Source : [W_10] ; [6]

Intensité	Vitesse de vent		Echelle de Beaufort	Pression Hpa
	Km/h	Noeuds (Kt)		
Dépression Tropicale	51 à 62	28 à 33	Force 7	>997
Tempête Tropicale Modérée	63 à 88	34 à 47	Force 8 à 9	996 à 986
Forte Tempête Tropicale	89 à 117	48 à 63	Force 10 à 11	985 à 972
Cyclone Tropical	118 à 165	64 à 89	Force 12	971 à 942
Cyclone Tropical Intense	166 à 212	90 à 115		941 à 910
Cyclone Tropical Très Intense	>212	>115		<909

L'estimation de l'intensité d'un système tropical est complexe. Elle est fonction des paramètres physiques du système (Rayon des vents maximum, rayon des grands frais, diamètre de la première isobare fermée ...) et les paramètres de l'environnement où il évolue (Dynamique d'altitude, Température de la surface de la mer, humidité).

❖ *Mouvement des cyclones tropicaux:*

Plusieurs paramètres affectent la trajectoire d'un cyclone tropical. Il se déplace généralement dans la même direction que les vents dominants que l'on appelle le flux directeur.

La trajectoire peut également être affectée par la force de Coriolis, les crêtes subtropicales et les creux barométriques.

Il serait nettement facile de prévoir la trajectoire des cyclones tropicaux si les vents qui dirigent les tempêtes soufflaient toujours dans la même direction. En réalité, ils changent continuellement, ce qui rend difficile la prévision de leurs déplacements.

Le déplacement moyen d'un système tropical est de l'ordre de 3° géographique en 24 heures, soit 14 km/h, mais peut dépasser 5° géographique. [5]

La figure suivante illustre la climatologie des déplacements des systèmes dépressionnaires tropicaux sur l'ensemble du globe. Elle permet de dire que Madagascar est le pays le plus exposé dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien.

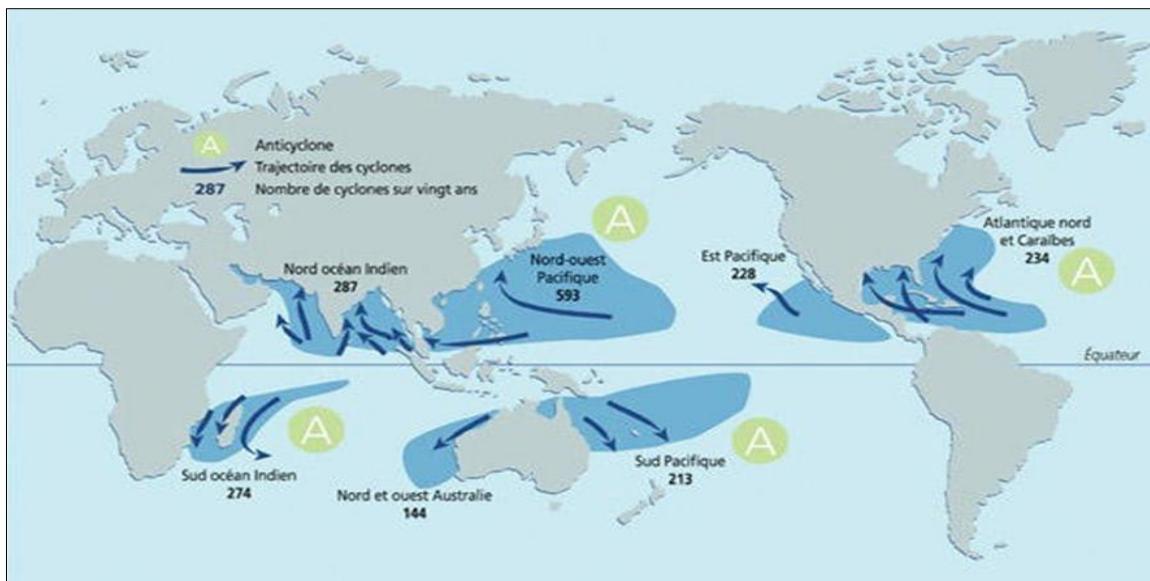


Figure 7 : Les zones géographiques affectées par les cyclones tropicaux.

Source : [W_7]

En général, Madagascar a six(6) types de trajectoires cycloniques principales.

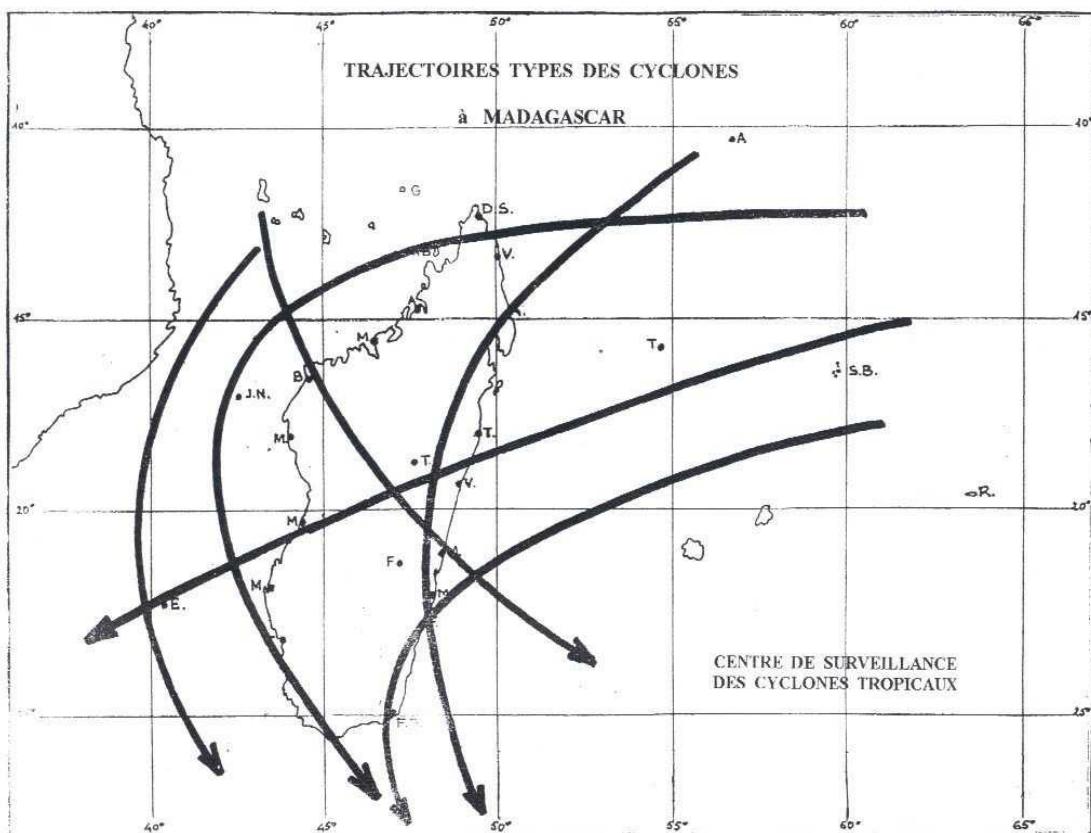


Figure 8: Trajectoires types des cyclones à Madagascar.

Source : [4]

II.2. Impact et risque cyclonique :

❖ Impact cyclonique : [W_11]

Les vents violents et les pluies torrentielles sont les principales sources des dégâts causées par les cyclones tropicaux.

Les vents maximaux soufflent dans le mur de l'œil. Ils décroissent très rapidement quand on s'éloigne de la zone centrale (plus ou moins rapidement en fonction de la taille du cyclone), de sorte que les vents réellement destructeurs s'étendent rarement au-delà d'une centaine de kilomètres du centre comme l'illustre la figure ci-dessous. Néanmoins, il arrive que des vents violents soufflent également dans certaines bandes nuageuses spiralées externes particulièrement actives.

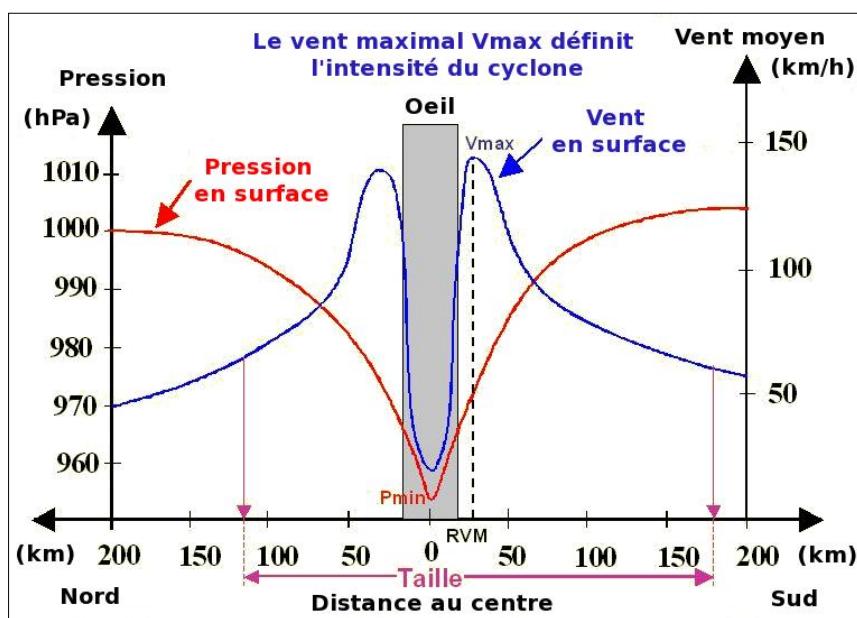


Figure 9 : Variations du vent et de la pression dans un cyclone type de l'hémisphère sud

Source : [W_12]

Quand un cyclone touche terre, les vents sont modifiés par l'effet des frottements et les reliefs et la turbulence augmentent fortement. Il en résulte un affaiblissement des vents moyens mais le facteur de rafales augmente.

Des pluies torrentielles accompagnent le passage d'une perturbation tropicale et peuvent avoir des conséquences souvent plus dévastatrices que le vent (inondations, glissements de terrain, torrents). Contrairement au vent, l'intensité des précipitations n'est pas reliée à l'intensité de la perturbation. Des systèmes dépressionnaires tropicaux relativement faibles peuvent occasionner des pluies plus abondantes que des cyclones matures. En outre, même à intensité équivalente, les précipitations sont très variables d'un cyclone à l'autre. Les quantités de pluies sont liées à la vitesse de déplacement du météore qui les génère (plus il se déplace lentement, plus les pluies peuvent durer longtemps), ainsi qu'à la taille et à la structure nuageuse du phénomène, souvent asymétrique.

Les pluies abondantes et grains orageux peuvent se produire dans des bandes nuageuses périphériques jusqu'à 1000 km du centre pour les phénomènes les plus larges.

