Document public

Actualisation des propositions pour une méthodologie relative aux études hydrauliques et hydrologiques à Mayotte

BRGM/RP-56881-FR

Novembre 2008

DIRECTION DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

Actualisation des propositions pour une méthodologie relative aux études hydrauliques et hydrologiques à Mayotte

BRGM/RP-56881-FR

Novembre 2008

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM

Ph. STOLLSTEINER
Avec la collaboration de **C. CLUZET**

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : JJ SEGUIN	Nom : P. PUVILLAND
Date : 05/12/08	Date : 05/12/08
Signature :	Signature **:**

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

DIRECTION DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots clés : pluviométrie, Mayotte, météorologie, climatologie, pluie, décennale, centennale, loi de Gumbel, cyclone.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Stollsteiner P., avec la collaboration de C. Cluzet (2008) – Actualisation des propositions pour une méthodologie relative aux études hydrauliques et hydrologiques à Mayotte. Rapport BRGM/RP-56881-FR, 98 p., 32 ill., 4 ann.

© BRGM, 2008, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Après un suivi complémentaire de cinq ans, la Direction de l'Agriculture et de la Forêt (DAF) de Mayotte a demandé au BRGM d'actualiser la partie pluviométrique de l'étude qu'il avait réalisée en 2002, publiée en 2003 et qui s'intitulait « propositions pour une méthodologie relative aux études hydrauliques et hydrologiques à Mayotte ».
Le but de cette étude pluviométrique est de définir des relations simples permettant aux chargés d'études des administrations et des bureaux d'études d'évaluer les valeurs fréquentielles des pluies de différente durée.

Suite à la collecte des données des stations ayant plus de dix années d'observations pluviométriques auprès des deux organismes gestionnaires de Mayotte (DAF et Météo France), le BRGM a réalisé une rapide analyse de la qualité de ces données.

Il en ressort que cette qualité est disparate d'un poste à l'autre mais que globalement il y a eu et il y a encore, malgré certaines améliorations, de nombreuses lacunes qui proviennent de causes très diverses notamment :

- des sites et conditions d'implantation qui, principalement pour des raisons de sécurité, ne respectent pas les normes internationales et subissent les effets d'écran (bâtiments, arbres, grillage, …) ou sont exposés au vent. La mesure en elle-même est donc en partie détériorée,

- des pannes d'équipements (batteries, ..) d'entretien ou de récupération des données (télétransmission) qui génèrent de nombreuses lacunes.

Parallèlement, même si le réseau est récent, on regrettera la fermeture de certains postes après seulement quelques années de suivis ainsi que le manque de poste à des altitudes diverses.

Enfin, pour disposer de données comparables, il serait fortement souhaitable que les deux gestionnaires utilisent une démarche similaire pour la validation, le traitement et le stockage des données et qu'ils aient la possibilité de saisir d'analyser et valider l'ensemble des données acquises à ce jour.

Après éliminations des stations ayant des durées trop courtes d'observations et/ou trop de période de lacunes, l'analyse a été réalisée avec six stations « longue durée » (supérieure à 20 ans) et 12 stations ayant entre 10 et 15 ans de données.

Une tentative de synthèse régionale a été menée et, si elle n'a pas permis de régionaliser les valeurs de pluie annuelle, elle a permis de « dégager » deux régions homogènes (au moins) concernant les pluies maximales journalières annuelles.

Cette régionalisation a été menée sur deux paramètres : le nombre d'évènements générateur des pluies maximales (valeur unique pour l'ensemble des stations) et sur la

moyenne des pluies maximales journalères ou deux régions ont pu actuellement être définies.

La région 1 (centre et sud), ayant une moyenne des maxima journaliers annuels voisine de 110 mm, qui inclut les stations : Ajangoua, Coconi, Dembeni, Gouloué, Kwalé, Longoni, Mamoudzou, Mzaouzia, Pamandzi, Tsingoni. Elle correspondrait donc plutôt au centre et au sud et engloberait les stations voisines du littoral.

La région 2, ayant une moyenne des maxima journaliers annuels voisine de 135 mm qui comprendrait notamment les stations de Convalescence, Dzoumogne, Lima Digo et Ongojou et à un dégré moindre les stations de Bandrazia et Mtsamboro. Cette région correspondrait principalement à la zone situé au nord de Mamoudzou et aux zones d'altitudes élevées.

La station de Bandrelé se situerait « sous et en dehors de la zone 1 » (pluviométrie inférieure) et la station de Convalescence se situerait en bordure haute de la zone 2 (pluviométrie supérieure ?).

Une définition plus précise de ces zones nécessiterait l'ajout de quelques postes supplémentaires.

La définition de ces deux paramètres permet de définir, par zone, les valeurs fréquentielles des pluies journalières.

Parallèlement à cette synthèse régionale, des ajustements :

- en un, deux et quatre jours ont été réalisés suivant une loi de Gumbel au droit des stations longues durées,
- en un jour au droit des autres stations.

Ces ajustements ont permis de confirmer, à quelques nuances près, les résultats de la synthèse régionale et les valeurs fréquentielles des pluies journalières.

Le dépouillement manuel des données d'intensité des postes de la DAF sur la période 2003-2007 est venu compléter les dépouillements réalisés en 2002. Ces données ainsi que les données horaires de la station Météo France de Pamandzi ont été ensuite utilisées afin de proposer une décomposition des pluies journalières en pluie de différente durée (comprise entre 1 h et 96h).

Cette décomposition, sous la forme d'une « relation en puissance », qui n'est pas unique et dépend fortement des évènements et des postes, permet toutefois de fournir, à partir des pluies journalières fréquentielles par zone homogène et à des fins de projet, une évaluation des pluies fréquentielles de durée variant entre 1 h et 96 h.

Les tableaux suivants récapitulent l'ensemble des valeurs fréquentielles proposées.

	Hauteur pluviométrique (mm)				Intensité (mm/h)	
	Décennale		Centennale		Décennale	Centennale
Durée	valeur	IC	valeur	IC		
1 mn	*5.8*	*0.6*	*8.7*	*1.2*	*345*	*522*
5 mn	16.9	1.8	25.6	3.4	203	307
15 mn	35.3	3.7	53.4	7.2	141	214
30 mn	56.2	5.9	85.0	11.4	112	170
1 heure	93	10	140	19	93	140
2 heures	111	12	168	23	55	84
3 heures	123	13	186	25	41	62
6 heures	147	15	223	30	25	37
12 heures	176	18	266	36	15	22
PJ	172	18	260	35	14	22
24 heures	210	22	318	43	8.8	13.2
48 heures	251	26	380	51	5.2	7.9
96 heures	300	31	454	61	3.1	4.7

Valeurs fréquentielles des pluies et intensités de durée variable pour la zone 1.

	Hauteur pluviométrique (mm)				Intensité (mm/h)	
	Décennale		Centennale		Décennale	Centennale
Durée	valeur	IC	valeur	IC		
1 mn	*7.0*	*0.7*	*10.7*	*1.3*	*422*	*643*
5 mn	20.7	2.1	31.5	3.9	248	378
15 mn	43.1	4.3	65.7	8.2	173	263
30 mn	68.6	6.9	104.6	13.1	137	209
1 heure	113	11	173	22	113	173
2 heures	136	14	206	26	68	103
3 heures	150	15	229	29	50	76
6 heures	180	18	274	34	30	46
12 heures	215	21	327	41	18	27
PJ	210	21	320	40	18	27
24 heures	257	26	391	49	11	16
48 heures	307	31	467	58	6.4	9.7
96 heures	366	37	558	70	3.8	5.8

Valeurs fréquentielles des pluies et intensités de durée variable pour la zone 2.

Suite à l'épisode Fame survenu en janvier 2008, les très fortes valeurs observées l'ont été à cheval entre deux journées et ont de ce fait complètement perturbé les ratios entre pluie journalière et pluie en 24 h. Elles ont, par ailleurs, fortement accentué la différence des valeurs obtenues en pluie journalière suivant les heures limites de son découpage. Il a donc été nécessaire de recalculer les pluies journalières (0h-0h) des

stations de la DAF en pluies journalières (7h-7h) afin de pouvoir les comparer aux stations Météo France.

Durant cet épisode, les valeurs journalières ou de durée supérieure à un jour ont atteint, à certaines stations, des valeurs estimées comme ayant une période de retour de 50 ans, voire de 100 ans et celles observées à la station de Convalescence sont encore plus fortes. Elles constituent les valeurs les plus fortes jamais mesurées sur l'île de Mayotte et suscitent ainsi interrogation :

- cet évènement est il, au droit de cette station, réellement exceptionnel ?
- Y aurait - il une troisième zone qui comprendrait notamment les zones d'altitude élevée ? ou cette pluviométrie serait elle plus liée à la trajectoire du cyclone qu'à l'altitude ?

Actuellement il ne parait pas possible d'y répondre, aussi afin de considérer cet évènement, il est proposé de créer une troisième zone (Convalescence) qui ne serait utilisée que pour des projets d'altitude élévée ou pour des projets à enjeux « très forts ».

Le tableau ci dessous résume les trois zones et les valeurs de pluies journalières nécessaires au calcul des pluies fréquentielles de durée variable (comprise entre 5 minutes et 96h). Un exemple du calcul à conduire figure en fin de rapport.

Période de retour T (année)	Moyenne	2	5	10	20	50	100
Région 1 :	110	100	145	170	200	235	260
Région 2 :	135	125	175	210	245	290	320
Région 3 **«Convalescence»**		150	210	250	290	340	380

Valeurs fréquentielles des pluies journalières à utiliser pour la détermination des pluies de durée variable.

Sommaire

1. Introduction 13

1.1. CONTEXTE DE LA DEMANDE 13

1.2. CONTENU ET OBJECTIF DE L'ETUDE 13

2. Etude pluviométrique 15

2.1. PRESENTATION GENERALE ET CLIMATOLOGIE 15
2.1.1. Les cyclones 16

2.2. DONNEES COLLECTEES 20
2.2.1. Organismes contactées et réseau existant 20
Données recueillies auprès de Météo France 20
2.2.2. Données recueillies auprès de la DAF 23

2.3. ANALYSE CRITIQUE DES DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES 26
2.3.1. Préambule 26
2.3.2. Données manquantes 27
2.3.3. Clarifications nécessaires 27
2.3.4. Exemples des données douteuses, erronées ou incomplètes 28

2.4. ESSAI DE SYNTHESE REGIONALE 32
2.4.1. Introduction sur la notion de synthèse régionale 32
2.4.2. Résultats de la synthèse régionale 34

2.5. PLUIES ANNUELLES, MENSUELLES ET NOMBRE DE JOURS DE PLUIE 39
2.5.1. Ajustements des pluies annuelles 39
2.5.2. Répartition mensuelle 45
2.5.3. Nombre de jours de pluies 45

2.6. PLUIES JOURNALIÈRES 47
2.6.1. Comparaison des ajustements des valeurs maximales annuelles et des ajustements des valeurs supérieures à un seuil 47
2.6.2. Stations « longue durée » 47
2.6.3. Période 1995-2008 50
2.6.4. Pluies journalières maximales mesurées 52
2.6.5. Episode du 24 janvier 2008 52

2.7. INTENSITÉS PLUVIOMÉTRIQUES 54
2.7.1. Dépouillements complémentaires des données 54
2.7.2. Précision des valeurs extraites 55
2.7.3. Ajustements des pluies de durée variable suivant une loi de Gumbel 56
2.7.4. Ratio entre pluie journalière et pluie de durée t 56
2.7.5. Relation de passage entre pluie journalière et pluie de durée t 59
2.7.6. Valeurs fréquentielles des pluies et des intensités de durée t (comprise entre 5 mn et 96 h) 59
2.7.7. Incertitudes sur les valeurs calculées 60

3. Conclusion 62

3.1. COMPARAISON DES RESULTATS AVEC LES DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES, LES DONNEES OBSERVEES ET L'ETUDE PRECEDENTE 62

3.2. EXEMPLE : DETERMINATION D'UNE PLUIE DE DUREE QUELCONQUE ... 64

Bibliographie 67

Liste des illustrations

Illustration 1 : Ajustements des pluies maximales journalières survenant durant les cyclones et des pluies maximales annuelles avec et sans les pluies des cyclones aux stations de Pamandzi (haut) et Dzoumogne (bas). 18

Illustration 2 : Localisation des postes pluviométriques de Mayotte. 21

Illustration 3 : Liste des postes pluviométriques de Météo France 22

Illustration 4 : Liste des postes pluviométriques de la DAF. 24

Illustration 5 : Stations pluviométriques utilisées, périodes d'observations disponibles et périodes de données incompètes des stations pluviométriques de Météo France (en Haut) et de la DAF (en Bas). 25

Illustration 6 : doubles cumuls des pluies annuelles à Bandrelé et Pamandzi sur la période 1987-2007 29

Illustration 7 : Comparaison du cumul des pluies horaires et du cumul des pluies journalières à Pamandzi sur la période 1997-1999. 30

Illustration 8 : Formules de calculs des différents paramètres avec leur intervalle de confiance en vue de la synthèse régionale 34

Illustration 9 : Valeurs des différents paramètres calculés pour la synthèse régionale 35

Illustration 10 : Valeurs régionalisées des pluies maximales journalières 38

Illustration 11 : Ajustements et intervalles de confiance des totaux pluviométriques annuels aux stations « longue durée » suivant une loi de Gauss 40

Illustration 12 : Estimations des valeurs fréquentielles des totaux pluviométriques annuels aux stations « longue durée ». 41
Illustration 13 : Ajustements des pluies annuelles suivant une loi de Gauss aux différentes stations sur la période 1996/2007 42
Illustration 14 : Ajustements des pluies annuelles suivant une loi de Gauss aux différentes stations sur la période 1996/2007 (suite). 43
Illustration 15 : Illustration de la variation de pluviométrie avec l'altitude 44
Illustration 16 : Valeurs pluviométriques mensuelles moyennes et extrêmes observées aux cinq stations « longue durée ». 45
Illustration 17 : Nombre de jours de pluie observé à différentes stations sur la période 1996-2007. 46
Illustration 18 : Comparaison des ajustements des valeurs maximales annuelles et des ajustements des valeurs supérieures à un seuil 48
Illustration 19 :Ajustements en faisceau des pluies jounalières en 2 et 4 jours à la station de Coconi sur la période 1951/2007 49
Illustration 20 : Ajustements en faisceau des pluies jounalières en 2 et 4 jours à la station de Dzoumogne sur la période 1961/2007 49
Illustration 21 : Valeurs fréquentielles des pluies journalières des pluies en 2 et 4 jours aux stations « longue durée » 50
Illustration 22 : Pluies maximales journalières mesurées à Mayotte et pluies maximales journalières de janvier 2008. 52
Illustration 23 : Principales valeurs de précipitations mesurées durant l'épisode Fame (23 au 26 janvier 2008) 53
Illustration 24 : Exemple d'influence du pas de temps d'extraction sur la valeur maximale horaire 55
Illustration 25 : Ajustements en faisceau suivant une loi de Gumbel des pluies de durée variable mesurées à la station de Convalescence sur la période 1995-2008 57
Illustration 26 :Ratio de la pluie de durée t par rapport à la pluie journalière aux différentes stations obtenu à partir des ajustements en faisceau. 58
Illustration 27 : Valeurs des coefficients a' et b' de la relation de passage entre pluie journalière et pluie de durée t. 59
Illustration 28 : Valeurs fréquentielles des pluies et intensités de durée variable pour la zone 1 61
Illustration 29 :Valeurs fréquentielles des pluies et intensités de durée variable pour la zone 2 61
Illustration 30 : Comparaison des résultats avec ceux de l'étude de 2003 63
Illustration 31 :Valeurs fréquentielles des pluies journalières à utiliser pour la détermination des pluies de durée variable. 64
Illustration 32 : Valeurs des coefficients a' et b' de la relation de passage entre pluie journalière et pluie de durée t. 65

Liste des annexes

ANNEXE 1 71
ANNEXE 2 80
ANNEXE 3 88
ANNEXE 4 92

1. Introduction

1.1. CONTEXTE DE LA DEMANDE

Dans le cadre de la police de l'eau, la Direction de l'Agriculture et de la Forêt (DAF) de Mayotte a confié en 2002 au BRGM, la réalisation d'une étude méthodologique qui a permis la réalisation d'un recueil intitulé « propositions pour une méthodologie relative aux études hydrauliques et hydrologiques à Mayotte ».

Cette étude comportait une étude pluviométrique et une étude hydrologique. Dans la partie pluviométrique, le BRGM avait défini les valeurs fréquentielles locales des pluies journalières et des pluies de durée comprise entre 5 minutes et 24 heures.

Toutefois, par suite de la quantité et qualité des données de base, l'ensemble des résultats fournis ne pouvaient et ne devaient être considérées que comme provisoires en attendant une actualisation rendue possible par l'obtention de nouvelles données.

Cinq années plus tard, il apparaît possible d'actualiser cette étude pluviométrique afin de valider et/ou préciser ces valeurs fréquentielles pluviométriques, c'est l'objet de la présente étude réalisée à la demande de la Direction de l'Agriculture et de la Forêt et de la Direction de l'Equipement de Mayotte.

1.2. CONTENU ET OBJECTIF DE L'ETUDE

Après examen des nouvelles données disponibles, le BRGM a proposé de réaliser une étude pluviométrique portant sur :

- Les pluies mensuelles et annuelles,
- les pluies journalières,
- les pluies de durée supérieure ou égale à une heure.

L'analyse des pluies mensuelles et annuelles permettra de vérifier l'homogénéité et la qualité des données, de situer la période récente et estimer la variabilité spatiale des précipitations.

L'étude des pluies journalières sera actualisée en utilisant :

- les données actualisées des six postes ayant une longue durée d'observation qui avaient été utilisés lors de l'étude précédente,
- les données des autres postes ayant à fin 2007 dix années au moins d'observations.

Le but de l'étude pluviométrique est de définir des relations simples permettant aux chargés d'études des administrations et des bureaux d'études d'évaluer les valeurs fréquentielles des pluies de différente durée.

Les courbes IDF (Intensité – Durée – Fréquence) n'étant pas disponibles et les données brutes, permettant de les obtenir, couvrant une très courte période, il est apparu nécessaire et préférable :

- de définir les valeurs fréquentielles des pluies journalières maximales à l'aide des séries journalières des postes longue durée ;
- d'étudier, au droit des postes fournissant les données d'intensités, la décomposition des pluies journalières en différents pas de temps ;
- d'appliquer cette décomposition aux valeurs fréquentielles journalières afin de définir les valeurs fréquentielles des pluies de durée variable.

2. Etude pluviométrique

2.1. PRESENTATION GENERALE ET CLIMATOLOGIE

L'île de Mayotte est située à l'entrée nord du canal de Mozambique, entre 12° et 13° de latitude sud et 45°20 de longitude est. Elle se situe à environ 10 000 km de la métropole, 1 500 km de La Réunion, 400 km de la côte Est africaine et à 300 km de la côte occidentale de Madagascar. D'une superficie de 376 km^2, Mayotte comprend deux îles principales, Petite-Terre (aéroport de Pamandzi) et Grande-Terre.

Le relief peut être, malgré de fortes pentes par endroits, considéré comme relativement doux ; le point culminant est le mont Bénara (653 m d'altitude). La particularité de Mayotte est son très grand lagon qui entoure la quasi-totalité des deux îles avec une superficie d'environ 1 500 km^2.

L'île de Mayotte est soumise à un climat tropical humide maritime insulaire, influencé notamment par la présence proche de Madagascar. Il comporte deux saisons principales séparées par deux intersaisons plus brèves. La principale saison humide va de décembre à mars. Durant cette période peut se produire de violents orages, la température moyenne varie de 27 °C le jour à 23 voire 25 °C la nuit. L'humidité est alors à son maximum, 85 % le jour et 95 % la nuit.

Pendant l'intersaison (avril à mai) les alizés s'établissent peu à peu. Les dépressions tropicales restent cependant possibles.

La saison sèche s'étend de juin à septembre, il règne pendant cette saison des alizés de sud-est. Les pluies sont beaucoup moins abondantes, le mois le plus sec de l'année étant le mois d'août. La température moyenne est de 24 °C le jour et d'environ 20 °C la nuit. L'humidité moyenne est alors d'environ 78 %.

D'octobre à novembre, peu à peu, les vents du nord-est s'établissent. Le temps devient chaud et humide.

Les hauteurs pluviométriques et les intensités augmentent avec l'altitude. Ces variations sont toutefois limitées et nettement inférieures à celles observées à la Réunion et/ou aux Antilles.

L'insolation annuelle moyenne s'élève à environ 2 180 h, l'insolation mensuelle variant de 115 h en décembre à environ 230 h en mai (station de Pamandzi).

2.1.1. Les cyclones

Les cyclones qui intéressent Mayotte naissent généralement à proximité de Diego Garcia, au droit de la zone de convergence intertropicale (entre 5 et 20° de latitude sud et 80° de longitude est).

Une des principales conditions de leur formation est la température de la mer qui doit être supérieure à 27 °C sur plusieurs dizaines de mètres de profondeur.

Après leur formation, ceux qui intéressent Mayotte se déplacent généralement vers le sud-ouest (vers Madagascar et/ou vers la Réunion) et atteignent Mayotte après un changement de direction et la traversée de Madagascar, ou vers l'ouest puis obliquent vers le sud le long du canal de Mozambique. Cette activité cyclonique se situe généralement entre janvier et avril et quelquefois en novembre ou décembre.

Par convention internationale le terme « cyclone tropical » désigne dorénavant toute perturbation tourbillonnaire, caractérisée par la vitesse moyenne de ses vents, qui peut-être :

- inférieure ou égale à 62 km/h pour une dépression ;
- comprise entre 63 et 117 km/h pour une tempête ;
- ou supérieure ou égale à 118 km/h pour un ouragan.

En dehors des vents violents qui les caractérisent, ces cyclones peuvent s'accompagner de pluies longues et intenses et de marées de tempête (houle et surélévation du niveau moyen de la mer).

D'après les informations collectées, 43 dépressions tropicales, passées à moins de 300 kilomètres de Mayotte, ont été recensées entre 1961 et 2008 soit en moyenne une dépression par an. Ce nombre annuel est cependant variable (maximum : 3 durant les hivers et printemps 1983/1984 et 1999/2000). Elles surviennent généralement entre novembre et avril avec une probabilité maximale en janvier (12 sur 43). Sur ces 43 dépressions on recense, au droit de Mayotte, 15 tempêtes tropicales et 7 ouragans.

Les dates des cyclones les plus dévastateurs observés à Mayotte ont été :

- mars 1858,
- du 25 février au 06 mars 1898,
- du 18 au 28 février 1934,
- du 09 au 18 janvier 1953.

Les derniers cyclones importants ayant touché l'île de Mayotte se sont produits :

- du 10 au 16 avril 1984 : ouragan KAMISY (vent maximal d'environ 150 km/h). Sur Madagascar, les rafales de vent avaient dépassé 250 km/h ;
- du 13 au 18 février 1985 : tempête tropicale FELIKSA et plus récemment,
- en janvier 2008 la tempête tropicale, Fame, et en mars 2008 l'ouragan Jokwe.

Durant FELIKSA, les pluies ont été particulièrement importantes (230 mm en 14 h durant la nuit du 15 au 16 à Pamandzi) avec notamment 79,3 mm recueillis en une heure. Elles se sont produites sur un sol déjà saturé par les précipitations des jours précédents (208 mm entre le 10 et le 14) et ont généré des inondations exceptionnelles sur une partie de l'île.

Si certains évènements cycloniques peuvent être générateurs de pluies exceptionnelles, ils ne constituent pas la majorité des fortes pluies journalières observées à ce jour sur Mayotte. Ainsi sur la période 1949-2007, seules 12 pluies journalières maximales annuelles sont indiquées comme étant d'origine cyclonique. Les épisodes pluvieux exceptionnels lors des cyclones se caractérisent plus par un montant pluviométrique important (durée importante de la pluie) que par une intensité exceptionnelle. Celles-ci ne sont généralement pas supérieures à celles observées lors d'orages localisés mais leurs extensions spatiales et leurs durées sont plus importantes. C'est pour cela que les cyclones génèrent ainsi plus fréquemment des évènements « crues exceptionnelles » sur les grands bassins versants. Les orages localisés, de même intensité, généreront ainsi des crues de même ampleur mais plus fréquentes sur les petits bassins versants. Par ailleurs, on constate généralement que, lors des cyclones, le montant pluviométrique mesuré dépend plus du trajet du cyclone que de l'altitude du poste.

Vu les très courtes périodes d'observations disponibles au droit de la plupart des stations et l'objectif principal de cette étude, qui est notamment de fournir des valeurs fréquentielles des pluies rares, il est apparu délicat d'envisager une analyse des maxima pluviométriques en séparant les pluies en deux familles distinctes (pluies cycloniques et pluies non cycloniques). Ceci aurait eu comme principal inconvénient de diviser le nombre d'évènements par échantillons. Il est toutefois apparu nécessaire de vérifier que cette séparation n'affectait pas de manière sensible la détermination des valeurs fréquentielles.

Pour ce faire, il a été procédé à une comparaison des valeurs fréquentielles obtenues aux stations longue durée (Pamandzi, Coconi, Dzoumogne) par ajustement suivant une loi de Gumbel, en considérant sur leur période maximale d'observations :

- les pluies maximales journalières annuelles,
- les pluies maximales journalières des cyclones recensés,
- les pluies maximales journalières annuelles sans les pluies maximales survenues durant les cyclones.

Il est à noter que ce type de décomposition nécessite des informations sur les cyclones qui ne sont pas forcement disponibles pour les périodes anciennes (date, durée et extension du cyclone).

