



UNIVERSITÉ D'ÉTAT D'HAÏTI

(UEH)

FACULTÉ D'AGRONOMIE ET DE MÉDECINE VÉTÉRINAIRE

(FAMV)

DÉPARTEMENT DE GÉNIE RURAL

(DGNR)

**« Caractérisation hydrologique du micro bassin versant de la ravine
de Gingerette (Vilou, 8ème section communale de Maniche) »**

Mémoire de fin d'études

Présenté par : Josué ST FORT

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur-Agronome

Option : Génie rural

Promotion 2008-2013

Mars 2015

Ce mémoire intitulé :

« Caractérisation hydrologique du micro bassin versant de la ravine de Gingerette (Vilou, 8ème section communale de Maniche)» a été approuvé par le jury composé de :

NOM et Prénom	Signature	Date
Hans GUILLAUME , Msc Président
Nyankona GONOMY, PhD Conseiller scientifique/Membre
Gary DOLISCAR, Msc Membre

**Caractérisation hydrologique du micro bassin versant de la
ravine de Gingerette (Vilou, 8ème section communale de Maniche)**

DÉDICACES

Ce travail est dédié à:

- Mon père et ma mère, monsieur et madame Joseph Michelet ST FORT, qui ont consacré toute leur énergie dans ma formation ;
- Mon frère Michel-son et ma sœur Myrlande ST FORT, qui m'ont servi de modèle de réussite scolaire ;
- Ma perle noire, Riphine MAINVIEL ;
- Mes camarades de la promotion 2008-2013, surtout ceux de l'option de Génie rural ;
- Tous mes amis sans distinction.

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je remercie Dieu, le créateur de l'univers, de m'avoir accordé la vie, la santé et l'intelligence nécessaires à la réalisation de ce travail.

Qu'il me soit permis aussi de remercier les personnes suivantes qui ont rendu possible ce travail :

- Le professeur Adermus JOSEPH, mon conseiller scientifique et chef de stage ;
- Le professeur Nyankona GONOMY, mon second conseiller scientifique et directeur du département de Génie rural, pour son support à la réalisation de ce travail ;
- Le professeur Gary DOLISCAR, pour ses précieux conseils ;
- Les ingénieurs-agronomes Gédéon BERTRAND, Djo-marie LAFRANCE pour leur soutien ;
- La famille DEROSIER, pour leur hospitalité ;
- Monsieur Agénor LABOSSIÈRE, le gardien de la station, pour son dévouement à la gestion de cette dernière ;
- Mes amis et collègues, pour leur support moral ;
- Le corps professoral de la FAMV ;
- Mes camarades Lesly JEAN-FRANCOIS, Standley PIERRE et Bob SAINT-FLEUR
- Mes parents et ma petite amie Riphine MAINVIEL, pour leurs encouragements de toutes sortes.

RÉSUMÉ

La plupart des bassins versants du pays sont dégradés et leurs cours d'eau principal et secondaires causent souvent des inondations, occasionnant des pertes matérielles ainsi que des pertes en vies humaines. Bon nombre de projets d'aménagements visent à réduire les risques hydrologiques, mais détiennent très peu de données sur les caractéristiques hydrologiques des différents affluents de ces BV-là. C'est dans ce contexte, qu'il a été proposé d'étudier le comportement hydrologique du MBV de Gingerette.

L'objectif principal était de contribuer à la réduction des risques d'inondation à travers la caractérisation du régime hydrologique du MBV de Gingerette, nécessaire à la mise en place d'aménagements efficaces et durables sur ce dernier. Dans le but d'atteindre cet objectif, de déterminer les caractéristiques physiques et hydrologiques du MBV, la documentation sur le sujet et sur la zone, des ortho photos, des logiciels Excel et Arcgis pour le traitement des données ont été utilisés. Pour la collecte des données pluviométriques, une station a été établie à l'exutoire de la ravine principale.

Le MBV de Gingerette se localise au niveau du sous bassin versant de Maniche, qui lui-même est une partie intégrante du bassin versant de Cavaillon. Il collecte les eaux sur une superficie de 5.9 ha. Sa ravine principale s'étale sur une longueur de 416 m pour une pente moyenne de 7.7 %. Ce micro BV a une forme allongée, avec un coefficient de Gravélius de 1.26, et le temps de concentration estimé par la formule de Giandotti est de l'ordre de 24 minutes. Il est doté d'un système agroforestier dense avec une couverture végétale de 79%. Au cours de la période d'étude, les conditions hydro-climatiques n'ont pas été réunies pour l'obtention de certaines données telles : le débit, le temps de réponse et le temps de montée. Dans l'optique d'évaluer les pluies théoriques pour la construction des courbes intensité-durée-fréquence, une analyse statistique d'une série pluviométrique sur 46 ans (1940-1985) de la station de Camp-perrin, a été effectuée en utilisant la loi de Gauss et de Gumbel. Les résultats obtenus des observations sur la station ne sont pas concluants, et ne peuvent être utilisés pour caractériser le régime hydrologique. Toutefois, l'analyse des séries pluviométriques disponibles, qui ont permis de construire les IDF, peuvent être utilisés afin d'apprécier le comportement hydrologique du micro BV. Il est recommandé qu'une autre étude poursuive sur une longue période, le comportement hydrologique effectif de ce micro bassin versant, surtout en période pluvieuse.

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Distribution des ménages sur le MBV de Gingerette

Carte 2 : Occupation de sol au niveau du MBV de Gingerette

Carte 3: Présentation du réseau hydrographique du MBV de Gingerette

Carte 4 : Répartition des seuils au niveau de la ravine sur le MBV

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1 : Répartition des sections communales des habitations et des localités
- Tableau 2 : Indicateurs démographiques de la commune
- Tableau 3 : Précipitations moyennes mensuelles de la Commune de Maniche
- Tableau 4 : Températures moyennes mensuelles de la Commune de Maniche
- Tableau 5 : Résumé des formules utilisées pour la détermination des paramètres de formes
- Tableau 6 : Caractérisation des maisons sur le MBV de Gingerette
- Tableau 7 : Activités économiques pratiquées sur le MBV
- Tableau 8 : Associations culturelles pratiquées sur le MBV
- Tableau 9 : Calendrier culturel sur le MBV de Gingerette
- Tableau 10 : Caractéristiques physiographiques du MBV de Gingerette
- Tableau 11 : Résumé de la simulation des débits à l'exutoire au droit de la section de contrôle
- Tableau 12 : Cumul des pluies moyennes annuelles des Cayes et de Camp-perrin
- Tableau 13 : Extension des données de Camp-perrin à partir de celles des Cayes
- Tableau 14 : Temps de retour des précipitations moyennes annuelles suivant Gauss
- Tableau 15 : Cumul des pluies (mm) maximales annuelles des Cayes et de Camp-perrin
- Tableau 16 : Extension des données des pluies (mm) maximales de Camp-perrin
- Tableau 17 : Précipitations maximales annuelles pour des temps de retour de 5 à 100 ans suivant Gumbel

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Représentation graphique de la précipitation moyenne mensuelle de la commune de Maniche
- Figure 2 : Représentation graphique de la température moyenne mensuelle de la commune de Maniche
- Figure 3 : Profil en long de la ravine principale
- Figure 4 : Précipitations journalières du mois de Mai
- Figure 5 : Précipitations journalières du mois de Juillet
- Figure 6 : Précipitations journalières du mois d'Aout
- Figure 7 : Précipitations journalières du mois de Septembre
- Figure 8 : Profil en travers de la section de contrôle
- Figure 9 : Courbe de tarage théorique de la section de contrôle
- Figure 10 : Graphique jugeant l'homogénéité des stations
- Figure 11 : Test de normalité de la distribution de Camp-perrin
- Figure 12 : Graphique d'ajustement de la fonction théorique et empirique
- Figure 13 : Courbe Intensité-Durée-Fréquence des pluies théoriques suivant Gauss
- Figure 14 : Graphique du test d'homogénéité des deux stations
- Figure 15 : Test qualificatif de l'ajustement de Gumbel
- Figure 16 : Ajustement de la courbe théorique et empirique suivant la loi de Gumbel
- Figure 17 : Courbe Intensité-Durée-Fréquence de la pluie théorique suivant Gumbel

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

BV : Bassin Versant

GPS : Global Positioning System

IDF : Intensité-Durée-Fréquence

IHSI : Institut Haïtienne de Statistique et de l'Informatique

MARNDR: Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du
Développement Rural

MBV : Micro Bassin Versant

MBVG: Micro Bassin Versant de Gingerette

MICT: Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales

MNT : Modèle Numérique de Terrain

PMDN: Programme de Mitigation des Désastres Naturels

SNRE : Service National de la Ressource en Eau

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Fiche d'entretien des habitants du Micro bassin- versant

Annexe II : Tableau de la simulation des débits, hauteurs de pluie à l'exutoire

Annexe III : Précipitations moyennes mensuelles des Cayes 1940-2013

Annexe IV : Tableaux des intensités théoriques de Gumbel et de Gauss

Annexe V : Valeur du coefficient de ruissellement selon les normes suisses
et selon la méthode rationnelle.