L'arrivée sur un continent provoque une forte convergence dans la zone au vent, rendant plus intenses les mouvements verticaux convectifs et accélérant la formation des précipitations sur les régions côtières. En outre, la présence d'un relief marqué renforce d'autant plus les ascendances et donc les précipitations orographiques.

Les pluies cycloniques de 24 heures peuvent dépasser facilement la normale mensuelle et se traduisent en des inondations meurtrières.

La houle cyclonique : au cœur du cyclone, les vents violents génèrent par frottement avec la surface de la mer des vagues énormes pouvant atteindre 10 à 20 m de hauteur significative. La vague la plus haute levée par un cyclone et mesurée par un navire fut estimée à 34 m (bâtiment américain USS Ramapo) le 7 février 1933 dans le Nord-Ouest du Pacifique.

Elle peut se faire sentir loin du cyclone, jusqu'à plus de 1000 km du phénomène, sans que celui ne vienne forcément à passer à proximité. Les dégâts provoqués par cette houle dépendent de sa hauteur et de sa période, mais aussi du profil des côtes.

La marée de tempête : la marée de tempête est le phénomène le plus meurtrier et dévastateur qui accompagne les cyclones. Elle est particulièrement dangereuse pour les régions côtières de basse altitude qui possèdent une baie avec un plateau continental étendu et peu profond, où l'énorme quantité d'eau soulevée par le cyclone peut pénétrer jusqu'à plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres en noyant et détruisant tout sur son passage. Elle est la principale cause des pertes en vie humaine aux Philippines lors du passage du Cyclone Très Intense Hayian en 2013.

Un tableau nous donne un aperçu de l'impact des cyclones tropicaux à Madagascar (Voir annexe I).

De ce fait, la prévision cyclonique est une étape primordiale dans la planification de la gestion du risque et crise d'ordre météorologique.

❖ *Le risque cyclonique à Madagascar :*

La notion de risque cyclonique utilisé ici est un abus de langage par rapport aux différents niveaux d'expositions de chaque région du pays. Etant donné que l'ensemble du pays peut être affecté par des systèmes dépressionnaires tropicaux, le niveau de vulnérabilité locale est difficile à décrire. Ainsi le risque relate la fréquence où des tempêtes ou cyclones affectent le territoire national.

La climatologie existante fait état de deux (2) à quatre (4) systèmes qui touchent le pays par an. Cette valeur n'est pas représentative des risques aux niveaux régionaux.

[W_13] A Madagascar, le Bureau National de Gestion des Risques et Catastrophes (BNGRC) est le bras opérationnel du Conseil National de Gestion des Risques et Catastrophes (CNGRC). Il fait partie des composantes clés de la structure institutionnelle de Gestion des Risques et des Catastrophes (GRC).

Il est l'autorité nationale de gestion, de coordination et de suivi de toutes activités se rapportant à la GRC et à la Réduction des Risques de Catastrophes (RRC) à Madagascar , selon le décret n°2006 - 904, fixant l'organisation, le fonctionnement et les attributions du BNGRC.

Il a pour attribution de concentrer ses efforts dans le renforcement de capacités des autorités et de la population locale dans les régions les plus vulnérables en vue d'atteindre une résilience communautaire effective.

DEUXIEME PARTIE:

METHODOLOGIE

Chapitre I : SYSTEME D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES

I.1.Définition :

La géomatique c'est l'ensemble des techniques de traitement informatique des données géographiques. Elle regroupe donc les outils et méthodes permettant l'acquisition, le stockage, le traitement et la diffusion des données à référence spatiale.

Dans son sens strict, un SIG est un logiciel informatique capable d'assembler, de stocker, de manipuler et d'afficher l'information géographique. Selon une approche plus globale, les SIG doivent être considérés comme des systèmes d'information formés de diverses composantes : ressources humaines et organisations, méthodes et données, logiciels et matériels.

L'information géographique est l'ensemble de l'information descriptive et de l'information graphique.

Par abus de langage, un SIG signifie souvent aujourd'hui le logiciel utilisé dans un SIG.

Un système d'Informations Géographiques (SIG) est un système d'information conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographique de façon à pouvoir en extraire facilement des synthèses utiles à la prise de décision. L'acronyme SIG est parfois utilisé pour définir les « sciences de l'information géographique » ou « étude de l'information géospatiale ». [W_14]

I.2.Utilisation du SIG : [W_13] [W_14]

La première utilisation du terme « Système d'Informations Géographiques » a émergé grâce à Roger Tomlinson en 1968 dans son essai : « un système d'informations géographiques pour l'aménagement du territoire ».

Les applications liées aux SIG sont des outils qui permettent aux utilisateurs de créer des requêtes interactives, d'analyser l'information spatiale, de modifier et d'édition des données par l'entremise de cartes et d'y répondre cartographiquement.

Quelle que soit la façon d'identifier et de représenter les objets et événements qui illustrent notre environnement (coordonné, latitude et longitude, adresse, altitude, temps, médias sociaux, etc.), les SIG permettent de réunir toutes ces dimensions autour d'un même référentiel, véritable colonne vertébrale du système d'information.

Le SIG est un terme général qui se réfère à de nombreux domaines d'application dont on peut en citer quelques-unes : aménagement du territoire, la gestion des infrastructures et réseaux, le transport et la logistique, l'assurance, les télécommunications, l'ingénierie, la planification, l'éducation et la recherche, etc. C'est pour cette raison que les SIG sont à l'origine de nombreux services de géolocalisations basées sur l'analyse des données et leur visualisation.

La création de cartes et d'analyse géographique ne sont pas des procédés nouveaux, mais les SIG procurent une plus grande vitesse et proposent des outils sans cesse innovant dans l'analyse, la compréhension et la résolution des problèmes.

Dans cette étude, on utilise le SIG pour analyser les trajectoires des cyclones qui intéressent Madagascar dans le but de mettre à jour les niveaux d'expositions de chaque région.

Le SIG intègre trois types des données:

- ✓ Les données en mode Raster ou Maillée
- ✓ Les données en mode vecteur
- ✓ Les données ponctuelles ou points

Données en mode Raster ou Maillée:

Les informations sont représentées par une matrice de pixels. Chaque cellule de la matrice contient une valeur numérique représentant soit un identificateur, soit une catégorie, classe d'objets ou une valeur thématique.

Avantages : acquisition rapide et reflète plus d'image de la réalité.

Inconvénients : stockage gourmand en espace disque. Les traitements sont souvent difficiles (topologie, sémantique). La représentation de la réalité est conditionnée par la résolution.

Données en mode vecteur :

Les informations sont représentées sous forme géométrique classique (lignes, polygones, points). Chaque objet est associé un numéro unique, son identificateur. Ceci permet de relier les objets graphiques à une banque de données(BD) conventionnelle. Les attributs sont stockés dans une BD conventionnelle et sont reliés aux objets graphiques par les identificateurs.

Avantages : Bien adaptés aux besoins des traitements. Stockage peu gourmand en espace disque. Facilite la cartographie et permet la gestion des informations topologiques et sémantiques.

Inconvénients : Assez représentatif de la réalité. Il n'y a pas d'unicité de modèle de représentation de la réalité. Acquisition souvent fastidieuse.

Données ponctuelles ou points :

Ce sont des données obtenues lors d'un enlèvement des coordonnées géographique, d'une ou plusieurs localisations, à l'aide d'un appareil comme le GPS ou TACHEOMETRE.

Les données sont constituées par des coordonnées géographiques : longitude, latitude, altitude.

Un système d'information est un ensemble d'informations organisées. Aussi, dans un SIG, on trouve toujours les quatre(4) grands fonctionnalités permettant d'organiser, de représenter et de gérer l'information géographique. Ce sont :

Une fonction d'ACQUISITION des données géographiques,
Une fonction d'ARCHIVAGE ou de gestion des données,
Une fonction d'ANALYSE (spatiale) ou d'interrogation des données,
Une fonction d'AFFICHAGE (représentation spatiale) ou de visualisation des données.

Les SIG offrent toutes les possibilités des bases de données (telles que requêtes et analyses statistiques) à travers d'une visualisation unique et d'analyse géographique propres aux cartes.

Dans cette étude, on utilise le logiciel libre QGIS version 2.12 ; fichier de formes : shapefile d'extension **.shp**.

Chapitre II : DONNEES UTILISEES

Les données utilisées dans cette étude couvrent la période des 30 dernières années (1987 à 2017). Ce critère tient donc compte de la recommandation de l'OMM en matière d'étude climatologique. Ainsi, la longueur des données permet d'appréhender les différentes variations temporelles des paramètres expertisés. Les tableaux suivants résument le nombre des systèmes à l'échelle nationale.

II.1. Les perturbations cycloniques et leur passage à Madagascar de 1987-2017 :

Tableau 3 : Les perturbations cycloniques ayant traversés Madagascar de 1987 à 2017

Saison	Nom du cyclone	Début	Fin	Durée de vie (jour)	Intensité Maximal atteint
1987-1988	CALIDERA	15/01/1988	18/01/1988	4	CT
	DOAZA	26/01/1988	27/01/1988	2	TTM
	HELY	27/03/1988	29/03/1988	3	TTM
1988-1989	CALASANJY	14/01/1989	16/01/1989	3	CT
	IANA	26/02/1989	27/02/1989	2	TTM
1989-1990	ALIBERA	01/01/1990	03/01/1990	3	FTT
1990-1991	CYNTHIA	17/02/1991	19/02/1991	3	FTT
1991-1992	ELISABETHA	24/02/1992	26/02/1992	3	TTM
1992-1993	DESSILIA	20/01/1993	21/01/1993	2	FTT
	GRACIA	23/02/1993	23/02/1993	1	TTM
	IONIA	04/03/1993	05/03/1993	2	TTM
1993-1994	DAISY	13/01/1994	17/01/1994	5	CTI
	GERALDA	02/02/1994	05/02/1994	4	CTI
	LITANNE	15/02/1994	17/02/1994	3	CT
	NADIA	23/03/1994	23/03/1994	1	CT
1994-1995			Néant		
1995-1996	BONITA	11/01/1996	11/01/1996	1	CT
	EDWIGE	27/02/1996	29/02/1996	3	CT
1996-1997	FABIOLA	04/01/1997	08/01/1997	5	TTM
	GRETELLE	24/01/1997	25/01/1997	2	CT
	JOSIE	09/02/1997	09/02/1997	1	TTM
1997-1998	BELTANE	5-6-7- 8/02/1998	11/02/1998	5	TTM
1998-1999			Néant		
1999-2000	ASTRIDE	31/12/1999	01/01/2000	2	TTM
	ELINE	17/02/2000	18/02/2000	2	CT
	GLORIA	01/02/2000	04/03/2000	4	FTT
	HUDAH	02/04/2000	03/04/2000	2	CTI
2000-2001			Néant		
2001-2002	CYPRIEN	02/01/2001	03/01/2002	2	FTT
	HARY	10/03/2002	10/03/2002	1	CTI
	KESINY	09/05/2002	11/05/2002	3	CT
2002-2003	FARI	28/01/2003	29/01/2003	2	TTM