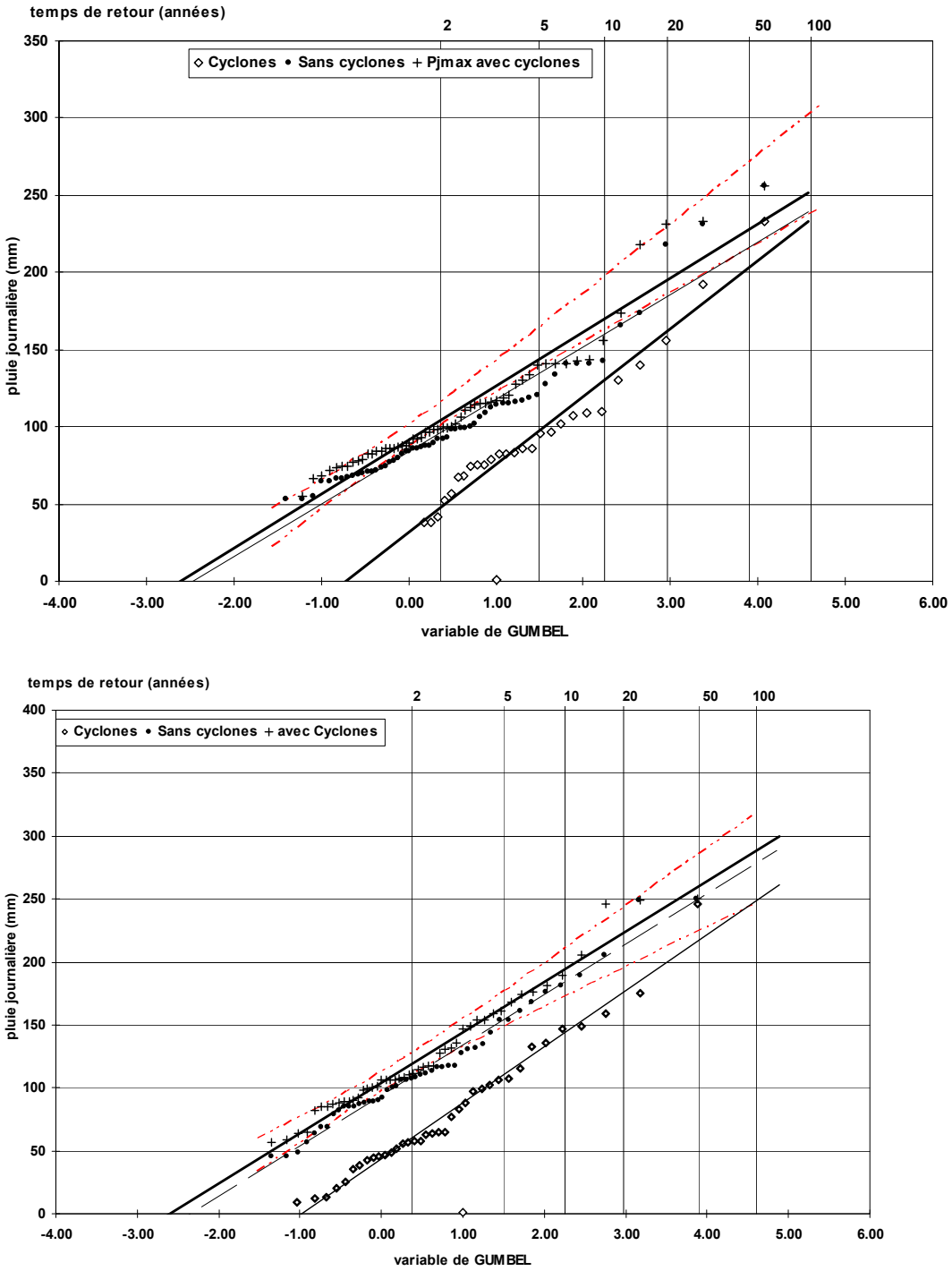


Illustration 1 : Ajustements des pluies maximales journalières survenant durant les cyclones et des pluies maximales annuelles avec et sans les pluies des cyclones aux stations de Pamandzi (haut) et Dzoumogne (bas).

L'Illustration 1 permet de constater que :

- les valeurs des pluies survenues durant les cyclones s'ajustent « bien » à une droite de Gumbel (l'axe des abscisses étant gradué suivant les valeurs de la variable réduite de Gumbel),
- les valeurs des pluies « sans les cyclones » s'ajustent « relativement bien » à une droite, notamment pour la station de Dzoumogne,
- les valeurs de toutes les pluies s'ajustent « un peu moins bien suivant une loi de Gumbel»,
- les valeurs fréquentielles voisines de la centennales (x=4,6) se situent dans ou à proximité immédiate des bornes de l'intervalle de confiance à 80% de l'ajustement de l'échantillon de « toutes les pluies » (*cf. tracé pointillé rouge sur l'illustration)*.

Cela s'explique principalement par le fait que la composition de deux lois de Gumbel ne constitue pas une loi de Gumbel. L'ajustement en seul échantillon est toutefois acceptable dans la mesure ou le nombre de cyclones est relativement limité et que les pluies journalières durant ces cyclones sont du même ordre de grandeur que les autres pluies de même fréquence. Il n'est cependant acceptable que dans une certaine limite en fréquence. Ainsi, la juxtaposition de ces deux lois va généralement créer une cassure sur le graphique découpant celui-ci en deux domaines spécifiques et une zone centrale de raccordement :

- à gauche, nombreux points et faible pente pour les fortes fréquences, ce sera le domaine des crues ordinaires,
- à droite, beaucoup moins de points et forte pente vers les faibles fréquences, ce sera le domaines des crues rares à exceptionnelles.

La difficulté de l'ajustement, dans le cas d'une étude où l'on souhaite déterminer des valeurs de fréquences rares variant entre 10 et 200 voire 300 ans, consiste à ne pas donner trop de poids aux pluies « ordinaires » tout en ne privilégiant pas uniquement les quelques valeurs rares qui peuvent, éventuellement, être des « horsains ». Pour limiter ces risques, nous privilégierons, lorsque les données sont suffisamment nombreuses (>20 ans), les ajustements réalisés à partir des maxima annuels plutôt que les ajustements réalisés à partir d'échantillons tronqués (valeurs supérieures à un seuil).

Les valeurs fréquentielles obtenues à partir de l'ensemble des pluies sont voisines et supérieures à celles obtenues avec les deux autres échantillons. On notera notamment que l'ajustement des valeurs durant les cyclones coupe l'axe à une valeur, de la variable réduite, bien supérieure à celle obtenue avec l'ajustement de toutes les pluies. Cette valeur qui traduit le nombre d'évènements indique ainsi que le nombre d'évènements « cycloniques » est nettement inférieur au nombre de perturbations représentatives des pluies maximales.

On notera également que la pente de l'ajustement des pluies de cyclones est plus forte cela implique, que si l'on peut pour la détermination des pluies journalières de période de retour inférieure ou égale à la centennale, ne pas séparer les deux types

d'évènements, il apparaît alors nécessaire de le réaliser pour des fréquences plus rares. En effet pour celles-ci (>>100 ans, variable de Gumbel >6), les valeurs seront supérieures à celles obtenues par ajustement des autres échantillons. Et ce, d'autant plus que le pas de temps des pluies étudiées sera grand.

Il ressort de cette analyse qu'il n'est pas souhaitable, sous réserve de ne pas extrapoler les résultats à des périodes de retour très exceptionnelles et à ne pas donner trop de poids aux valeurs fréquentes, d'étudier les pluies en séparant les différents types d'évènements.

2.2. DONNEES COLLECTEES

2.2.1. Organismes contactés et réseau existant

Deux organismes gèrent la quasi-totalité du réseau pluviométrique de Mayotte : la Météorologie Nationale (Météo France) et la Direction de l'Agriculture (DAF). L'Illustration 2 permet de localiser les différents postes fonctionnant actuellement sur l'île.

D'une manière générale, le réseau est jeune (la plupart des postes ont été mis en service depuis 1995), et par endroit, notamment dans le sud de l'île, peu dense.

Les équipements installés, leurs réglages, le mode de contrôle de validation et d'archivage des données n'étant pas homogènes, les informations collectées sont très variables tant en qualité qu'en quantité et en représentativité.

Données recueillies auprès de Météo France

L'Illustration 3 fournit la liste des principaux postes de Météo France. Elle indique le numéro d'indentification, le type de poste, l'altitude et la période de fonctionnement.

Les données actuellement disponibles à Météo France sont de trois types :

- données journalières (7h-7h). Ces données sont disponibles, au droit de 18 postes, sur des périodes variant entre 3 voire 4 années (Poroani) et près de 60 ans (Pamandzi),
- données horaires, hormis à la station de Pamandzi qui a été mise en service en 1997, les données horaires de sept postes ne sont disponibles que pour des périodes récentes très courtes (moins de trois années),
- données en 6 minutes, 9 postes permettent actuellement de mesurer les pluies en 6 minutes. Ces postes, hormis celui de Coconi, ont été mis en service en 2007 et ne permettent donc pas de réaliser la moindre analyse. D'après les informations fournies par Météo France, le logiciel d'exploitation permet de réaliser, au droit de ces postes) des extractions en intensité pluviométrique.

Illustration 2 : Localisation des postes pluviométriques de Mayotte.

Après analyse, les données retenues collectées et exploitées auprès de Meteo France ont été, in fine :

- les données journalières des 10 postes (avec leurs postes associés) ayant au minimum dix années d'observations. Ils sont indiqués en gras dans l'Illustration 3
- les données horaires de la station de Pamandzi.

Nota Bene : Des pluies tri horaires voire horaires ont été mesurées manuellement dans le passé et doivent être prochainement saisies.

Poste	num_poste	Type	Alti	Début de la mesure	Fin de la mesure
BANDRELE	**985 03 001**	**2**	**20m**	**01/02/1986**	**En cours**
MZOUAZIA	**985 04 001**	**2**	**20m**	**01/01/1996**	**En cours**
POROANI MUSEE	985 06 002	2	20m	01/05/2004	En cours
DEMBENI	**985 07 002**	**2**	**20m**	**01/01/1994**	**En cours**
PAMANDZI	**985 08 001**	**0**	**7m**	**01/01/1949**	**En cours**
MAMOUDZOU	**985 11 001**	**2**	**60m**	**01/01/1993**	**En cours**
VAHIBE PRIMA	985 11 003	2	250m	07/11/2003	En cours
M TZAMBORO EC	985 12 002	2	30m	20/11/2003	04/03/2004
M TZAMBORO GEN	985 12 001	2	25m	01/01/1991	31/01/1991
M TZAMBORO GEN	985 12 001	2	25m	02/01/1992	30/06/1992
M TZAMBORO GEN	**985 12 001**	**2**	**25m**	**02/01/1993**	**04/11/2006**
M TZAMBORO GEN	**985 12 001**	**2**	**25m**	**30/08/2007**	**En cours**
COCONI OUANGANI	**985 14 001**	**2**	**90m**	**01/01/1951**	**En cours**
DZOUMOGNE	985 02 001	4	20m	01/01/1961	31/12/1975
DZOUMOGNE	**985 02 001**	**4**	**20m**	**02/09/1976**	**En cours**
AJANGOUA	**985 07 001**	**4**	**30m**	**01/01/1981**	**En cours**
KANI KELI	985 09 001	4	6m	01/05/1994	En cours
COMBANI	**985 17 001**	**4**	**122m**	**01/01/1960**	**En cours**
MT-CHONGUI	985 06 001	4	594m	01/03/1995	30/09/1996
LONGONI-PORT	**985 10 002**	**4**	**40m**	**01/01/1993**	**31/07/2003**
VAHIBE GOULOUE	985 11 002	4	152m	01/01/1992	30/06/1992
VAHIBE GOULOUE	985 11 002	4	152m	02/01/1993	31/07/2003
VAHIBE GOULOUE	985 11 002	4	152m	01/09/2005	30/09/2005
VAHIBE GOULOUE	985 11 002	4	152m	01/01/2007	31/01/2007
MTSANGAMOUJI	985 13 004	4	69m	01/06/1994	30/06/1994
MTSANGAMOUJI	985 13 004	4	69m	02/01/1995	30/04/2002
MTSANGAMOUJI	985 13 004	4	69m	02/12/2002	31/05/2003
SADA	985 16 001	4	143m	01/06/1995	31/07/2003

Illustration 3 : Liste des postes pluviométriques de Météo France

2.2.2. Données recueillies auprès de la DAF

Les données transmises par la DAF consistent en des données journalières (0h-0h) qui proviennent de différents équipements :

- de pluviomètres automatiques qui ont tous été arrêtés avant 2004 (cf Illustration 4, désignation A). Ils fournissaient un fichier précisant la date et heure de chaque basculement d'auget (volume correspondant à 0,5 mm de pluie). Par suite de la courte période disponible, seule la valeur de la pluie journalière (0 h - 0 h) avait été exploitée par la DAF. La période d'observation disponible, sur ces postes, s'échelonne entre 8 mois (poste A14) et 3 ans (02/1999-09/2002, postes A4, A5, A7, A10). Ils ont été en partie exploités lors de la précédente étude.
- de pluviographes mécaniques (cf. Illustration 4, désignation M). Ceux-ci fournissent un graphe hebdomadaire retraçant les intensités pluviométriques. Seule la pluie journalière (0 h - 0 h) a été exploitée par la DAF. Ces appareils ont été peu à peu remplacés entre 2005 et 2007 par des pluviomètres enregistreurs.

Afin d'étendre et de compléter au maximum les informations concernant les intensités pluviométriques, les graphes des pluviographes mécaniques ont été collectés et en partie dépouillés :

- lors de la première étude sur la période 1995-2002,
- lors de cette étude sur la période 2003-2007.

Il a ainsi été procédé au dépouillement de tous les épisodes des « pluies en 24 h » supérieures à 50 mm :

- tracés sur les « bandes papiers » sur la période 1996-2005,
- enregistrés sur la période 2006-2007.

L'Illustration 5 récapitule les dix postes de la DAF collectés dans le cadre de cette étude c'est à dire ceux pour lesquels la période d'observations théorique (sans tenir compte des lacunes et interruptions) couvre la période 1996-2007.

DESIGNATION	LOCALISATION	ALTITUDE (m)	DATE DEBUT
PLUVIOGRAPHES			
M 5	BANDAZIA SUD	40	01 01 1995
M 6	BANDAZIANORD	140	01 01 1995
M 7	LIMA DIGO	148	01 01 1995
M 8	CONVALESCENCE	332	01 02 1995
M 9	GOULOUE	155	01 02 1995
M 10	KOUALE BAS	45	01 02 1995
M 11	PORT LONGONI	40	01 05 1995
PLUVIOMETRES AUTOMATIQUES			
A 3	BENARA	400	01 05 1995
A 4	POROANI	49	01 07 1995
A 5	MZOUAZIA	42	01 12 1995
A 6	CHIRONGUI	69	01 10 1995
A 7	MAJIKAVO	43	01 10 1995
A 8	CHICONI	160	01 10 1995
A 9	COMBANI	477	01 11 1995
A 10	M'TSAMOUDOU	70	01 01 1996
A11	SADA	100	01 07 1999
A12	ONGOUJOU	200	02 07 1999
A13	MTSANGAMOUJI	69	03 07 1999

Illustration 4 : Liste des postes pluviométriques de la DAF.

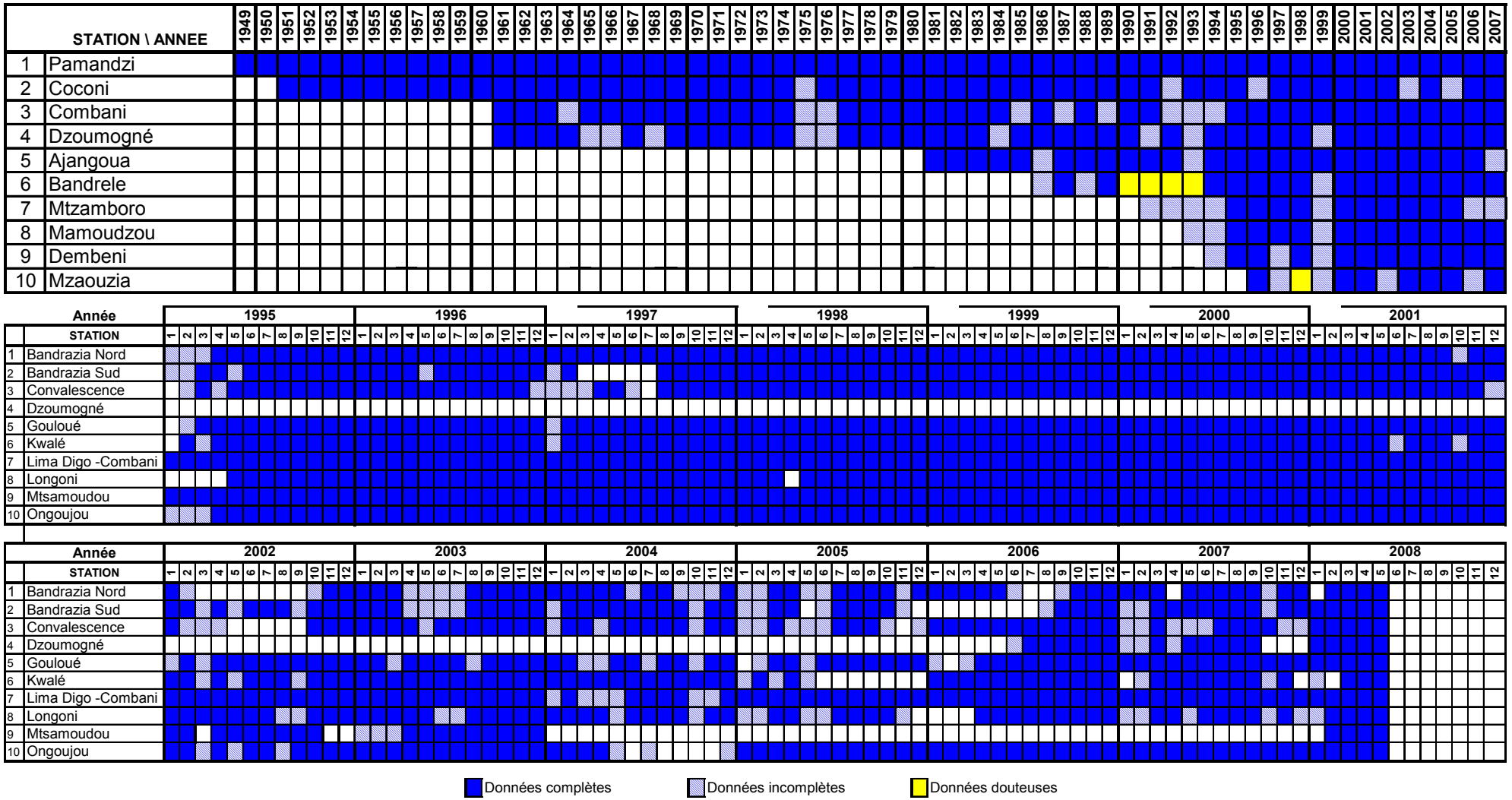


Illustration 5 : Stations pluviométriques utilisées, périodes d'observations disponibles et périodes de données incompètes des stations pluviométriques de Météo France (en Haut) et de la DAF (en Bas).

2.3. ANALYSE CRITIQUE DES DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES

2.3.1. Préambule

Les erreurs de mesure en pluviométrie sont nombreuses et peuvent être très importantes. Elles ont presque toutes pour conséquence de sous-estimer les cumuls.

On peut ainsi citer les différents ordres de grandeurs possibles de ces erreurs de mesure (cf. tableau annexe 1):

- erreur de captation (0 à 40 %) : pluie inclinée, fortes pentes, turbulences du vent autour du pluviomètre.
- erreur de l'instrument (<1%), et par saturation (rare mais importante suivant équipement et conditions locales)
- pertes par mouillage, rejaillissement, et/ ou évaporation (qq %),
- erreur de positionnement de la station : réduction de la captation par effet d'écran,
- et, plus délicate car dépendante de l'utilisation de la donnée, erreur de représentativité de cette mesure par rapport à la pluviométrie réelle.

Pour plus d'information on se reportera à la bibliographie (OMM n°8 ou n°168). Pour ces différentes raisons, la pluie est souvent considérée comme un index et non comme une mesure.

Pour être plus complet il convient également d'ajouter les erreurs des observateurs, ainsi que toutes les erreurs de saisie de calcul et d'interprétation.

Dans le cadre de cette étude, il n'a pas été procédé à la visite de toutes les stations pluviométriques. Il n'est donc pas possible de préciser de manière exhaustive la qualité relative des données collectées. Toutefois, suite aux visites réalisées, il apparaît fortement probable que :

- la qualité des données est dégradée pour plusieurs postes :
    - o par suite du site d'implantation du pluviomètre (influence de la végétation, des bâtiments,.) : Convalescence, Bandrelé, ….
    - o ou par son exposition au vent : Ongojou, Kwalé, ….
- les aménagements nécessaires pour éviter le vandalisme nuisent à la qualité des données : postes de la DAF , … (cf. photographies, annexe 1) ;
- les données des pluviomètres journaliers sont plus fiables, s'il n'y a pas régulièrement des contrôles de tarage des augets, que les données des pluviomètres automatiques.

2.3.2. Données manquantes

Par suite de vandalisme ou panne des équipements, les séries de données ne sont généralement pas complètes et comportent des interruptions.

L'Illustration 5 récapitule :

- pour les stations de Météo France les années complètes et les années incomplètes,
- pour les stations DAF les mois complets et incomplets.

2.3.3. Clarifications nécessaires

La gestion de ce réseau par deux organismes différents introduit quelques ambigüités source de confusions qu'il n'est pas toujours aisé de lever et qui complique l'analyse et la validation des données. Quelques adaptations et précisions permettraient de lever facilement ces ambigüités.

Ainsi par exemple :

- certaines stations ont des noms voisins ou approchant pour désigner des stations différentes notamment :
  - Vahibé Gouloué (Meteo France), Gouloué (DAF) et Vahibé prima (Météo France) soit trois noms pour, semble t-il, deux postes. On soulignera que les périodes d'observations de Vahibé Gouloué (Météo France) et Gouloué (DAF) sont différentes et qu'à contrario leurs valeurs mensuelles sont identiques durant 72 mois et différentes pour 18 mois,
  - Combani, poste Météo France de Combani-Tsingoni, et depuis peu « Combani », le poste DAF anciennement nommé « Lima Digo »,
- La période de fonctionnement de certaines stations est différente suivant la source d'information. Cela conduit à se demander s'il s'agit d'une erreur, d'un transfert de responsabilité et/ou de gestionnaire accompagné éventuellement d'un changement de poste et/ou de l'existence provisoire de deux postes sur le même site. Hormis la station de la Gouloué déjà citée, on peut y ajouter :
  - station de Mamoudzou : début en 1952 pour la DAF et 1993 pour Météo France (cf. rapport de 2002, corrigé depuis),
  - station de Longoni : début en 1996 pour la DAF et 1993 pour Météo France,
  - station de Dzoumogne : début en 2006 pour la DAF et 1961 pour Météo France.

Il apparaît ainsi nécessaire de clarifier ces différents points et bien indiquer le propriétaire, le gestionnaire et le diffuseur des différentes données afin de faciliter le choix des données à retenir et valider lorsque des données supposées indentiques s'avèrent être différentes et savoir qui contacter pour un éventuel retour aux originaux.

D'autre part, afin de posséder des séries homogènes et de qualité semblable, il serait souhaitable que les deux organismes suivent une démarche de validation similaire et standardisent leurs modes de gestion et de stockage.

Enfin le dernier point, et non le moindre car il a fortement compliqué le traitement et l'analyse de cette étude, c'est la définition même de la pluie journalière qui va de :

- 6h TU à 6h TU (voire 7h-7h) pour tous les organismes, dont Météo France,

et de

- 0h à 0h pour la DAF.

A titre d'exemple, un ajustement des pluies journalières à la station de convalescence sur la période 1995-2008 fournit une valeur centennale centrale de :

- 449 mm avec la pluie de 0h -0h,
- 378 mm avec la pluie de 7h à 7h.

Il semble ainsi impératif, pour posséder des informations équivalentes, que la DAF, en tant que gestionnaire de données fonctionne avec les normes internationales ou tout au moins en accord avec Météo France.

2.3.4. Exemples des données douteuses, erronées ou incomplètes

Comparaison des données de différentes sources

Ainsi que signalé au paragraphe précédent, pour certaines stations, les données collectées proviennent à la fois d'annuaires informatisés transmis par la DAF et de fichiers informatiques fournis par Météo France.

D'une manière générale nous avons, quand il y avait différence, conservé la valeur fournie par le gestionnaire de la station.

Pour ces mêmes raisons, les données des stations de Vahibé Gouloué de Météo France et de Dzoumogné de la DAF n'ont pas été utilisées.

Pluies mensuelles et annuelles

Afin de tester la validité et la cohérence des données, des corrélations et doubles cumuls ont été utilisés au pas de temps annuel pour les stations « longue durée » et mensuel pour l'ensemble des stations. Les résultats sont très souvent « moyens » voire « médiocres » et ne permettent donc pas, sans analyses et corrections complémentaires de compléter des séries incomplètes. Quelques corrélations sont toutefois acceptables et peuvent être utilisées afin de compléter *ponctuellement* des valeurs manquantes, par exemple, les corrélations des données mensuelles entre les stations de :

- Coconi et Combani (C=0.87) ou
- Coconi et Pamandzi (C=0.85).

L'utilisation de la méthode des doubles cumuls permet de constater certaines hétérogénéités qui peuvent, pour certaines, s'expliquer par l'analyse de l'historique des stations concernées. Par exemple on constate d'après l'Illustration 6 plusieurs cassures très nettes indiquant des modifications significatives systématiques à l'une de ces deux stations (Bandrelé et/ou Pamandzi) sur la période 1987-2007. A l'aide d'un autre double cumul (avec une troisième station) on pourra en déduire (et corriger ainsi les valeurs annuelles) que la pluviométrie annuelle a été fortement sous estimée à Bandrelé sur la période 1990-1993.

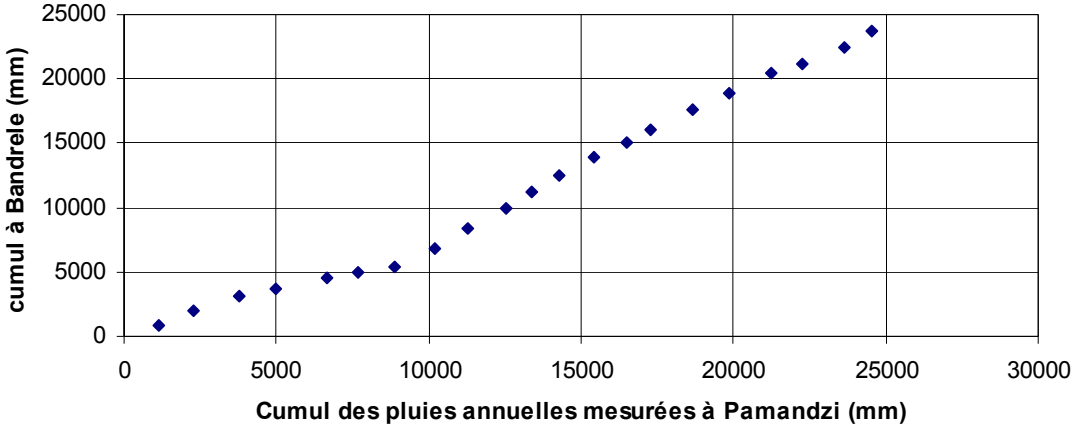


Illustration 6 : doubles cumuls des pluies annuelles à Bandrelé et Pamandzi sur la période 1987-2007

Cette méthode permet également de constater, entre autres, la faible pluviométrie observée :

- à Mzaouzia en 1998,
- à Tsingoni en 1982,
- à Sada en 1997 ou à Mtangamouji entre 1997 et 1999.