SOMMAIRE

DÉDICACES	iv
REMERCIEMENTS.....	v
RÉSUMÉ	vi
LISTE DES CARTES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	x
LISTE DES ANNEXES	xi
I.-INTRODUCTION.....	1
1.1 Problématique.....	1
1.2 Objectifs	3
1.2.1 Objectif général.....	3
1.2.2 Objectifs spécifiques.....	3
1.3 Hypothèse	3
1.4 Intérêt de l'étude.....	3
1.5 Limitations de l'étude.....	3
II.-REVUE DE LITTÉRATURE.....	4
2.1 Clarification de concepts	4
2.1.1 Définition du bassin versant.....	4
2.1.2 Comportement hydrologique	4
2.2 Travaux réalisés dans le domaine de la caractérisation hydrologique.....	5
2.2.1 Étude hydrologique du bassin versant de la Dive.....	5
III.-CADRE PHYSIQUE.....	8
3.1 Vue générale	8

3.2 Géographie.....	8
3.3 Climat.....	9
3.3.1 Précipitations.....	9
3.3.2 Température.....	10
3.4 Ressources naturelles.....	11
3.4.1 Eaux.....	11
3.4.2 Sols.....	11
3.4.3 Végétation.....	11
3.5 Particularités socio-économiques.....	11
3.5.1 Système éducatif.....	11
3.5.2 Santé.....	12
3.5.3 Système de culture.....	12
3.5.4 Système d'élevage.....	12
3.5.5 Marché.....	12
3.5.6 Autres activités économique.....	12
IV.-METHODOLOGIE.....	13
4.1 Matériels utilisés.....	13
4.2 Méthode de travail.....	13
4.2.1 Recherche bibliographique.....	13
4.2.2 Visite exploratoire.....	13
4.2.3 Détermination des caractéristiques physiographiques, hydrologiques et analyse du réseau.....	13
4.2.4 Réalisation des cartes.....	14
4.2.5 Constitution de la base de données de la pluie et construction de la courbe de tarage.....	15

4.2.6	Analyse statistique des données pluviométriques et construction de la courbe IDF	15
4.2.7	Collecte des données socio-économiques	16
4.2.8	Analyse et traitement des données	16
V.- RÉSULTATS ET DISCUSSIONS		17
5.1	Description du MBVG	17
5.1.1	Distribution et caractéristiques des ménages	17
5.1.2	Activités économiques	26
5.1.3	Occupation de sol	27
5.2	Caractérisation physiographique du MBVG	30
5.2.1	Analyse du réseau hydrographique	30
5.2.2	Niveau de dégradation du réseau	33
5.2.3	Aménagement au niveau de la ravine	33
5.2.4	Géologie	35
5.2.5	Pédologie	35
5.2.6	Relief et altitude	35
5.3	Caractérisation hydrologique	36
5.3.1	Précipitations	36
5.3.2	Temps de concentration	39
5.3.3	Débit	39
5.3.4	Autres caractéristiques hydrologiques	39
5.3.5	Considérations sur le coefficient de ruissellement	40
5.4	Construction de la courbe de tarage	40
5.5	Particularités climatiques	42
5.5.1	Traitement statistique des données	42

5.5.2	Test d'applicabilité de la loi de Laplace-Gauss	46
5.5.3	Détermination des valeurs théoriques des précipitations moyennes annuelles par la loi de Gauss.....	47
5.5.4	Application de la loi de Gumbel aux valeurs maximales	48
5.5.5	Test d'applicabilité de la loi de Gumbel.....	52
5.5.6	Détermination des précipitations théoriques maximales pour des périodes de retour allant de 5 à 100 ans	53
VI.-CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS		55
6.1	Conclusion.....	55
6.2	Recommandations	56
VII.-BIBLIOGRAPHIE.....		57

ANNEXES

I.-INTRODUCTION

1.1 Problématique

Dès le début du troisième millénaire, le monde fait face déjà à de graves problèmes environnementaux imputables aux activités de l'homme. La dégradation drastique des ressources naturelles et la raréfaction de ces dernières, plus particulièrement l'eau douce, poussent l'homme à sonner l'alarme. Aujourd'hui, partout dans le monde la thématique de la ressource en eau est au centre des mobilisations, car son abondance est aussi néfaste que sa rareté pour l'homme.

En effet, dans certains pays du globe, suite à une déforestation ou un surpâturage, les problèmes de pertes de sols au niveau des versants dus à de fortes averses sont devenus très courants, et contribuent grandement à un appauvrissement des sols cultivés (CHAPONNIERE, 2005). Ces environnements fragiles sont pourtant particulièrement stratégiques à préserver dans le contexte actuel de recherche de durabilité, et de raréfaction de la ressource en eau. Une érosion importante conduit à un stockage minimal d'eau dans les sols et donc un approvisionnement moins long des cours d'eau et des événements extrêmes encore plus violents ; aucune retenue des pluies abondantes, d'où de fréquentes inondations. Elle peut aussi provoquer un envasement des barrages.

Haïti n'échappe, néanmoins, pas à ce grand problème de dégradation de l'environnement. Le relief du pays est caractérisé par son aspect accidenté ce qui, le prédispose à l'érosion de ses versants et l'inondation de ses plaines et bas-fond. Les phénomènes climatiques (irrégularité et violence des pluies), hydrologiques (régime torrentiel des rivières), biogéographiques (déboisement en particulier) déterminent des formes d'ablation dévastatrices: glissements de terrain, éboulements, érosion en nappe ou en ravinement, sapement des berges des cours d'eau et ont une répercussion néfaste sur l'agriculture du pays (Butterlin, 1960; Maurasse, 1980). Les mauvaises pratiques agricoles et la coupe abusive des arbres ne font qu'aggraver la vulnérabilité d'Haïti face aux intempéries.

On estime que la couverture forestière d'Haïti est de moins de 2%. Chaque année 10 à 20 millions d'arbres sont abattus alors que le taux annuel de reforestation est de 0.7 % .les pertes annuelles en sol arable sont grandes et sont estimées à plusieurs millions de tonnes métriques (SAINT-GILLES, 2000).

Les inondations constituent un problème majeur dans presque tous les 30 plus grands cours d'eau, à cause d'intenses pluies saisonnières, d'irruption de tempêtes dans les zones côtières, un paysage déboisé et érodé, et les lits des rivières chargés de sédiments. Haïti se situe sur la trajectoire des cyclones et ouragans qui traversent le bassin de la Caraïbe. Chaque année en période cyclonique, de lourdes pertes en matériel, bétail et en vies humaines sont répertoriées surtout dans la côte sud du pays. Il est indéniable que l'absence quasi complète de digues et de barrages sur les cours d'eau, intensifie les crues, et subséquemment amplifie les dégâts (OXFAM, 2014).

Le micro bassin versant de Gingerette fait partie du bassin versant de Cavaillon et du département du Sud, lequel, de par sa position, est très vulnérable aux intempéries. La ravine sèche qui sillonne le micro bassin versant alimente en période pluvieuse et en période cyclonique la rivière cavaillon dont les crues sont dévastatrices et meurtrières pour les populations de Maniche, Cavaillon et les environs. Malgré les travaux de protections des berges de la rivière de cavaillon, ses affluents et plus particulièrement la ravine de Gingerette, continuent à fournir des débits susceptibles de les emporter périodiquement. Malgré cette situation alarmante, les données hydrométriques et hydrologiques de base et pertinentes pouvant permettre des réflexions et des prises de décisions sont rares et dans la plupart des cas inexistantes. Or, tout aménagement soit en amont ou en aval de ce micro bassin versant nécessite une connaissance du régime hydrologique de ce dernier. C'est dans cette optique qu'il a été proposé de réaliser une caractérisation hydrologique du micro bassin versant de Gingerette. Cette caractérisation, permet entre autre de produire des données nécessaires à une planification des aménagements au niveau du micro bassin versant et d'orienter le choix des crues de projet.

1.2 Objectifs

1.2.1 Objectif général

Contribuer à la réduction des risques d'inondation à travers la caractérisation du régime hydrologique du MBV de Gingerette, nécessaire à la mise en place d'aménagements efficaces et durables sur ce dernier.

1.2.2 Objectifs spécifiques

- Délimiter le micro bassin versant de Gingerette et analyser le réseau hydrographique ;
- Constituer une base de données sur la pluie permettant de caractériser le MBV;
- Construire une courbe IDF à partir de données historiques ;
- Définir les principales caractéristiques hydrologiques du MBV ;
- Construire une courbe de tarage.

1.3 Hypothèse

L'analyse des données pluviométriques, permet d'avoir des outils utiles dans l'appréciation des apports d'eau en provenance du MBV de Gingerette.

1.4 Intérêt de l'étude

Les données hydro-climatiques revêtent une importance capitale dans toute campagne d'aménagement d'un bassin versant. Généralement ces données-là sont inexistantes ou indisponibles. Par conséquent, une telle étude se veut être une contribution à l'élaboration d'une base de données et d'outils qui serviront de guide à toute planification des aménagements au niveau du micro bassin versant.

1.5 Limitations de l'étude

Les limitations de cette étude se situent à plusieurs niveaux :

- À cause d'une sécheresse inattendue qui sévissait dans la zone, les averses unitaires qui permettraient de mesurer la vitesse du courant à l'exutoire et les temps caractéristiques (temps de montée, temps de réponse) n'ont pas été enregistrées. Ceci limite les conclusions sur les caractéristiques hydrologiques du MBV.
- Les données pluviométriques de longues séries pour la commune de Maniche n'étaient pas disponibles.
- En raison de la très faible superficie du MBV, l'extraction des classes de pente et classes d'altitude n'a pas pu être effectuée à partir du MNT.

II.-REVUE DE LITTÉRATURE

2.1 Clarification de concepts

2.1.1 Définition du bassin versant

Le bassin versant représente, en principe, l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets. Le bassin versant en une section droite d'un cours d'eau, est donc défini en termes de la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de cette section. Il est entièrement caractérisé par son exutoire, à partir duquel le point de départ et d'arrivée de la ligne de partage des eaux qui le délimite peut être tracé (LABORDE, 2009).