2003-2004	CELA	09/12/2003	10/12/2003	2	DT
	ELITA	28-29-31/01/2004	03/02/2004	4	CT
	GAFILO	7-8/03/2004	10à13/03/04	6	CTII
2004-2005	ERNEST	23/01/2005	23/01/2005	1	CT
	FELAPI	28/01/2005	29/01/2005	2	TTM
2005-2006	BOLOETSE	29-30/01/06	04/02/2006	3	CT
2006-2007	BONDO	25/12/2006	26/12/2006	2	FTT
	CLOVIS	04/01/2007	04/01/2007	1	FTT
	INDLALA	15-16/03/07	17-18/03/07	4	CT
	JAYA	03/04/2007	03/04/2007	1	CT
2007-2008	FAME	27/01/2008	28/01/2008	2	FTT
	IVAN	17-18/02/08	19/02/2008	3	CTI
	JOKWE	06/03/2008	06/03/2008	1	FTT
2008-2009	ERIC	19/01/2009	19/01/2009	1	TTM
	FANELE	21/01/2009	22/01/2009	2	CT
	JADE	06/04/2009	07/04/2009	2	FTT
2009-2010	FAMI	02/02/2010	03/02/2010	2	TTM
	HUBERT	11/03/2010	12/03/2010	2	TTM
2010-2011	BINGIZA	14/02/2011	19/02/2011	6	CT
2011-2012	CHANDA	09/01/2011	10/01/2012	2	DT
	GIOVANNA	13/02/2012	14/02/2012	2	CT
	IRINA	26-27/02/12	01/03/2012	3	FTT
2012-2013	HARUNA	22/02/2013	23/02/2013	2	CT
2013-2014	DELIWE	14-15/01/14	16/01/2014	3	TTM
	HELLEN	01/04/2014	01/04/2014	1	TTM
2014-2015	CHEDZA	16/01/2015	17/01/2015	2	TTM
2015-2016	Néant				
2016-2017	ENAWO	07-08/03/17	09/03/2017	3	CTI

Ce tableau résume tous les systèmes sur lesquels l'analyse se porte. Il s'agit de tous les systèmes et le nombre de jours qui ont touché Madagascar durant toute la période.

II.2. Nombres des SDTs par région pendant les saisons 1987-2017 :

Tableau 4 : Distribution régionale de passage des SDTs 1987-2017

	ANTSIRANANA		TOAMASINA		
Saison/région	Diana	Sava	Atsinanana	Analanjirofo	Alaotra Mangoro
1987-2017	7	15	13	15	14

	MAHAJANGA			
Saison/région	Boeny	Betsiboka	Sofia	Melaky
1987-2017	12	10	11	14

	ANTANANARIVO			
Saison/région	Analamanga	Vakinankaratra	Itasy	Bongolava
1987-2017	10	2	7	8

	FIANARANTSOA				
Saison/région	Haute Matsiatra	Amoron'i mania	Vatovavy Fitovinany	Atsimo Atsinanana	Ihorombe
1987-2017	10	10	14	7	11

	TOLIARA			
Saison/région	Menabe	Atsimo Andrefana	Androy	Anosy
1987-2017	24	30	8	10

Ce tableau quant à lui résume le nombre des systèmes qui ont intéressé chaque région. Les différents résultats seront ainsi extraits directement par voie statistique et analyse spatiale.

TROISIÈME PARTIE:

RESULTATS ET

INTERPRETATIONS

Chapitre I : ANALYSE DU RISQUE CYCLONIQUE A MADAGASCAR

I.1. Résultats préliminaires :

Durant les trente dernières années (1987-2017), 56 SDTs ont touché directement Madagascar dont 37 ont été en provenance de l'Océan Indien et 19 ont pris naissance dans le Canal de Mozambique. Ce qui permet d'obtenir une contribution respective de ces deux zones de cyclogenèses à 66% et 34%.

L'exploration des séries des données a aussi permis de constater qu'à l'échelle du pays, la saison cyclonique commence objectivement à la première décade du mois de Décembre et se termine à la première décade du mois d'Avril. L'écart-type peut s'étaler jusqu'à la première décade du mois de Mai. Cette extension représente en effet les systèmes rares comme le cas du CT Kesiny qui a frappé la région de DIANA du 09 à 11 Mai en 2002.

La durée de vie d'un SDT varie entre 2 à 22 jours dans le bassin Sud-Ouest de l'Océan Indien. Quand celui-ci intéresse directement le pays, son influence peut durer entre 1 à 6 jours avec une moyenne de 2 à 3 jours.

On peut distinguer deux formes d'influences des SDTs sur le territoire national dont:

- ✓ Les SDTs qui touchent terres ou passent sur Madagascar ;
- ✓ Les SDTs qui évoluent à proximité (centre du système reste sur mer).

Dans cette étude, nous nous intéressons à la première forme car elle est le principal responsable des dégâts sur le pays. La deuxième forme d'évolution présente en général de faible impact et que tel cas est assez rare selon l'historique disponible.

On a répertorié cinq (5) systèmes qui ont évolué à proximité du littoral dont trois (3) du côté du Canal de Mozambique et deux (2) celui de l'Océan Indien comme l'illustre le tableau suivant.

Tableau 5 : SDTs qui passaient à coté de Madagascar 1987-2017

ANNEES	SDTs	INTENSITE
1988-1989	Jinabo (OI)	Forte Tempête Tropicale (FTT)
1989- 1990	Hanta (CM)	Dépression Tropicale (DT)
1994-1995	Josta (CM)	Dépression Tropicale (DT)
2002- 2003	Manou (OI)	Cyclone Tropical (CT)
2014-2015	Fundi (CM)	Tempête Tropicale Modérée (TTM)

Ces perturbations ont été triées suivant le critère que leurs centres ont passé à moins de 70 km des côtes. Un cas très spécifique est celui du CT Manou du 09 Mai 2003 qui était seulement à 10 km de Vatomandry et causait des dégâts importants sur la région d'Atsinanana avec beaucoup de sinistrés. Dans ce contexte, le Mur antérieur de la perturbation s'engouffre totalement sur le littoral et génère des vents violents et pluies torrentielles.

Tableau 6 : Les SDTs ayant traversés Madagascar 1987-2017

SYSTEME	Nb région	SYSTEME	Nb région	SYSTEME	Nb région	SYSTEME	Nb région
Calidera	8	Nadia	2	Fari	6	Eric	1
Doaza	4	Bonita	6	Cela	2	Fanele	5
Hely	7	Edwige	3	Elita	10	Jade	3
Calasanjy	2	Fabriola	8	Gafilo	11	Fami	5
Iana	4	Gretelle	4	Ernest	2	Hubert	6
Alibera	5	Josie	2	Felapi	2	Bingiza	11
Cynthia	2	Beltane	6	Boloetse	5	Chanda	3
Elizabetha	2	Astride	2	Bondo	3	Giovanna	6
Dessilia	5	Eline	6	Clovis	1	Irina	6
Gracia	1	Gloria	8	Indlala	11	Haruna	3
Ionia	5	Hudah	3	Jaya	2	Deliwe	2
Daisy	6	Cyprien	2	Fame	7	Hellen	2
Geralda	7	Hary	1	Ivan	7	Chedza	4
Litanne	3	Kesiny	2	Jokwe	1	Enawo	12

Le deuxième type qui nous intéresse est résumé dans ce tableau. Lors d'un traversé d'un SDT, le nombre des régions susceptibles d'être impactées varie de 1 à 12 dont la moyenne est de 4 à 5 régions. Parmi ce système, Enawo tient le record avec 12 régions impactées durant sa traversée du Nord au Sud. C'est également le seul système qui a présenté telle typologie de trajectoire depuis les 30 dernières années.

Tableau 7: Distribution régionale de l'intensité des SDTs atterriss sur Madagascar du 1987-2017

PROVINCES	REGIONS	DT	TTM	FTT	CT	CTI	CTTI	TOTAL
ANTSIRANANA	Diana	2	2	1	2	0	0	7
	Sava	1	5	1	4	3	1	15
TOAMASINA	Atsinanana	3	2	2	4	2	0	13
	Analanjorofo	0	4	3	5	3	0	15
	Alaotra Mangoro	1	5	3	5	0	0	14
MAHAJANGA	Boeny	4	5	1	2	0	0	12
	Betsiboka	2	6	2	0	0	0	10
	Sofia	3	3	2	3	0	0	11
	Melaky	5	6	2	1	0	0	14
ANTANANARIVO	Analamanga	2	4	3	1	0	0	10
	Vakinankaratra	1	1	0	0	0	0	2
	Itasy	1	5	1	0	0	0	7
	Bongolava	2	6	0	0	0	0	8
FIANARANTSOA	Haute Matsiatra	3	7	0	0	0	0	10
	Amoron'i mania	6	4	0	0	0	0	10
	Vatovavy Fitovinany	6	4	3	1	0	0	14
	Atsimo Atsinanana	3	3	0	1	0	0	7
	Ihorombe	4	5	1	1	0	0	11
TOLIARA	Menabe	13	6	4	1	0	0	24
	Atsimo Andrefana	9	14	4	3	0	0	30
	Androy	5	2	0	1	0	0	8
	Anosy	4	5	1	0	0	0	10
TOTAL	22	70	104	34	35	8	1	252

D'après ce tableau, l'ensemble des régions sont communément touchées par des systèmes d'intensités modérées (Tempête Tropicale Modérée) avec un pic remarquable dans la région Atsimo Andrefana. Le nombre des FTT et CT ayant atterri sur l'île est très similaire (34/35) ce qui détermine une chance quasi égale d'être affectée par un système au stade de FTT ou CT. La fréquence d'impact d'un système catastrophique (CTI et plus) reste très faible et concerne surtout quelques régions seulement.

Maintenant, analysons un à un les différents niveaux d'expositions de chaque région par rapport aux différents stades des SDTs.