Le tableau figurant en annexe indique (en italique centré) les années « presque complètes », celles « fortement incomplètes » (décalée en italique) et les années « douteuses » (en gras).

Certaines lacunes et ou erreurs ont été constatées dans certains fichiers mais n'ont pas pu être corrigées. Pour cela, il aurait été nécessaire de retourner aux originaux de mesure. Par exemple : les pluviométries journalières des deuxièmes et troisièmes décades des mois de janvier et février 1960 sont identiques à la station de Coconi.

Si certaines lacunes peuvent être désignées comme des erreurs de mesure d'autres peuvent être suivant le cas des erreurs de saisie, de gestion ou la combinaison de plusieurs d'entre elles. Ainsi pour deux stations (Coconi et Dembeni), au moins, le nombre annuel de jours de pluie dépasse, durant quelques années, les 300 jours avec

beaucoup de valeurs journalières de 0,1 voire 0,2 mm (erreur systématique ou rosée matinale mesurée et/ou surestimée ?).

Nota Bene : Par suite de la quantité disponible des données et du but de l'étude, axée sur les crues, il n'a pas été jugé utile de procéder à un complètement des données mensuelles ou annuelles manquantes. Le complètement de données manquantes avec de telles lacunes peut être envisagé, mais avec prudence, au moyen de régressions multiples. Les résultats doivent toutefois donner lieu à de nombreux contrôles. Pour plus d'information on se réfèrera au ***Guide des pratiques climatologiques de l'OMM***. Par ailleurs, les valeurs ainsi complétées devront être clairement identifiées et ne pas être utilisées, sauf exception, pour la détermination de valeurs fréquentielles.

Pluies maximales journalières et pluies horaires

En observant et comparant les valeurs pluviométriques journalières et mensuelles des différentes stations, certaines valeurs ont paru erronées, anormales, ou douteuses. La validation a été faite au cas par cas. Par exemple :

- station de Dzoumogne, 03/01/1991 - **339 mm** (DAF), transformée en 33,9 mm;
- station de Coconi, 03/01/1983 – **215,6 mm** (DAF), transformée en 21,5 mm;
- station de Tsingoni, 30/03/1984 – **810,5 mm** (DAF), transformée en 8,1 mm;
- station de Tsingoni, 26/03/1981 – **267,9 mm** (DAF), valeur maintenue,
- station d'Ajangoua , 20/11/1989 – **302,1 mm** (METEO) ; transformée en 30,2 mm ;
- station de Pamandzi, 14/01/1964 – **337,2 mm** (METEO), transformée en 33,7 mm;

Le fichier des pluies horaires, fourni par Météo France, permet de constater de fortes lacunes d'observations entre 1997 et 1999. L'Illustration 7 récapitule, à la station de Pamandzi, le cumul pluviométrique des pluies horaires et le cumul des pluies journalières mesurées sur cette période.

Période	Cumul des pluies horaires	Cumul des pluies journalières
01/11/1997-31/12/1997	59,4	117,0
1998	444,6	892,2
1999	678,6	1 120

Illustration 7 : Comparaison du cumul des pluies horaires et du cumul des pluies journalières à Pamandzi sur la période 1997-1999.

Du 01/11/97 au 31/12/99 le montant inférieur s'explique notamment par l'absence de données horaires durant certains épisodes, notamment les 05/01/98 (60,2 mm), 16/02/98 (63 mm), 18/02/99 (41,4 mm) ainsi que le 04/03/99 (101,6 mm).

On peut également noter un certain nombre d'erreurs de saisie telles que :

- 114 mm au lieu de 11,4 le 07/05/1999 ;
- 50 mm au lieu de 5,0 le 27/05/1999 ;
- 40 mm au lieu de 4,0 le 28/05/1999, et des incompatibilités entre pluies horaires et pluies journalières les 11/05/1999 et 20/12/2000.

Enfin suite à l'extraction des pluies horaires il est apparu un certain nombre de contradictions entre les valeurs des annuaires DAF et des valeurs extraites des fichiers, par exemple à la station de Koualé pour les mois de mars et avril 2006 (208 mm de pluie le 22/03 pour 78 mm indiqué dans l'annuaire ….).

2.4. ESSAI DE SYNTHESE REGIONALE

2.4.1. Introduction sur la notion de synthèse régionale

Afin de définir au mieux les différentes valeurs fréquentielles, il a été procédé, malgré les courtes périodes d'observation disponible à la plupart des stations, à un essai de synthèse régionale pluviométrique car elle apparaît comme la meilleure méthode pour estimer des valeurs fiables de variables, variant dans l'espace et dans le temps, à partir de courtes séries d'observations.

Cette démarche nécessite toutefois de s'appuyer sur une théorie qui est, dans notre cas, la « théorie du Processus de Poisson ».

« Un processus de Poisson est un processus discret, simple et stationnaire vérifiant que la probabilité qu'un évènement A se réalise dans l'intervalle de temps dx, sous la condition qu'il ne se soit pas réalisé de 0 à x, est proportionnel à dx».

Mathématiquement, il s'ensuit, que si A suit un processus de Poisson :

- la variable aléatoire X des mesures x de A suit une loi exponentielle,
- le nombre k d'apparition de A dans un intervalle donné suit une loi de Poisson,
- les maximums annuels suivent une loi de Gumbel,
- les totaux annuels suivent une loi normale ou une loi des fuites, elle-même très voisine de la distribution racine Gauss (les racines carrées des valeurs suivent une loi normale)

Pour plus de détails, il conviendra de se reporter à la bibliographie. Cette théorie, qui ne prend toutefois pas en compte la problématique du changement climatique, conduit à n'utiliser, en hydrologie statistique, que des « lois à deux paramètres » ce qui autorise ainsi l'utilisation d'ajustement graphique et réduit les incertitudes à des valeurs inférieures à la valeur de la variable elle même.

La synthèse régionale consiste à trouver une ou plusieurs régions homogènes dans lesquelles les stations ont, au moins, une valeur commune sur le deuxième paramètre. Le deuxième paramètre est rattaché, dans la théorie, à un nombre de phénomènes indépendants. En pluviométrie, ce nombre reflète le nombre de perturbations météorologiques affectant la zone.

A l'intérieur de ces zones, des accidents locaux (altitude, vent, …) vont affecter la quantité de pluie effectivement tombée. Cette variabilité se traduit sur le premier paramètre (la moyenne). S'il existe des zones homogènes ce paramètre pourra également être régionalisé, dans le cas contraire on pourra, par exemple, chercher à le cartographier en iso-valeurs.

Pour cela, nous avons constitué, après critique, pour chaque station un fichier comportant par année d'observation :

- le montant pluviométrique annuel,

- la pluviométrie journalière maximale annuelle.

A partir de ces fichiers, il a été procédé, par station, aux calculs statistiques suivants :

- pour les totaux annuels (et racine des totaux annuels) : moyenne (m), écart type (s), coefficient de variation (C_v) ainsi que le paramètre dérivé $\boldsymbol{\lambda = 2/C_v^2}$. Celui-ci étant le nombre d'évènements indépendants intéressant le poste pluviométrique concerné.
- pour les maxima journaliers annuels : moyenne (m), écart type (s), coefficient de variation (C_v) ainsi que le paramètre dérivé $\boldsymbol{\nu = e^{-y_p}}$ Celui-ci étant le nombre d'évènements indépendants d'ou sont tirés les maxima annuels (avec $\boldsymbol{\nu < \lambda}$.)

La loi de Gauss ou Racine Gauss des totaux annuels pourra être définie à l'aide de deux paramètres que sont la moyenne et le coefficient $\boldsymbol{\lambda = 2/C_v^2}$.

La loi de Gumbel des maxima annuels pourra être définie à l'aide de deux paramètres que sont la moyenne et le pivot y_0 = - Log ν.

Pour chacun de ces paramètres, il a été calculé leur intervalle de confiance à 80%. L'Illustration 8 fournit les différentes formules permettant le calcul de ces valeurs. Il est à noter que plus la série disponible est courte plus l'intervalle de confiance à 80% est grand, il faut donc, vu les courtes séries disponibles sur la plupart des stations considérer que les incertitudes les éventuels résultats de cette synthèse régionale ne seront pas négligeables.

Au vu du nombre limité de stations, nous nous sommes principalement intéressés à une synthèse se limitant, au plus, à 2 régions.

La recherche d'une région homogène se ramène ainsi à trouver une valeur de paramètre appartenant à l'intervalle de confiance à 80% de ce paramètre pour toutes les stations de cette région. L'intervalle de confiance étant défini à 80%, cela signifie toutefois que :

- seules 10%, au plus, des stations de la région peuvent avoir leur intervalle de confiance à 80 % situé en totalité en dessous de cette valeur,
- seules 10%, au plus, des stations de la région peuvent avoir leur intervalle de confiance à 80 % situé en totalité au dessus de cette valeur.

La recherche de deux régions consiste à trouver deux valeurs, pour chaque paramètre, appartenant à l'intervalle de confiance à 80% de la valeur de ce paramètre pour toutes les stations de la région en ayant au maximum :

- 5 %, au plus, des stations ne satisfaisant pas à cette condition et pour lesquelles l'intervalle de confiance à 80 % se situe en totalité à des valeurs inférieures aux deux valeurs trouvées,
- 10 %, au plus, des stations ne satisfaisant pas à cette condition et pour lesquelles l'intervalle de confiance à 80 % se situe en totalité à des valeurs comprises entre les deux valeurs trouvées,

- 5 %, au plus, des stations ne satisfaisant pas à cette condition et dont l'intervalle de confiance à 80 % se situe en totalité à des valeurs supérieures aux deux valeurs trouvées.

	Loi racine de GAUSS Totaux annuels	Loi de GUMBEL Max. jour. annuel	Loi de GAUSS racine totaux annuels
Moyenne m	$\frac{\Sigma xi}{N}$		
Ecart type σ	$2\sigma_v \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{CV_v^2}}$	$\sqrt{\frac{\Sigma (xi - m)^2}{N - 1}} = \sigma_v$	
Coefficient de variation CV	$\frac{\sigma}{m}$		
Intervalle 80 % m	$1.28 \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$		
Intervalle 80 % σ	$1.28 \sqrt{\frac{\sigma^2 (1 + CV^2)}{2N}}$	$1.28 \sqrt{\frac{1.1}{N} \sigma^2}$	$1.28 \frac{\sigma}{\sqrt{2N}}$
Intervalle 80 % CV	$1.28 \sqrt{\frac{CV^2 (1 - 0.5 CV^2)}{2N}}$	$1.28\ CV \sqrt{\frac{1.1 - 1.395\ CV + CV^2}{N}}$ $= 1.28/\sqrt{N} \sqrt{1 - \frac{1.395}{CV} + \frac{1.1}{CV^2}}$	$1.28 \sqrt{\frac{CV^2 (1 + 2 CV^2)}{2N}}$
Intervalle 80 % 2/CV²	$1.28 \times 2 \times \frac{\sqrt{2}}{CV^2} \sqrt{\frac{(1 - CV^2)}{N}}$	-	
Gradex α	$\frac{\sigma}{1.28255}$		
Pivot droite GUMBEL YO	$-(m - 0.45\ \sigma)/\alpha$		
Intervalle 80 % α	$\frac{INT\ 80\ \% \sigma}{1.28255}$		
Intervalle 80 % YO	$\left(\frac{1.28}{\sqrt{N}}\right)^2 \sqrt{1 - \frac{1.14}{CV} + \frac{1.1}{CV^2}}$		

Illustration 8 : Formules de calculs des différents paramètres avec leur intervalle de confiance en vue de la synthèse régionale

2.4.2. Résultats de la synthèse régionale

L'Illustration 9 indique les résultats de ces calculs statistiques.

L'analyse de ces résultats montre :

- qu'il n'est pas possible de trouver une valeur commune satisfaisant à une synthèse régionale sur les deux paramètres concernant la pluviométrie annuelle,

			totaux annuels								max. journalier annuel									
n°	Station	Altitude	Moyenne	Ic 80%	Ecart type	Ic 80%	Coeff. Variation	Ic 80%	K	Ic 80%	Moyenne	Ic 80%	Ecart type	Ic 80%	Coeff. Variation	Ic 80%	A	Ic 80%	Y0	Ic 80%
1	AJANGOUA	30	1343	63	257	46	0.19	0.03	54	19	109	15.3	62	16.0	0.57	0.12	48	12.5	-1.68	0.49
2	BANDRAZIA NORD	140	1558	126	325	91	0.21	0.06	46	25	107	11.1	31	11.6	0.29	0.13	24	9.1	-3.82	1.44
3	BANDRAZIA SUD	40	1262	130	338	95	0.27	0.07	28	15	119	19.5	57	20.5	0.48	0.15	45	16.0	-2.09	0.81
4	BANDRELE	20	1258	69	230	50	0.18	0.04	60	25	84	11.5	39	12.0	0.46	0.12	30	9.4	-2.16	0.72
5	COCONI	90	1641	52	301	38	0.18	0.02	59	15	118	8.2	49	8.6	0.41	0.06	38	6.8	-2.53	0.47
6	CONVALESCENCE	330	1472	134	362	97	0.25	0.06	33	17	158	23.9	70	25.1	0.44	0.17	54	19.6	-2.33	0.88
7	DEMBENI	20	1523	76	213	54	0.14	0.04	102	51	115	12.1	35	9.3	0.23	0.08	20	7.3	-3.59	1.84
8	DZOUMOGNE	20	1753	77	403	56	0.23	0.03	38	10	126	8.8	48	9.2	0.38	0.06	37	7.2	-2.83	0.57
9	GOULOUE	155	1358	123	333	90	0.25	0.06	33	17	112	13.0	38	13.6	0.34	0.14	30	10.6	-2.16	1.18
10	KWALE	45	1439	217	562	165	0.39	0.10	13	7	113	15.3	45	16.0	0.40	0.15	35	12.5	-2.66	0.99
11	LIMA DIGO	148	1649	109	295	78	0.18	0.05	62	32	142	19.6	55	20.5	0.39	0.11	39	16.0	-2.73	1.06
12	LONGONI	40	1323	120	364	88	0.28	0.06	26	12	111	12.0	38	12.6	0.34	0.11	29	11.5	-3.21	1.10
13	MAMOUDZOU	60	1302	99	301	72	0.23	0.05	37	17	121	12.3	38	12.9	0.32	0.09	30	10.1	-3.46	1.18
14	MTSAMBORO	25	1449	93	252	67	0.17	0.05	66	34	122	14.5	45	15.2	0.37	0.11	35	11.9	-2.88	1.00
15	MZAOUZIA	20	1152	134	314	98	0.27	0.08	27	16	101	14.5	41	15.2	0.40	0.13	32	11.8	-2.60	1.01
16	ONGOJOU	200	1445	101	272	72	0.19	0.05	56	29	127	16.8	47	17.6	0.37	0.14	37	13.7	-2.88	1.11
17	PAMANDZI	7	1228	34	207	25	0.17	0.02	71	17	111	7.1	43	7.4	0.39	0.06	33	5.8	-2.75	0.42
18	TSINGONI	122	1715	64	333	46	0.19	0.03	53	14	116	8.2	42	8.4	0.37	0.06	33	6.7	-2.93	0.60

Illustration 9 : Valeurs des différents paramètres calculés pour la synthèse régionale

$K=\lambda = 2/C_v^2$.

A=gradex α, pente de la droite de Gumbel

Y0 =pivot y_0, valeur de y pour laquelle la droite de Gumbel coupe l'axe Z=0

Ic 80% : Intervalle de confiance à 80% du paramètre,

- qu'il est, par contre, possible de trouver une décomposition en deux zones pour les pluies maximales journalières..

Synthèse régionale sur la pluviométrie annuelle

Au vu des données actuelles, il ne paraît pas possible de regrouper en une région ou même de découper en deux régions cohérentes la pluviométrie annuelle actuelle. En effet, même si l'on peut trouver une décomposition en deux sous régions pour le deuxième paramètre ($\lambda = 2/C_v^2$), il n'est pas possible de le réaliser sur le premier paramètre c'est-à-dire la moyenne.

La décomposition sur le deuxième paramètre permet toutefois de distinguer des stations où la pluviométrie annuelle repose sur :

- de nombreux évènements (λ #50), avec notamment les stations de Ajangoua, Tsingoni, Bandrazia Sud, Lima Digo, Ongojou, Mtsamboro et Bandrele,
- moins d'évènements (λ <30), notamment les stations de Bandrazia Nord, Convalescence, Gouloué, Longoni, et Mzaouzia.
- Des valeurs intermédaires aux stations de Dzoumogne et Coconi.

Il est a noter que les stations ne satisfaisant pas à cette décomposition sont :

- Pamandzi dont la valeur est bien supérieure (λ #70),
- Kwalé (avec λ #13) qui se situe à une valeur très inférieure qui s'explique probablement en partie par les nombreuses lacunes d'observations.

Synthèse régionale sur les maxima journaliers annuels

Deuxième paramètre (pivot $y_0 = -\text{Log } \nu$): En observant les valeurs centrales et leurs intervalles de confiance à 80% calculées pour Y_0 on trouve que toute valeur comprise entre -2.38 et -2.87 permet de satisfaire à la synthèse régionale c'est à dire que celle-ci appartient à l'intervalle de confiance à 80% de Y_0 à toutes les stations (sauf pour moins de 10% des stations de part et d'autre de cette valeur).

Sur la base de 18 stations, 10% représente globalement une station de part et d'autre. Seule la station N° 4, soit Ajangoua, fournit un intervalle n'encadrant pas cette valeur. On retiendra donc que la valeur de Y_0 peut être considérée comme commune à l'ensemble des stations observées et que sa valeur est voisine de -2.6. Celle ci indique que le nombre moyen annuel de perturbations significatives est compris entre 11 et 17.

Premier paramètre : la moyenne : En observant les valeurs centrales et leurs intervalles de confiance à 80% calculées pour la moyenne des pluies maximales

journalières annuelles on constate que l'on peut décomposer les stations en deux groupes. Celui dont la moyenne est voisine de 130 (valeur comprise entre 123 et 135) et celui dont la moyenne est voisine de 110 mm (valeur comprise entre 104 et 110). Avec ces deux valeurs, seule la station de Bandrélé ne satisfait pas aux critères de régionalisation. A l'aide de ces valeurs on peut décomposer les stations en deux régions. Suite aux fortes incertitudes sur les paramètres (intervalles de confiance importants) plusieurs décompositions sont envisageables, dont celle ci :

- La région 1, ayant une moyenne des maxima journaliers annuels comprise entre 103 et 110 mm, inclut les stations : Ajangoua, Coconi, Dembeni, Gouloué, Kwalé, Longoni, Mamoudzou, Mzaouzia, Pamandzi, Tsingoni, et par défaut Bandrelé.
- La région 2, ayant une moyenne des maxima journaliers annuels comprise entre 123 et 135 mm, comprend les stations de Convalescence, Dzoumogne, Lima Digo (ou Combani) et Ongojou.
- Les autres stations : Bandrazia Sud et Mtsamboro, sont intermédiaires entre les deux régions et satisfont aux deux groupes. Elles seront donc à rattacher préférentiellement à la région 2.

La région 2 semble comporter principalement les stations situés au Nord et plutôt en altitude. Il est toutefois à noter qu'il n'y a pas de station d'altitude supérieure à 20 m dans la partie sud de l'Ile. Aussi, nous poposons de considérer un découpage en deux zones :

- la zone 1, le littoral et les zones de l'intérieur ayant des altitudes inférieures à 150 m,

- la zone 2, la région située au Nord de Mamoudzou et les zones d'altitude supérieure à 150 m (Vahibé, Ongoujou, …).

A l'aide des deux paramètres régionalisés, il est possible d'estimer les valeurs fréquentielles des pluies maximales journalières annuelles de période de retour T en utilisant la relation (issue de la définition de la loi de Gumbel) :

$$P(T) = m\ (1-y_t/y_0)/(1-C/y_0)$$

Avec :

Y_0 compris entre -2.38 et -2.87,

m : moyenne de la région prise égale à la valeur maximale,

C : Constante d'Euler : 0.5772,

L'Illustration 10 ci-dessous résume ainsi les valeurs minimales (valeur minimale pour la moyenne et pour Y_0) et maximales (valeur maximale pour la moyenne et pour Y_0) obtenues.

Période de retour T (année)	Moyenne	2	10	20	50	100
Y_t		0.3665	2.25	2.97	3.902	4.6
Région 1 :	110	102	172	199	234	260
Région 2 :	135	125	211	244	287	319

Illustration 10 : Valeurs régionalisées des pluies maximales journalières

Il faut noter que le nombre limité de stations, la période d'observations relativement courte pour de nombreuses stations et le manque de station d'altitude incite à être prudent vis-à-vis de la valeur maximale envisageable et d'une décomposition en uniquement deux régions.

2.5. PLUIES ANNUELLES, MENSUELLES ET NOMBRE DE JOURS DE PLUIE

2.5.1. Ajustements des pluies annuelles

Stations « longue durée »

Afin d'évaluer la variabilité des précipitations, nous avons procédé à des ajustements des pluies annuelles pour les stations ayant les plus longues périodes d'observations. Ces ajustements ont été réalisés avec le maximum possible de données mais sans avoir réalisé le complètement de données manquantes (voir ci-dessus, § b). Les valeurs annuelles utilisées sont celles figurant dans le tableau de l'annexe 2.Les ajustements réalisés, suivant une loi de Gauss, sont reportés sur l'Illustration 11.

Si les ajustements réalisés aux stations de Coconi, Pamandzi et à un degré moindre Ajangoua et Mamoudzou semblent satisfaisants, ceux des stations de Dzoumogne et Tsingoni paraissent diverger pour les périodes humides élevées. Cela peut être dû, en partie ou en totalité, à :

- des erreurs de mesures et/ou de saisies ;
- un échantillon non représentatif de la population mère (pas assez d'années de données),
- la forte influence des cyclones sur la pluviométrie totale annuelle.

Nous pouvons néanmoins en déduire, au droit de ces différentes stations, une estimation fréquentielle des pluies annuelles (Illustration 12). Sur l'Illustration 11 figurent également les ajustements réalisés à ces stations sur la période 1996-2007. La comparaison de ces ajustements avec les ajustements réalisés pour chaque station sur la totalité de leur période d'observation permet de caractériser par station la période 1996-2007 ; on constate ainsi que globalement cette période peut être considérée comme sèche. Seules les pluviométries observées à Ajangoua et Mamoudzou sont sensiblement similaires sur les deux périodes.

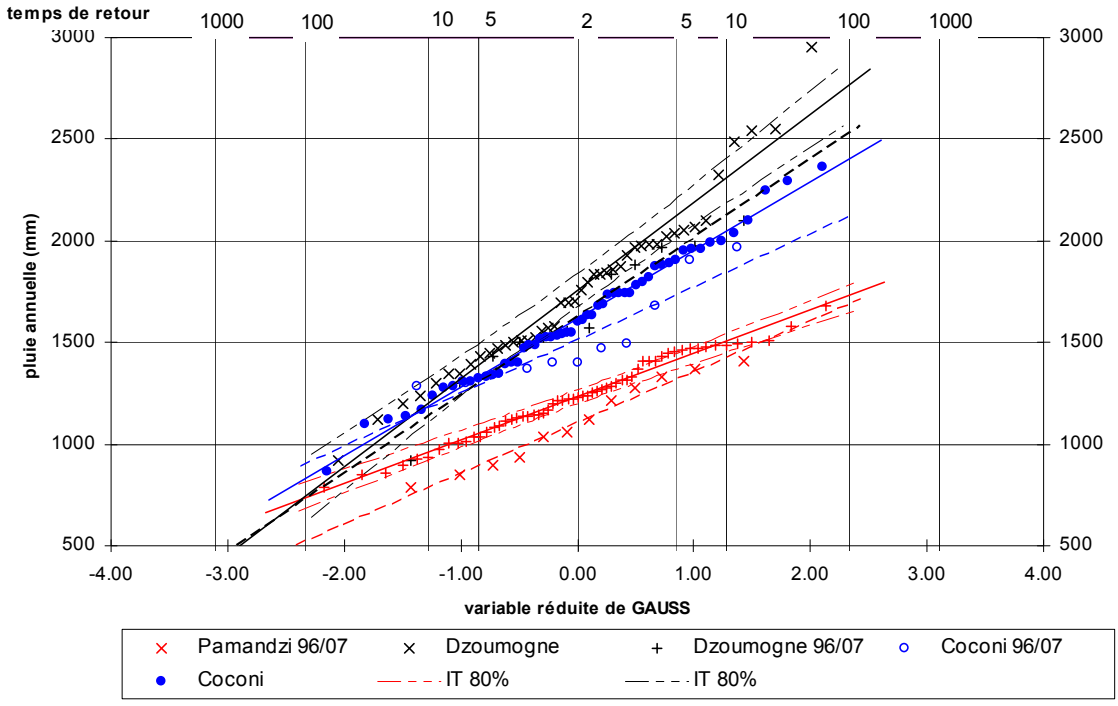
Ces remarques incitent à penser que la pluviométrie 1996-2007 est :

- voisine de la pluviométrie de la période 1981-2007,
- inférieure à la pluviométrie de la période 1961-1980.

L'Illustration 11 permet également de constater que:

- que les valeurs fréquentielles de la pluviométrie annuelles sont très voisines à Ajangoua et à Mamoudzou,
- l'ajustement de Tsingoni est parallèle à ceux de Ajangoua et Mamoudzou ce qui traduit une pluviométrie supérieure d'environ 400 mm,

.