Généralement, la ligne de partage des eaux correspond à la ligne de crête. On parle alors de **bassin versant topographique**. Toutefois, la délimitation topographique nécessaire à la détermination en surface du bassin versant naturel n'est pas suffisante. Lorsqu'un sol perméable recouvre un substratum imperméable, la division des eaux selon la topographie ne correspond pas toujours à la ligne de partage effective des eaux souterraines. Le bassin versant est alors différent du bassin versant délimité strictement par la topographie. Il est appelé dans ce cas **bassin versant réel** (BOCOUM & DIALLO, 2008).

2.1.2 Comportement hydrologique

L'analyse du comportement hydrologique d'un bassin versant (système hydrologique) s'effectue le plus souvent par le biais de l'étude de la **réaction hydrologique** du bassin face à une sollicitation (la précipitation). Cette réaction est mesurée à l'exutoire du système hydrologique par l'observation d'un **hydrogramme** qui n'est autre que la représentation de l'évolution du débit Q en fonction du temps t .

La réaction hydrologique d'un bassin versant à une sollicitation particulière est caractérisée par sa vitesse (temps de montée t_m) et son intensité (V_{max}). La vitesse de réaction et son intensité sont fonction du type et de l'intensité de la précipitation qui le sollicite mais aussi du **temps de concentration** des eaux sur le bassin.

2.2 Travaux réalisés dans le domaine de la caractérisation hydrologique

En Haïti il n'y a pratiquement pas d'études réalisées dans ce domaine. L'indisponibilité des données hydrologiques rend cette tâche de plus en plus ardue, voire impossible. Au cours des recherches bibliographiques, rares sont les études qui se focalisent seulement sur les caractéristiques hydrologiques des bassins versants. Toutefois, il incombe de relater un travail qui traite même partiellement le sujet, afin de faire ressortir les interprétations nécessaires à la compréhension du thème sous étude. C'est pourquoi, l'étude suivante a été retenue :

- Arnaud BONTEMPS, en 2010, étude hydrologique du bassin versant de la Dives, Normandie, France ;

2.2.1 Étude hydrologique du bassin versant de la Dive

En 2010, Arnaud BONTEMPS a réalisé une étude visant à caractériser hydrologiquement le bassin versant de la Dive. Au cours de cette étude, quatre (4) stations sur les sous bassins suivants de la Dive ont fait l'objet d'observations : Saint Lambert sur Dive, Beaumais, Saint Pierre sur Dive, Mesnil-Mauger. Ils ont une superficie respective de 94, 287, 512, et 618 km². L'ensemble de ces sous-bassins totalisent une superficie de 1810 km².

Pour le sous bassin de Saint Lambert, le temps de concentration a été évalué par plusieurs méthodes (Ventura, Passini, Giandotti, et Kirpich). Les valeurs sont très différentes d'une méthode à l'autre. La moyenne est de 10 heures. La crue la plus importante s'est produite en mars 2001 avec un débit de pointe de 14 m³/s. La pluie génératrice du pic de crue présente un cumul moyen de 15,5mm. Les durées de pluie génératrice sont comprises entre 7 et 21 heures.

Le temps de réponse calculé correspond à l'intervalle de temps qui sépare le centre de gravité de la pluie génératrice de la pointe de crue. Il est en moyenne de 12h30 avec des valeurs s'échelonnant de 9 à 25 heures.

Le rapport LEE/LEP (lame d'eau écoulée / lame d'eau précipitée) moyen est de 30% avec des valeurs s'échelonnant de 18 à 48%. Dans toute l'étude, les lames d'eau écoulées ont été calculées en retirant le débit de base du cours d'eau.

La station de Beaumais, quant à lui, présente un temps de concentration moyen de 21 heures. Les temps de réponse moyen est de 29h30 avec des valeurs s'échelonnant de 19 à 43 heures. La crue la plus importante s'est produite en mars 2001 avec un débit de pointe de 24,5 m³/s. Le cumul de pluie génératrice du pic de crue est, en moyenne, de 17,6mm avec un minimum de 6,8mm sur sols humides et 14,9mm sur sols secs. La pluie génératrice dure en moyenne 18h30 avec des valeurs comprises entre 10 et 33 heures. Les rapports LEE/LEP sont relativement faibles (moyenne de 19 % avec des valeurs allant de 12 à 30 %).

La station de Saint Pierre sur Dive accuse un temps de concentration moyen de 32 heures. Le temps de réponse moyen s'élève à 43 heures avec un minimum de 30 heures et un maximum de 52 heures. La crue la plus importante s'est produite en mars 2001 avec un débit de pointe de 40 m³/s. Le cumul de pluie génératrice maximal est de 36 mm ; le plus faible est de 9,1 mm.

Dans la station de Mesnil-Mauger, il a obtenu un temps de concentration moyen estimé à 37 heures. Le temps de réponse moyen est de 28 heures, avec des valeurs s'échelonnant de 20 à 47 heures. Les rapports LEE/LEP sont très faibles avec des valeurs s'échelonnant de 8 à 25% et une moyenne de 15,2 %.

En conclusion il a été trouvé que le sous-bassin de Saint Lambert sur Dives possède un taux de ruissellement plus important dû à des pentes plus élevées et à un sol marneux moins propice à l'infiltration. Les bassins de Beaumais et Mesnil-Mauger présentent des rapports LEE/LEP très faibles (moyenne inférieure à 20%), confirmant l'hypothèse d'infiltrations dans le sous-sol. Les durées de Socose (intervalle de temps durant lequel l'hydrogramme de crue est au-dessus de $Q_{max}/2$) montrent que le bassin de Saint Lambert sur Dives présente des crues moins longues que les deux autres bassins.

La comparaison des temps de réponse prouve que Saint Lambert est également le plus réactif de par sa faible superficie et ses pentes plus importantes. Les bassins des Mesnil-Mauger et Beaumais présentent des temps de réponse à peu près similaires alors que Mesnil-Mauger possède une superficie deux fois supérieure à celle de Beaumais. Ce comportement est explicité dans le chapitre suivant.

De manière logique, le minimum relevé pour le cumul pluviométrique générateur du pic de crue est systématiquement plus élevé en période de sols « secs ».

Dans ces conditions initiales, les précipitations participent, dans un premier temps, à la saturation des sols avant de ruisseler. Par ailleurs, cet état de sols se retrouve principalement en période estivale, lorsque le couvert végétal est développé. Une fraction non négligeable des précipitations est alors interceptée par la végétation et l'évapotranspiration est importante.

III.-CADRE PHYSIQUE

3.1 Vue générale

La commune de Maniche fut élevée au rang de commune en 1979. Elle se trouve dans le département du Sud dont la ville des Cayes en est le chef-lieu. Elle se situe à environ 200 kms de Port-au-Prince, la capitale du pays. Elle est subdivisée en trois (3) sections communales. La 3^{ième} section communale est dominée par la plaine tandis que le morne domine au niveau de la 1^{ième} et la 2^{ième} section communale.

La commune de Maniche fait souvent l'objet d'aléas climatiques qui entraînent des conséquences néfastes sur les caractéristiques du milieu, son économie, etc. Parmi les événements qui ont frappé la commune, on peut citer des cas d'inondation, de grands vents, des cas de grande sécheresse et des cyclones tel que : Denis en 2005, Ivan en 2004, Allen en 1980 et Gilbert en 1988 ; qui ont causé pas mal de dégâts.

3.2 Géographie

Géographiquement, la commune de Maniche est située dans le sud. Elle est composée de trois (3) sections communales qui sont Maniche, Dory et Melon, il faut noter qu'il y a au moins deux (2) habitations et quarante et une (41) localités.

Tableau 1. Répartition de sections communales des habitations et des localités

Section Communale	Habitations	Localités
1 ^{ère} Section communale Maniche	-	10
2 ^e Section communale Dory	1	14
3 ^e Section communale Melon	1	17

Source : IHSI, 2007

Cette commune a pour coordonnées géographiques : 18°21' Nord et 73° 46' Ouest, elle est bornée au nord, par les communes de Pestel et des Baradères ; au sud, par les communes des Cayes et de Camp-Perrin ; à l'est, par la commune de Cavaillon et à l'ouest, par les communes des Cayes, de Camp-Perrin et de Pestel (IHSI, 2007).

Son altitude moyenne est de 246 m par rapport au niveau de la mer, couvrant une superficie de 1245 km² avec une population de 22 841 habitants (2009), elle a une densité de 182.73 hab. /km². Le tableau ci-dessous présente les données sur les indices démographiques de la commune.

Tableau 2. Indicateurs démographiques de la commune

Superficie	125 km ²
Population	22 841 habitants
Nombre d'hommes	12 195
Nombre de femmes	10 646
Population de 18 ans et plus	13 596
Densité	182.73 habitants / km ²
% de la population ayant 18 ans et plus	59.52 %

Sources: Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales (MICT), 2010

3.3 Climat

3.3.1 Précipitations

La commune de Maniche bénéficie de deux saisons pluvieuses : une saison se divisant en deux (d'avril à juin avec un pic en mai et d'août à octobre avec un pic en octobre), et une saison sèche allant de Novembre à Mars. Elle reçoit en total 2330 mm de pluie au cours de l'année.