I.2. Analyse individuelle de chaque stade des SDTs :

➤ Dépressions Tropicales à Madagascar

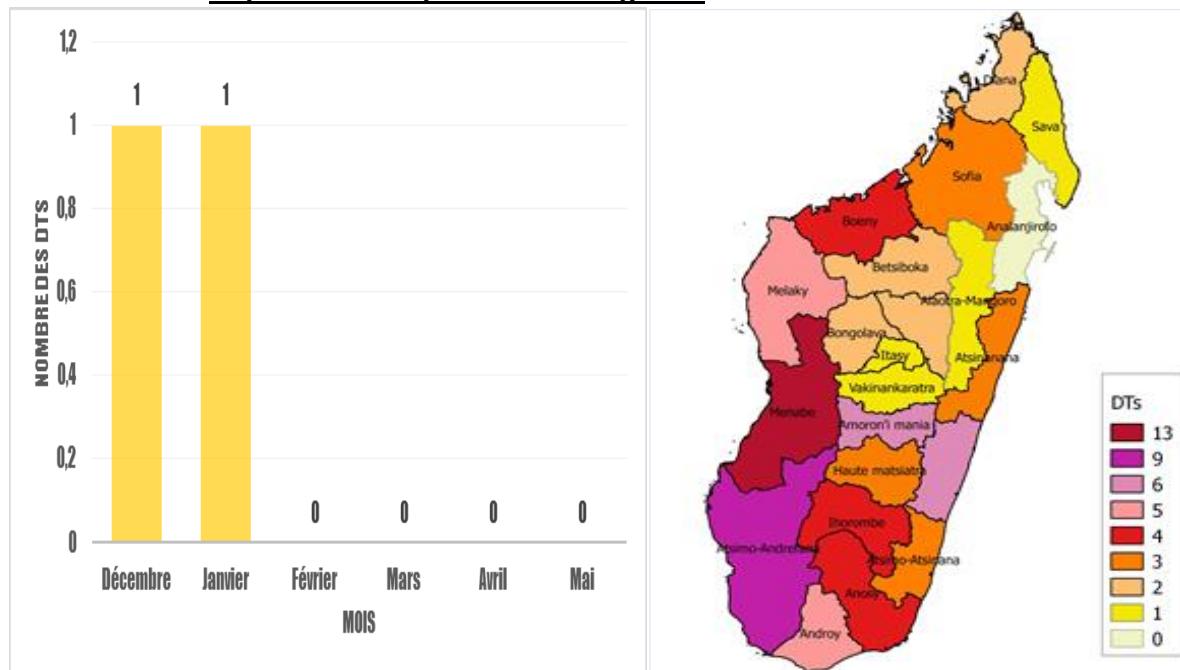


Figure 10 : Distribution mensuelle des DTs

Figure 11 : Niveau d'exposition aux DTs

La figure à gauche montre que la chance d'être touchée par un système qui atterie au stade de Dépression Tropicale est très faible. Si tel est le cas, la période propice est le mois de Décembre et Janvier. Ce cas est attribué aux systèmes qui évoluent à proximité de Madagascar quand le flux de mousson vient s'installer autour de 11°S mais que les conditions atmosphériques restent marginales au développement des SDTs.

La figure à droite montre quant à elle la distribution spatiale du niveau d'expositions des régions au passage d'un système au stade de DT. Elle tient principalement compte des systèmes qui ont atterri sur Madagascar et en progressant à l'intérieur de terres s'affaiblissent en DT lors de leur passage. Dans la plupart des cas, ces systèmes atterrissent au stade des tempêtes puis se disloquent progressivement.

Les régions très exposées incluent la moitié Sud du pays avec un niveau maximal localisé à Menabe et à Atsimo Andrefana. Le Centre-Est et les hautes terres centrales sont rarement concernés. Dans l'aspect impact, l'effet du vent est très limité et ne présente aucun danger potentiel. Par contre, les systèmes de faibles intensités sont souvent des principales sources des fortes pluies.

➤ Tempêtes Tropicales Modérées à Madagascar

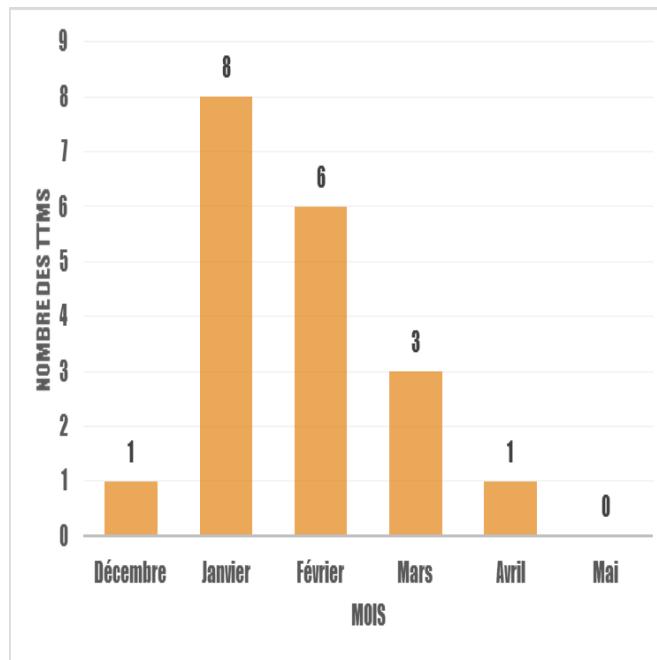


Figure 12 : Distribution mensuelle des TTMs

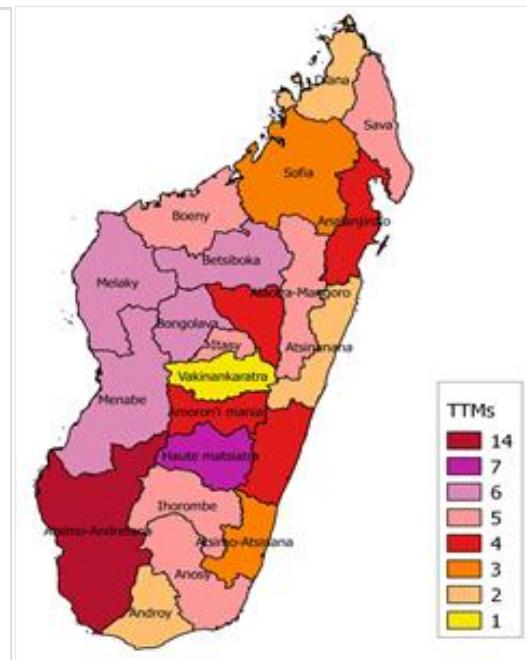


Figure 13 : Niveau d'exposition aux TTMs

Madagascar est très exposée aux TTMs en plein cœur de l'été austral où le maximum d'activité est détecté (Janvier et Février). Ce niveau d'exposition aux TTMs est un paramètre qui reflète bien l'étendue de la saison cyclonique à Madagascar. En effet, le système d'alerte cyclonique est déclenché à partir d'une menace d'un système à ce stade.

Similaire au cas précédent, la région d'Atsimo Andrefana est la plus exposée à leur passage. Sur les hautes terres, la représentation est contrastée. Haute Matsiatra est plus exposée que toute autre région des hautes altitudes. L'extrême Nord et Sud ainsi que le centre Est présentent de risque faible.

La région de Vakinankaratra est la moins exposée forcément à cause de son relief très élevé qui sert d'abri pour inrégir avec la dynamique du système.

➤ Fortes Tempêtes Tropicales à Madagascar

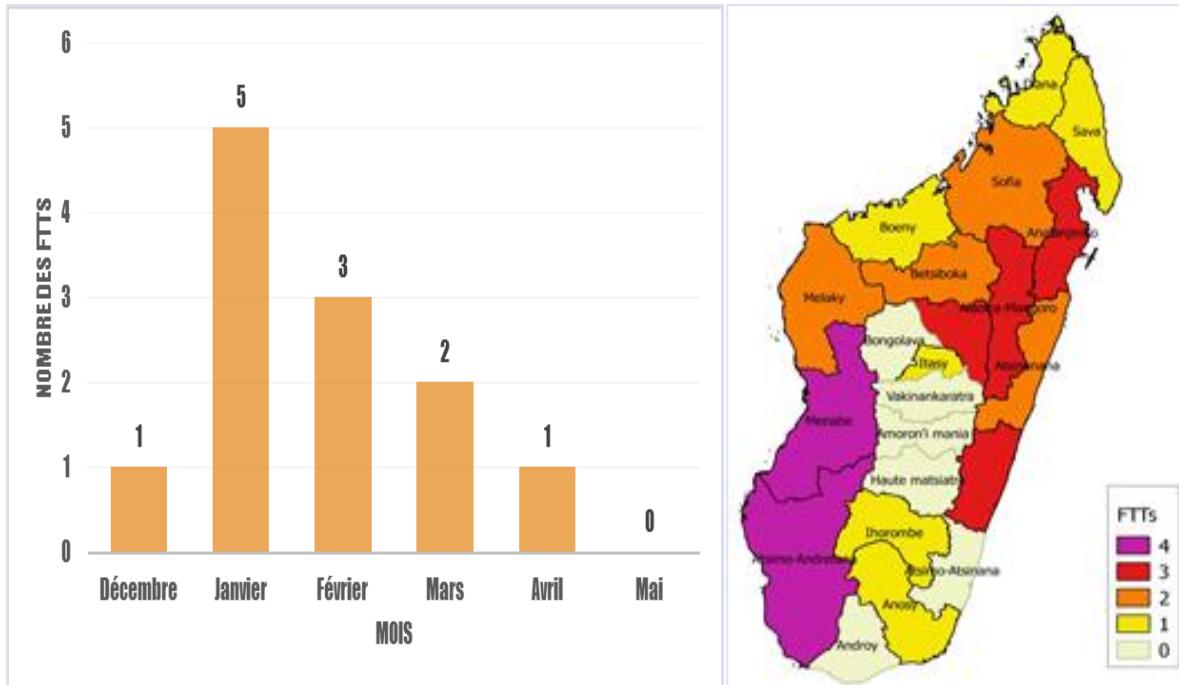


Figure 14 : Distribution mensuelle des FTTs

Figure 15 : Niveau d'exposition aux FTTs

Similaire au cas des TTM, le maximum d'activité des FTTs à Madagascar se produit en Janvier et Février. Une distribution exponentielle se manifeste en progressant vers la fin de la saison. Aucun système n'a affecté le pays le mois de Mai.

La partie Ouest est la plus exposée avec un même score pour la région de Menabe et Atsimo Andrefana. Analamanga et le littoral Est présentent un degré d'exposition identique. Ceci étant le cas à cause des systèmes qui atterrissent sur le Nord-Est aux stades des CTs puis effectuent une trajectoire soit parabolique dans le parage d'Analamanga soit une progression vers la partie Ouest du pays.

Ailleurs, l'extrême Nord et Sud, les hautes terres et le Sud-Est sont en général à l'abri des FTTs.