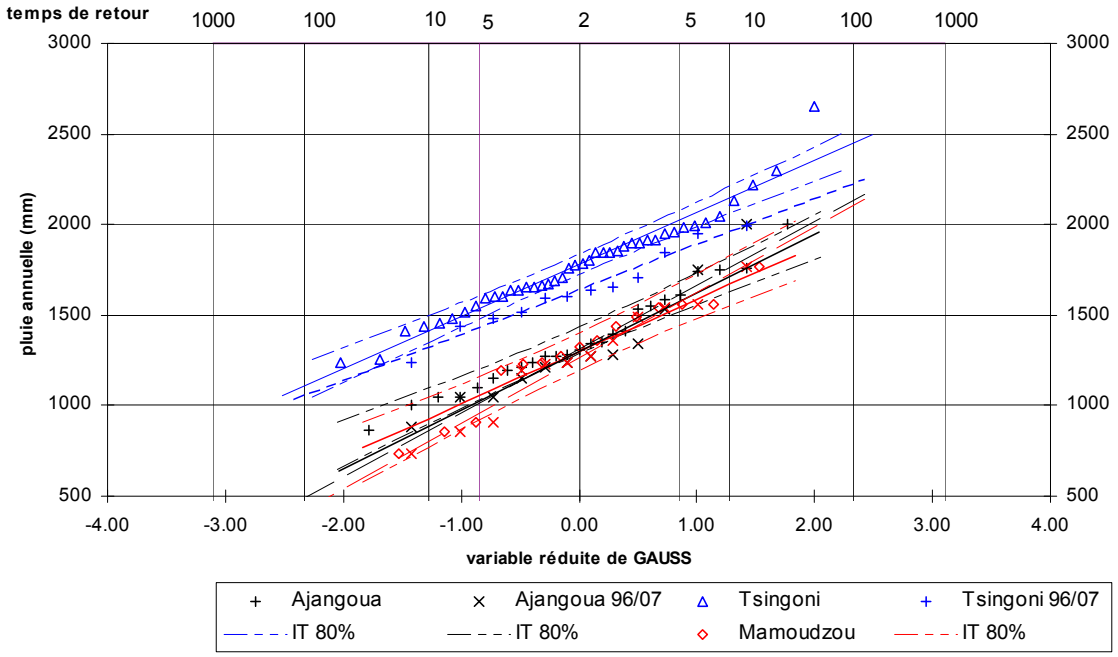


Illustration 11 : Ajustements et intervalles de confiance des totaux pluviométriques annuels aux stations « longue durée » suivant une loi de Gauss

- des pentes d'ajustement plus fortes à Coconi et surtout Dzoumogne, qui traduisent une plus grande variabilité

			PERIODE HUMIDE						PERIODE SECHE				
STATION	PERIODE D'AJUSTEMENT	VALEUR	100	50	20	10	5	2	5	10	20	50	100
PAMANDZI	1949-2007 (59 années)	*mini (int 80%)*	*1648*	*1597*	*1520*	*1451*	*1367*	*1198*	*1018*	*921*	*839*	*747*	*685*
		moyenne	**1708**	**1652**	**1568**	**1494**	**1404**	**1233**	**1061**	**971**	**897**	**813**	**758**
		maxi (int 80%)	*1781*	*1719*	*1626*	*1545*	*1447*	*1267*	*1099*	*1014*	*945*	*868*	*818*
COCONI	1951-2007 (55 années)	*mini (int 80%)*	*2267*	*2187*	*2067*	*1959*	*1826*	*1560*	*1277*	*1123*	*994*	*848*	*750*
		moyenne	**2364**	**2277**	**2145**	**2029**	**1887**	**1617**	**1347**	**1205**	**1088**	**957**	**869**
		maxi (int 80%)	*2484*	*2386*	*2240*	*2111*	*1957*	*1673*	*1408*	*1275*	*1167*	*1046*	*967*
COMBANI TSINGONI	1961-2007 (42 années)	*mini (int 80%)*	*2320*	*2254*	*2152*	*2061*	*1949*	*1724*	*1480*	*1348*	*1236*	*1110*	*1025*
		moyenne	**2414**	**2339**	**2228**	**2129**	**2008**	**1779**	**1549**	**1429**	**1330**	**1218**	**1144**
		maxi (int 80%)	*2532*	*2448*	*2321*	*2210*	*2077*	*1834*	*1609*	*1496*	*1405*	*1304*	*1237*
DZOUMOGNE	1961-2007 (44 années)	*mini (int 80%)*	*2580*	*2478*	*2325*	*2187*	*2016*	*1675*	*1307*	*1107*	*939*	*748*	*620*
		moyenne	**2718**	**2606**	**2437**	**2286**	**2104**	**1757**	**1409**	**1227**	**1077**	**907**	**795**
		maxi (int 80%)	*2893*	*2765*	*2574*	*2406*	*2206*	*1838*	*1497*	*1327*	*1188*	*1035*	*933*
AJANGOUA	1981-2006 (25 années)	*mini (int 80%)*		*1815*	*1716*	*1626*	*1515*	*1288*	*1038*	*899*	*783*	*650*	
		moyenne		**1924**	**1812**	**1713**	**1592**	**1361**	**1130**	**1009**	**909**	**797**	
		maxi (int 80%)		*2072*	*1939*	*1823*	*1684*	*1434*	*1207*	*1095*	*1006*	*906*	
MAMOUDZOU	1993-2007 (15 années)	*mini (int 80%)*		*1747*	*1646*	*1553*	*1438*	*1198*	*925*	*772*	*642*	*495*	
		moyenne		**1891**	**1773**	**1668**	**1541**	**1299**	**1056**	**929**	**825**	**707**	
		maxi (int 80%)		*2103*	*1955*	*1826*	*1673*	*1400*	*1160*	*1044*	*952*	*851*	

Illustration 12 : Estimations des valeurs fréquentielles des totaux pluviométriques annuels aux stations « longue durée ».

Période 1996-2007

Les Illustration 13 et Illustration 14 permettent de visualiser les ajustements suivants une loi de Gauss des pluies annuelles aux différentes stations sur la période 1996/2007.

L'analyse de ces graphiques permet de constater que:

- les ajustements et valeurs ponctuelles des pluies des stations de Longoni et Bandrazia Sud sont toutes incluses dans l'intervalle de confiance à 80% de l'ajustement réalisé sur 1996/2007 à la station de Mamoudzou, (cf. haut Illustration 13).
- les ajustements et valeurs ponctuelles de la pluie de la station de Dzoumogne sont toutes incluses dans l'intervalle de confiance à 80% de l'ajustement réalisé sur 1996/2007 à la station de Bandrazia nord. Ces ajustements et ces valeurs sont supérieures à ceux de la station de Convalescence. L'ajustement de la Kwalé possède une pente supérieure qui traduit une plus grande variabilité. (cf. bas Illustration 13).

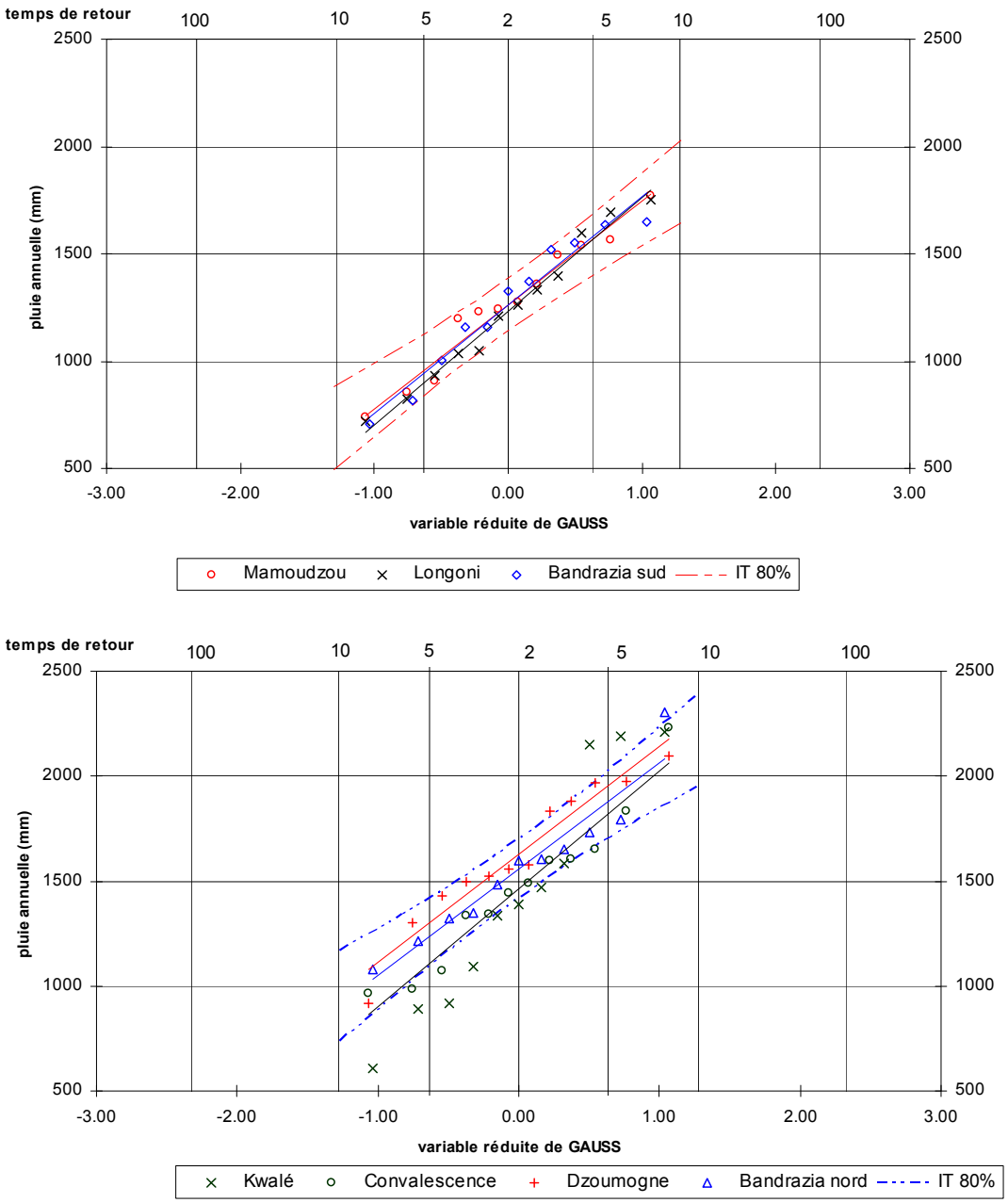
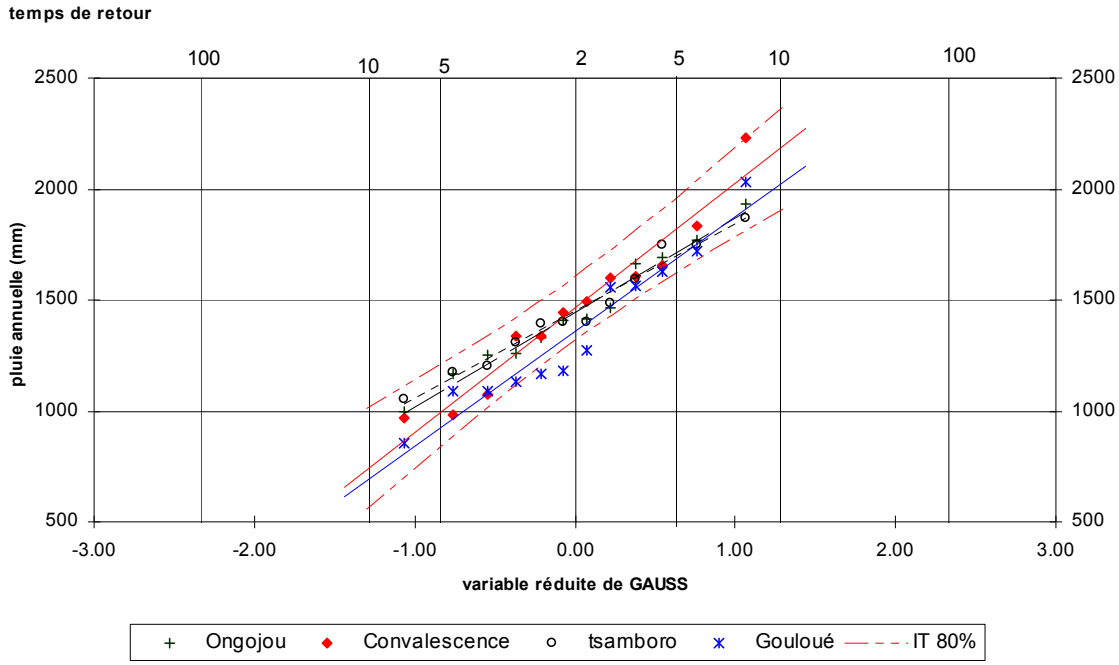


Illustration 13 : Ajustements des pluies annuelles suivant une loi de Gauss aux différentes stations sur la période 1996/2007



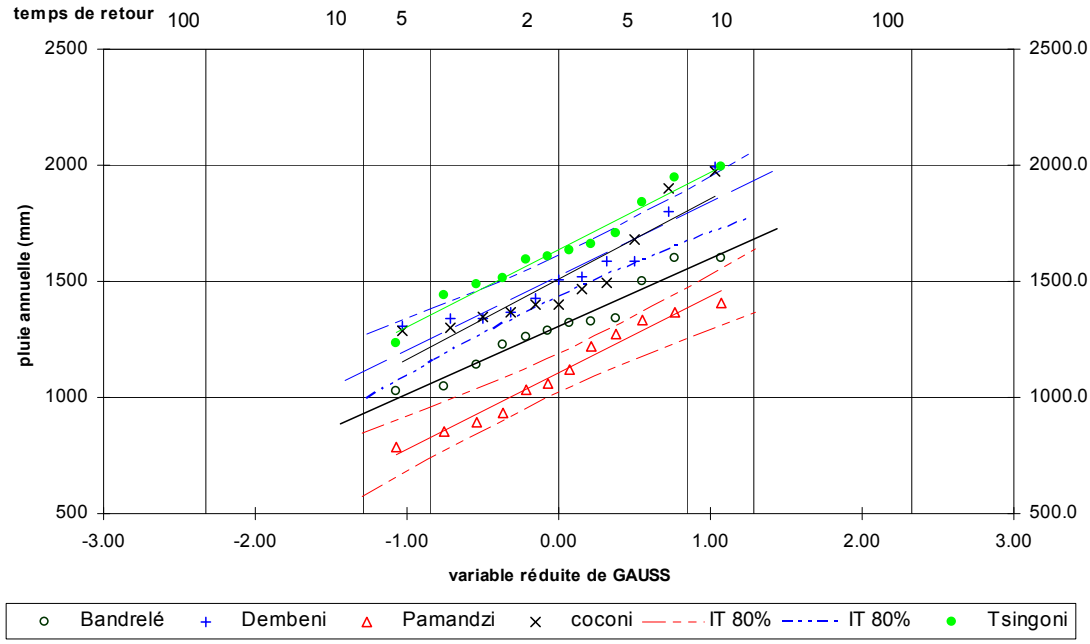


Illustration 14 : Ajustements des pluies annuelles suivant une loi de Gauss aux différentes stations sur la période 1996/2007 (suite).

-

- les ajustements et valeurs ponctuelles des pluies des stations d'Ongojou et de Tsamboro sont toutes incluses dans l'intervalle de confiance à 80% de l'ajustement réalisé sur 1996/2007 à la station de Convalescence. Pour la Gouloué, si l'ajustement est inclus, on constate que quelques points se situent hors intervalle (cf. haut Illustration 14),
- Les ajustements des stations de Pamandzi, Bandrélé, Dembeni et Tsingoni semblent parallèles avec une pente inférieure aux stations précédentes. L'ajustement de Coconi est très voisin de celui de Dembeni et est inclus dans son intervalle de confiance. (cf. bas Illustration 14).

Même si l'on constate par endroit (cf. Illustration 15) que la pluviométrie augmente avec l'altitude, il n'y a pas assez de stations ni assez de stations « longue durée » situées à des altitudes différentes pour évaluer et/ou définir, en l'état actuel des données, une relation de la variation de la pluviométrie annuelle avec l'altitude.

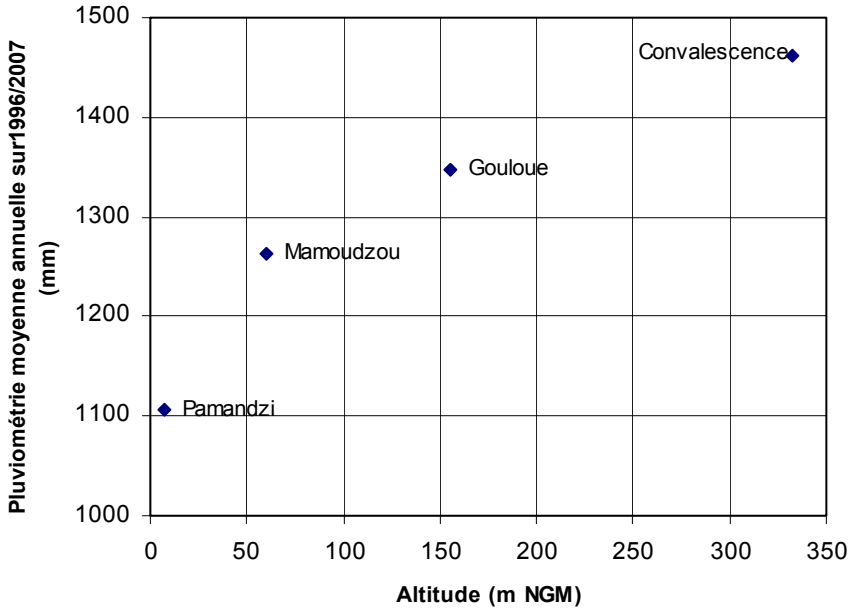


Illustration 15 : Illustration de la variation de pluviométrie avec l'altitude

2.5.2. Répartition mensuelle

L'Illustration 16 indique la répartition et la variabilité mensuelle de la pluviométrie observée aux cinq stations « longue durée ».

STATION	Mois	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
	Min.	26	55	32	5	0	0	0	0	0	4	7	35	786
Pamandzi	Moy.	271	238	197	103	40	16	14	12	22	51	86	176	1228
	Max.	672	751	473	311	323	98	80	62	77	270	293	543	1681
	Min.	79	102	68	31	0	0	0	0	3	10	11	46	*983*
Coconi	Moy.	336	298	261	138	45	27	21	19	42	98	121	238	1623
	Max.	778	677	539	440	257	88	114	54	141	282	420	492	2362
	Min.	60	110	54	18	1	3	0	0	0	27	16	21	920
Dzoumogne	Moy.	372	283	278	161	56	29	24	26	55	110	128	236	1732
	Max.	1081	733	709	649	238	92	97	85	213	253	372	854	*3129*
	Min.	84	54	65	36	0	0	0	0	0	0	18	37	*1112*
Tsingoni	Moy.	342	275	317	170	49	30	23	25	46	106	140	250	1768
	Max.	605	844	1300	433	178	109	95	78	144	261	415	574	2718
	Min.	87	58	46	8	11	0	0	0	0	3	8	27	***395***
Bandrele	Moy.	254	205	183	94	38	23	17	12	20	53	78	160	*1115*
	Max.	518	487	346	216	89	97	60	44	56	127	264	342	1600

Illustration 16 : Valeurs pluviométriques mensuelles moyennes et extrêmes observées aux cinq stations « longue durée ».

Les valeurs indiquées en italique correspondent à des années incomplètes, ou pour les valeurs annuelles de la station de Bandrele à des valeurs considérées comme douteuses.

Celui-ci montre clairement :

- l'existence de deux saisons bien marquées : la saison sèche (juin à septembre) et la saison humide (décembre à mars) ;
- la grande variabilité, pour un mois donné, d'une année à l'autre (notamment décembre et janvier) ;
- des variations et tendances identiques aux cinq stations.

2.5.3. Nombre de jours de pluies

L'analyse du nombre de jours de pluie sur la période 1996-2007 à différentes stations (Illustration 17) fait apparaître un nombre moyen annuel de jours de pluie voisin de 130 (sauf aux stations de Coconi et Dembeni : cf. § 2.3.4). On constate, en moyenne, 40 jours de pluie ayant un montant supérieur à 10 mm et cinq dont le montant dépasse 50 mm.

Station	NJP	NJP 5 mm	NJP 10 mm	NJP 50 mm	NJP 100 mm
Bandrazia Nord	133	65.3	44.2	5.7	0.7
Bandrazia Sud	157	56.8	37.8	4.1	0.5
Combani	148	67.2	44.5	6.3	1.1
Convalescence	124	59.4	39.8	5.7	1.2
Dzoumogne	138	64.9	42.3	6.1	0.6
Gouloué	130	57.0	38.6	5.3	0.5
Kwalé	117	54.9	39.0	5.6	0.8
Longoni	118	52.8	34.3	4.9	0.9
Mamoudzou	138	61.8	41.2	5.5	0.7
Ongojou	123	61.1	41.7	5.7	1.1
Pamandzi	163	59.2	38.9	4.3	0.7
1949-2007	*120*	*51.1*	*34.2*	*4.1*	*0.2*
Tsamboro	140	61.3	40.4	5.5	0.2
Tsingoni	115	67.3	48.0	6.1	0.8
Coconi	***204***	61.8	40.4	4.9	0.1
MOYENNE	*133*	*60*	*40*	*5.3*	*0.7*

Illustration 17 : Nombre de jours de pluie observé à différentes stations sur la période 1996-2007.

2.6. PLUIES JOURNALIÈRES

2.6.1. Comparaison des ajustements des valeurs maximales annuelles et des ajustements des valeurs supérieures à un seuil.

L Illustration 18 montre la difficulté de réaliser un ajustement de Gumbel lorsqu''il y a possibilité de mélange de deux lois de Gumbel (cf. § 2.1.1).

Sur cette Illustration 18, on constate que les ajustements réalisés à partir des valeurs maximales annuelles sur les périodes 1999/2007 et 1995 /2007 sont sensiblement différents de celui réalisé sur la période 1949-2007. Cela provient du nombre limité de valeurs qui ne sont (dans ce cas là) suffisamment nombreuses, notamment en fortes valeurs, pour que l'échantillon ainsi formé soit représentatif de la population mère. Les valeurs fréquentielles déduites de ces deux ajustements seraient entachées de fortes erreurs pour les fréquences rares.

Pour améliorer cet ajustement en ayant un échantillon un peu plus étoffé, il est possible de sélectionner non plus une valeur par an mais toutes les valeurs supérieures à un seuil. L'ajustement suivant une loi de Gumbel peut être réalisé alors de la même manière en corrigeant la fréquence affectée à chaque point par un décalage directement lié aux nombres d'années et au nombre total de points utilisés.

Le bas de cette illustration permet de comparer le tracé en utilisant cette méthode. On constate ainsi que de sélectionner les valeurs supérieures à un seuil améliore l'ajustement de la période 1999/2007 mais qu'il le dégrade sur la période 1949/2007. En effet si le seuil est choisi trop bas, l'échantillon va être constitué de pluies qui ne seront pas des pluies susceptibles de créer des crues significatives mais des crues ordinaires voire « avortées ». Ces pluies constituent déjà la première partie (partie basse) de « *l'ajustement cassé de Gumbel* ». Leurs utilisations pour réaliser l'ajustement va avoir tendance à sous estimer les valeurs pour les fréquences rares.

Ainsi qu'indiqué dans le paragraphe 2.1.1. nous privilégierons, lorsque les données sont suffisamment nombreuses (>20 ans), les ajustements réalisés à partir des maxima annuels plutôt que les données réalisées à partir d'échantillons tronqués (valeurs supérieures à un seuil). Dans le cas contraire nous limiterons les points utilisés aux valeurs supérieures à *la cassure (cf.* droite en noir : valeur PJ>90 mm*).*

Cette méthode n'est toutefois mise en œuvre que par suite des très courtes séries disponibles au droit de la plupart des stations et que l'étude n'a pas pour vocation de définir les valeurs pluviométriques de fréquences très exceptionnelles (>>100 ans).

2.6.2. Stations « longue durée »

Nous avons procédé à l'ajustement des pluies maximales annuelles suivant une loi de Gumbel pour les stations ayant au moins vingt années de données pour les durées journalières et en deux et quatre jours.

Les valeurs utilisées sont jointes en annexe 2.