Tableau 3. Précipitations de la Commune de Maniche

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P (mm)	92	94	104	200	364	200	135	191	245	479	143	83

Source : www.levoyageur.net, 2006

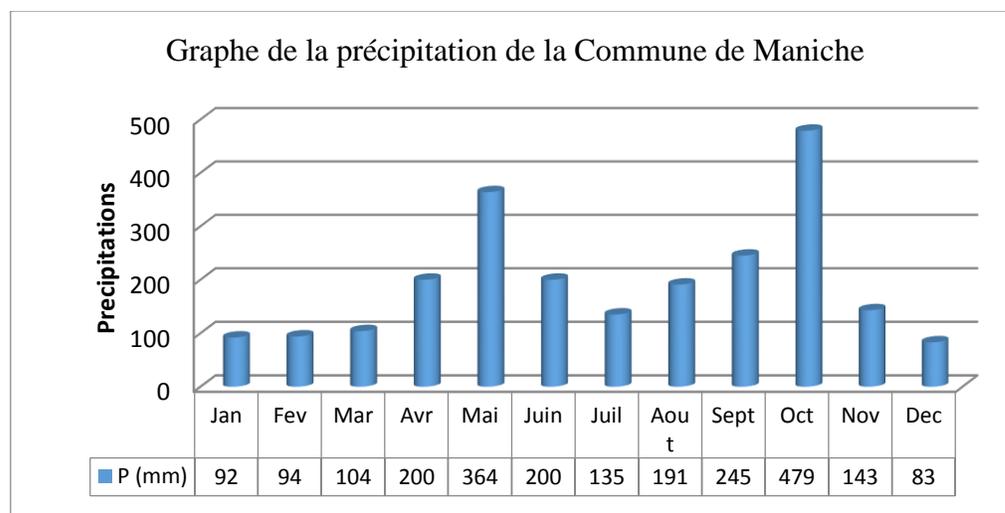


Figure 1 : Représentation graphique de la précipitation moyenne mensuelle de la commune de Maniche

3.3.2 Température

La Commune de Maniche jouit d'une température moyenne de 24.87 °C. Les données montrent que Janvier est le mois le moins chaud et août reste le mois le plus chaud. Le tableau suivant affiche la variation de la température au niveau de la commune.

Tableau 4. Température de la Commune de Maniche

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T (°C)	22,8	23,2	23,9	24,5	25,3	26,1	26,3	26,4	26,2	25,7	24, 6	23, 4

Source : www.levoyageur.net, 2006

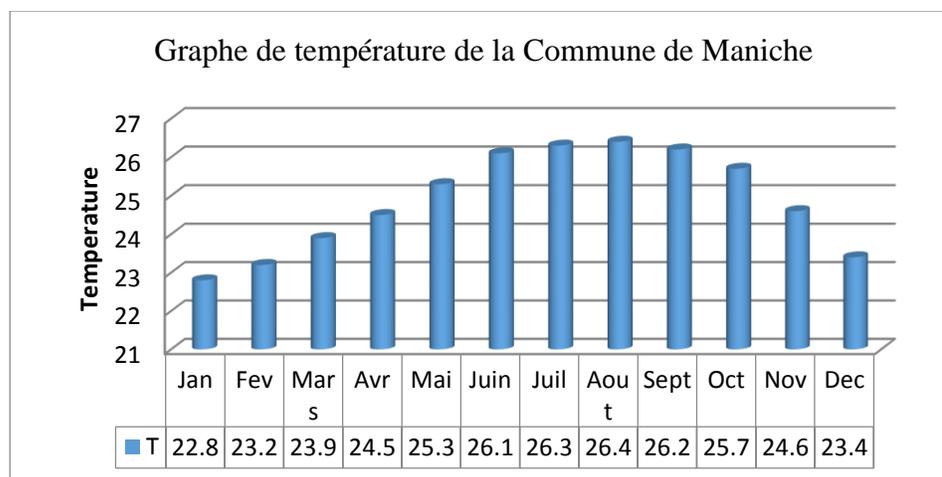


Figure 2 : Représentation graphique de la température moyenne mensuelle de la commune de Maniche

3.4 Ressources naturelles

3.4.1 Eaux

La commune est relativement pourvue d'une ressource en eau abondante. On y trouve les sources de l'Estage, Melissant, des Dalles, Ca Bas, etc. Les rivières répertoriées sont celles de Maniche ou de Cavaillon et d'Au Pore. On enregistre aussi des lagons.

3.4.2 Sols

Les sols sont de type fersiallitique développés sur des bancs épais de poudingue calcaire.

3.4.3 Végétation

Au niveau de la commune on trouve les espèces arboricoles suivantes : manguier, avocatier, cocotier, arbre véritable, quenêpier, palmiste, amandier, acajou, eucalyptus, acacia, cèdre, chêne et citrus.

3.5 Particularités socio-économiques

3.5.1 Système éducatif

La commune de Maniche contient pas mal d'institutions fournissant un certain niveau de formation à la majorité des habitants de la zone. On trouve environ vingt-deux (22) écoles primaires, cinq (5) écoles de niveau secondaires et une (1) institution technique et professionnelle sans compter les centres d'alphabétisation qui encadrent les personnes âgées.

Seulement trois (3) de ces établissements dans la commune sont publics, trois (3) sont de type congréganiste et missionnaire, et vingt-six (26) sont privés.

Dans le souci de poursuivre leurs études surtout au niveau supérieur, les jeunes se déplacent vers la ville des Cayes ou à Port-au-Prince.

3.5.2 Santé

Il n'y a pas d'hôpitaux au niveau de la commune. Toutefois, on y trouve des cliniques, des dispensaires, pour fournir les premiers soins aux patients. Pour les cas plus graves les habitants sont obligés de se rendre vers les Cayes à l'hôpital général, à Cavaillon, etc.

3.5.3 Système de culture

Les principales espèces cultivées rencontrées dans la commune sont : le pois congo, le haricot, le maïs, le malanga, la banane, le café, le cacao, l'igname, le manioc, le petit-mil, le riz, la patate.

3.5.4 Système d'élevage

Au niveau de la commune, l'élevage est traditionnel et concerne les espèces équine, ovine, caprine, bovine, porcine et les volailles.

3.5.5 Marché

Pour écouler leurs produits, les habitants de la zone se rendent dans les marchés de la ville de Maniche, des Cayes, de Camp Perrin.

3.5.6 Autres activités économique

Les sources de revenu de la population de la commune de Maniche ne se reposent pas totalement sur l'agriculture et le charbon de bois. Pour subvenir à leurs besoins, les gens utilisent divers moyens. Il y en a qui possèdent des entreprises telles les boulangeries et les moulins. Il faut dire que le transport en commun est une autre source de revenu ; certains jeunes utilisent leur motocyclette pour parvenir à payer les frais de scolarité.

IV.-METHODOLOGIE

4.1 Matériels utilisés

- Caméra numérique pour les prises de vue ;
- Un Global Positioning System (GPS) pour la collecte des coordonnées de certains points du micro bassin versant afin de le délimiter ;
- Ordinateur et clef USB pour le traitement de texte et le stockage des données ;
- Ortho photo ;
- Crayons, papiers pour la collecte des données ;
- Pluviographe pour mesurer la hauteur des précipitations.

4.2 Méthode de travail

Dans le but de vérifier l'hypothèse de départ et d'atteindre les objectifs fixés, la méthode suivante a été adoptée:

4.2.1 Recherche bibliographique

Cette étape consistait à consulter la documentation disponible sur la région en général et sur le micro bassin versant en particulier afin d'avoir une idée de la zone de pertinence de l'étude. Dès lors, les documents des institutions, des organisations, les rapports, les études et les ouvrages relatifs à l'étude ont été consultés afin de sortir avec une synthèse.

4.2.2 Visite exploratoire

Dans l'optique de confronter les données de la recherche bibliographique à la réalité du terrain, le MBV a été parcouru en long et en large. Cela a permis d'avoir une bonne connaissance du milieu d'étude et aussi un bon contact avec la population locale et avec certaines personnes ressources.

4.2.3 Détermination des caractéristiques physiographiques, hydrologiques et analyse du réseau

Certains paramètres de forme tels : le périmètre et la superficie totale, l'altitude maximale et minimale, l'ordre Strahler ont été obtenus directement à partir du logiciel de cartographie Arcgis 9.3.

En ce qui concerne les paramètres tels : le rapport de confluence, le rectangle équivalent (longueur, largeur), la densité de drainage, la densité hydrographique, la pente moyenne du réseau, l'indice de compacité de Gravélius et le temps de concentration, ils ont été calculés à partir de formules sur Excel. Le tableau ci-dessous expose les différentes formules utilisées.

Tableau 5 : Résumé des formules utilisées pour la détermination des paramètres de forme

Caractéristiques	Symbole	Formules
Indice de Compacité de Gravélius :	K_G	$\frac{0.28P}{\sqrt{A}}$
Longueur du rectangle équivalent :	L	$\frac{KG\sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{KG}\right)^2} \right]$
Largeur du rectangle équivalent	L	$\frac{KG\sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{KG}\right)^2} \right]$
Pente moyenne du thalweg principal :	P_{moy}	$\frac{\Delta H_{max}}{L}$
Densité de drainage :	D_d	$\frac{\sum Li}{A}$
Densité hydrographique :	F	$\frac{\sum Ni}{A}$
Temps de concentration(Giandotti)	T_c	$60 * \frac{0.0015L_p + 0.4\sqrt{A}}{0.8\sqrt{P * L_p}}$
Rapport de confluence	R_B	$\frac{Nu}{Nu + 1}$

N_u : nombre des cours d'eau d'ordre u ; N_{u+1} : nombre des cours d'eau d'ordre suivant ; N_i : Nombre de cours d'eau ; L_i : Longueur des cours A : superficie du Bv L_p : longueur du thalweg principal ; H : différence l'altitude moyenne et l'altitude minimale ;

4.2.4 Réalisation des cartes

Les coordonnées des points collectées à partir du GPS ont été importées d'abord dans Excel sous forme de tables de données, puis dans le logiciel Arcgis pour la création des cartes.

Pour la délimitation du MBVG une ortho-photo plan a été utilisé. Le réseau hydrographique a été tracé à partir des points collectés sur le terrain et corrigé avec le support de l'ortho-photo plan.