➤ Niveau d'exposition de Madagascar aux Tempêtes

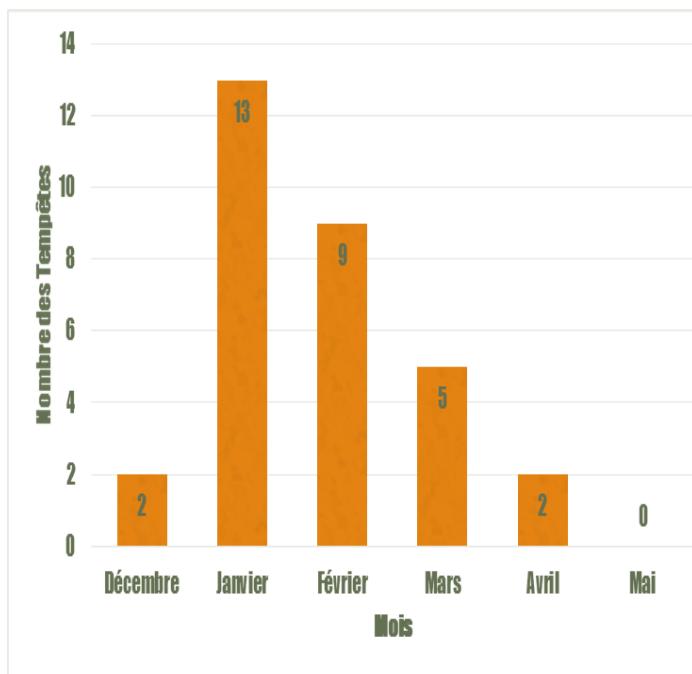


Figure 16 : Distribution mensuelle des Tempêtes

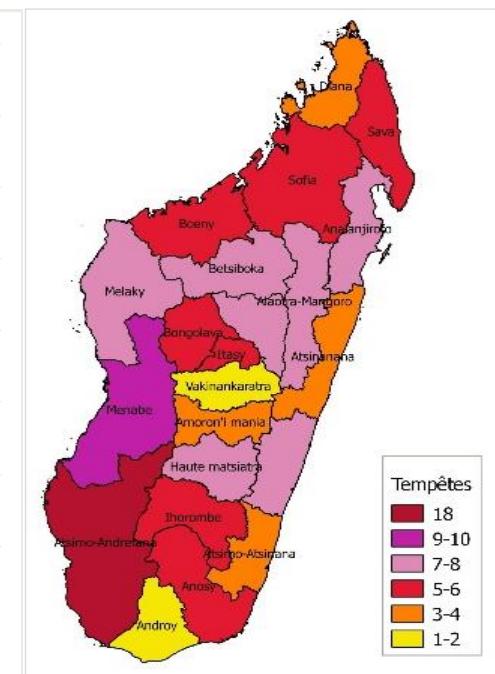


Figure 17 : Niveau d'exposition aux Tempêtes

En combinant les deux cas décrits précédemment, on obtient la carte d'exposition de Madagascar aux Tempêtes Tropicales. Aucun changement important, le pic d'activité reste concentré en Janvier et Février.

Si la majorité des régions partage un niveau d'exposition plutôt similaire, les régions Atsimo Andrefana et Menabe sont les plus exposées ; Vakinankaratra et Androy sont à l'abri.

Pour résumer, l'ensemble des régions de Madagascar sont susceptibles d'être impactées par les tempêtes tropicales mais le risque est très varié.

Nous allons actuellement voir les cas pour les systèmes dangereux qui sont principalement les sources des dégâts catastrophiques à Madagascar.

➤ Cyclones Tropicaux à Madagascar

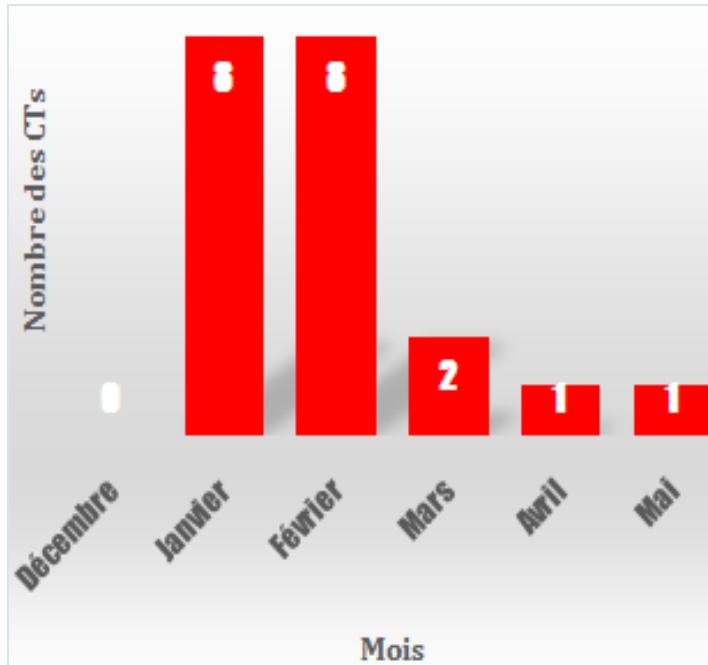


Figure 18 : Distribution mensuelle des CTs

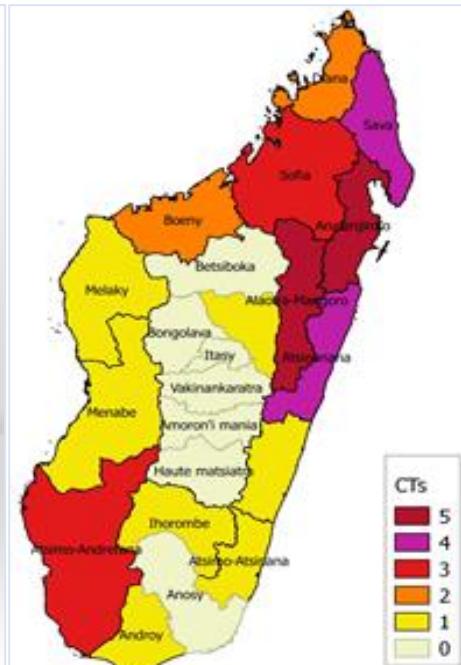


Figure 19 : Niveau d'exposition aux CTs

Aucun CT n'a atterri sur Madagascar durant le mois de décembre. Ce qui traduit un risque faible pour l'ensemble des régions. Pareillement aux cas précédents, le maximum d'activité est enregistré en Janvier et Février. On a donc ici une structure bimodale d'activité et traduit un niveau de risque important pour Madagascar.

Le Centre Est, le Nord-Est ainsi que le Sud-Ouest sont les parties de l'île les plus exposées aux CTs. En premier lieu, cela se traduit par des menaces potentielles par des perturbations en provenance de l'Océan Indien. Dans le Sud-Ouest, cette analyse traduit également une menace importante par les perturbations qui se forment dans le Canal de Mozambique vers 20°S. D'après les prévisionnistes, tel cas est fréquent quand le flux de mousson est bien établi sur le Nord du Canal de Mozambique et progresse vers une latitude élevée. Le flux d'alizé généré par un anticyclone remontant l'Afrique du Sud est ensuite un facteur très contributif.

Les hautes terres sont à l'abri des CTs si le risque est faible pour le Centre Ouest et le Sud-Est.

➤ Cyclones Tropicaux Intenses à Madagascar

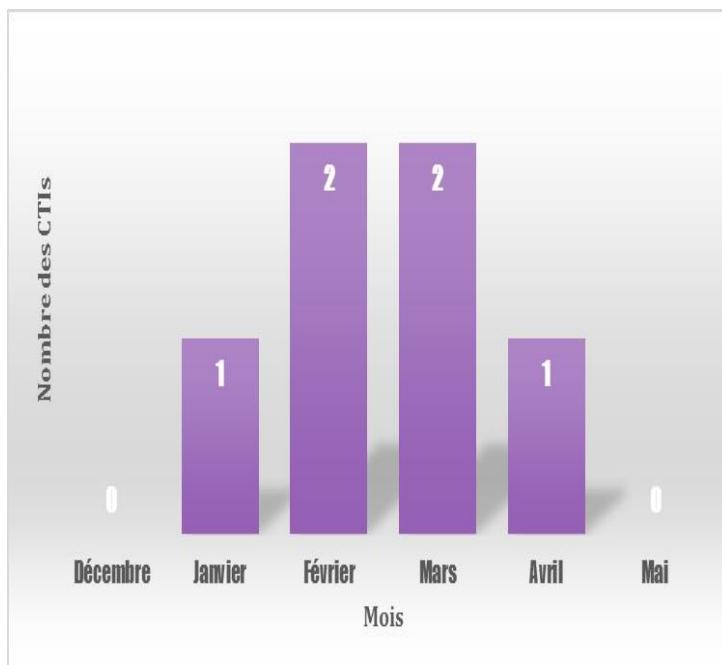


Figure 20 : Distribution mensuelle des CTIs

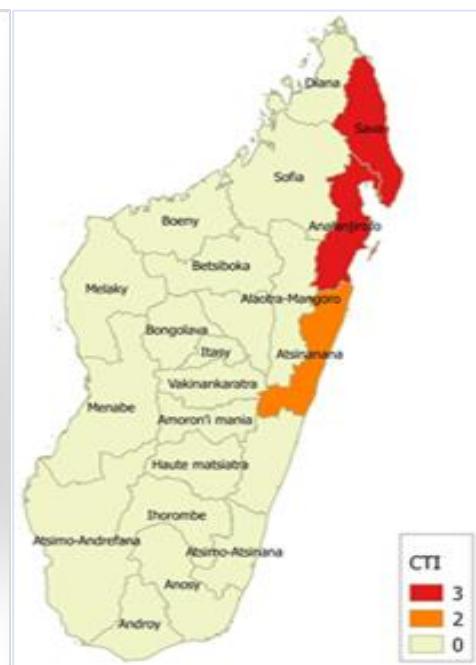


Figure 21 : Niveau d'exposition aux CTIs

Comme la probabilité d'occurrence est faible, si tel système venait atterrir ; le bilan est très lourd pour les zones touchées. La figure de gauche montre une structure bimodale en Février et Mars avec 02 systèmes enregistrés dans la statistique.

La carte est très claire, les régions du Centre Est (SAVA, Analanjirofo et Atsinanana) sont concernées jusqu'à présent. La plupart de l'événement s'est produit dans les 20 dernières années. Avec la projection climatique à l'échelle nationale établie par la Direction Générale de la Météorologie en 2008, il est probable que ce cas pourrait s'empirer dans l'avenir avec plus de systèmes très puissants.