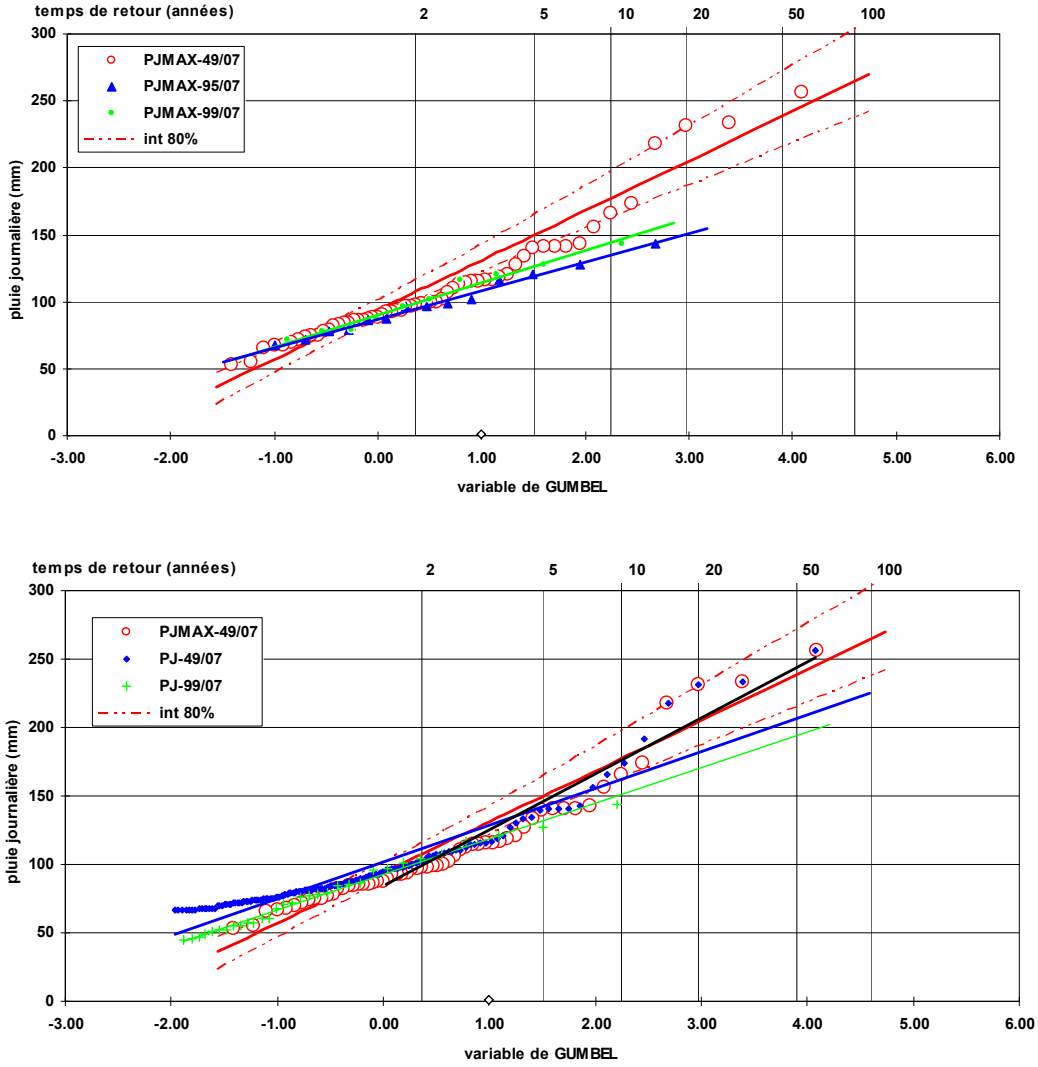


Illustration 18 : Comparaison des ajustements des valeurs maximales annuelles et des ajustements des valeurs supérieures à un seuil

Les Illustration 19 à 21 présentent pour :

- un exemple des ajustements en faisceau pour deux stations « longue durée » (Coconi, Dzoumogne)
- les valeurs fréquentielles des pluies journalières et en 2 et 4 jours obtenues par faisceau

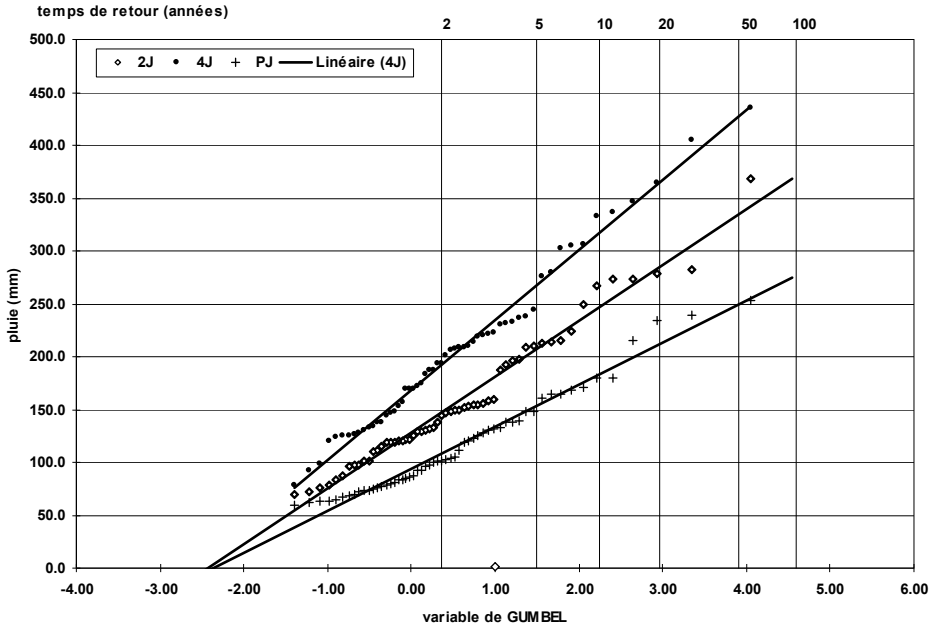


Illustration 19 :Ajustements en faisceau des pluies jounalières en 2 et 4 jours à la station de Coconi sur la période 1951/2007

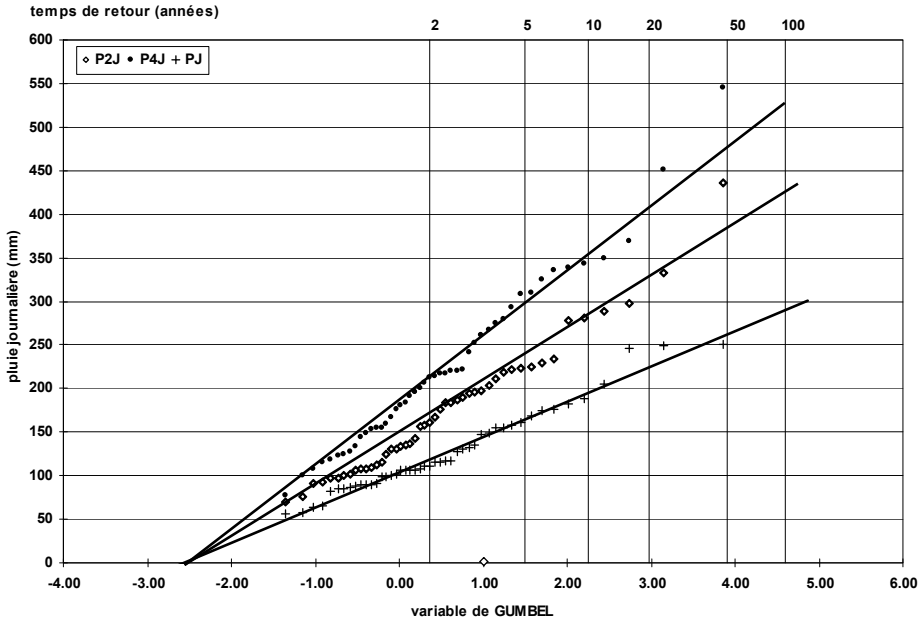


Illustration 20 : Ajustements en faisceau des pluies jounalières en 2 et 4 jours à la station de Dzoumogne sur la période 1961/2007

STATION	PERIODE D'AJUSTEMENT	Durée	2	5	10	20	50	100	IT 80% 100 (-+)
PAMANDZI	1949-2008 (60 années)	1 J	100	145	170	200	235	260	30
		2 J	140	190	225	260	300	330	40
		4 J	170	240	285	325	385	425	50
COCONI	1951-2008 (57 années)	1 J	110	155	185	210	250	280	35
		2 J	150	210	250	290	340	375	45
		4 J	195	270	320	370	430	475	60
COMBANI TSINGONI	1961-2007 (47 années)	1 J	107	150	180	205	240	265	35
		2 J	140	195	230	265	310	340	45
		4 J	185	250	295	335	390	430	55
DZOUMOGNE	1961-2007 (47 années)	1 J	120	165	200	230	265	295	40
		2 J	160	235	285	330	395	440	60
		4 J	210	305	365	425	500	550	80
AJANGOUA	1981-2007 (27 années)	1 J	100	160	200	235	280	320	65
		2 J	130	200	245	285	340	385	75
		4 J	165	240	290	335	395	440	80
BANDRELE	1986-2007 (19 années)	1 J	85	115	135	150	175		
		2 J	106	139	161	182	210		
		4 J	130	171	197	223	256		

Illustration 21 : Valeurs fréquentielles des pluies journalières des pluies en 2 et 4 jours aux stations « longue durée »

Ces valeurs sont à rapprocher des valeurs obtenues par synthèse régionale.

Si les résultats des stations de Pamandzi, Tsingoni, Bandrele confirment bien leur appartenance à la région 1, les stations de Coconi et surtout Ajangoua correspondraient plutôt à la région 2.

Pour Coconi, il s'avère que la valeur obtenue en journalier se situe en limite de la région 1 (270 mm) et peut donc être confirmée en région 1.

Donc seule la valeur centennale de la station d'Ajangoua, qui a par ailleurs la période d'observation la plus courte, diffère sensiblement de la valeur centennale de la zone 1. Il faut signaler que la forte valeur obtenue en centennale à cette station est directement liée à la valeur maximale journalière obtenue en 1981, soit 350 mm (valeur mesurée ou reconstituée ?).

2.6.3. Période 1995-2008

A titre de vérifications, nous avons procédé à l'ajustement des pluies maximales annuelles suivant une loi de Gumbel pour toutes les stations sur la période 1995-2008.

Suite aux valeurs observées durant Fame, il a été rendu nécessaire de recalculer les pluies journalières de la DAF avec le découpage 7h -7h afin de pouvoir les comparer avec les pluies journalières Météo France.

Le tableau de toutes les valeurs fréquentielles et leur intervalle de confiance à 80% figure en annexe. Ainsi que signalé au § 2.3.3, le cumul pluviométrique journalier réalisé de 0h à 0h ou de 7h à 7h ne fournit pas les mêmes résultats suite aux précipitations exceptionnelles de janvier 2008 qui se sont déroulées en grande partie entre 0 et 7h et qui ont eu, vu les courts échantillons disponibles, pour conséquence de changer complètement les ajustements. Aussi pour permettre une comparaison de la pluviométrie inter postes, les cumuls de pluie journalière ont été recalculées pour les principales stations de la DAF et ce sont elles (hormis aux stations de Lima Digo et Bandrazia sud figurant à part dans le tableau annexé) qui ont été utilisées pour ajustement.

D'après les valeurs centennales obtenues sur la période 1995-2008, on trouve la décomposition suivante :

- Dzoumogne et Tsingoni ont une valeur centennale centrale voisine de 300 mm ;Ongojou et Mtsamboro étant un peu en deca au voisinage de 275 mm,
- Ajangoua, Coconi, Gouloué, Kwalé, Longoni, Mamoudzou, Mtsamboro, Mzouzia ont une valeur centennale centrale comprise entre 220 et 255 mm,
- Pamandzi et Dembeni ont une valeur centennale centrale inférieure à 200 mm,
- Convalescence à une valeur centennale centrale à près de 380 mm.

Ce découpage confirme globalement le découpage obtenu par synthèse régionale qui, elle, intègre les ajustements longue durée et repose principalement sur les intervalles de confiance.

On retrouve bien ainsi les deux régions avec les stations détaillées lors de la synthèse régionale.

Les seuls changements significatifs concernent :

- Tsingoni qui malgré son classement en région 1, a sur la période 1995-2008 une valeur centennale forte,
- Convalescence qui, bien que classée en région 2, à une valeur centennale beaucoup plus forte que les autres stations. Ceci est principalement dû à l'évènement du 24 janvier 2008 durant lequel la pluie journalière a été mesurée à 394 mm.de 0h à 0h et de 267 mm de 7h à7h.

Cette station étant la plus élevée, il n'est pas possible de faire totalement abstraction de cette valeur récente et se contenter de considérer simplement qu'il s'agit d'un épisode de fréquence très exceptionnelle.

2.6.4. Pluies journalières maximales mesurées

L'Illustration 22 récapitule les valeurs maximales journalières mesurées à ce jour à Mayotte.

STATION	Période d'observation	**Pluie maximale mesurée (mm)**	**Année du max**	**PJ max janv/08 (mm)**	**Nbre d'autres PJ>200 mm**
Ajangoua	1981-2007	**350**	1981	**?**	**1**
Bandrazia Nord	1995-2008	**164**	2002 2007	118	**-**
Bandrazia Sud	1995-2008	**240**	2007	122	**-**
Bandrele	1986-2008	154	2004	**166**	**-**
Coconi	1951-2008	**253**	1956	201	**3**
Combani	1995-2008	**262**	2002	220	**-**
Convalescence	1995-2008	253	2002	**267**	**1**
Dembeni	1994-2008	152	2004	**204**	**-**
Dzoumogne	1961-2007	**350**	1981	106	**4**
Gouloue	1995-2008	187	2006	165	**-**
Kwale	1995-2008	208	2006	116	**-**
Longoni	1995-2008	**167**	2006	167	**-**
Mamoudzou	1993-2008	**190**	2002	175	**-**
Mtsamboro	1995-2008	**242**	2004	151	**-**
Mzaouzia	1995-2008	**209**	2004	136	**-**
Ongojou	1995-2008	170	2001	**284**	**-**
Padmanzi	1949-2008	**233**	1985	144	**3**
Tsingoni	1961-2007	**268**	2001	114	**2**

Illustration 22 : Pluies maximales journalières mesurées à Mayotte et pluies maximales journalières de janvier 2008.

Cette illustration indique que seules deux pluies journalières ont dépassé les 300 mm avec une valeur mesurée (ou reconstituée ?) de 350 mm.

2.6.5. Episode du 24 janvier 2008

La tempête tropicale Fame a atteint l'ile de Mayotte le 23 janvier 2008 et a durant 4 jours provoquée des précipitations très importantes. L'Illustration 23 présente les principales valeurs de précipitations mesurées aux stations de la DAF et celles transmises par Météo France.

On constate, d'une manière générale, que la pluie journalière 7h-7h est particulièrement faible devant les montants cumulés sur 24 h. Ceci est dû à l'horaire du

maximum de la pluie qui, se situant aux environs de 6h du matin, a entraîné une mesure répartie sur 2 jours.

STATION	**Pluie maximale journalière mesuree (mm)**	**12h**	**24 h**	**48h ou *2J***	**96h ou 4*J***
Bandrele	166	148	216	*246*	*346*
Coconi	201	199	279	*336*	*441*
Convalescence	267	299	441	561.5	636.5
Dembeni	204	227	308	*335*	*454*
Gouloue	165	202	266	352.5	375.5
Kwale	116	212	245	288	292
Longoni	167	119	182	265	298
Mamoudzou	175	191	270	*309*	*399*
Mtsamboro	151			*238*	*328*
Mzaouzia	136	149	219	*233*	*344*
Padmanzi	144	190	254	287	*391*
Min	116	119	182	233	292
moyenne	172	193	268	314	391
max	267	299	441	562	637

Illustration 23 : Principales valeurs de précipitations mesurées durant l'épisode Fame (23 au 26 janvier 2008)

Les pluies journalières mesurées lors de cet épisode constituent, pour au moins quatre stations, le maxima des observations à ce jour (Bandrele, Convalescence, Dembeni, Ongojou). Si l'on s'en tient aux valeurs fréquentielles journalières, en deux jours ou en quatre jours, définies précédemment on peut qualifier par endroit comme ayant une période de retour de 50 ans voire plus. Le record étant l'apanage de la station de Convalescence ou malgré une pluie journalière qui doit avoisiner les 20 ans, les pluies en 24, 48 et 96h ne peuvent, avec les données actuelles, qu'être estimées à un temps de retour bien supérieur à 100 ans…..

2.7. INTENSITÉS PLUVIOMÉTRIQUES

2.7.1. Dépouillements complémentaires des données

Les équipements permettant d'obtenir des informations sur les intensités pluviométriques ont été installés depuis peu de temps à Mayotte. Les séries de données sont ainsi relativement courtes (début en 1995).

En 1995, sept pluviomètres enregistreurs (désignés sous l'appellation M) sur papier ont été installés par la DAF. Hormis le cumul journalier, le dépouillement de ces données n'a pas été réalisé.

Pour les besoins de cette étude, il a été nécessaire de poursuivre le dépouillement manuel des données « pluviographiques *sur support papier* » commencées lors de l'étude précédente. Cela a donc consisté à réaliser le dépouillement sur les années 2002 à 2005.

Pour les années suivantes, les données d'intensités ont été extraites des deux systèmes de gestion utilisées (NAPAC au pas de temps 1h et DANAE au pas de temps 10 minutes).

Les dépouillements et traitements ont été réalisés de façon à retenir, par événement indépendant (pluie en 24 h supérieure ou égale à 50 mm), la valeur maximale pluviométrique pour chacun des pas de temps retenus. Ces pas de temps sont différents suivant la source des données.

Les pas de temps de traitement, qui ont été retenus pour la station Météo France (Pamandzi) comme pour les stations de la DAF, sont : 1h, 2h, 3h, 6h, 12h, 24h, 48h et 96h. Un exemple de ces dépouillements est joint en annexe 2 (station de Convalescence).

Par suite des nombreuses lacunes et du nombre restreints de pluies significatives enregistrées, les dépouillements de Bandrazia sud, Ongojou et Lima Digo (Combani) n'ont pas été réalisé.

In fine, seules cinq stations de la DAF : Convalescence, Bandrazia nord, Kwalé, Gouloué et Longoni ont donné lieu à exploitation.

Nota Bene : Lors de l'étude précédente, un dépouillement de pluviomètres automatiques (appellation A) de la DAF avait été réalisé pour les trois années disponibles, au pas de temps inférieur à l'heure (5 mn, 15 mn, 30 mn, 1 h), pour les postes A4, A5, A7, A10 et sur presque trois années pour le poste A11. Par suite du peu d'évènements disponibles dépouillés, il n'a pas été réalisé d'ajustements pour les stations de Mzouazia (A5) et M'Tsamoudou (A10).

2.7.2. Précision des valeurs extraites

Par suite de la vitesse de déroulement du papier, les valeurs horaires des stations DAF ont été dépouillées et exploitées mais elles sont entachées de fortes incertitudes sur la période 1995-2005.

Sur la période 2006-2008, durant la période d'exploitation de la centrale DANAE, les valeurs ont été extraites de la base pour déterminer les valeurs horaires au pas de temps 5 et 10 mn.

Concernant la station Météo France de Pamandzi ou les stations de la DAF sous fonctionnement NAPAC (2006 à 2008), les données horaires fournis et/ou extraites sont des données à heures rondes. Elles ne constituent pas ainsi le maximum des intensités mesurées. Cela introduit de fait un biais non négligeable sur la détermination des valeurs fréquentielles horaires et même un léger biais sur les valeurs de pas voisines (2h et 3h).

Grâce à la station DANAE de la DAF, un test a pu être réalisé sur le rendu des intensités horaires extraites et définies suite à des extractions réalisées avec les pas de temps de 5 mn, 10 mn, 30 mn et 1heure (l'extraction au pas de temps 3 mn n'a pu être réalisée par suite de défaillance du logiciel). L'Illustration 24 fournit, à titre d'exemple, les intensités ainsi obtenues pour l'évènement pluvieux du 25/12/2006 observée à la station de Convalescence.

Pas de temps d'extraction (mn)	5	10	30	60
Pluie maximale horaire obtenue (mm)	79	69.5	67.5	60

Illustration 24 : Exemple d'influence du pas de temps d'extraction sur la valeur maximale horaire

On constate ainsi que ce biais peut réduire la valeur maximale horaire de près de 30 %.

Nota Bene : On regrettera notamment que la pluviométrie du 24 janvier 2008 n'ait pas été enregistrée sur la station DANAE. On ne peut bénéficier ainsi des informations pluviométriques de cet épisode pour les durées inférieures à l'heure ni de la meilleure estimation de l'intensité maximale horaire.

2.7.3. Ajustements des pluies de durée variable suivant une loi de Gumbel

À partir des fichiers précédents, il a été constitué des échantillons comprenant toutes les valeurs précédemment dépouillées supérieures à un seuil (variable, suivant le pas de temps, entre 5 mm pour 5 mn et 50 mm pour 24 h). Ces échantillons tronqués ont alors donné lieu à des ajustements, par station et après correction des fréquences, suivant une loi de Gumbel.

Les données utilisées provenant des mêmes évènements, les ajustements, par durée, ont été réalisés en faisceau c'est-à-dire que toutes les droites coupent l'axe P=0 en un même point.

L'Illustration 25 présente, à titre d'exemple, les ajustements réalisés à la station de Convalescence.

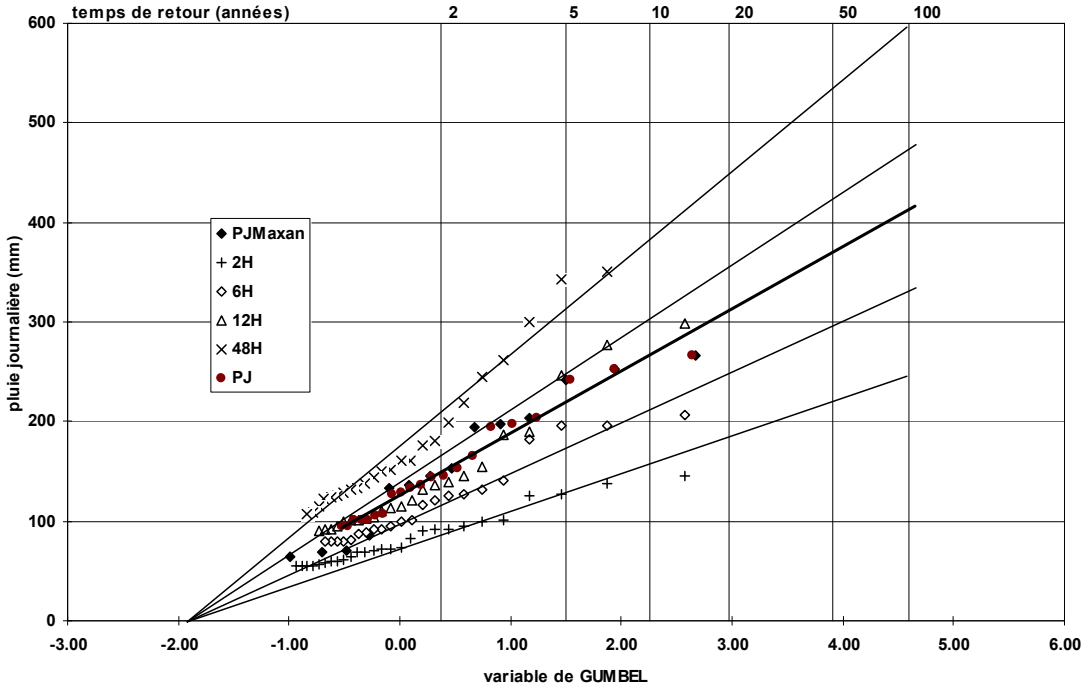
2.7.4. Ratio entre pluie journalière et pluie de durée t

Le ratio pluie de durée t sur pluie journalière s'obtient, à partir des ajustements précédents, par division des valeurs correspondantes à fréquence donnée.

L'Illustration 26 récapitule les ratios obtenus aux différentes stations utilisées.

À l'examen de ce tableau, on constate que lors des fortes pluies :

- Presque la moitié de la pluie journalière se produit en une heure ;
- la pluie en 12 h est pratiquement égale à la pluie journalière ;
- la pluie en 24 h est nettement supérieure à la pluie journalière (+ 14 %).



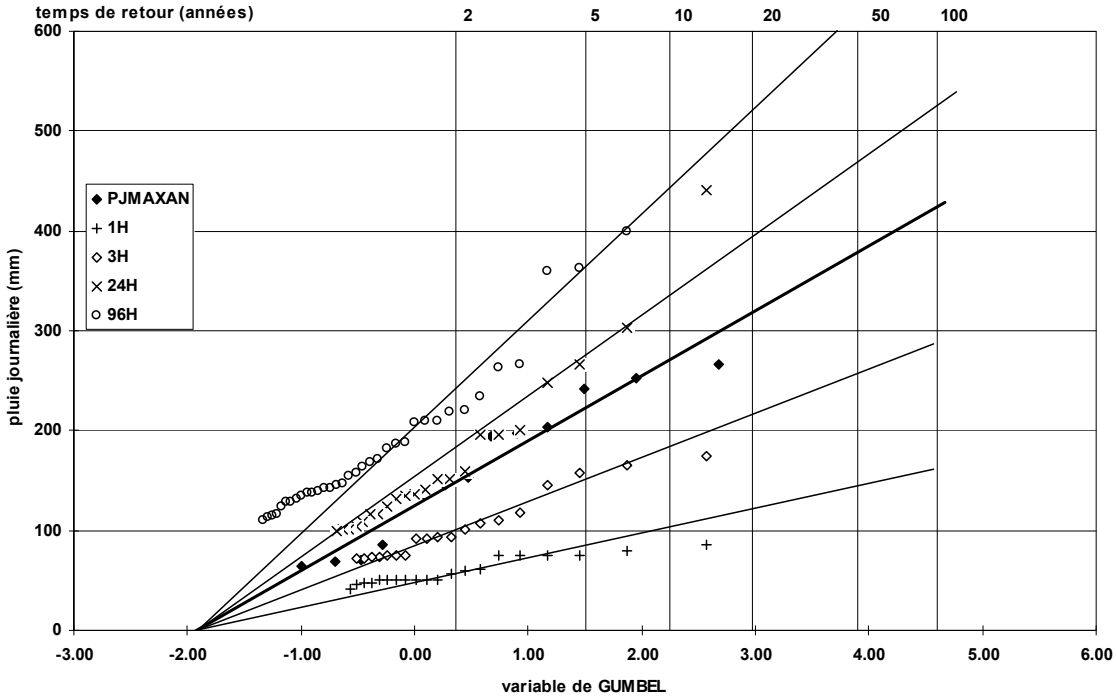


Illustration 25 : Ajustements en faisceau suivant une loi de Gumbel des pluies de durée variable mesurées à la station de Convalescence sur la période 1995-2008

	Durée de la pluie							
Station	**1 h**	**2 h**	**3 h**	**6 h**	**12 h**	**24 h**	**48 h**	**96 h**
Bandrazia Nord	0,43	0,68	0,77	0.82	0.9	1,12	1,34	1,54
Convalescence	0,38	0,60	0,69	0,79	1	1,25	1.43	1.67
Kouale	0,59	0,69	0,83	0,91	1,19	1,31	1.48	1.59
Longoni	0,48	0,64	0,72	0,84	1	1,16	1,48	1,64
Gouloué	0,48	0,65	0,77	0,88	1	1,35	1.71	1.88
Pamandzi	0,51	0,74	0.77	0,95	1	1.21	1.49	1.71
Moyenne	0,48	0,667	0,76	0,865	1.015	1,23	1.49	1.67
Retenu	**0,52**	**0,65**	**0,72**	**0,86**	**1,03**	**1,23**	**1,47**	**1,75**

Illustration 26 :Ratio de la pluie de durée t par rapport à la pluie journalière aux différentes stations obtenu à partir des ajustements en faisceau.

Par ailleurs, les ajustements réalisés sur les pluies journalières, les pluies en deux et quatre jours au droit des stations « longue durée » (cf. Illustration 21) permet d'évaluer également un ratio entre la pluie journalière et ces pluies qui, sans être égales, sont proches des pluies en 48 et 96h. Ainsi, d'après ces ajustements :

- le ratio entre pluie journalière et pluie en 2 jours varie entre 1,21 et 1,43 avec une valeur moyenne de 1,31,
- le ratio entre pluie journalière et pluie en 4 jours varie entre 1,47 et 1,84 avec une valeur moyenne de 1,64.

  Ces pluies étant en 2 et 4 jours, elles sont inférieures ou égales aux pluies en 48 et 96h. Il conviendra donc de considérer la partie haute de l'intervalle.

Enfin d'autres ratios peuvent également être obtenus à partir :

- des pluies maximales observées,
- ou plus spécifiquement à partir des valeurs de l'évènement remarquable du 24/01/08.

Ils confirment que ces ratios sont très variables d'un évènement à l'autre et d'une station à l'autre. La valeur moyenne obtenue par ces différentes méthodes confirme toutefois les valeurs obtenues par ajustement.

Pour les durées inférieures à l'heure, aucune donnée récente complémentaire n'a pu être utilisée. La détermination des valeurs repose donc toujours sur trois ans et peu de

stations. Les ratios de répartition de la pluviométrie journalière n'ont été que peu modifiés et uniquement pour des raisons de simplification de la formule.

2.7.5. Relation de passage entre pluie journalière et pluie de durée t

Afin de pouvoir estimer les hauteurs pluviométriques ou les intensités pour différentes périodes de retour, nous retiendrons une répartition proche de ces valeurs moyennes. Afin de simplifier son utilisation nous avons recherché une fonction puissance permettant de les approcher au mieux (cf. ci-dessous). Les valeurs ainsi définies figurent sur Illustration 26.

$$R(t) = P(t,T) / Pj(T) = a'.t^{b'}$$

Avec :

$R(t)$: ratio entre pluie de durée t et la pluie journalière,

$\boldsymbol{P(t,T)}$: hauteur pluviométrique de durée t, de période de retour T,

$Pj(T)$: pluie journalière de période de retour T,

a' et b' : coefficients.