4.2.5 Constitution de la base de données de la pluie et construction de la courbe de tarage

Le site de mesure est doté d'une station pluviométrique munie d'un pluviographe à basculement. Ce dernier est branché sur une centrale qui enregistre la hauteur de pluie pour un intervalle de temps donné. Dans notre cas le pluviographe a été calibré pour enregistrer les données pluviométriques chaque minute, tous les six(6) minutes et tous les vingt-quatre (24) heures.

Les données de la centrale ont été téléchargées via un câble infra-rouge à partir du logiciel Hydras 3, pour être exportées ensuite dans un tableur Excel pour le traitement.

Pour simuler les débits à l'exutoire et construire la courbe de tarage, la formule de Manning-Strickler a été utilisée. Cette dernière est une équation implicite résolue par itération à partir d'Excel. La formule s'écrit :

$$Q=S*K*R_h^{2/3}*I^{1/2}$$

S : section mouillée, K : coefficient de Manning, R_h : rayon hydraulique

I : pente de la ligne d'énergie

4.2.6 Analyse statistique des données pluviométriques et construction de la courbe IDF

Ne disposant pas de données pour la commune de Maniche, celles de la station de Camp-perrin ont été utilisées. Les données recueillies à la SNRE datent de 1940 à 1985. À partir de cette série, on a extrait les maximales et les moyennes annuelles afin d'appliquer la loi de Gauss aux moyennes et la loi Gumbel aux maximales.

La fonction de densité de la loi de Gauss s'obtient par la formule suivante :

$$f(x)dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} .dx$$

La fonction de densité de la loi de Gumbel s'obtient par la formule :

$$f(x) = \exp(-\exp(-u)) , u \text{ étant la variable réduite de formule } u=x-a/b$$

a et b sont les paramètres de la loi.

Les précipitations théoriques obtenues, ont été ramenées sur une base journalière en comptabilisant le nombre de jours pluvieux sur la série de 1940-1985 et en faisant une moyenne interannuelle, dans le but de construire une courbe Intensité-Durée-Fréquence.

4.2.7 Collecte des données socio-économiques

Notre priorité était le fonctionnement hydrologique du MBVG, nonobstant pour comprendre la configuration du réseau et l'impact de l'occupation de sol sur les processus d'écoulement, on a dû mener des enquêtes. On a mené d'abord une enquête informelle auprès de quelques notables de la zone, puis dans le souci d'avoir des données chiffrées on a préparé des formulaires d'enquête formelle.

Le MBVG est très petit en termes de superficie et subséquemment très peu peuplé. On a interrogé toute la population statistique, il n'y avait pas lieu d'utiliser une méthode d'échantillonnage.

4.2.8 Analyse et traitement des données

Toutes les données recueillies, que ce soit les données hydrologiques ou données socio-économiques, ont été analysées dans le but de faire ressortir surtout les caractéristiques hydrologiques du MBVG. Les données sur les caractéristiques physiques du MBV ont été traitées à partir du logiciel Arcgis et Excel afin de calculer d'autres paramètres qui en dépendent et de tracer les cartes.

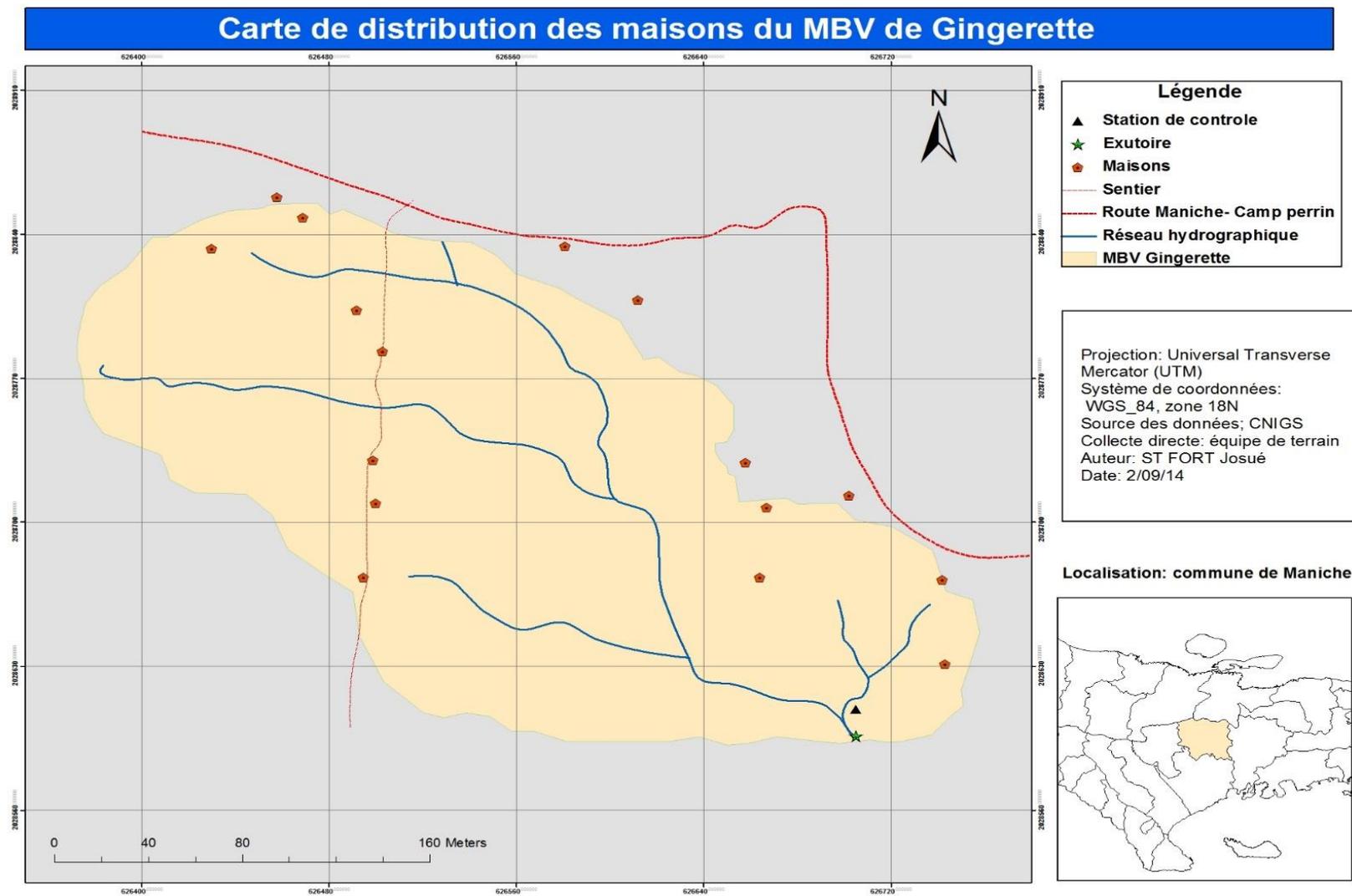
V.- RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

5.1 Description du MBVG

5.1.1 Distribution et caractéristiques des ménages

Au niveau du MBV de Gingerette, les habitats ne sont pas trop dispersés et ni trop nombreux non plus. Seulement seize (16) maisons sur l'ensemble du micro bassin ont été dénombrées. Au niveau de l'extrême ouest, les maisons sont plus ou moins alignées sur toute la largeur du MBV jusqu'à la partie nord, donnant sur la route de Vilou. Cela est dû au fait que ces gens-là ont le souci de préserver et contrôler ces terres d'héritage. La raison de ce choix s'inscrit dans une logique d'accessibilité pour la livraison de bois de coffrage et de charbon de bois.

En ce qui a trait aux caractéristiques des maisons, douze (12) d'entre elles ont leur cloison en terre, trois (3) sont en bloc et un (1) en bois. La plupart des maisons en terre ont leur toiture en tôle ou en paille. La figure suivante présente la distribution des maisons sur le MBV.



Carte 1 : Distribution des ménages du MBV de Gingerette

Le tableau suivant présente le résumé des différentes caractéristiques des habitats sur le MBV de Gingerette.

Tableau 6 : Caractérisation des maisons sur le MBV de Gingerette

Caractéristiques des maisons	Total	%
<i>Nature des maisons</i>		
Bois/planche	1	6.25
Bloc	3	18.75
Terre/roche	12	75
Total	16	100
<i>Types de toiture</i>		
Toiture en béton	1	6.25
Toiture en tôle	15	93.75
Total	16	100

Source : enquête de terrain

En se référant aux résultats de ce tableau, on observe que la majorité des maisons sont des habitations précaires logeant des gens très peu fortunés. Cela révèle la triste réalité économique de ces gens.

5.1.2 Activités économiques

Les principales activités des habitants de la zone d'étude sont l'agriculture et le commerce. Cependant, certaines familles démunies n'ont que les ressources ligneuses (bois de coffrage et charbon de bois) en tant que source de revenu. Par ailleurs, il y en a qui pratiquent les petits métiers et/ou qui se lancent dans le transport passagers (taxi moto, pickup).

Le pourcentage de gens qui pratique seulement l'agriculture est de 43.75 %, ceux qui font l'agriculture et le commerce de provisions alimentaires représentent 31.25 %, et les autres activités 12.5 %. À la lueur de ces informations, on remarque que l'agriculture se veut être l'activité la plus pratiquée dans la zone.

En raison de l'absence d'encadrements techniques, l'inaccessibilité aux intrants agricoles et autres problèmes liés surtout à la forte dépendance de cette activité aux précipitations orographiques et convectives, on assiste à une décapitalisation dans les périodes de sécheresse inattendue. Cela expliquerait la mauvaise qualité des habitats de ces gens-là.