➤ **Cyclones Tropicaux Très Intenses à Madagascar 1987-2017**

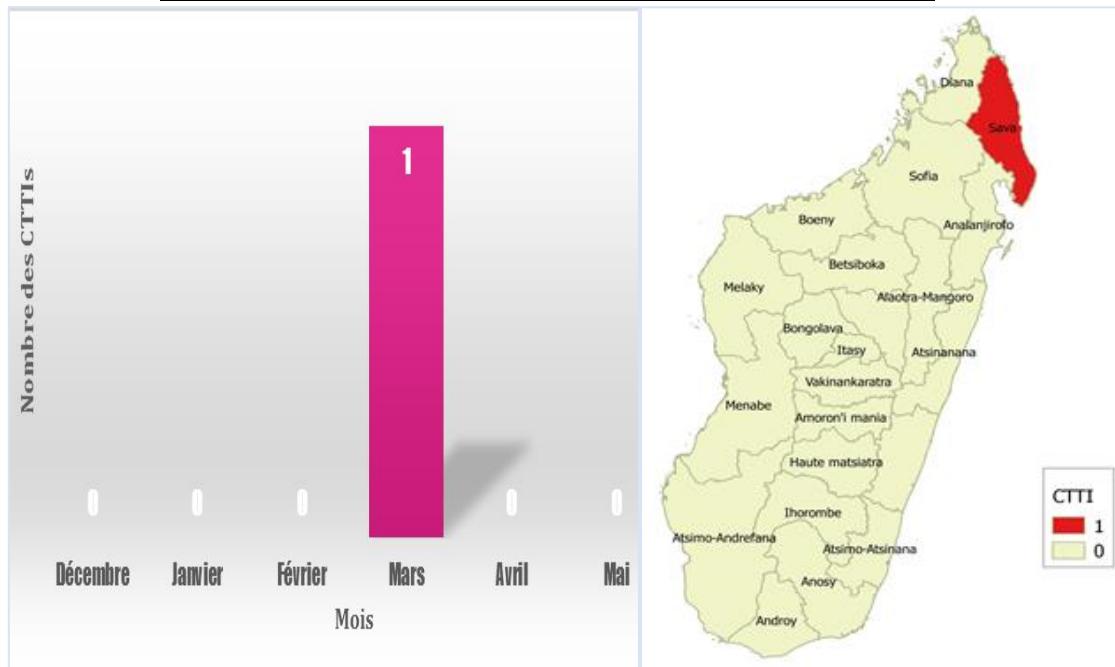


Figure 22 : Distribution mensuelle des CTTIs

Figure 23 : Niveau d'exposition aux CTTIs

Ces cartes justifient que le système très puissant touche Madagascar par le Nord-Est avec la seule perturbation qui a atteint la classification maximale utilisée dans le bassin. Il s'agit du CTTI GAFILO touchant Antalaha le 07 Mars 2004. Le reste des régions sont jusqu'à présent entièrement à l'abri de ce monstre.

➤ Stade cyclonique à Madagascar 1987-2017

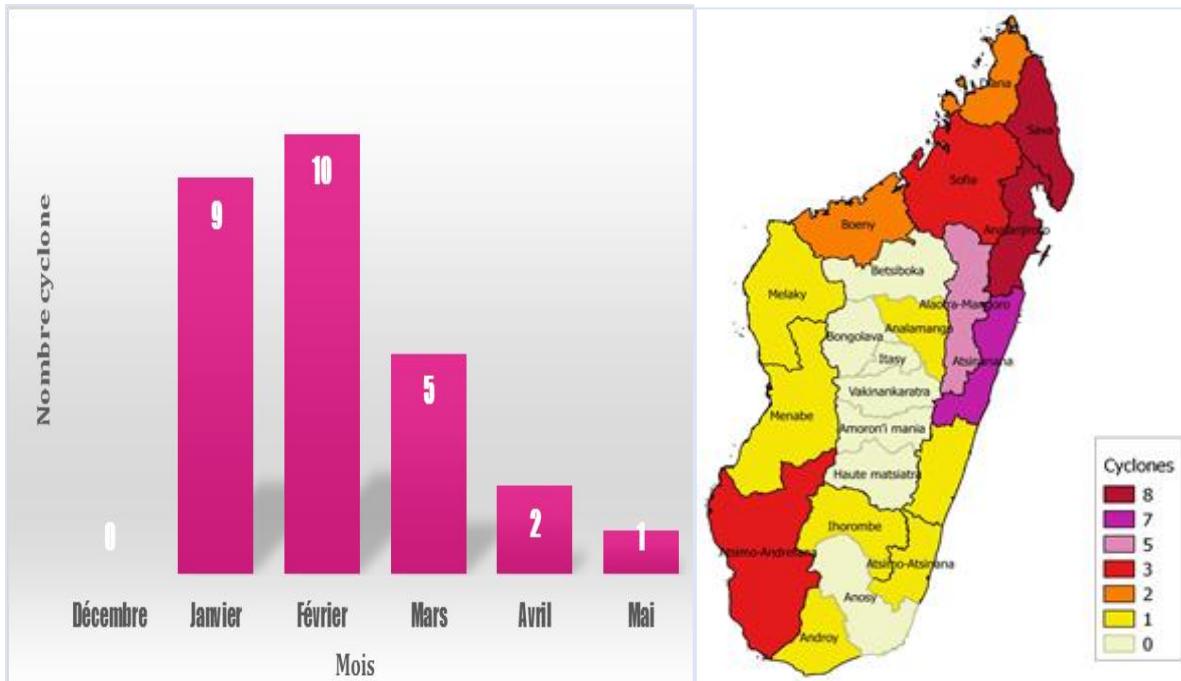


Figure 24 : Distribution mensuelle des Cyclones

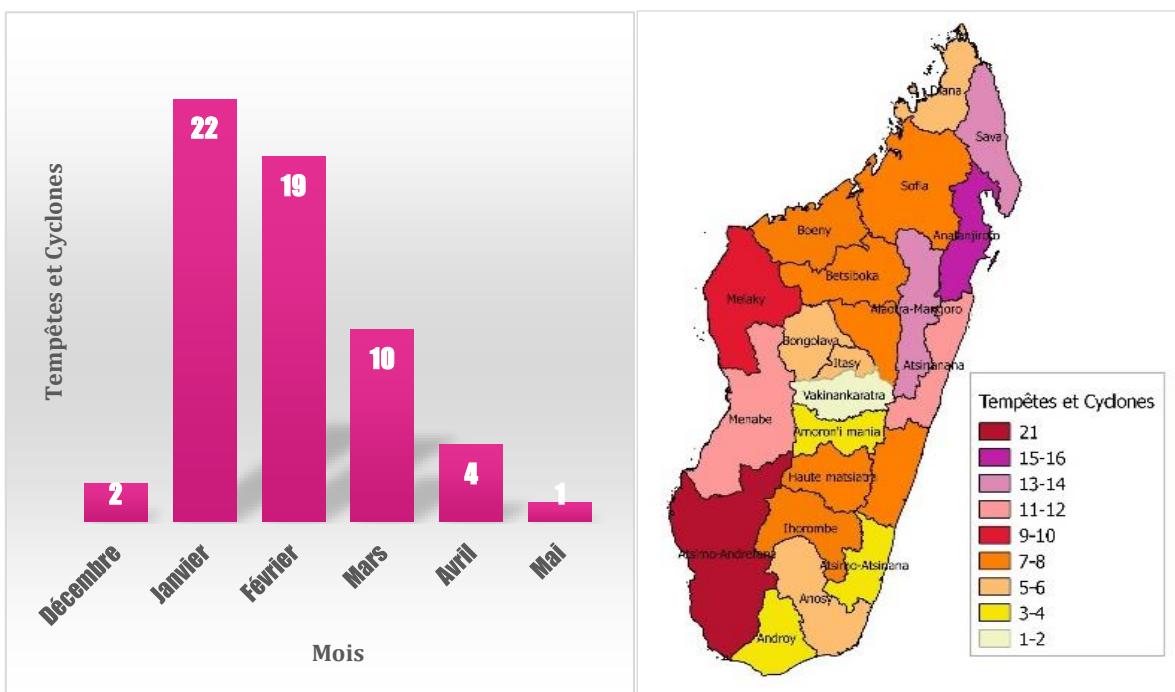
Figure 25 : Niveau d'exposition aux Cyclones

Le niveau d'exposition aux systèmes ayant un stade minimal de CT s'étend de Janvier à Mars. Les perturbations les plus puissantes (CTI et CTTI) se manifestent à priori vers la fin de saison. Madagascar est à l'abri des CTs durant le mois de Décembre.

Le Nord-Est et le Centre Est sont les plus à risques par rapport aux autres régions de l'île. La plupart de ces cyclones sont nés dans la région au large de Nord-Est de Madagascar dans le parage de l'Archipel des Chagos (Diego Garcia). Cette zone est une zone privilégiée de cyclogenèse dans l'Océan Indien.

Dans la partie Sud, Atsimo Andrefana constitue une zone d'atterrissement privilégiée des systèmes qui naissent dans la partie Sud du Canal de Mozambique. Les hautes terres sont à l'abri de ce type de perturbation.

➤ **Synthèse de l'exposition de Madagascar aux péturbations cycloniques**



En combinant les tempêtes et les cyclones, on obtient le niveau d'exposition de ces systèmes qui s'étendent de Décembre au Mai. Le pic d'activité reste concentré en Janvier et Février. En considérant tout système de stade au moins TTM (Critère d'alerte à Madagascar), la carte de risque cyclonique fait apparaître que la région Atsimo Andrefana suivie de région d'Analajirofo est les plus exposées aux perturbations cycloniques. SAVA et Alaotra Mangoro partagent un même niveau de risque cyclonique et sont placés en deuxième rang. Le centre Ouest (Melaky et Menabe) et la région d'Atsinanana sont classés en troisième position. Les hautes terres centrales, le grand Sud-Est et DIANA sont les moins exposés par rapport aux restes des régions.

En résumé, les résultats trouvés ici constituent des mises à jour importantes des différents paramètres climatologiques des Systèmes Dépressionnaires Tropicaux qui affectent Madagascar. Ils peuvent être utilisés de manière opérationnelle pour la prévision d'impact cyclonique mais également pour des activités de prévention à long terme.

Chapitre II : MISE A JOUR DE LA TYPOLOGIE D'EXPOSITION DE MADAGASCAR AUX SDTs

Ce chapitre est une synthèse finale qui met en évidence l'évolution très remarquable de la typologie du risque cyclonique pour chaque région de Madagascar. L'ancienne carte date de plus d'une vingtaine d'années et tient en grande partie compte des systèmes tropicaux des années avant 1980. Il faut noter que l'analyse de l'intensité des perturbations dans cette époque était encore difficile à cause de la rareté des images satellites qui constituent la base d'outil de l'analyse. Il est donc possible que des systèmes soient sous-estimés.

La nouvelle carte de risque établie tient compte de l'évolution des SDTs qui ont touché les pays associés aux progrès de la technique de suivi des perturbations cycloniques (par exemple les séries d'images satellites fréquentes). Il s'agit donc d'un outil opérationnel à jour.