La cassure, que l'on trouve généralement sur ce type de graphe, se localise à une heure. Les valeurs obtenues, des coefficients a' et b' pour une durée exprimée en heures, figurent dans l'*Illustration 27*.

Durée	a'	b'
t < 1 h	0,52	0,67
t > 1 h	0,54	0,257

Illustration 27 : Valeurs des coefficients a' et b' de la relation de passage entre pluie journalière et pluie de durée t.

2.7.6. Valeurs fréquentielles des pluies et des intensités de durée t (comprise entre 5 mn et 96 h)

À l'aide de la relation précédente et des valeurs fréquentielles de pluie journalière, nous avons déterminé les valeurs fréquentielles des pluies et des intensités de durée t

par zones (Illustration 28 et Illustration 29) Les courbes correspondantes figurent en annexe 2.

2.7.7. Incertitudes sur les valeurs calculées

L'évaluation de ces valeurs fréquentielles repose sur les valeurs obtenues par synthèse régionale, vérifiées par ajustements auxquelles il a été appliqué un taux moyen de répartition temporelle. Pour estimer un intervalle de validité de ces estimations, il a été considéré que ce taux de répartition pouvait également être utilisé et appliqué aux intervalles de confiance à 80% des principales valeurs ajustées (pluies journalières, en un jour et en deux jours).

Ainsi pour la zone 1, nous avons considéré que l'intervalle de confiance était, pour la pluie journalière, voisin de celui des stations de la zone 1 c'est-à-dire d'environ plus ou moins 35 mm (Coconi ou Combani, cf. Illustration 21), de même pour la zone 2, qu'il était voisin d'environ 40 mm (Dzoumogne, cf. Illustration 21).

Les valeurs ainsi calculées sont indiquées dans l'Illustration 29. Par exemple la pluie journalière centennale de la zone 2 devrait avoisinée 320 mm, valeur arrondie, et a 80% de chance de se situer entre 280 et 360 mm. Pour la pluie en 96h on obtient ainsi une valeur centrale de 560 mm (arrondi de la valeur brute de l'ajustement) et un intervalle variant de 490 mm à 630 mm.

Ceci signifie, qu'en l'état actuel de nos connaissances, la pluviométrie du 24 janvier 2008 mesurée à Convalescence est :

- voisine de l'estimation haute de la pluie centennale en 24 heures,
- supérieure à l'estimation haute de la pluie centennale en 48 heures
- voisine de l'estimation haute de la pluie centennale en 96 heures.

	Hauteur pluviométrique (mm)				Intensité (mm/h)	
	Décennale		Centennale		Décennale	Centennale
Durée	valeur	IC	valeur	IC		
1 mn	*5.8*	*0.6*	*8.7*	*1.2*	*345*	*522*
5 mn	16.9	1.8	25.6	3.4	203	307
15 mn	35.3	3.7	53.4	7.2	141	214
30 mn	56.2	5.9	85.0	11.4	112	170
1 heure	93	10	140	19	93	140
2 heures	111	12	168	23	55	84
3 heures	123	13	186	25	41	62
6 heures	147	15	223	30	25	37
12 heures	176	18	266	36	15	22
PJ	172	18	260	35	14	22
24 heures	210	22	318	43	8.8	13.2
48 heures	251	26	380	51	5.2	7.9
96 heures	300	31	454	61	3.1	4.7

Illustration 28 : Valeurs fréquentielles des pluies et intensités de durée variable pour la zone 1.

	Hauteur pluviométrique (mm)				Intensité (mm/h)	
	Décennale		Centennale		Décennale	Centennale
Durée	valeur	IC	valeur	IC		
1 mn	*7.0*	*0.7*	*10.7*	*1.3*	*422*	*643*
5 mn	20.7	2.1	31.5	3.9	248	378
15 mn	43.1	4.3	65.7	8.2	173	263
30 mn	68.6	6.9	104.6	13.1	137	209
1 heure	113	11	173	22	113	173
2 heures	136	14	206	26	68	103
3 heures	150	15	229	29	50	76
6 heures	180	18	274	34	30	46
12 heures	215	21	327	41	18	27
PJ	210	21	320	40	18	27
24 heures	257	26	391	49	11	16
48 heures	307	31	467	58	6.4	9.7
96 heures	366	37	558	70	3.8	5.8

Illustration 29 :Valeurs fréquentielles des pluies et intensités de durée variable pour la zone 2.

-

3. Conclusion

3.1. COMPARAISON DES RESULTATS AVEC LES DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES, LES DONNEES OBSERVEES ET L'ETUDE PRECEDENTE

A ce jour, seule la thèse, réalisée par J. Lapègue en 1999, et l'étude précédente, réalisée par le BRGM en 2003, avaient défini des valeurs d'intensités pluviométriques décennales pour l'île de Mayotte. Le but de l'étude de 2003 étant de fournir, pour les administrations et les bureaux d'études, une évaluation locale des pluies nécessaires au dimensionnement de projet d'aménagement.

La réactualisation de l'étude de 2003 a permis d'actualiser les valeurs fréquentielles utiles au dimensionnement des projets sur les courtes durées de pluies (inférieures à 24 heures) mais, par ajout non prévu initialement, elle a également porté sur l'étude des pluies de durée 2 et 4 jours ou 48 heures et 96 heures qui n'avaient , à ce jour, pas été étudiées.

Cette étude a permis de réaliser un « début » de synthèse régionale sur les pluies maximales journalières. Pour la mener à bien, il apparaît nécessaire de posséder quelques années complémentaires et/ou des données exploitables à quelques stations complémentaires. Ces informations complémentaires permettraient de réduire les intervalles de confiance et confirmer ou infirmer les deux zones actuellement proposées.

Cette décomposition en deux zones à conduit à :

- une légère diminution des valeurs fréquentielles pour la zone 1,
- une légère augmentation de ces mêmes valeurs en zone 2.

Il est à noter que les données complémentaires de la période 2003-2008 n'ont pas réellement modifié les résultats pour les durées de pluie inférieures à la journée.

	Etude 2003		Etude 2008 : Zone 1		Etude 2008 : Zone 2	
Durée	Décennale	Centennale	Décennale	Centennale	Décennale	Centennale
5 mn	17	26	17	26	21	31
15 mn	37	56	35	53	43	66
30 mn	60	91	56	85	69	105
1 heure	98	147	93	140	113	173
2 heures	134	201	111	168	136	206
3 heures	146	219	123	186	150	229
6 heures	168	252	147	223	180	274
12 heures	190	285	176	266	215	327
PJ	190	285	172	260	210	320
24 heures	223	335	210	318	257	391

Illustration 30 : Comparaison des résultats avec ceux de l'étude de 2003.

Il n'en va pas de même pour l'étude complémentaire des pluies de durée supérieures à la pluie journalière. Cette partie de l'étude a été particulièrement influencé par le dernier évènement pluviométrique d'importance survenu à Mayotte en janvier 2008 (Fame). En effet, les très fortes valeurs observées durant Fame (janvier 2008) ont en plus la particularité de s'être déroulées à cheval entre deux journées et ont de ce fait complètement perturbé les ratios entre pluie journalière et pluie en 24 h. Elles ont, par ailleurs, fortement accentué la différence des valeurs obtenues en pluie journalière suivant les heures limites de son découpage. Il a donc été nécessaire de recalculer les pluies journalières (0h-0h) des stations en DAF en pluies journalières (7h-7h) afin de pouvoir les comparer aux stations Météo France.

Cette partie de l'étude a permis d'évaluer les pluies de durée supérieure ou égale à la journée qui s'avère particulièrement importantes principalement lors des cyclones. Si les valeurs journalières ou de durée supérieure ont atteint, à certaines stations, des valeurs estimées comme ayant une période de retour de 50 ans, voire de 100 ans, celles observées à la station de Convalescence sont encore plus fortes. Elles constituent les valeurs les plus fortes jamais mesurées sur l'île de Mayotte.

Elles suscitent ainsi interrogation :

- cet évènement est il, au droit de cette station, réellement exceptionnel ?
- Y aurait - il une troisième zone qui comprendrait notamment les zones d'altitude élevée ? ou cette pluviométrie serait elle plus liée à la trajectoire du cyclone qu'à l'altitude ?

Actuellement il ne parait pas possible d'y répondre.

3.2. EXEMPLE : DETERMINATION D'UNE PLUIE DE DUREE QUELCONQUE

Suivant la localisation de la zone d'étude, il est nécessaire d'utiliser les valeurs :

- de la zone 1 : zone située au sud de Mamoudzou et de faible altitude,
- de la zone 2 : zone nord Mamoudzou ou altitude supérieure à 150 m,
- de la combinaison des deux pour une étude de bassin versant englobant les deux zones. La procédure est la même mais on obtient la pluviométrie de l'ensemble en pondérant la pluviométrie de chaque zone en fonction de leur superficie relative.

Enfin par sécurité, nous recommandons l'utilisation des valeurs de pluie de la station de Convalescence pour des projets à fort enjeux ou des projets à altitude élevée (altitude moyenne >300 m NGM).

Les valeur fréquentielles des pluies journalières de chacune de ces zones, ont été arrondies et sont récapitulées dans l'Illustration 31.

Période de retour T (année)	Moyenne	2	5	10	20	50	100
Région 1 :	110	100	145	170	200	235	260
Région 2 :	135	125	175	210	245	290	320
Convalescence		150	210	250	290	340	380

Illustration 31 :Valeurs fréquentielles des pluies journalières à utiliser pour la détermination des pluies de durée variable.

La pluie de durée t (en heures) et de fréquence f sera égale :

$$P_t(f) = [P_j(f)] \cdot a \cdot t^b$$

Avec $P_j(f)$: pluie journalière de fréquence f (cf. Illustration 31) et

a, b fournis par l'Illustration 32

Durée	a	b
t < 1 h	0,52	0,6828
t > 1 h	0,54	0,257

Illustration 32 : Valeurs des coefficients a' et b' de la relation de passage entre pluie journalière et pluie de durée t.

Exemple numérique :

Site de l'étude : petite parcelle située sur le littoral situé au sud est.

La zone d'étude est 1 avec :

a=0,54, b=0,257

P_j (10) =170 mm.

Il est souhaité connaître la pluie décennale de durée 2h donc :

$$P_{2h}(10) = [P_j(10)] \cdot a \cdot t^b$$

$$=170 \cdot 0{,}54 \cdot [2]^{0.257}$$

$$\mathbf{P_{2h}(10) = 110\ mm}$$

Pour déterminer l'intensité horaire, il suffit de diviser cette valeur par la durée de pluie (ici 2h) soit :

I (mm/h) = 55

Bibliographie

Cayla 0. – Taibi M.– Synthèse régionale pluviométrique en région montagneuse – IAHS publication N°193 – 1990 – Congrès de Lausanne : Hydrologie en région Montagneuse.

Mayoka M. (Avril 1998) Les cyclones à la Réunion – Centre des Cyclones Tropicaux de la Réunion – Météo France .

OMM n° 8 - Guide des instruments et des méthodes d'observation météorologiques

OMM n° 168 - Guide des pratiques hydrologiques – Acquisition et traitement des données, analyses, prévision et autres applications.

OMM n° 100 - Guide des pratiques climatologiques de l'OMM.

OMM n° 560 - Rapport d'hydrologie opérationnelle n°15

OMM n°415 – Note technique n°143, Analyse statistique des séries d'observations (R. Sneyers)

Stollsteiner P., Pouget R., Maurillon N. avec la collaboration de J.C. Audru (2003) - Étude hydrologique et hydraulique de la ravine Massakini, commune de Mamoudzou (Mayotte). BRGM/RP-52089-FR, 170 p., 18 fig., 34 tabl., 4 ann

Stollsteiner P. (2003) - Propositions pour une méthodologie relative aux études hydrauliques et hydrologiques à Mayotte. Extraits du rapport BRGM/RP-52089-FR, 63 p., 12 fig., 24 tabl., 1 ann.

ANNEXES

ANNEXE 1

Liste des principaux cyclones

Erreur systématique dans la mesure des précipitations

Pluies annuelles aux différents postes

Valeurs frequentielles des pluies journalieres sur la période 1996-2008

Nom	Date	Pluie Journalière maximale observée à (mm)		
		Pamandzi	Coconi	Dzoumogne
Ada (TT)	20/12/1961	79	59	58
Claudie (DT)	27/12/1965	11	104	88
Germaine (DT)	14/02/1966	75	92	97
Georgette (TT)	16/01/1968	67	126	159
Corrine (DT)	19/11/1969	17	19	65
Félicie (DT)	20/01/1970	16	?	20
Agnès (TT)	18/12/1971	109	48	56
Hermione (TT)	07/03/1972	82	78	77
Charlotte (TT)	05/01/1973	38	59	58
Camille (DT)	15/01/1975	42	45	58
Clotilde (C)	07-20/01/1976	156	180	?
Ella (DT)	12/03/1976	25	60	?
Gladys (DT)	30/03/1976	60	69	?
Domitile (TT)	17/01/1977	86	59	107
Bettina (DT)	01/12/1980	?	37	25
Iadine (TT)	18/02/1981	66	59	83
Bénédicte (DT)	20-22/12/1981	192	61	115
Justine (TT)	19/03/1982	?	?	9
Elinah (TT)	10-12/01/1983	73	63	64
Andry (C)	11-12/12/1983	82	97	133
Domoîna (DT)	20-24/01/1984	6	88	136
Kamisy (C)	04-16/04/1984	140	138	102
Feliksa (DT)	13-18/02/1985	233	161	246
Filao (DT)	24/02/1988	19	20	13
Calasanjy (DT)	06/01/1989	34	32	147
Hanta (TT)	12/04/1990	74	60	175
Nadia (C)	22-24/03/1994	20	39	52
Josta (C)	09-11/03/1995	97	66	47
Doloresse (C)	12-20/02/1996	52	53	46

Fabiola (DT)	05/01/1997	?	?	38
Nom	Date	Pluie Journalière maximale observée à (mm)		
		Pamandzi	Coconi	Dzoumogne
Josie (TT)	02/02- 15/02/1997	68	50	99
Astride (DT)	25/12/99-3/01/00	107	130	149
Gloria (TT)	29/02-02/03/00	8	3	?
Huda (DT)	25/03-08/04/00	43	47	45
Dera (DT)	05/03-12/03/01	96	100	65
Kesiny (DT)	02/05-11/05/02	4	9	12
Atang (DT)	04/11-12/11/02	10	51	57
Ernest (TT)	20/01/2005	57	?	63
Anita (DT)	27/11 – 03/12/2006	35	58	35
Bondo (TT)	15/12 - 26/12/2006	38	102	43
Fame (TT)	23/01 – 01/02/2008	144	201	106
Jokwe (C)	05/03/2008	72	?	

Principaux cyclones, ouragans (C), tempêtes (TT) et dépressions (DT),

recensés à moins de 300 km de Mayotte sur la période 1961/2008

Dates de cyclones antérieurs à attribution de nom

Dates	Pluie Journalière maximale observée à (mm)	
	Pamandzi	Coconi
06/02/1950	44	
14/02/1950	83 ?	
15 au 26/01/1951	49	41
20/02/1951	110	53
17/11/1951	36	97
04/01/1952	32	34
12/01/1953	75	39
28/12/1957	130	148
14/02/1959	102	164
15/01/1960	86	87
14/02/1960	?	?

TABLEAU 7.1

Composantes principales de l'erreur systématique dans la mesure des précipitations et leurs causes météorologiques et instrumentales par ordre d'importance

$$P_k = kP_c = k\left(P_g + \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 \pm \Delta P_4 - \Delta P_5\right)$$

où P_k est la précipitation rectifiée, k le facteur de correction, P_c la précipitation recueillie dans l'appareil de mesure, P_g la précipitation mesurée dans le collecteur et $\Delta P_1 \ldots \Delta P_5$ les corrections à appliquer aux composantes de l'erreur systématique définies ci-dessous :

Symbole	*Composante de l'erreur*	*Importance*	*Facteurs météorologiques*	*Facteurs instrumentaux*
k	Perte due à la déformation du champ du courant au-dessus du réceptacle	2-10 % 10-50 % *	Vitesse du vent au niveau du réceptacle durant la précipitation et structure de la précipitation	La forme, la surface du réceptacle et la hauteur du réceptacle et du collecteur
$\Delta P_1 + \Delta P_2$	Perte due au mouillage des parois de l'entonnoir et du récipient lors de la vidange	2-10 %	Fréquence, type et quantité de précipitation, temps de séchage de l'appareil et fréquence de vidange du récipient	Les mêmes que ci-dessus plus le matériau, la couleur et l'âge de l'entonnoir et du récipient
ΔP_3	Perte due à l'évaporation à partir du récipient	0-4 %	Type de précipitation, déficit de saturation de l'air et vitesse du vent au niveau du réceptacle durant l'intervalle de temps s'écoulant entre la fin de la précipitation et sa mesure	La superficie du réceptacle et l'isolation du récipient, la couleur et dans certains cas l'âge du collecteur ou du type d'entonnoir (fixe ou amovible)
ΔP_4	Rejaillissement hors de l'appareil ou vers celui-ci	1-2 %	Intensité de la pluie et vitesse du vent	La forme et la hauteur du réceptacle et le type d'installation
ΔP_5	Mouvements de neige hors de l'appareil ou vers celui-ci		Intensité et durée de l'averse de neige, vitesse du vent et état de la couverture de neige	La forme, la superficie du réceptacle et la hauteur du réceptacle et du collecteur

* Neige.

Extrait de la publication WMO n°168 (cf. bibliographie)

PLUVIOMETRIE ANNUELLE MESUREE AUX DIFFERENTES STATIONS

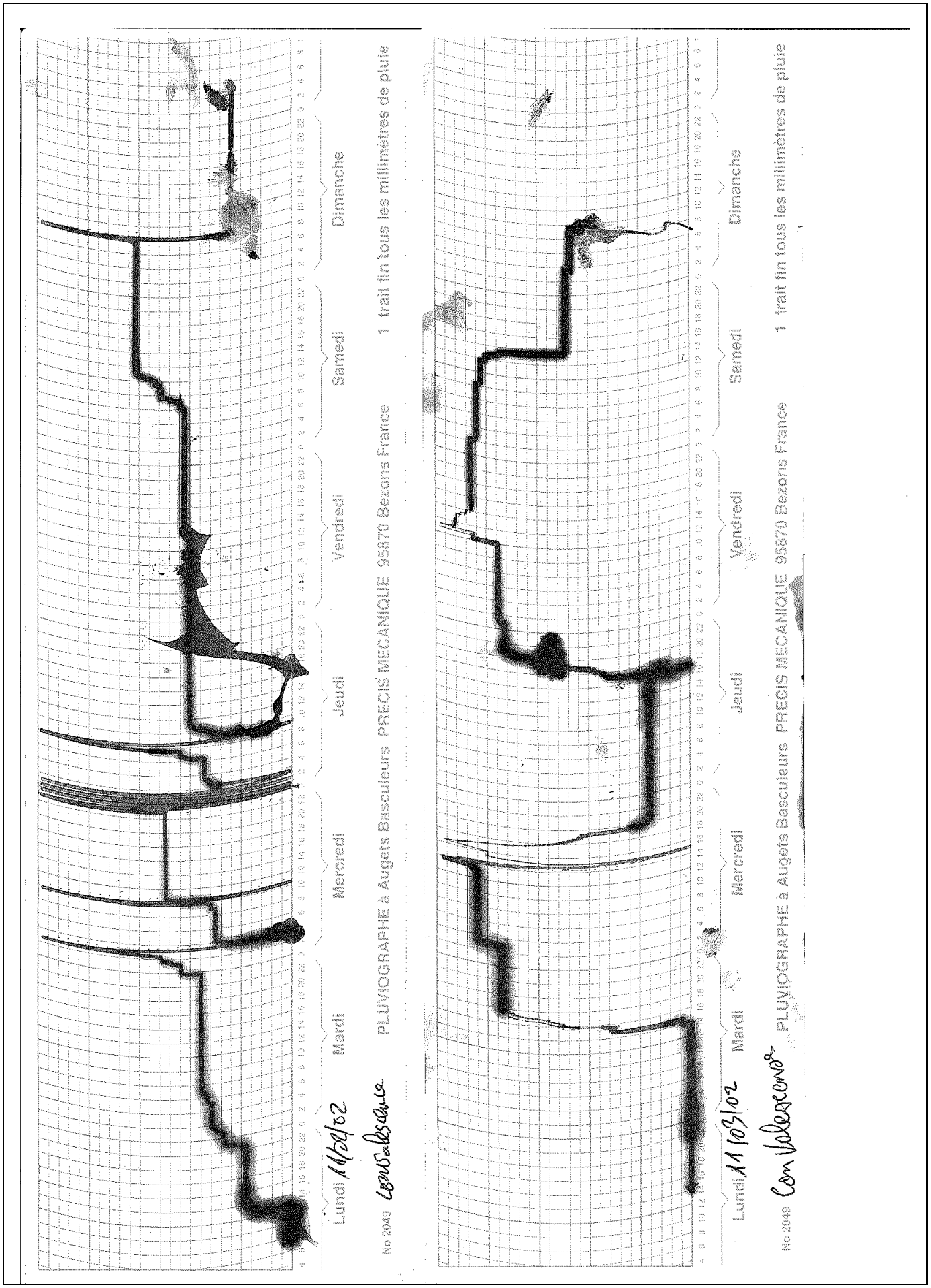
ANNEE	PADMANZI	COCONI	COMBANI TSINGONI	DZOUMOGNE	AJANGOUA	BANDRELE	Mstamboro	MAMOUDZOU	DEMBENI	MZAOUZIA	LONGONI	Convalescence	Gouloue	Kouale	Longoni	Combani Lima Digo	Bandrazia nord	Bandrazia sud	Ongojou	Mtsamoudou
1949	977.0																			
1950	1220.1																			
1951	1255.4	1797.6																		
1952	1113.4	1636.9																		
1953	857.4	1167.2																		
1954	1240.3	1522.4																		
1955	1231.1	2097.7																		
1956	1411.2	2361.5																		
1957	1510.1	1874.9																		
1958	1005.4	1236.5																		
1959	1296.8	1277.1																		
1960	1032.5	1320.3																		
1961	1460.0	1823.0	1799.8	1198.8																
1962	1125.1	1484.0	1603.4	1468.4																
1963	1147.6	1745.9	1413.3	1505.5																
1964	1284.3	1134.8	*1301.9*	*1118.3*																
1965	1501.9	1605.6	1876.4	*359.5*																
1966	924.1	1888.0	1960.7	1349.9																
1967	1164.8	1308.4	1252.9	1233.9																
1968	1410.2	1958.7	1911.6	1982.1																
1969	1495.0	1880.9	1895.7	2539.6																
1970	1265.8	1609.8	2013.7	1929.9																
1971	1450.7	1745.6	1667.9	2553.0																
1972	1225.9	1686.4	1843.6	1578.8																
1973	1480.6	1742.1	2135.4	1755.1																
1974	1434.3	1962.0	2046.5	2022.0																
1975	1149.5	*1536.7*	*1773.3*	1834.5																
1976	1262.4	1551.2	*670.1*	*336.1*																
1977	1235.2	1487.2	1781.4	1841.5																
1978	1451.7	2290.2	2648.6	2068.2																
1979	1080.9	1528.7	1665.8	1508.5																
1980	1485.9	1991.6	2297.4	1857.2																
1981	1470.7	1731.3	1850.0	1344.8	1738.1															
1982	1136.5	1333.7	1657.4	1443.6	1394.1															
1983	1579.7	**1783.1**	1950.6	1700.8	1585.1															
1984	1004.8	1742.4	**1915.5**	*1693.4*	1614.5															
1985	1483.8	1908.3	2218.3	1697.1	1415.7															
1986	1312.8	1551.2	1845.0	2050.5	*1196.3*	*742.1*														
1987	1146.0	1123.1	*1070.5*	1484.6	1002.5	804.9														
1988	1137.8	1394.9	1687.7	2038.7	1307.4	*1164.7*														
1989	1470.9	1630.0	*1797.1*	2490.6	1551.2	1176.6														
1990	1216.9	1518.1	1457.7	2322.3	1346.9	**483.1**														
1991	1681.4	2248.4	1898.6	***2953.5***	1754.4	**904.8**	*363.4*													
1992	1015.0	*1096.4*	*734.1*	1983.4	1100.1	**491.2**	*457.0*													
1993	1198.0	1307.0	*1640.9*	*1580.3*	*931.4*	**395.4**	*821.3*	*1326.4*			*1643.5*				*1643.5*					
1994	1317.1	1954.5	*1756.1*	1796.5	1285.4	1367.0	*1119.9*	*1434.8*	*1269.2*		1908.0				1908.0					
1995	1092.6	2033.9	1552.2	1389.6	1268.6	1544.6	1054.6	1560.0	1753.3		1356.0				1356.0					
1996	1275.5	1469.5	1657.5	1973.0	1338.5	1599.8	1399.4	1562.0	1586.6	1176.5	1586.5	1834.5	1552	1370	1599	2048.5	1349.5	1158	1411	1148
1997	851.2	1397.1	1437.5	1429.3	*866.5*	1320.5	1177.4	905.9	*757.4*	*715.5*	1033.0	983.3	1169.5	893	1033.5	1393.4	1216	708	1167.5	673
1998	892.2	1349.5	1234.6	1835.2	1215.3	1284.2	1305.4	1228.8	1339.4	**649.5**	997.0	1340	1089.5	1090	1046.5	1274.5	1323	1155	993	852
1999	1120.0	1401.1	*1988.2*	*1877.1*	*1235.6*	*1340.1*	*1392.5*	1276.0	1365.1	*1087.0*	*1127.0*	1654.5	1134	604.5	1210.5	1555	1601.5	1520.5	1252.5	951.5
2000	1059.0	1677.8	1604.4	*1559.1*	1048.3	1138.3	1594.4	1240.9	1307.6	791.0	1334.0	1597	1180.5	1473	1334	1715.5	1650.5	1551	1415	934.5
2001	785.7	1284.0	1634.5	920.4	1049.0	1043.4	1203.2	857.5	1521.8	752.5	717.0	967.5	856.5	946.5	718	1277.5	1078	1005	1261	716.5
2002	1406.7	1970.2	1991.4	2098.7	1748.5	1600.1	1751.3	1769.4	1801.2	*942.2*	1485.1	*1606.8*	1709	2214.5	1692.6	2089	*988.5*	1649.1	1662	911.5
2003	1218.0	*1302.5*	1842.5	1575.1	1273.5	1263.1	1487.5	1357.9	1505.9	1027.2	986.5	1071.5	1047	1417	1259.5	1561	1353	1371	1327.5	887.5
2004	1334.0	1903.2	1594.7	1965.1	1998.8	1501.6	1867.4	1491.6	1991.6	1862.4	633.5	*1445.5*	1562	2049.5	1751.5	2068	2257.5	1633	*1463*	
2005	1035.6	*610.8*	1707.5	1500.2	1154.3	802.8	1402.8	1194.0	1336.6	1113.8	270.0	1334	1275.5	*971*	932.5	*1485.5*	1790.5	1322.5	1765.5	
2006	1365.8	1565.0	1513.8	1522.0	1532.5	1224.9	*1415.8*	1541.5	1586.4	*1243.1*	831.5	2229.5	2031	1952.5	1400	1831.5	1598	*349*	1691	
2007	934.2	1495.5	1483.9	1300.9	*1221.7*	1328.4	*263.8*	**736.5**	1429.3	1309.7	353.5	1489.6	1555	1336.2	824.8	1486.5	1485.8	812.8	1932.5	
2008												*1608*	*1264.8*	*1047.7*	*914.7*	*1441*	*1319.3*	*867*	*1542.1*	*364*
NB Valeurs	59	57	47	47	27	22	17	15	14			13	13	13	16	13	13	13	13	9
Moyenne	1232.7	1614.7	1708.1	1692.9	1339.8	1114.6	1181.0	1298.9	1468.0			1474.0	1340.5	1335.8	1289.0	1632.8	1462.4	1161.7	1452.6	826.5
Maximum	785.7	610.8	670.1	336.1	866.5	395.4	263.8	736.5	757.4			967.5	856.5	604.5	718.0	1274.5	988.5	349.0	993.0	364.0
Minimum	1681.4	2361.5	2648.6	2953.5	1998.8	1600.1	1867.4	1769.4	1991.6			2229.5	2031.0	2214.5	1908.0	2089.0	2257.5	1649.1	1932.5	1148.0