En conséquence, un délaissement de l'activité agricole pour d'autres alternatives, surtout la vente de bois de coffrage et de charbons de bois qui rapportent amplement d'argent est observé. La couverture végétale diminue alors de façon considérable. Le tableau ci-dessous exhibe le résumé des activités.

Tableau 7 : Activités économiques pratiquées sur le MBV

Activités					
	Agriculture	Commerce	Agriculture et commerce	Autres	Total
Nombre de ménages	7	2	5	2	16
Pourcentage	43.75%	12.50%	31.25%	12.50%	100%

Source : enquête de terrain

5.1.3 Occupation de sol

À partir de la puissance de calcul du logiciel Arcgis, on a pu délimiter les espaces couverts en agroforesterie et ceux défrichés pour l'agriculture. Il a été trouvé que ce MBV est à 78.8% couvert par un système d'agroforesterie dense soit 4.65 ha, et que seulement 21.2% sont défrichées pour l'implantation de cultures sarclées soit 1.25 ha. Dans ces 21.2% on cultive le maïs, le manioc, le pois Congo, la patate et l'igname. Ces cultures font généralement partie d'une association culturale et rarement en culture pure. La plupart du temps, ces cultures sont établies sur des pentes supérieures à 10%. Il faut dire que la majorité de ces jardins est traversée en partie par le réseau hydrographique. Ce qui occasionne des pertes durant les longues et intenses averses. Pour pallier ce problème, les planteurs érigent de petits seuils pour ralentir la vitesse de l'écoulement. Le tableau ci-dessous affiche les différentes associations culturales.

Tableau 8 : Associations culturales pratiquées sur le MBV

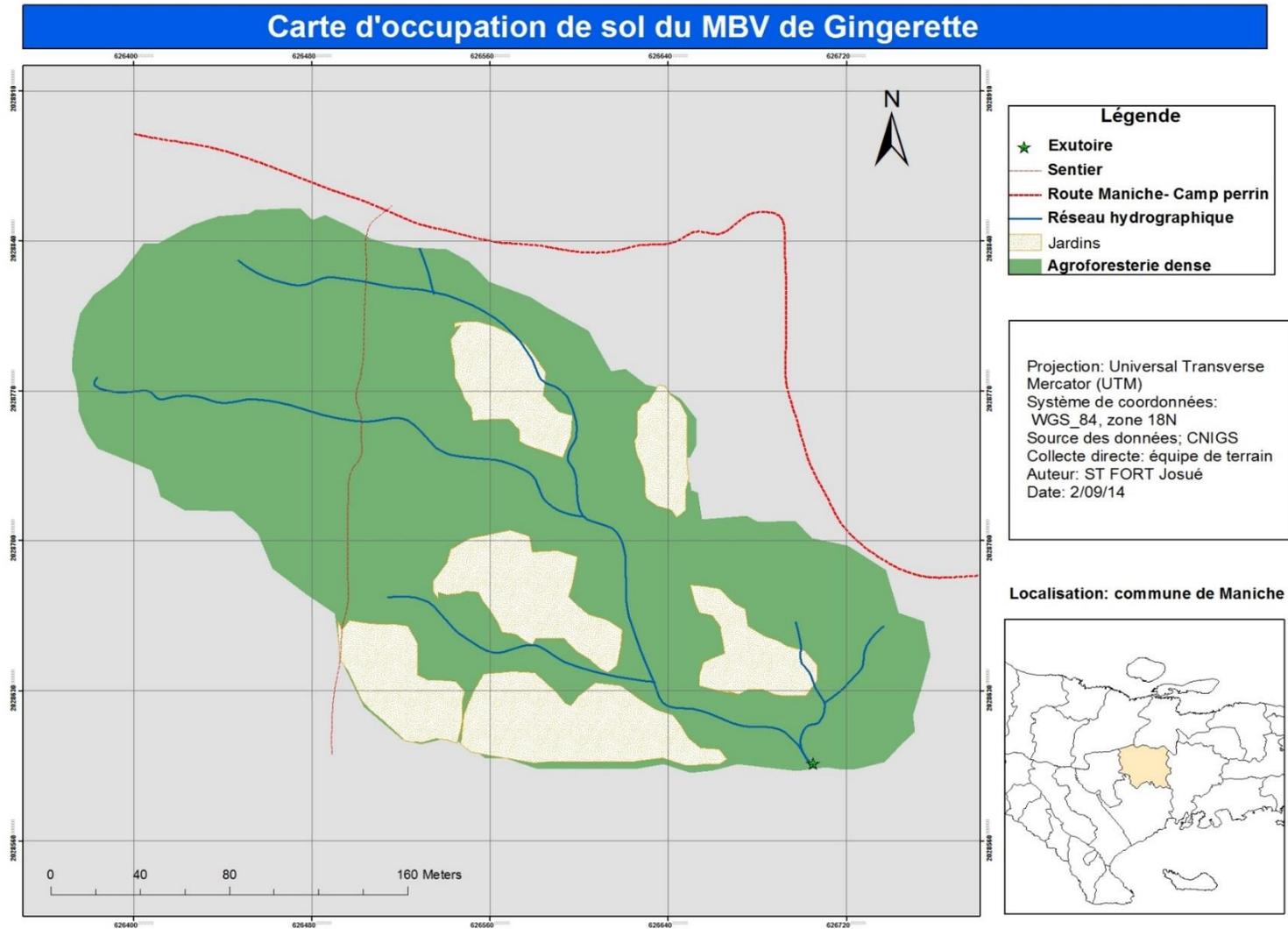
Cultures	
Association I	Maïs - Pois congo - Patate- Manioc,banane
Association II	Maïs- Pois congo - Manioc- Igname,banane
Association III	Sorgho - Pois Congo – Maïs – Manioc,banane
Culture pure	Maïs

Les cultures, présentées dans le tableau ci-dessous, respectent un calendrier au cours de l'année pour la plantation ou le semis, et la récolte. Ce calendrier est quasi-similaire à celui des autres régions du pays. Le manioc et la banane peuvent être plantés et récoltés tout au long de l'année. L'igname est semée en Février et la récolte peut démarrer en Décembre. Le pois congo et le maïs peuvent être semés en Janvier, et récoltés en Décembre. En fait le maïs semé en Janvier peut déjà être récolté en Avril jusqu'à Juin et ressemé en Juillet-Aout pour être récolté en Novembre-Décembre. Enfin le sorgho est semé en Avril et récolté en Février-Mars. Le tableau suivant résume le calendrier cultural.

Tableau 9 : Calendrier cultural sur le MBV de Gingerette

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Manioc	Semis et récolte toute l'année											
Banane	Semis et récolte toute l'année											
Igname		Semis										Récolte
Pois congo	Semis											Récolte
Maïs	Semis			Récolte			Semis				Récolte	
Sorgho		Récolte		Semis								

La carte d'occupation de sol suivante affiche les endroits défrichés pour la culture, et d'autres qui sont sous couvert végétal permanent.



Carte 2 : Occupation de sol au niveau du MBV de Gingerette

5.2 Caractérisation physiographique du MBVG

5.2.1 Analyse du réseau hydrographique

5.2.1.1 Morphologie du réseau

Ce micro bassin versant a une superficie de 0.05919 km² soit 5.9 ha, un périmètre de 1.0644 km et un indice de Compacité de Gravélius de 1.26. L'indice étant supérieur à 1, ce micro bassin versant a une forme allongée, cela implique de faibles débits de pointe de crue en raison des temps d'acheminement longs de l'eau à l'exutoire.

Le réseau hydrographique de Gingerette a une longueur totale de 416 m. Selon LEGOUT (2000), la géométrie du réseau respecte le type parallèle de la classification d'Horton et Strahler, c'est-à-dire que les branches sont à peu près de même dimension et ne se ramifient pas trop. Le réseau est d'ordre Strahler 3, c'est-à-dire que la dernière branche qui arrive à l'exutoire est de niveau 3.

Le rapport de confluence, calculé selon la loi des nombres, est compris entre 3 et 5 c'est-à-dire $N_2=4$. Cela signifie que la géologie n'a aucune influence sur la réponse hydrologique. La densité de drainage du réseau est de 16.711 km/km². Ce nombre étant inférieur à 1000, on conclut que le réseau n'est pas trop ramifié et est sous couvert végétal. Le tableau 10 résume les caractéristiques morpho métriques du MBV.