Comparaison de l'évolution temporelle du niveau d'exposition des régions:

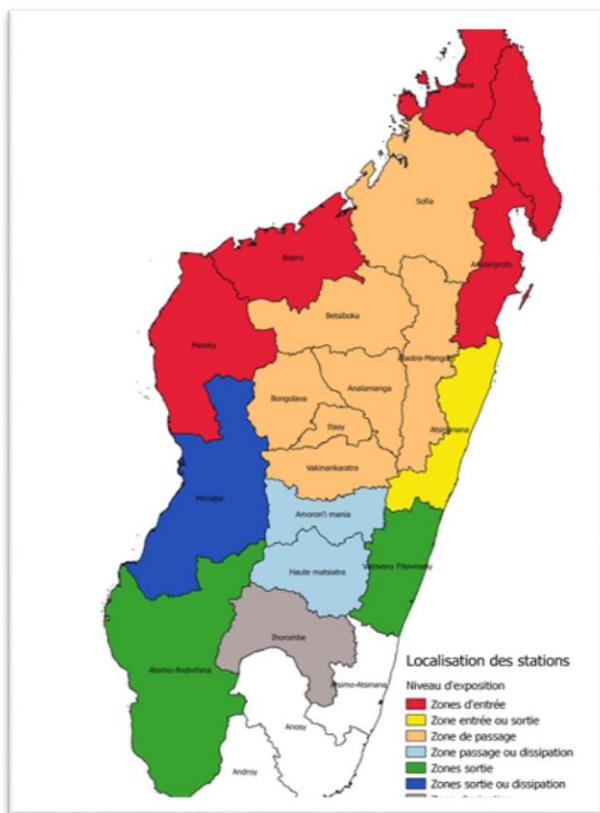


Figure 28 : Carte d'exposition ancienne version
Source et Reproduction : PREVI

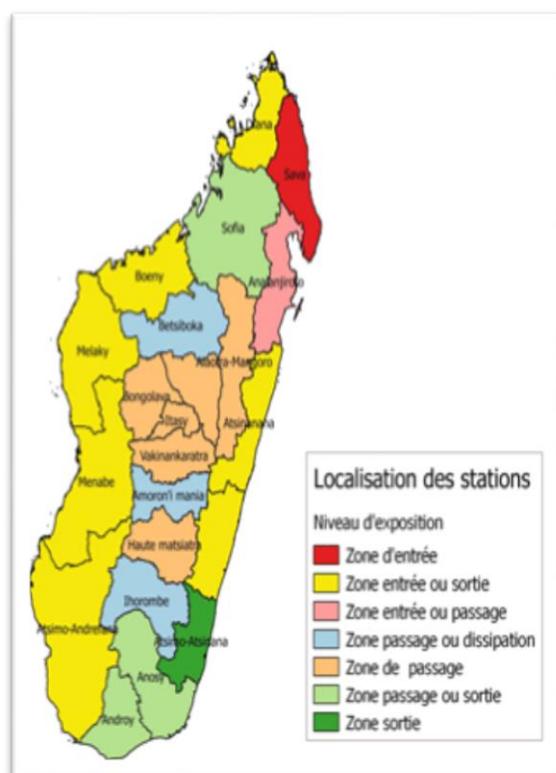


Figure 29 : Carte d'exposition mise à jour
Source : auteur

On constate plusieurs modifications importantes dans la nouvelle carte de risque. Sept (7) régions sont désormais considérées comme des zones d'entrées ou sorties.

D'après l'ancienne carte, la classification d'Atsimo Andrefana comme une zone de sortie est désormais fausse car l'analyse de l'évolution la classe parmi la plus exposée. Sur les hautes

terres et le grand Sud-Est, on constate aussi des changements qui sautent aux yeux. Haute Matsiatra devient une zone de passage et Ihorombe n'est plus une zone de dissipation.

La partie Sud-Est du pays est désormais classée comme zone de passage ou sortie et Atsimo Atsinanana devient la seule zone de sortie.

Il n'y a pas de changement de classification pour la région de SAVA. Elle reste une zone d'entrée potentielle. Cela veut dire qu'elle a une chance très élevée d'être impactée par des systèmes puissants par rapport aux autres régions. La projection climatique effectuée par la DGM pourrait soutenir ce constat. En effet, la trajectoire des SDTs dans le futur pourrait se décaler plus au Nord avec plus de systèmes atterrissant au stade intense.

Bref, Madagascar présente un risque cyclonique diversifié. Le danger lié au vent fort, la surcote, marrée de tempête ou houle cyclonique peut directement être mise en relief par cette carte. Toutefois, le danger lié aux fortes pluies reste différent. Les fortes pluies cycloniques ne sont pas tributaires de l'intensité du système et que la présence d'un système sur une partie du pays peut causer des pluies torrentielles dans d'autres régions situées loin de la zone d'impact direct. C'est un cas très fréquent dans le Nord- Ouest. Si une perturbation cyclonique venait atterrir dans la partie Est du pays, ceci entraîne un renforcement du flux de mousson converge dans le Nord-Ouest et apporte des cumuls de pluies conséquentes. La bande pluvieuse peut également s'étendre loin du système et peut toucher plusieurs régions distantes.

CONCLUSION

Chaque année, Madagascar est exposée aux perturbations cycloniques. Les impacts varient d'une région à l'autre et d'une saison à l'autre. Les zones côtières sont plus touchées tandis que les hauts plateaux sont rarement affectés à cause des reliefs qui constituent des barrières solides.

Etant donné qu'il est impossible de modifier la structure et la trajectoire d'un cyclone tropical, la seule alternative pour réduire les dégâts cycloniques est de renforcer le niveau de préparation et prévention des communautés à risques. Nombreuses sont les composantes de cet axe comme la sensibilisation, la construction des infrastructures paracycloniques, aménagement du territoire, le système d'alerte précoce. C'est dans ce dernier que le Service Météorologique joue un rôle vital.

Pour contribuer à cela, cette étude a permis de mettre à jour la carte de risque cyclonique de Madagascar, un outil stratégique à la fois pour les prévisionnistes et les décideurs. La notion de risque utilisée dans ce manuscrit se porte à priori sur le niveau d'exposition de chaque région.

La nouvelle carte tient surtout compte des évolutions observées de l'activité cyclonique à Madagascar en bénéficiant des données plus fiables par rapport aux années passées. Parmi les données récentes, on peut citer quelques systèmes mémorables pour l'île : Enawo (mars 2017), Giovanna (février 2012), Bingiza (février 2011), Hubert (mars 2010), Fanèle (janvier 2009), Ivan (février 2008), Indlala (mars 2007), ... et Gafilo (mars 2004).

A l'issue de l'étude, on a constaté que les régions d'Atsimo Andrefana et d'Analanojoro sont désormais les plus exposées du fait que ce sont des zones d'entrées privilégiées d'après l'historique. Quelques changements ont été remarqués sur les hautes terres. Le Sud et Sud-Est sont devenus des zones de passage ou sorties contrairement à son ancien statut inconnu.

La région de SAVA est la seule exposée au Cyclone atteignant le stade maximal de classification (CTT). Si leur probabilité d'occurrence reste très faible, la projection climatique locale faite par la DGM en 2008 pourrait constituer une menace croissante de ce type de perturbation dans les années à venir.

Les résultats de cette étude ont aussi montré que la date du début de la saison cyclonique se décale vers la deuxième décennie du mois de Novembre au lieu de 1^{er} Novembre.

BIBLIOGRAPHIES ET WEBGRAPHIES

BIBLIOGRAPHIES :

- [1] Direction Générale de la Météorologie
- [2] RAMIARINJANAHARY Olga « Contribution du flux de mousson de l'été austral sur la Cyclogenèse dans le canal de Mozambique ». Mémoire de Doctorat en physique. Option Mécanique et physique des suspensions. Faculté des Sciences. 17 Août 2007. Pages 20-50/178.
- [3] RAKOTONIRINA Miora. Service de la Météorologie Nationale Malagasy.
« Notice sur le climat de Madagascar ». Cours en 3^{ème} année. (Juillet 2017)
Département Météorologie. Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo.
- [4] RAKOTOMAVO Zo Andrianina Patrick Herintiana. « Contribution à la prévision Saisonnière de l'activité cyclonique tropicale à Madagascar ». Mémoire d'Ingénierat.
Département Météorologie. Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo.
Octobre 2009. Pages 27-28 ; 137/147.
- [5] RAVELOARISOA Sahondrarilala (Ingénieur de la Météorologie).
« Saison cyclonique 2002-2003 à Madagascar ». Service de la météorologie.
Nombre de pages 110.
- [6] « Plan d'opérations concernant les cyclones tropicaux dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien. » OMM/TD-N°577 Rapport N°TCP-12 Edition 2006 Page I.4

WEBOGRAPHIES

- [W_1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Geographie_de_Madagascar (26/05/18)
- [W_2] <https://www.google.mg> (27/12/17)
- [W_3] www.cycloneXtreme.com/cyclonereunionformation.htm (24/01/18)
- [W_4] www.cycloneXtreme.com (25/01/18)
- [W_5] https://www.wmo.int/pages/prog/www/tcp/index_en.html (25/01/18)
- [W_6] <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hurricane-fr.svg?uselang=fr> (24/01/18)
- [W_7] www.wmo.int (OMM) (26/05/18)
- [W_8] https://fr.wikipedia.org/wiki/Echelle_de_Beaufort (20/12/17)
- [W_9] <https://www.meteo-laille.fr/Lbeaufort.php> (15/02/18)
- [W_10] https://fr.wikipedia.org/wiki/cyclone_tropical (25/01/18)
- [W_11] www.meteo.fr/temps/domtom/La_Réunion/webcmrs99./français/index.html
(03/07/18)
- [W_12] OMM/CMRS La Réunion (15/01/18)
- [W_13] <https://www.bnrgc-mid.mg> (09/01/18)
- [W_14] <https://fr.wikipedia.sig> (16/01/18)

ANNEXES

ANNEXE I. Bilan d'impact (décès, sinistrés) des tempêtes et cyclones à Madagascar (2003-2012)

Nom du système	Date	Intensité	Vent moyen sur 10mn Km/h	Nombre total de décès	Nombre total de sinistrés
Manou	05/2003	Cyclone	154	89	162086
Elita	02/2004	Forte tempête	120	33	56000
Gafilo	03/2004	Cyclone Très Intense	232	363	988000
Ernest	01/2005	Cyclone Intense	167	78	32200
Bondo	12/2006	Cyclone Très Intense	204	11	20000
Indlala	03/2007	Cyclone Intense	176	80	215198
Jaya	04/2007	Cyclone Très Intense	185	3	8015
Ivan	02/2008	Cyclone Intense	185	93	524153
Fanelle	01/2009	Cyclone Intense	185	9	54802
Jade	04/2009	Cyclone	111	15	64918
Hubert	03/2010	Forte Tempête	102	85	192132
Bingiza	02/2011	Cyclone Intense	157	35	115215
Giovanna	02/2012	Cyclone Intense	204	35	246869
Irina	03/2012	Forte Tempête	96	77	85335