Valeurs fréquentielles des pluies journalières obtenues par ajustement suivant une loi de Gumbel sur la période 1995-2008

STATION	Valeur de la période de retour	2	5	10	20	50	100
Padmanzi	*mini*	*87*	*104*	*115*	*124*	*136*	*146*
	moyenne	**94**	**114**	**127**	**140**	**156**	**168**
	maxi	*103*	*132*	*151*	*171*	*196*	*215*
Coconi	*mini*	*96*	*129*	*148*	*167*	*190*	*207*
	moyenne	**110**	**148**	**173**	**197**	**228**	**252**
	maxi	*128*	*184*	*222*	*260*	*310*	*347*
Tsingoni	*mini*	*115*	*154*	*176*	*197*	*224*	*244*
	moyenne	**131**	**175**	**204**	**232**	**268**	**295**
	maxi	*153*	*217*	*262*	*305*	*362*	*405*
Dzoumogne	*mini*	*99*	*140*	*165*	*188*	*217*	*238*
	moyenne	**116**	**164**	**195**	**225**	**265**	**294**
	maxi	*140*	*209*	*257*	*305*	*366*	*413*
Ajangoua	*mini*	*85*	*116*	*135*	*152*	*174*	*190*
	moyenne	**98**	**134**	**158**	**180**	**210**	**232**
	maxi	*116*	*168*	*204*	*240*	*287*	*322*
Bandrele	*mini*	*73*	*102*	*120*	*136*	*157*	*173*
	moyenne	**84**	**118**	**141**	**163**	**191**	**211**
	maxi	*100*	*149*	*183*	*216*	*259*	*292*
Bandrazia Nord	*mini*	*92*	*116*	*130*	*144*	*161*	*173*
	moyenne	**102**	**130**	**148**	**166**	**188**	**205**
	maxi	*116*	*156*	*184*	*212*	*247*	*274*
Convalescence	*mini*	*125*	*179*	*211*	*241*	*279*	*308*
	moyenne	**147**	**209**	**250**	**289**	**340**	**378**
	maxi	*176*	*264*	*326*	*386*	*464*	*524*
Dembeni	*mini*	*95*	*115*	*127*	*138*	*152*	*163*
	moyenne	**104**	**127**	**142**	**157**	**176**	**190**
	maxi	*116*	*150*	*175*	*198*	*229*	*252*
Gouloue	*mini*	*94*	*123*	*141*	*157*	*178*	*193*
	moyenne	**106**	**139**	**161**	**183**	**210**	**231**
	maxi	*121*	*169*	*203*	*235*	*278*	*310*
Kwale	*mini*	*92*	*126*	*147*	*166*	*190*	*208*
	moyenne	**106**	**145**	**171**	**196**	**229**	**253**
	maxi	*124*	*180*	*220*	*259*	*309*	*347*
Longoni	*mini*	*94*	*123*	*140*	*157*	*178*	*193*
	moyenne	**105**	**138**	**160**	**181**	**208**	**229**
	maxi	*119*	*165*	*197*	*228*	*269*	*300*
Mamoudzou	*mini*	*102*	*134*	*153*	*170*	*193*	*210*
	moyenne	**115**	**151**	**175**	**198**	**228**	**251**
	maxi	*132*	*184*	*220*	*256*	*302*	*337*
Mtsamboro	*mini*	*96*	*133*	*155*	*176*	*202*	*221*
	moyenne	**111**	**153**	**181**	**208**	**243**	**269**
	maxi	*131*	*191*	*234*	*275*	*328*	*369*
Mzaouzia	*mini*	*81*	*113*	*131*	*148*	*170*	*187*
	moyenne	**94**	**130**	**154**	**177**	**207**	**229**
	maxi	*112*	*164*	*201*	*237*	*284*	*319*
Ongojou	*mini*	*104*	*141*	*162*	*182*	*208*	*227*
	moyenne	**120**	**161**	**189**	**215**	**250**	**275**
	maxi	*140*	*201*	*243*	*285*	*339*	*380*
Bandrazia Sud	*mini*	*92*	*136*	*162*	*186*	*218*	*241*
	moyenne	**110**	**160**	**193**	**225**	**267**	**298**
	maxi	*133*	*205*	*256*	*305*	*369*	*417*
Combani	*mini*	*115*	*154*	*176*	*197*	*224*	*244*
	moyenne	**131**	**175**	**204**	**232**	**268**	**295**
	maxi	*153*	*217*	*262*	*305*	*362*	*405*

ANNEXE 2

Exemple d'enregistrement pluviographique et résultats des dépouillements de la DAF sur la période 1996-2008



Exemple d'enregistrement pluviographique : station de Convalescence.

MAYOTTE DEPOUILLEMENT DES PLUVIOGRAPHES DE LA DAF (P24H>50mm)

STATION DE LONGONI ALTITUDE 40

MES 01/05/1995

DATE	eure du ma	1	2	3	6	12	24	PJ	48	96	pj 7h
18/02/1995	12	37	47	54	57	75.5	75.5	75.5			
09/03/1995	10	30	40	46	75	83.5	94.5	88			
20/03/1995	12	36	48	50.5	55	55	55	55			
13/01/1996	2	40	60	63	69	71	137	71	*137*	*195*	
26/01/1996	13	40	49	49	49	49	62.5	49	*63*	*85*	
05/02/1996	11	50	79	79	79	83	84	83	*86*	*132*	
21/02/1996	10	55	68	80	115	129	138	130	*177*	*198*	
28/03/1996	13	35	57	62	62	62	76	62	*77*	*115*	
02/05/1996	23	36	50	54	54	54	54	50	*54*	*54*	
04/01/1997	7	40	54	54	54	75	75	75			
09/02/1997	14	12	20	21	22	40	72	51	*72*	*91*	
19/02/1997	6	30	52.5	55	57	57	107	57	*107*	*134*	
19/06/1997	11	17	23	30	42	55	56	55	*56*	*56*	
31/10/1997	11	27	39	50	57	57	58	57	*93*	*94*	
15/12/1997	14	31	31	31	31	31	62	31	*71*	*75*	
21/12/1997	12	19	32	40	48	50.5	50.5	50.5	*51*	*67*	
02/01/1998	8	21	28	30	30.5	30.5	54	33	*57*	*66*	
06/03/1998	15	34	55	55	58	60	60.5	58	*69*	*98*	
12/12/1998	8	23	31	52	70	70	70	70	*95*	*96*	
09/02/1999	2	22	31	36	45	46	52	46.5	*55*	*61*	
04/03/1999	6	34	37	39	43.5	47.5	64	47.5	*67*	*106*	
01/01/2000	15	36	55	60	88	100	156	97.5	*172*	*172*	
29/01/2000	6	31	42	61	91	114.5	127	115	*139*	*167*	
04/02/2000	10	26	38	44	49.5	50	50	50	*52*	*52*	
05/03/2000	17	18.5	26	31	42	58	58	58	*65*		
08/03/2000	10	36	52	59	93.5	95	95	95	*95*	*160*	
03/04/2000	11	31	37	41	42	50	50	50	*53*	*55*	
06/03/2001	18	27	36	42	47	72.5	132	104	*175*	*181*	
17/01/2002	20	27	30	30	32.5	51	59	56	_	_	56
19/01/2002	10	30	43	55	67	68	71	70	118	143	70
14/02/2002	10	40	50	55	58	104	104	104	124	146	**58**
18/02/2002	15	40	50	54.5	62.5	62.5	62.5	62.5	91	111	62.5
13/03/2002	17	33	41	47	53	55.5	61	61	95	123	61
11/10/2002	11	45	71	71	83	83	92.5	83	92.5	92.5	83
17/11/2002	16	50	95	120	121	121	121	121	124	129	121
04/12/2002	10	46	58	58	60	60	60	60	64	_	60
08/12/2002	4	*50*	80	92	92	92	106	92	106	166	92
27/12/2002	12	18	26	35	48	48	62	60	_	_	60
28/12/2002	18	15	25	26	28	45	71	50	121	141	50
12/01/2003	0	60	86	86	95	95	95	80	137	180	**94**
13/01/2003	16	33	35	35	35	54	54		63	_	
22/01/2003	10	35	43	48	55	58	58.5	63	93	94	63
05/02/2003	4	48	63	74	98	103	112	103	206	245	103
06/02/2003	12	50	65	82	100	102.5	110.5	102.5	_	_	102.5
19/02/2003	7	35	44	50	51	51	51	51	91.5	94	51
13/03/2003	8	25	60	76	82.5	99	99	82.5	110	146	82.5
03/11/2003	7	50	65	96.5	108	113.5	117	113.5	117	118	113.5
23/01/2004								*150*	*195*	*215*	
07/03/2004	18	20	26	28	40	64	83.5	63	83.5	90	**80**
09/05/2004	6	*25*	*43*	*48*	*51*	*52*	*52*	*52*	*64*	*64*	52
29/08/2004	12	38	41	48	50	50	55	50	51	52	50
23/10/2004	12	15	26	44	44	67	75.5	75.5	117	121	**50**
20/12/2004	12	27	38	50	53	53	54.5	53	58	59	53
09/01/2005	14	35	55.5	55.5	55.5	68	80	79	88.5	94	79
22/02/2005								*108*	*144*	*144*	
13/12/2005								*57.5*	*71*	*75*	
23/01/2006								*101.5*	*115*	*118*	
01/02/2006								*60*	*72*	*84*	
04/03/2006								*62.5*	*85*	*86*	
28/11/2006	14	26.5	30	36	41	44	67	47.00	92.5	108	**41**
24/12/2006	8	94.5	122.5	133.50	170.00	184.5	215	214	245.5	298	**167**
10/01/2007	17	45.5	55.5	56	56	56	60	56.00	61.5	63	**59**
24/01/2008	6	33.5	49	59	82	118.5	181.5	165.00	264.5	270	**167**
05/02/2008	11	64.5	79	81	81	81	81	81.00	81	87	81.00
10/02/2008	11	34	53	58	62	65	67	65.00	76	96	65.00
07/03/2008	6	41.5	74.5	89.5	111	111.5	131.5	131.50	155	156.5	**123**
23/03/2008	11	28.5	40.5	41.5	56.5	57.5	57.5	57.50	57.5	58	57.50
Min		12	20	21	22	30.5	50	31	51	52	
moy		35	49	56	64	71	83	76	101	119	
max		94.5	122.5	133.5	170	184.5	215	214	264.5	298	167
Ratio Ptmax/pjmax		0.44	0.57	0.62	0.79	0.86	1.00	1.00	1.24	1.39	

MAYOTTE : DEPOUILLEMENT DES PLUVIOGRAPHES DE LA DAF (P24H>50mm)

STATION DE CONVALESCENCE ALTITUDE 332

MES 01/02/1995
MANQUE mars-95 déc-96 mars-97

		Durée (heures)									
DATE	heure approximative du max	1	2	3	6	12	24	PJ 0h-0h	P48	P96	PJ 7h-7h
11/02/1995	3	20	28.5	28.5	29	42	51	50			
18/02/1995	13	*50*	100	118.5	127	136.5	136.5	136.5			
01/03/1995	10	*60*	92	94	95	95	116	95			
05/03/1995	23	50	95	107	117	121	134	85	148		
09/03/1995	7	40	60	61	89	102.5	132	107	147		
09/12/1995	9	*75*	91.5	92	92.5	92.5	93	92.5			
18/12/1995	8	36	50	52.5	54	61.5	61.5	61.5			
11/01/1996	9	16	24.5	33.5	41.5	47	56.5	47.5	*57.5*		
12/01/1996	12	47	70	72	76	76	151	76	*151.5*	*209*	
27/01/1996	12	*40*	58	62	62.5	63	86	63	*109*	*134*	
02/02/1996	21	*40*	72	73	80	80	91	89.5	*96*	*171.5*	
05/02/1996	11	*50*	61	63	63	74.5	74.5	74.5	*75.5*		
07/02/1996	4	24	29	37	40	72	76	75	*76*	*102*	
18/02/1996	18	*75*	145	165	182	187	267	203	*300*	*400*	
21/02/1996	10	36	36	50	66	76	86	76	*100*		
13/01/1997								*65.5*	*66*	*110*	
09/02/1997								*60*	*90*	*95*	
17/03/1997								*71*	*71*	*88*	
18/08/1997	*10*	*11*	*18*	*27*	*50*	*65*	*72*	*65*			
14/12/1997	13	30	50	53	54	55	55	55	*55.5*	*68*	
02/01/1998	8	*25*	48	51	54	54	59	54	*74*	*87.5*	
14/01/1998	20	35	65	72	80	85	91	85.5	*103*	*164.5*	
17/01/1998	1	18	33	39	42.5	45	52.5	46	*61.5*		
18/04/1998	9	20	34	40	53.5	53.5	57	53.5	*82.5*	*83*	
08/10/1998	5	29	47	48	53	53	53	53	*54*	*54.5*	
07/12/1998	12	50	72	75	76	76	76	76	*77*	*77*	
12/12/1998							59.5	59.5	*69.5*	*69.5*	
24/01/1999		15	25	31.5	51	51	57.5	52.5	*74*	*114*	
11/02/1999	2	37	44	49	69	70	70	70	*95*	*103*	
17/02/1999								69	*95.5*	*142.5*	
03/03/1999	17	*25*	46	46	46	49	90	46	*104*	*142*	
21/03/1999	14	32	44.5	46	49.5	49.5	51	50	*93*	*139*	
01/01/2000	14	36	40	48	54	70	71	70			
02/01/2000	6	19	31	42	57	80	141	105	*176*	*187*	
30/01/2000	13	51	83	110	141	145	152	146	*161*	*219*	
03/02/2000	10	40	69	69	69	69	81	69	*91.5*	*96.5*	
10/02/2000	14	50	55	55	56	56	63	56	*65.5*	*80*	
08/03/2000	9	47	50	62	100	100.5	100.5	100.5	*101*	*147.5*	
24/03/2000	7	26.5	30	33.5	43.5	50.5	57.5	50.5	*58*	*72*	
21/10/2000	9	42	52.5	52.5	52.5	52.5	58.5	52.5	*61*	*71*	
09/12/2000	14	35	42	43	50	50	59	50	*66.5*	*75.5*	
30/12/2000	1	16	29.5	35.5	51	54	70	38.5	*77.5*	*85.5*	
23/01/2001	15	24	28	29	31	48	55	32	*61.5*	*71*	
04/02/2001	6	30	37	37	37	44	57	55	*61.5*	*78*	
06/03/2001	14	42	51	56	75	115	196	133.5	*262.5*	*266*	
07/03/2001	12	39	53	63	80	113		129			
13/01/2002	22	25	30	32.5	32.5	41.5	66.5	66.5	88	***89***	*66.5*
19/01/2002	10	*26*	40	54	61.5	65.5	77.5	71.5	150	210	*71.5*
20/01/2002	16	37	60	67	71	71	71	71			*71*
14/02/2002	0	*75*	137.5	175	196	247	302.5	185	351	360	**253**
05/03/2002								*92*	*100.5*	*116*	*92*
13/03/2002	15	34	48	54	72	73	76	76	96	129	*76*
08/12/2002	*10*				*80*	91	91	91	115	115	*91*
14/01/2003	6	30	55	75	125	190	196	194	245	263	*194*
13/03/2003								*59*	*62*	*64.5*	*59*
31/12/2003	14	30	47	47	74	75	75	75	*100*	*106*	*75*
23/01/2004	19	30	37	56	62	71	100	74	131	146	*74*
27/01/2004	23	36	43	50	55	88	124	88	133	137	**69**
07/03/2004	14	34	42	52	81	155	200	172	219	234	**198**
15/11/2004	14	25	42	50	59	59	61	59	*61*	*100*	
27/11/2004								*126.5*	*138*	*138*	
09/01/2005	8	28	28	28	50.5	50.5	53.5	53.5	62	78	
20/01/2005								*95.5*	*123*	*168*	
06/02/2005								*42.5*	*70*	*70*	
22/02/2005	4	30	55	75	121.5	132	153.5	153.5	181	189	
03/03/2005	4	35	40	51	56	57.5	70	61	70	78	
18/03/2005	8	39	39	39	49	56	67	49	71	71	
29/12/2005	19	32	33	33	37	53.5	81	39	106.5	124.5	
06/01/2006	14	60.5	73.5	73.5	73.5	74	74	74	125	131	
21/01/2006	10	40	44	44.00	59.50	62.5	62.5	62.5			
23/01/2006	3	46	56	58	61.5	64	75	73.5	124.5	158	
01/02/2006	1	24.5	32	37.5	55	63	73	64.5	106	128	
29/03/2006	14	85.5	101	101	101	101	101.5	101	101.5	104	*101*
05/05/2006	23	24	29	34	42	51	53.5	43.5	88.5	94	
28/11/2006	17	25	30.5	52.5	59.5	61	96	68	129	154.5	**61**
29/11/2006	13	28.5	35.5	41	56	57		57			
24/12/2006	7	79	125	157	207	277.5	303	290.5	343	362	**242**
11/01/2007	4	35.5	50.5	58	60.5	100	108	60.5	160	181.5	**100.5**
12/01/2007	11	38.5	49.5	51.5	52	52	52	52			
10/02/2007								***61.5***	*85*	*95*	
24/02/2007								***46.5***	*58*	*70*	
06/03/2007								***55***	*82*	*90*	
18/03/2007								***49.5***	*65*	*79*	
14/09/2007	*13*	*13*	*24.5*	*25.5*	*33.5*	*49.5*	*54.5*	***32***	*62.5*	*63.5*	
24/01/2008	*5*	*75.5*	*127.5*	*145*	*195.5*	*299*	*440.5*	*394*	*561.5*	*636.5*	***267***
10/02/2008	11	34	55.5	67	87	110.5	116.5	110.5	144.5	220.5	85
13/02/2008	9	21	22.5	22.5	39.5	40	55	40			
07/03/2008	7	40.5	69	94	131	139	158.5	158.5	199	208.5	**143.5**
16/05/2008	10	57	91	92.5	92.5	92.5	92.5	92.5	93	93	
Min		11	18	22.5	29	40	51	32	54	54.5	
moy		37	54	61	73	85	100	84	118	141	
max		85.5	145	175	207	299	440.5	394	561.5	636.5	267

MAYOTTE DEPOUILLEMENT DES PLUVIOGRAPHES DE LA DAF (P24H>50mm)

STATION DE BANDRAZIA NORD ALTITUDE 140

MES 01/01/1995

DATE	ure du m	1	2	3	6	12	24	PJ	48	96	PJ7H
04/01/1995	4	33	43.5	45.5	48	51	53	49	54		
11/02/1995	9	21.5	24	24	24	33	57	36.5			
09/03/1995	6	10	10	14	29	52	80	76	115		
27/04/1995	14	46	63.5	65.5	65.5	65.5	66	65.5			
31/10/1995	3	51	60.5	61	61.5	61.5	61.5	61.5			
13/01/1996	4	50	72	86	94.5	94.5	162	94.5	*195*	*201*	
07/02/1996	6	31	50	55	58	68.5	73	72	*75*	*110*	
21/02/1996	13	17	26	29	50	57	61	57.5	*107*	*112*	
26/03/1996	10	58.5	58.5	58.5	59	59	59.5	59	*65*	*90*	
10/02/1997	10	35	46	46	46	69	96.5	51	*116*	*120*	
18/02/1997	9	35	40	41.5	42	42	62.5	47	*65*	*72*	
19/06/1997	9	17	24	28	39	55	57.5	55	*60*	*60*	
21/12/1997	13	42	72	72	73	78	79	79	*79*	*99*	
13/01/1998	17	29	41	46	55	62	80	64	*92*	*125*	
11/04/1998	11	50	54	55	55	55	67	55	*88*	*113*	
02/11/1998	15	46	82	82	82	82.5	82.5	82.5	*97*	*98*	
12/12/1998	12	30	50	59	78	80	80	80	*98*	*100*	
07/01/1999	11	38	44	47	51.5	51.5	53.5	51.5	*65*	*67*	
24/01/1999	14	27	47	49	50	50	50.5	50	*68*	*73*	
01/10/1999	1	48	59	59	59	59	66	41	*67*	*76*	
02/01/2000	4	21	34	43	59	79	132	92	*152*	*152*	
29/01/2000	9	27.5	28	37.5	49	80	84.5	84.5	*95*	*105*	
09/02/2000	15	34	50.5	52	52	52.5	53	52.5	*53.5*	*55*	
16/02/2000	14	47	68	68.5	68.5	68.5	74.5	68.5	*132*	*148*	
18/02/2000	7	43	50	51	52.5	52.5	57.5	52.5			
05/03/2000	17	38	43.5	44.5	80.5	83	84	83	*87.5*	*127*	
19/03/2000	13	28	43	58	62	62	62	62	*67*	*116*	
02/11/2000	4	50	79	79	79	79	79	79	*79*	*80*	
29/12/2000	0	24	27	33	55	60	60	35	*72*	*74*	
06/03/2001	12	30	48	49.5	57	97.5	134.5	115	*171*	*180*	
23/03/2001	11	48	48.5	48.5	48.5	48.5	70	48.5	*83*	*86*	
29/03/2001	11	51	56.5	56.5	56.5	59	64.5	59	*64.5*	*65.5*	
19/01/2002	14	3	6	10	19.5	34	57.5	49	*74*	*111*	
14/02/2002								***232***	***257***	***283***	
05/01/2003	3	46	91	92	113	119	120	116	211	249	**125**
06/01/2003	13	40	75	80	89	90	117	90			90
14/01/2003	4	39	50	55	56	77	80	78	111	118	78
09/11/2003	7	58	105	107	114	120	120	120	126	126	120
18/11/2003	12	24	30	33	45	69	69	69	69	100	69
04/01/2004	19	30	52	65	67	67	67	67	96	132	67
22/01/2004	16	25	37	41	50	54.5	54.5	54.5			54.5
23/01/2004	18	45	77	100	119	164.5	168	164	222	277	164
07/03/2004	17	20	28	38	54	94	109	60	*110*	*127*	**108**
04/04/2004	20	42.5	42.5	42.5	50	65	65	65	105	208	65
08/04/2004	12	46	77	100	100	100	100	100	100		100
15/04/2004	12	27	50	56	72	73	73.5	73	73.5	100	73
09/05/2004	4	31	34	39	46	46	71	71	74	105	71
23/10/2004	11	50	93	93	96	105	106	106	132	147	106
21/11/2004	13	28	38	48	52	52	52	52	57	60	52
02/12/2004	5	25	45	52	65	65	65	65	65	65	65
08/01/2005	10	30	41	44	61	61.5	61.5	61.5	86	115	61.5
20/01/2005	8	30	40	59	79	87	104	104	115	115	104
25/01/2005								***55***	***55***	***60***	55
12/02/2005	18	40	75	85	95	101	101	101	101	106	101
22/02/2005	4	40	50	75	115	121	163	155	200	210	155
15/03/2005	11	50	69	76	82	83	83	83	86	163	83
17/03/2005	22	40	50	51	53	64	78	62	78		62
27/04/2005	13	27	50	57	58	59	62	59	77	78	59
13/12/2005								***82***	***102***	***108***	82
30/12/2005	8	22	29.5	35	36.5	63.5	78.5	57	81.5	95	**43**
05/01/2006	14	45.5	46	46	51.5	51.5	52	51.5	55	60	51.5
23/01/2006	3	113.5	132.5	134.5	136	138.5	155	152.5	169.5	183.5	**139**
01/02/2006	2	40.5	47	59	68.5	74	75.5	70	84	100	**74.5**
04/03/2006	11	28.5	36	49.5	58.5	78	78	78	107.5	122	78
05/05/2006	23	33	36	40	46	51.5	55.5	41.5	81.5	85.5	**55.5**
29/11/2006	13	32.5	39.5	51	58.5	62	100.5	71	135.5	172.5	**60.5**
24/12/2006	4	34	37	43.5	72	87.5	98	97	127.5	149	**58.5**
31/12/2006	14	36.5	58.5	62.5	64.5	64.5	64.5	64.5	90.5	94.5	64.5
10/01/2007	19	44	68	75	78	80.5	83	78.5	88	105	**82.5**
28/01/2007	6	32	53.5	55	62	71.5	72	71.5	80.5	93.5	**54.5**
24/02/2007											
09/03/2007											
28/04/2007											
13/09/2007	13	22.5	25	25	44.5	45.5	71	45.5	75.5	75.5	**50.5**
10/01/2008											
16/01/2008											
23/01/2008											
25/01/2008											
05/02/2008								93.5			
10/02/2008	11	44	74	78.5	84	90	95	90.5	110.5	144.5	90.5
29/02/2008	12	67.5	72	72.5	72.5	72.5	72.5	72.5	73.5	83	72.5
07/03/2008	4	58	79.5	91.5	109.5	114.5	141	141	165	167	**117.5**
23/03/2008	10	48.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	99.5	114	73.5
31/03/2008	11	47	70	90	105	106	109.5	106	140	161	**108**
MIN		3	6	10	19.5	33	50.5	35	53.5	55	43
MOYENNE		38	52	58	66	73	83	77	102	119	82
MAX		113.5	132.5	134.5	136	164.5	168	232	257	283	164

MAYOTTE DEPOUILLEMENT DES PLUVIOGRAPHES DE LA DAF (P24H>50mm)