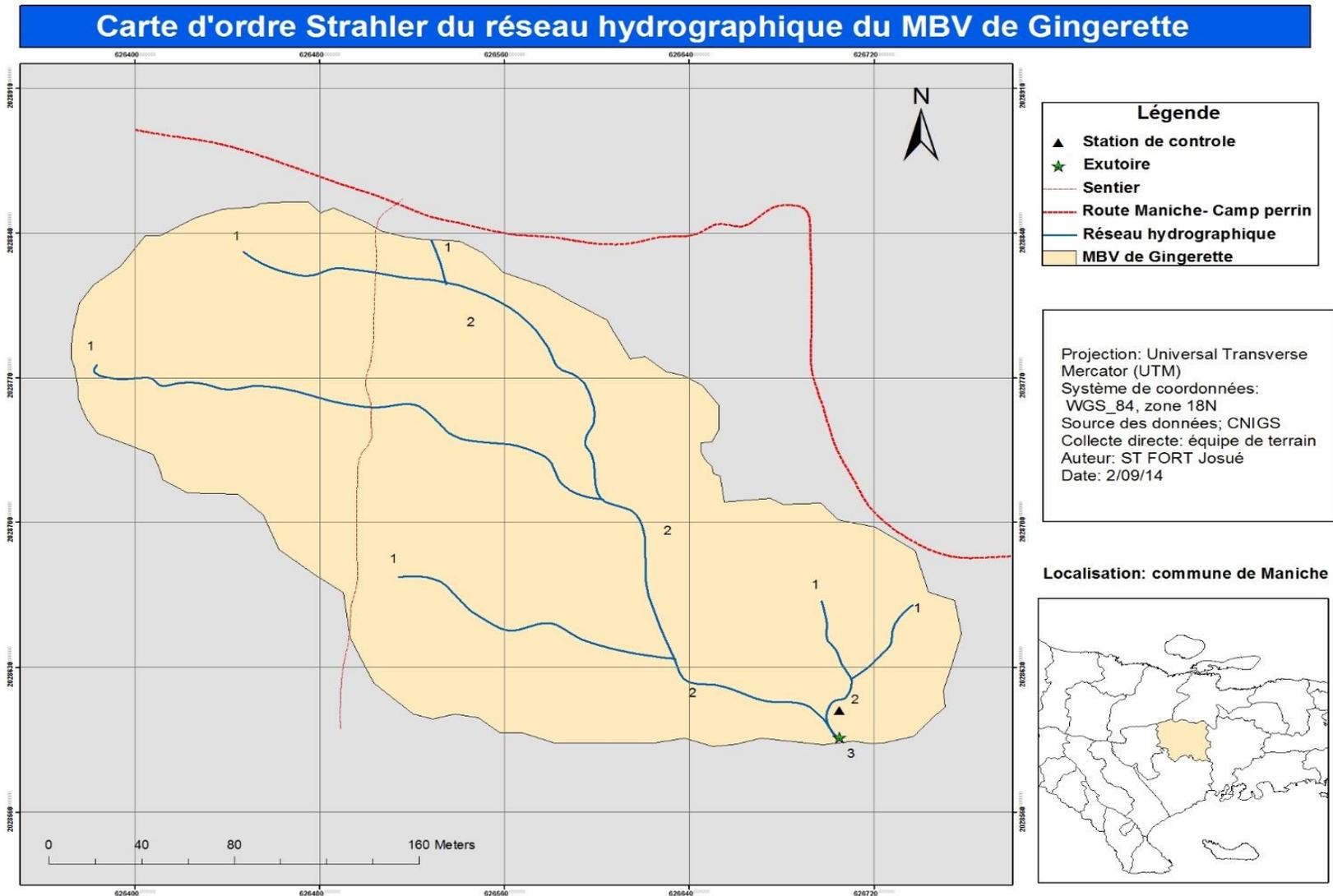
Tableau 10 : Caractéristiques physiographiques du MBV de Gingerette

Caractéristiques	Valeurs
Superficie du micro bassin :	5.9 ha
Périmètre du micro bassin :	1.0644 km
Longueur du rectangle équivalent :	0.61717 km
Largeur du rectangle équivalent	0.14609 km
Indice de Compacité de Gravélius :	1.26
Altitude maximale :	158 m
Altitude moyenne :	136 m
Altitude minimale :	114 m
Rapport de confluence	$N_1=1.5$; $N_2=4$
Pente moyenne du cours d'eau principal :	7.7 %
Densité de drainage :	16.711 km/km ²
Densité hydrographique :	118 drains/km ²
Longueur du thalweg principal :	0.41599 km

À partir des résultats d'altitude, on déduit que la dénivelée est grande et est de l'ordre de 44 m. Cela confirme qu'effectivement ce MBV est en région montagneuse et sa partie inférieure se retrouve brusquement dans les bas-fonds d'une plaine.

NB : les valeurs de densité de drainage et hydrographique ont été ramenés sur une superficie de 1 km² en convertissant les 5.9 ha en km².

La carte ci-dessous représente le réseau hydrographique, tout en mentionnant l'ordre Strahler de chaque branche.



Carte 3 : Présentation du réseau hydrographique du MBV de Gingerette

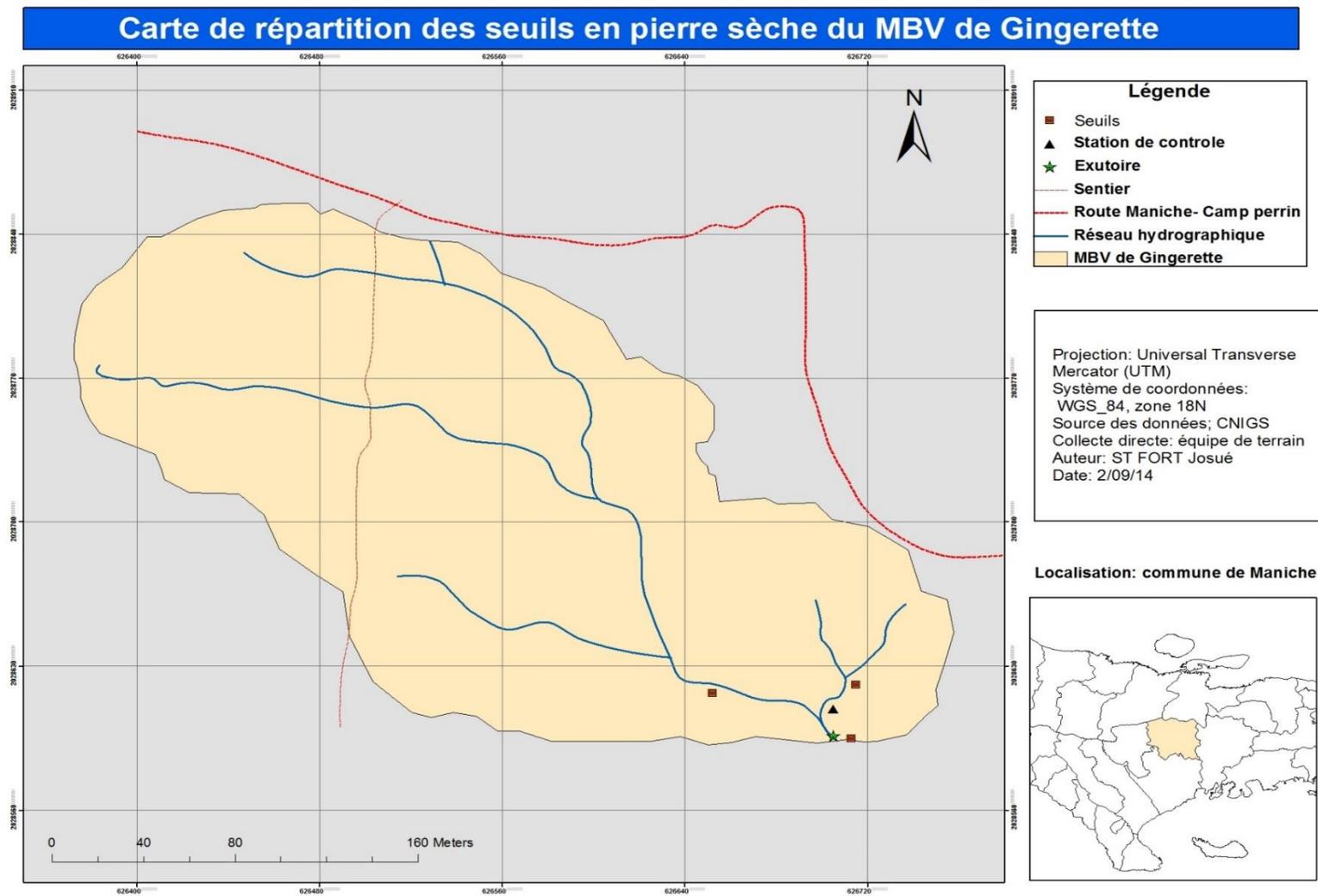
5.2.2 Niveau de dégradation du réseau

Le réseau, étant presque totalement sous couvert végétal, ne présente que très peu de dégradations. À certains endroits on cultive au milieu même du lit de la ravine, ce qui occasionne des pertes de cultures lors des débordements. En outre, La pratique même de l'agriculture dans le lit de la ravine constitue des zones de faiblesses par l'ameublissement de ce dernier et facilite les affouillements.

Toutefois, les endroits les plus vulnérables à la dégradation sont les branches qui se rapprochent de l'exutoire à cause de l'augmentation de la pente.

5.2.3 Aménagement au niveau de la ravine

En raison des évènements pluvieux violents de Mars 2012, où il y eut des pertes de jardins et bétails ; certains travaux d'aménagements ont été entrepris sur les différents tronçons du réseau. Depuis, il n'y eut aucun évènements majeurs pouvant provoquer les mêmes dégâts. Les riverains ont ciblé les zones les plus vulnérables pour placer des seuils en pierre sèche. On dénombre trois (3) seuils au total sur tout le réseau, dont deux (2) sur la ravine principale et un (1) sur la branche secondaire qui dessert l'exutoire. Néanmoins, il reste un fait que ces aménagements ne subsisteront pas face à un évènement similaire car les pierres ne sont pas scellées. La figure suivante présente la distribution des seuils.



Carte 4 : Répartition des seuils au niveau de la ravine de Gingerette

5.2.4 Géologie

Selon les enquêtes menées auprès des riverains de la ravine, cette dernière est très ancienne et sa date de formation remonte à plus d'un siècle. D'après la littérature, les ravines encaissées sont très jeunes et sont généralement nées à partir d'évènements récents. Lorsqu'on regarde la conformation du réseau avec ses ravins peu profonds et plus ou moins élargis, on confirme son ancienneté. Selon le rapport d'OXFAM (2011), la zone est développée sur le biomicrite pélagique datant du tertiaire, et sur du calcaire pélagique du Crétacé et la roche est de type alluvionnaire formé de matériaux détritiques. En certains endroits on remarque des affleurements de la roche mère. Il est à noter que la zone est formée de roches calcaires très karstiques ce qui occasionne aussi des communications du MBV avec la rivière cavaillon par écoulement souterrain.