Source : [W_13]

ANNEXE II. Tableau: Récapitulation des SDTs par région touchés (*) des provinces Antsiranana et Toamasina (1987-2017)

PROVINCES	ANTSIRANANA		TOAMASINA		
Année/Régions	DIANA	SAVA	ATSINANANA	ANALANJOROFO	ALAOTRA MANGORO
1987 - 1988		Hely		Calidera Doaza Hely	Calidera Doaza Hely
1988 - 1989			*Jinabo		
1989 - 1990					
1990 - 1991					Néant
1991 - 1992					
1992 - 1993					
1993 - 1994	Nadia	Nadia	Daisy Geralda Litane	Litane	Daisy Geralda
1994 - 1995			Néant		
1995 - 1996			Bonita Edwise	Bonita Edwise	Bonita
1996 - 1997	Josie	Fabriola Josie		Fabriola	
1997 - 1998			Néant		
1998 - 1999			Néant		
1999 - 2000	Astride	Astride Gloria Hudah	Eline	Gloria Hudah	Eline Gloria
2000 2001			Néant		
2001 - 2002	Kesiny	Hary			
2002 - 2003			Fari *Manou		
2003 - 2004	Cela	Cela Gafilo	Elita	Gafilo	Elita
2004 - 2005			Néant		
2005 - 2006			Boloetse		
2006 - 2007		Indlala Jaya		Indlala	Indlala
2007 - 2008	Jokwe		Fame	Ivan	Fame Ivan
2008 - 2009		Jade	Eric Jade	Jade	
2009 - 2010			Néant		
2010 - 2011				Bingiza	
2011 - 2012	Irina	Irina	Giovanna		Giovanna
2012 - 2013					
2013 - 2014					
2014 - 2015					
2015 - 2016					
2016 - 2017		Enawo		Enawo	Enawo
TOTAL	7	15	13	15	14

ANNEXE III. Tableau : Récapitulation des SDTs par région touchés et proches (*) des provinces Mahajanga et Antananarivo (1987-2017)

PROVINCES	MAHAJANGA				ANTANANARIVO			
Année/Régions	BOENY	BETSIBOKA	SOFIA	MELAKY	ANALAMANGA	VAKINA KARATRA	ITASY	BONGOLAVA
1987/1988	Doaza Hely	Hely	Doaza Hely	Hely	Calidera		Calidera	Calidera
1988/1989					Néant			
1989/1990			*Hanta					
1990/1991					Néant			
1991/1992	Elizabeth	Elizabeth						
1992/1993				Gracia Ionia				
1993/1994			*Josta		Geralda		Geralda	Geralda
1994/1995					Néant			
1995/1996	Bonita	Bonita		Bonita				
1996/1997	Fabriola		Fabriola	Josie				
1997/1998				Beltane				Beltane
1998/1999					Néant			
1999/2000		Gloria	Gloria Hudah	Gloria	Eline Gloria		Eline	Eline Gloria
2000/2001					Néant			
2001/2002	Kesiny							
2002/2003					Néant			
2003/2004	Elita Gafilo	Elita Gafilo	Gafilo	Gafilo	Elita			
2004/2005					Néant			
2005/2006								
2006/2007	Bondo	Bondo Indlala	Indlala Jaya	Bondo	Indlala	Indlala	Indlala	
2007/2008		Ivan		Fame	Fame Ivan		Fame	Fame Ivan
2008/2009					Néant			
2009/2010								
2010/2011	Bingiza		Bingiza	Bingiza				
2011/2012	Irina		Irina	Irina	Giovanna		Giovanna	Giovanna
2012/2013					Néant			
2013/2014	Hellen			Deliwe Hellen				
2014/2015					Néant			
2015/2016								
2016/2017		Enawo	Enawo		Enawo	Enawo	Enawo	
TOTAL	12	10	11	14	10	2	7	8

ANNEXE IV. Tableau : Récapitulation des SDTs par région touchés et proches (*) des provinces Fianarantsoa et Toliara (1987-2017)

PROVINCES	FIANARANTSOA					TOLIARA				
	Régions/ Années	HAUTE MATSI/ ATRA	AMORON'I MANIA	VATOVAVY FITOVINA NY	ATSIMO AT SINAN ANA	IHOROM BE	MENABE	ATSIMO ANDREFA/ NA	ANDROY	ANOSY
1987/1988							Calidera	Calidera	Calidera	
1988/1989					Iana	Iana	Calasanjy	Calasanjy Iana		
1989/1990	Alibera		Alibera		Alibera		Alibera		Alibera	
1990/1991							Cynthia	Cynthia		
1991/1992						Néant				
1992/1993		Ionia	Ionia	Ionia	Dessilia	Dessilia	Dessilia Ionia	Dessilia		Dessilia
1993/1994		Daisy	Litane				Geralda	Daisy(2) Geralda		
1994/1995						Néant				
1995/1996		Edwige	Edwige(2)							
1996/1997					Gretelle	Gretelle	Fabriola	Fabriola Gretelle	Fabriola	Fabriola Gretelle
1997/1998						Beltane	Beltane	Beltane	Beltane	Beltane
1998/1999						Néant				
1999/2000							Eline Gloria			
2000/2001						Néant				
2001/2002							Cyprien	Cyprien		
2002/2003	Fari	Fari	Fari				Fari	Fari		
2003/2004	Elita(2)	Elita	Elita(2)	Gafilo	Gafilo	Elita(2) Gafilo	Elita Gafilo(2)	Gafilo	Gafilo	
2004/2005								Ernest Felapi	Ernest Felapi	
2005/2006		Boloetse	Boloetse			Boloetse	Boloetse			
2006/2007		Indlala	Clovis Indlala	Indlala		Bondo				
2007/2008						Ivan	Ivan			
2008/2009				Fanele	Fanele	Fanele	Fanele		Fanele	
2009/2010	Fami Hubert	Fami	Fami Hubert		Hubert	Fami	Fami Hubert	Hubert	Hubert	
2010/2011	Bingiza			Bingiza	Bingiza	Bingiza	Bingiza			
2011/2012					Chanda	Chanda Giovanna	Chanda Irina			
2012/2013							Haruna	Haruna	Haruna	
2013/2014							Deliwe			
2014/2015	Chedza	Chedza	Chedza			Chedza	Chedza *Fundi			
2015/2016						Néant				
2016/2017	Enawo	Enawo			Enawo				Enawo	
TOTAL	10	10	14	7	11	24	30	8	10	

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE.....	ii
LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES.....	iii
LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES ANNEXES	vi
INTRODUCTION.....	1
P R E M I E R E P A R T I E : CONTEXTE GENERAL	
Chapitre I : SITUATIONS GEOCLIMATIQUES DE MADAGASCAR	2
I.1.Localisation géographique de Madagascar :	2
II.1.Formation et mouvement des cyclones tropicaux :	6
II.2.Impact et risque cyclonique :	11
D E U X I E M E P A R T I E : METHODOLOGIE	
Chapitre I : SYSTEME D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES.....	14
I.1.Définition	14
I.2.Utilisation du SIG :	14
Chapitre II : DONNEES UTILISEES.....	17
II.1. Les perturbations cycloniques et leur passage à Madagascar de 1987-2017	17
II.2. Nombres des SDTs par région pendant les saisons 1987-2017	19
T R O I S I E M E P A R T I E : RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....	
Chapitre I : ANALYSE DU RISQUE CYCLONIQUE A MADAGASCAR	20
I.1. Résultats préliminaires	20
I.2. Analyse individuelle de chaque stade des SDTs	22
CONCLUSION.....	33
BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE	34
ANNEXES	A
ANNEXE I. Bilan d'impact (décès, sinistrés) des tempêtes et cyclones à Madagascar (2003-2012).....	A
ANNEXE II. Tableau: Récapitulation des SDTs par région touchés et proches (*) des provinces Antsiranana et Toamasina (1987-2017)	B
ANNEXE III. Tableau : Récapitulation des SDTs par région touchés et proches (*) des provinces Mahajanga et Antananarivo (1987-2017)	C
ANNEXE IV. Tableau : Récapitulation des SDTs par région touchés et proches (*) des provinces Fianarantsoa et Toliara (1987-2017)	D

Titre du mémoire : « CONTRIBUTION A LA MISE A JOUR DE LA CARTE DE RISQUE CYCLONIQUE A MADAGASCAR »

Auteur : RASOLOFO Voahirana

Adresse : lot FJA 13 Ambohijafy Fenoarivo Antananarivo Atsimondrano

Téléphone : +261 34 63 780 61/ +261 33 02 934 86

E-mail : voahiranasolofo@gmail.com

Nombre de pages : 35

Nombre de figures : 28

Nombre de tableaux : 07

Nombre d'annexes : 04

RESUME

Cette étude a pour objectif de « la contribution à la mise à jour de la carte de risque cyclonique à Madagascar ». On a exploité les données cycloniques de Madagascar des trente dernières années (1987/2017) pour pouvoir déterminer les différents niveaux d'exposition de chaque région. La cartographie a été faite en utilisant le logiciel SIG libre qui est le QGIS Version 2.12. Comme résultats, on a trouvé que: la région Atsimo Andrefana est la plus touchée par les SDTs de faibles intensités (Dépression et Tempête) et les régions des hautes terres sont plus à l'abri. Les régions les plus vulnérables et exposées aux systèmes puissants restent SAVA et Analanjorofo. Si cette étude se focalise sur les SDTs qui ont impacté directement le pays, il existe de cas rare où le SDT passe à proximité de l'île en engendrant des dégâts importants comme le cas de « Manou » de la saison 2002-2003.

Mots clés : Madagascar, Système Dépressionnaire Tropical, Risque, Exposition.

ABSTRACT

The main goal of this article is consisting in «The contribution to the update of Map of Cyclonic Risk in Madagascar ». We used historical cyclone data which have been stroking the island over the last twenty years (1987/2017) in order to classify the new level of exposure of each region of the Country. QGIS 2.12. Open Source software has been used to realize all tasks related mapping.

As a results, one finds that: Atsimo Andrefana is most exposed into system with lower to moderate intensity while the highland remains in a safe situation. The North-East part of Madagascar including SAVA and Analanjorofo are highly exposed and frequently threatened by stronger system (ITC, VITC). Even this topic treated only case were cyclone or storm made direct landfall, there is a few case which system tend to develop near the coast and may cause huge damage along coastal zone such as Tropical Cyclone “Manou” in 2002-2003 season.

Keywords: Madagascar, Tropical Storm and Cyclone, Risk, Exposure.

DIRECTEUR DE MEMOIRE: Monsieur RANDRIANARISON Solomampionona Rivo Herilala

Chef Prévisionniste de la Direction Générale de la Météorologie