STATION DE KOUALE ALTITUDE 45

MES 01/02/1995
MANQUE

DATE	heure du max	1	2	3	6	12	24	PJ	48	96	PJ 7H
18/02/1995	13	30	47	51	57	61	62	61			
20/02/1995	14	50	55	55	81	82.5	83	83			
01/03/1995	10	*50*	93	93	95	95	125	95			
04/03/1995	19	26	40	47	55	56	67	63			
05/03/1995	19	*40*	71	100	107	111	134	120			
09/03/1995	7	13	24	32	46	55	80	60	*104*		
12/01/1996	11	30	43	50	73.5	91.5	138	91.5	*190*	*243*	
26/01/1996	11	38	38	38	54	54	54	54			
27/01/1996	13	50	74	74	86	86.5	94	86.5	*140*	*168*	
05/02/1996	10	43	47.5	50.5	50.5	50.5	54	54	*55*		
07/02/1996	6	20	29	41	43	63	66	66	*66*	*121*	
12/03/1996	6	*21*	*35*	*53*	71	77	78	78	*98*	*150*	
20/03/1996	11	53	53	53	53	53	53	53	*53.5*	*73*	
13/01/1997	5	36	49	49	71	71	71	71	*85*	*98*	
14/01/1998	19	36	57	77	87	101.5	107	92.5	*114*	*159*	
09/04/1998	7	*15*	*25*	*37*	*50*	*79*	79	79	*79*	*104*	
18/04/1998	10	40	53	63	81	81	81	81	*114*	*115*	
25/01/2000	11	32	32	32	32	44	59	44	*62*	*109*	
10/02/2000	12	35	46	55	75.5	76	88.5	76	*109*	*128*	
08/03/2000	10	27	39	44	70.5	70.5	70.5	70.5	*70.5*	*86*	
09/12/2000	13	55	69	69	70	70.5	73.5	70.5	*78*	*82*	
29/12/2000	0	25	47	52.5	61.5	61.5	62	33	*62*	*79*	
09/01/2001	12	30	48	51.5	59	59	61.5	59	*60*	*65*	
06/03/2001	11	10	19	26.5	40	57.5	77.5	67.5	*172*	*185*	
29/03/2001	13	37	37	37	37	52	54	52	*54*	*55*	
12/01/2001	14	26	36	36	57	57	64.5	57.5	_		
13/01/2001	14	50	51.5	51.5	57	67.5	78.5	78.5	*136*	*181*	
17/01/2002	21	16	17.5	18.5	27	39	56	35	_	_	35
19/01/2002	11	55	66.5	74.5	86	93	96	95.5	154	230	95.5
20/01/2002	14	30	30	50	54.5	54.5	55	54.5	_	_	54.5
30/01/2002	14	64	100	107	111	111	111	111	151.5	163	111
14/02/2002	2	45	75	100	149.5	180	184	183	193.5	224.5	183
05/03/2002	10	50	86	95	110.5	110.5	112.5	110.5	125.5	167.5	110.5
14/03/2002	20	25	27	29	36.5	64	64.5	64	66	68	64
29/03/2002	16	34	47	47	47	47	51	47	51	54	47
11/11/2002	***8***							***34***			34
17/11/2002	12	80	95	108	113	113.5	113.5	113.5	114.5	115	113.5
08/12/2002	12	35	50	67	101.5	101.5	101.5	101.5	139.5	147	101.5
28/12/2002	20	20	25	28	45	45	66	59	84	123	**45**
14/01/2003	***6***	**30**	**50**	**75**	**110**	**152**	**159**	**158**	**198**	**200**	158
03/02/2003	10	45	50	50	55	59	59	56	85	_	56
06/02/2003	11	46	48	48	64	64	72	64	89	158	**71**
14/02/2003	4	15	27	29	42	44	56	42	58	59	42
19/02/2003	3	20	39	39	39	40	61	39	61	63	39
04/03/2003	13	24	41	54	72	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5
09/03/2003	12	25	39	54	61	61.5	78	61.5	78	_	61.5
13/03/2003	8	37	52	54	68.5	73	107.5	68.5	121.5	191	68.5
31/12/2003	14	35	70	85	98	98	103	98	104	104	98
04/01/2004	19	33	48	49	50	50	81	50	85	85	50
15/01/2004	17	26	26	26	50	53	53.5	53.5	54	*107*	53.5
23/01/2004	17	26	50	73	94	132	138	134	189	219	134
24/01/2004	20	32	40	48	49	50	52	55			55
28/01/2004	0	33	43	49	53	72	110	110	124	134	110
02/03/2004	15	51	51	51	51	51	80	53	115	116	53
07/03/2004								***81***	***155***	***175***	81
08/03/2004								***74***			74
18/04/2004	6	52	64	64.5	64.5	64.5	65	64.5	65	102	64.5
09/05/2004	4	35	41.5	47.5	50	50	51	51	65	114	51
27/11/2004	11	50	84	101	115	115	115	115	126	128	115
31/12/2004	5	64	73	75	83	84.5	87	87	90	119	87
20/01/2005								***87***	***104***	***125***	87
21/02/2005								***52***	***87***	***90***	52
26/02/2005		21	29	40	47	49	55	50.5	60	85	50.5
17/04/2005		45	78	83	86	86	86.5	86.5	87	90	86.5
05/01/2006	15	33.5	48.5	50.5	62	62	62.5	62	97	99.5	62
21/01/2006	10	41.5	42.5	42.5	55	55		55			**51.5**
23/01/2006	3	41.5	47	49	52	53.5	69	67.5	102.5	137	**42.5**
31/01/2006	2	16	18.5	21.5	32.5	43.5	56	39.5	77	100.5	**55**
28/02/2006	10	37	38	38	38	53	53.5	53	55	90.5	53
22/03/2006	16	113	167	169.5	169.5	169.5	212	**78**	216.5	218	**208**
29/03/2006	14	73.5	88	88	88	53.5	88	**42**	102.5	137	**88**
13/04/2006	3	59	60	60	60	60	60.5	**31.5**			31.5
14/04/2006	7	53	54.5	54.5	55.5	59.5		**31.5**			31.5
15/04/2006	10	78	86	86	86	86	90	**45**	146	232	**86.5**
05/05/2006	19	36.5	39.5	40	59	68.5	75.5	62	98	103.5	**72**
06/08/2006	12	40.5	47	50.5	50.5	50.5	50.5	50.5	64	80.5	50.5
28/11/2006	16	26.5	37	51.5	55.5	55.5	73.5	60	96.5	116.5	**56**
24/12/2006	6	65.5	107	125.5	157	212.5	239.5	223	270	298.5	**172**
31/12/2006	14	36	57	63.5	66	66.5	67	66.5	110	111.5	66.5
10/01/2007								***92***	*136*	*207*	92
10/02/2007	11	30.5	38	43.5	45.5			***68.5***	*110*	*121*	68.5
15/04/2007								***52.5***	*53*	*53*	52.5
15/12/2007								***68.8***	*77*		68.8
18/12/2007								***78***	*78*	*148*	78
10/01/2008								***68.8***			68.8
11/01/2008								***75.2***	*144*	*156*	75.2
24/01/2008	5	***96.5***	115.5	123	130.5	211.5	244.5	231.5	287.5	291.5	**115.5**
10/02/2008								***79.5***	*91*	*116*	79.5
16/05/2008	10	57	91	92.5	92.5	92.5	92.5	92.5	93	93	92.5
Min		10	17.5	18.5	27	39	51	33	51	54	
moy		36	49	56	67	73	82	73	101	125	
max		113	167	169.5	169.5	212.5	244.5	231.5	287.5	298.5	208

MAYOTTE DEPOUILLEMENT DES PLUVIOGRAPHES DE LA DAF (P24H>50mm)

STATION DE GOULOUE ALTITUDE 155

MES 01/02/1995
MANQUE

DATE	heure du max	1	2	3	6	12	24	PJ	P48	P96	PJ 7H
18/02/1995	13	27	40	47	55	56.5	56.5	56.5			
01/03/1995	11	85	132	132	133.5	133.5	156	133.5			
05/03/1995	22	40	75	100	117	121	131	128			
12/01/1996	12	24	40	51	69	75	128	75	160	165	
27/01/1996	12	39	66.5	68.5	72.5	72.5	91.5	72.5	122	166	
05/02/1996	10	36	44.5	46.5	46.5	52	52	52	52		
07/02/1996	5	15	24	33	34	55	58	57	58	110	
20/02/1996	13	18	27	42	58	72	94	82	112	152	
14/03/1996	12	61	65	68.5	69	85.5	85.5	85.5	99	200	
01/09/1996	10	30	36.5	37.5	50	71	71	71	82	82	
13/01/1997	16	30	45	47	54	55.5	56.5	56	63	82	
17/03/1997	12	23	40	57	65	65.5	66	66	66	100	
19/06/1997	9	13	24	32.5	45	53	60	56	61	61	
28/08/1997	9	37	56	64	66.5	66.5	66.5	66.5	67	69	
14/01/1998	20	28	50	72	74	84	90	77.5	102	136	
05/03/1998	13	34	47	47	47	47.5	55	51	62	90	
09/04/1998	4	33	52	52	52	52	52	52	52	68	
18/04/1998	12	25	44	46	58	58	69	58	82	82	
07/02/1999	3	39	49	52	68.5	68.5	69	68.5	90	138	
23/03/1999	15	19	20	20	30.5	39.5	60	44	83	128	
10/02/2000	15	23	35	43.5	56.5	56.5	57.5	56.5	87	99	
08/03/2000	11	24	28	38	61	61	61	61	61	84	
09/12/2000	12	32	50	56.5	57.5	57.5	60	57.5	63	63	
30/12/2000	1	25	43	47	54.5	54.5	56	56	56	79	
06/03/2001	16	27	38	46	58	95	135	115.5			
17/01/2001	20	12	17	18	27	40	51	40	70	_	
19/01/2002	11	39	69	76	80	88	92	89	155	227	89
20/01/2002	16	24	39	42	64	64	64	64	_	_	64
30/01/2002	12	50	75	80	88	88	88	88	113	125	88
17/11/2002	10	40	60	75	77	77	78	78	82	90	78
07/12/2002	14	44	48	48	75.5	75.5	_	75.5	_	_	75.5
08/12/2002	13	33	42	60	76.5	76.5	104	76.5	152	178	76.5
14/01/2003											0
03/02/2003	10	34	45	45	48	49	50	49	71	116	49
04/03/2003	12	35	55	58	59	60	60	60	63.5	63.5	60
30/12/2003	10	25	41	56	72	72	72	72	76	76	72
04/01/2004	12	36	36	36	36	72	79	72	79		72
12/01/2004	13	44	46	48.5	49	49	56	49	58	64	49
23/01/2004	15	50	60	89	119	146	187	154	195	269	154
26/01/2004	8	23	30	36	41	63	78	78	85		78
07/03/2004	17	17	30	37	70	107	134	74	143	149	74
27/11/2004	5	28	46	56	68	68.5	70	68.5	76	84	68.5
31/12/2004								50	55	75	50
20/01/2005								***84.5***	***101***	***111***	84.5
11/02/2005	17	25	41	43	43	57	57	57	57	57	57
22/02/2005								***51***	***100***	***102***	51
26/02/2005	10	36	53	53	56	56	65	56	72	87	56
17/04/2005		35	50	55	62.5	62.5	62.5	62.5	64	84	62.5
11/12/2005	12	48	55.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	**56.5**	**72.5**	56.5
05/01/2006	14	39.5	55	57.5	74.5	74.5	75	74.5	**102**	**108.5**	74.5
23/01/2006								***52***	***67***	***98***	52
31/01/2006								***55.5***	***71***	***86***	55.5
28/02/2006								***59.5***	***64***		59.5
03/03/2006								***55***	***76***	***115***	55
22/03/2006	16	63	90	91.5	91.5	91.5	115	91.5	**116**	**117**	**112.5**
05/05/2006	19	30	34	34.5	55.5	64.5	68.5	55.5	**102.5**	**105**	**66.5**
28/11/2006	17	27	37.5	51.5	56.5	57	80.5	64.5	**109.5**	**134.5**	**57.5**
24/12/2006	7	57	110	134.5	170	224	249	231.5	**287**	**313**	**186.5**
31/12/2006	14	26	46	51.5	53	53.5	53.5	53.5	**93.5**	**95**	53.5
10/01/2007	19	54.5	77	92.5	107.5	125	159	108.5	**191.5**	**256.5**	**133.5**
12/01/2007	10	37	39	56.5	57.5	57.5	57.5	57.5			57.5
10/02/2007								***(76.5)***			
24/01/2008	5	74.5	96.5	113	146.5	201.5	265.5	242	352.5	375.5	**164.5**
10/02/2008	11	35.5	42.5	48	63	79.5	80.5	79.5	**95**	**135**	**56**
07/03/2008	5	34	47.5	63.5	99.5	105.5	124.5	116.5	152	161.5	**100.5**
16/05/2008	11	32	51	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	58	59	57.5
Min		12	17	18	27	39.5	50	40	52	61	
moy		32	47	54	63	69	76	69	85	112	
max		85	132	134.5	170	224	265.5	242	352.5	375.5	186.5

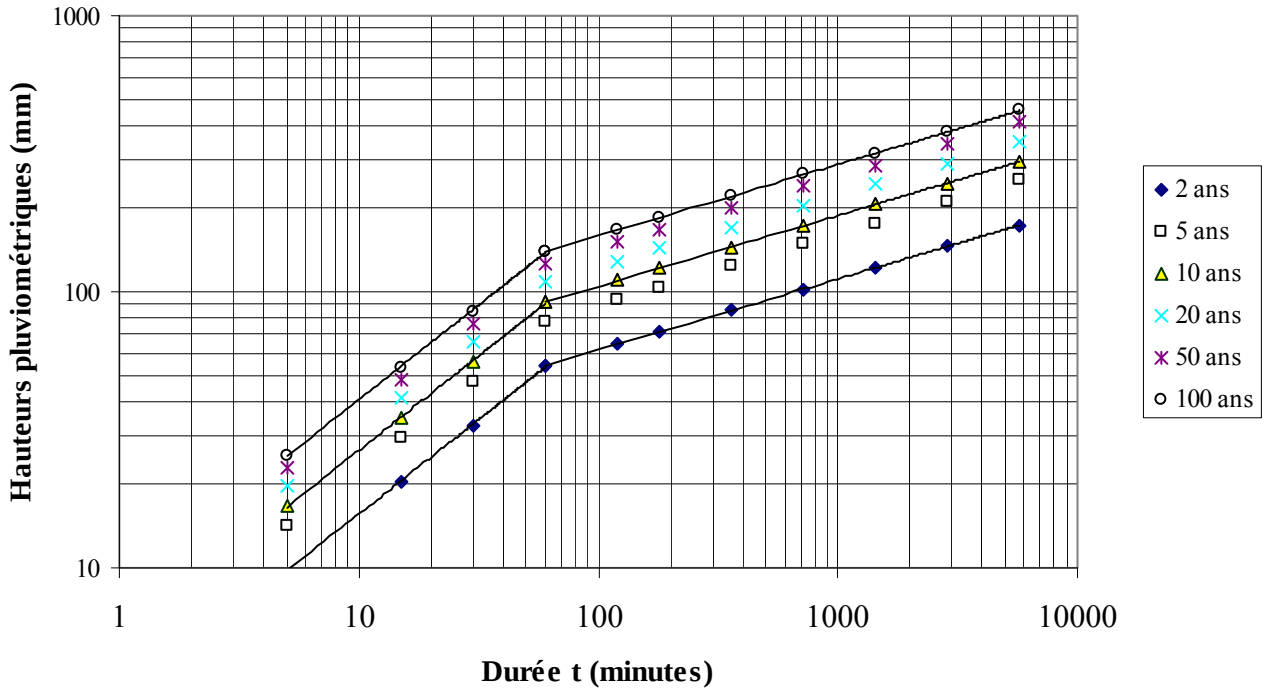
ANNEXE 3

Courbes hauteurs-durée-fréquence

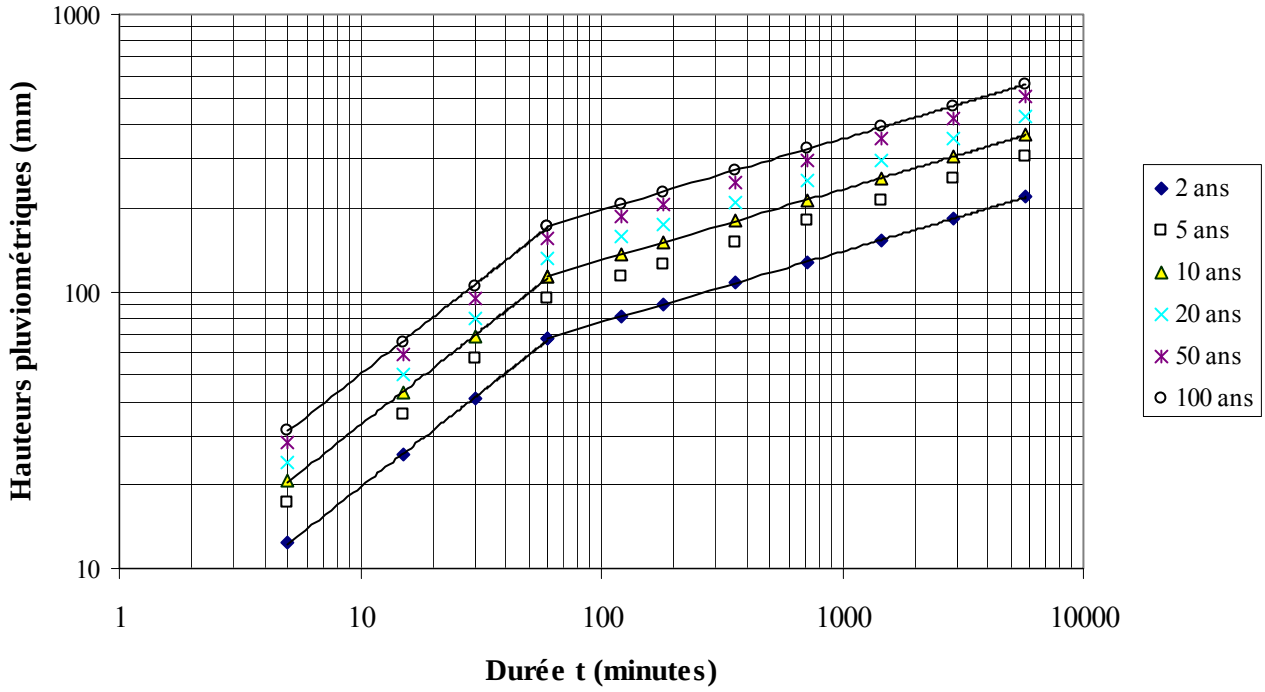
Courbes Intensité-Durée-fréquence

Tableaux des coefficients

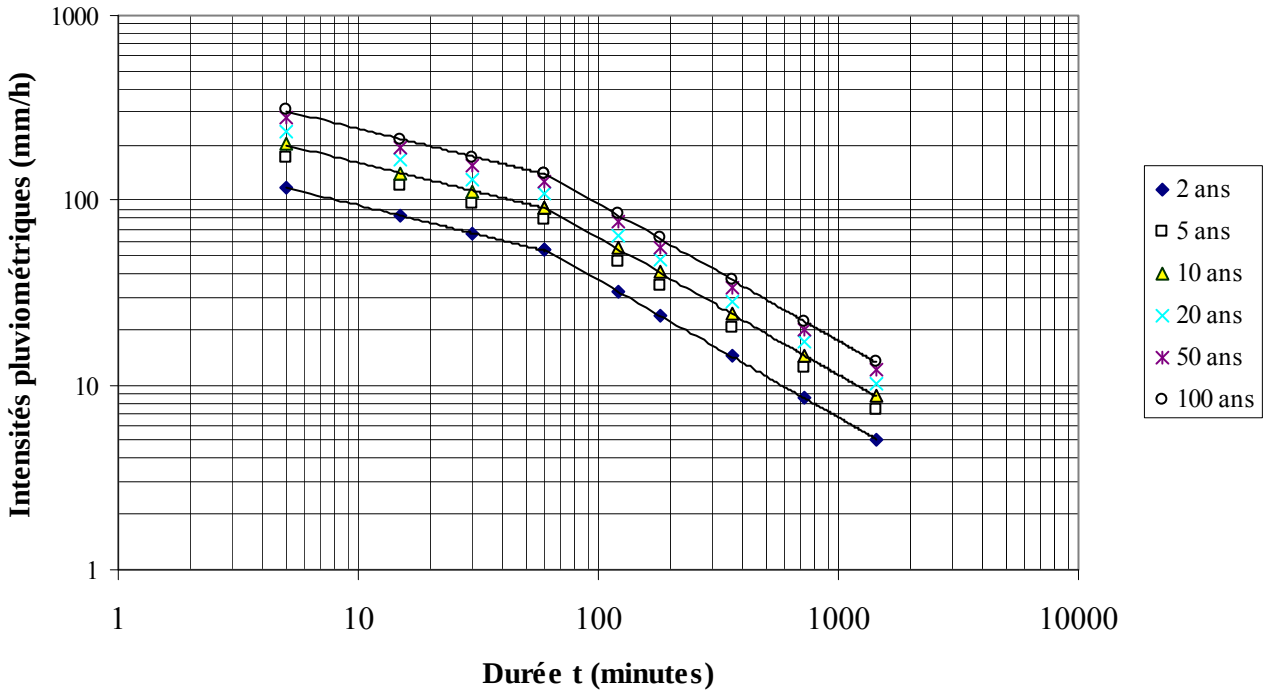
Courbes hauteurs pluviométriques - durée par fréquence
Région 1



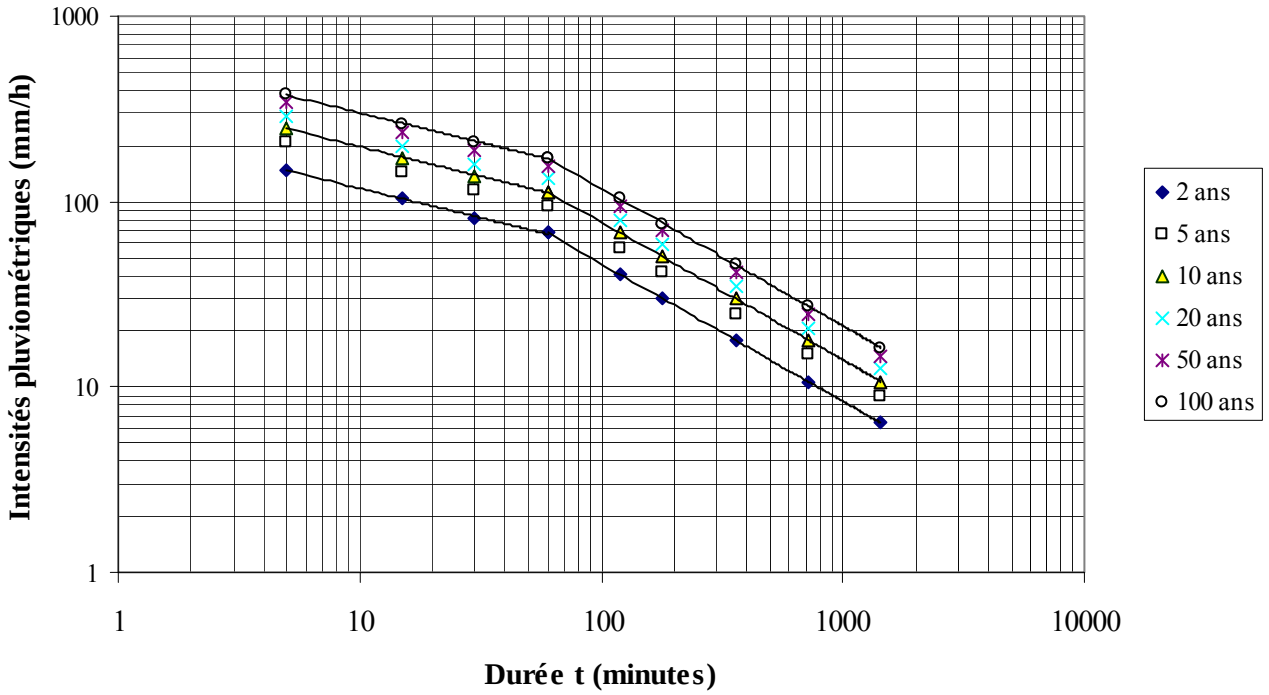
Courbes hauteurs pluviométriques - durée par fréquence
Région 2



Courbes intensités pluviométriques - durée par fréquence
Région 1



Courbes intensités pluviométriques - durée par fréquence
Région 2



AUTRE METHODE POUR LA DETERMINATION DE LA PLUIE DE DUREE t

DE FREQUENCE f ET DE PERIODE DE RETOUR T

Cet autre moyen consiste à intégrer les valeurs de pluie journalière des différentes zones dans le coefficient a et définir ainsi un coefficient A, fonction de f ou de T, on obtient ainsi la relation :

$$P_t(f) = A(T).\ t^b$$

Avec

b sera fixe et ne dépendra que de la durée de pluie cherchée (inferieure ou supérieure à 1heure)

A(T) est fournit par les tableaux ci-dessous.

t <1 heure b=0,6828

Période de retour	A (T)		
(années)	ZONE 1	ZONE2	Convalescence
2	3.25	4.08	4.88
5	4.72	5.69	6.83
10	5.53	6.83	8.13
20	6.51	7.97	9.44
50	7.65	9.44	11.06
100	8.46	10.41	12.36

t>1 heure b=0,257

Période de retour	A(T)		
(années)	ZONE 1	ZONE2	Convalescence
2	18.85	23.64	28.28
5	27.34	33.00	39.59
10	32.05	39.59	47.14
20	37.71	46.19	54.68
50	44.31	54.68	64.10
100	49.02	60.33	71.65

ANNEXE 4

Photographies de quelques stations pluviométriques

PHOTOGRAPHIES DES PLUVIOMETRES

Station de Convalescence : Influence des arbres (couvert végétal)

et des aménagements de sécurité

Station de Kwalé : Influence des arbres (couvert végétal) du vent (situé sur un toit)

et des aménagements de sécurité

Station d'Ongojou : Influence du vent (situé sur un toit) et des aménagements de sécurité

PHOTOGRAPHIES DES PLUVIOMETRES (Suite)

Station de Bandrelé : Influence de la végétation

Station de Mzaouzia: Influence de l'environnement (batiment et antenne) et des aménagements de sécurité

PHOTOGRAPHIES DES PLUVIOMETRES (Suite 2)

Station de Dembeni : Site non influencé par l'environnement

Station de Pamandzi : Site non influencé par l'environnement

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2
France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Réunion
Antenne de Mayotte
9, centre Amatoula – ZI de Kawéni
BP 1398
97600 – Mamoudzou - France
Tél. : 02 69 61 28 13