5.2.5 Pédologie

En parcourant le MBV on a pu remarquer que le sol est d'une couleur brune. En effet, les sols de la région de Maniche sont de type fersiallitique développés sur des bancs épais de poudingue calcaire (OXFAM, 2011). Les sols sont très profonds en certains endroits, et en d'autres il y a des affleurements rocheux.

5.2.6 Relief et altitude

Le relief n'est pas trop accidenté au niveau du MBV. L'altitude maximale du MBV se situe à 158 m et la minimale est de 114 m, soit une différence de niveau de 44 m. Lorsqu'on analyse le profil en long de la ravine principale, on découvre que dans les cent cinquante (150) premiers mètres la pente est raide jusqu'à l'exutoire et on rencontre plusieurs cuvettes. Pour le reste, la pente est plus ou moins douce jusqu'à l'origine. À l'approche de l'exutoire on remarque de très grands affouillements dus à la forte pente de ces zones-là. Lors des débordements de la ravine, les cuvettes emmagasinent tous les débris et sédiments pour ensuite se renverser, ce qui ralentit la vitesse de l'écoulement.

La pente moyenne de la ravine principale est de 7,7 %. Le profil en long de la ravine principale illustre la situation décrite plus haut.

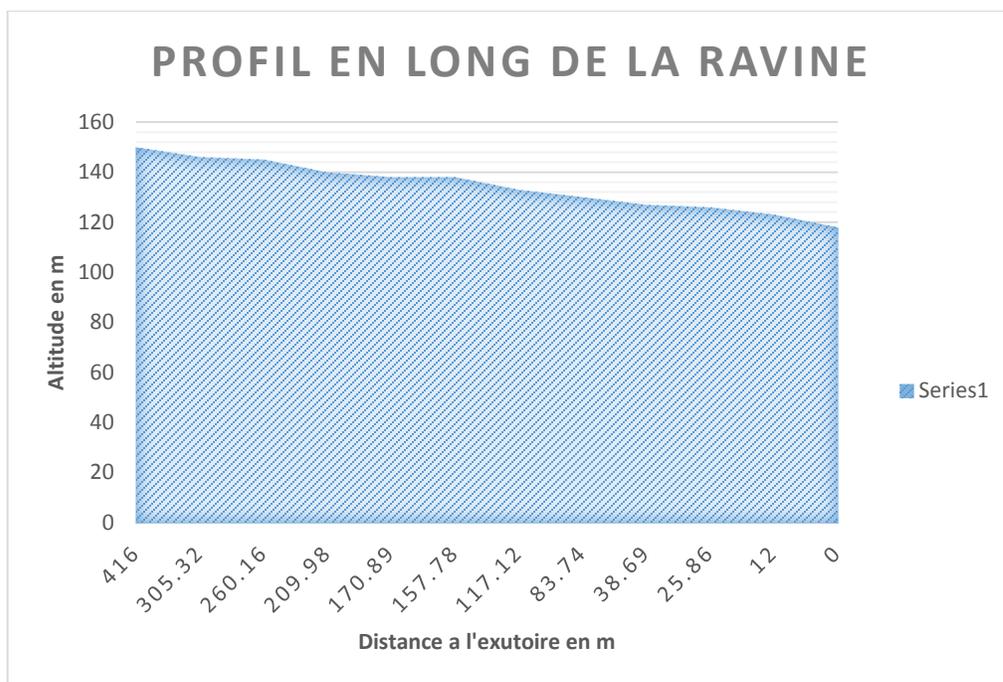


Figure 3 : Profil en long de la ravine principale

5.3 Caractérisation hydrologique

5.3.1 Précipitations

Les précipitations constituent le paramètre le plus important dans l'analyse du comportement hydrologique d'un bassin versant. Effectivement, elles sont à l'origine de la genèse des crues. Dans le but de collecter ces données essentielles, la station de contrôle du MBV est munie d'un pluviographe qui enregistre séquentiellement la hauteur des précipitations. L'appareil est calibré pour la capture automatique à des pas de temps de 1, 3 et 6 minutes et cumule les données sur 24 h.

La saison pluvieuse dans la zone de Maniche débute normalement au mois D'Avril ou Mai. Pourtant, au cours de la période d'étude, les premières pluies sont apparues au mois de Mai sporadiquement, de faible intensité et de courte durée. Les figures ci-après illustrent la situation.

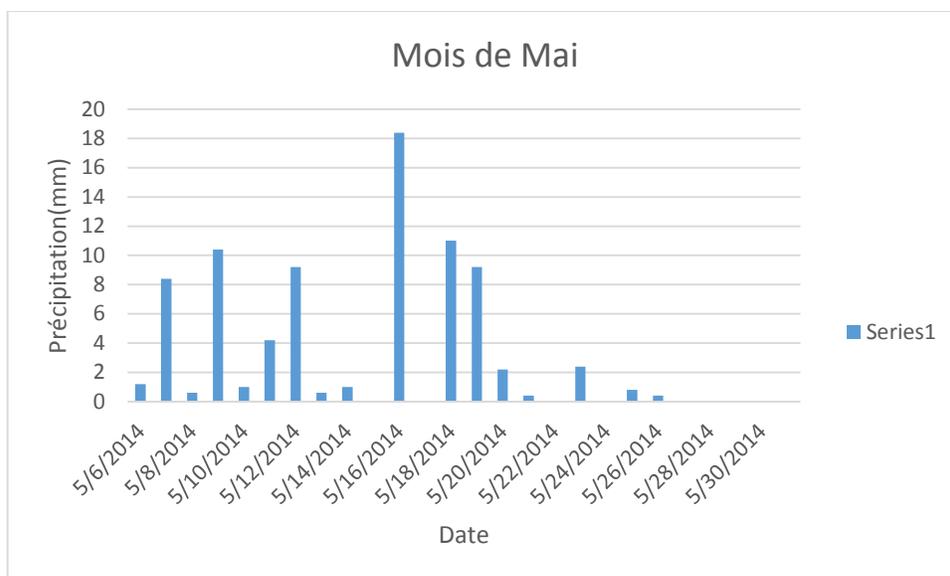


Figure 4 : Précipitations journalières du mois de Mai

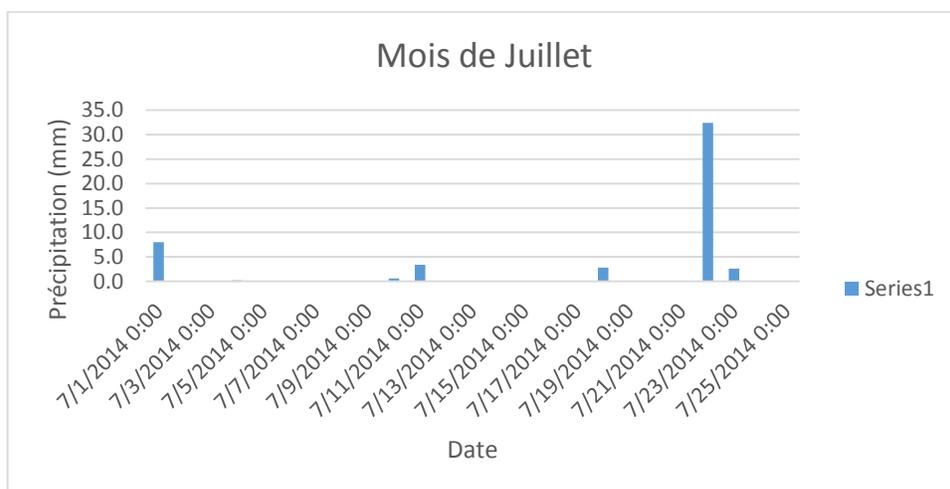


Figure 5 : Précipitations journalières du mois de Juillet

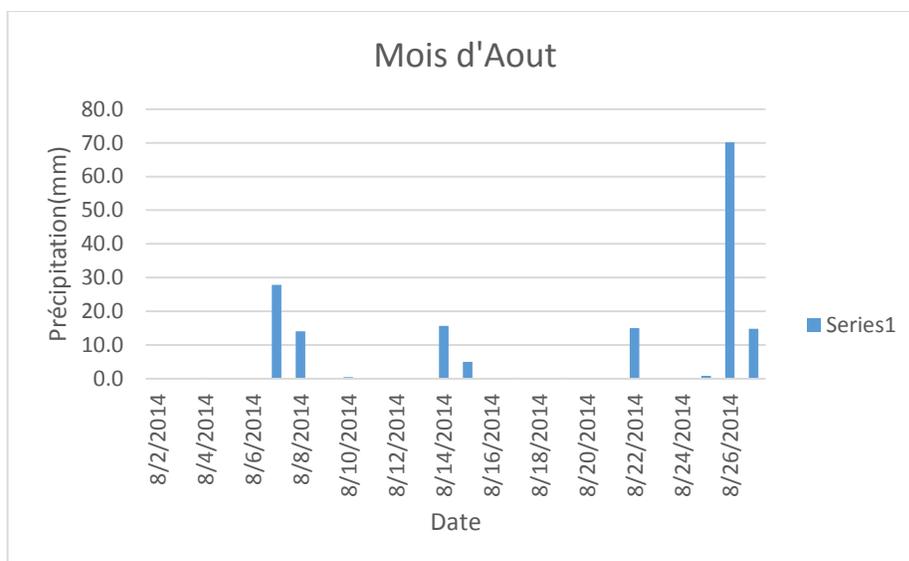


Figure 6 : Précipitations journalières du mois d'Aout

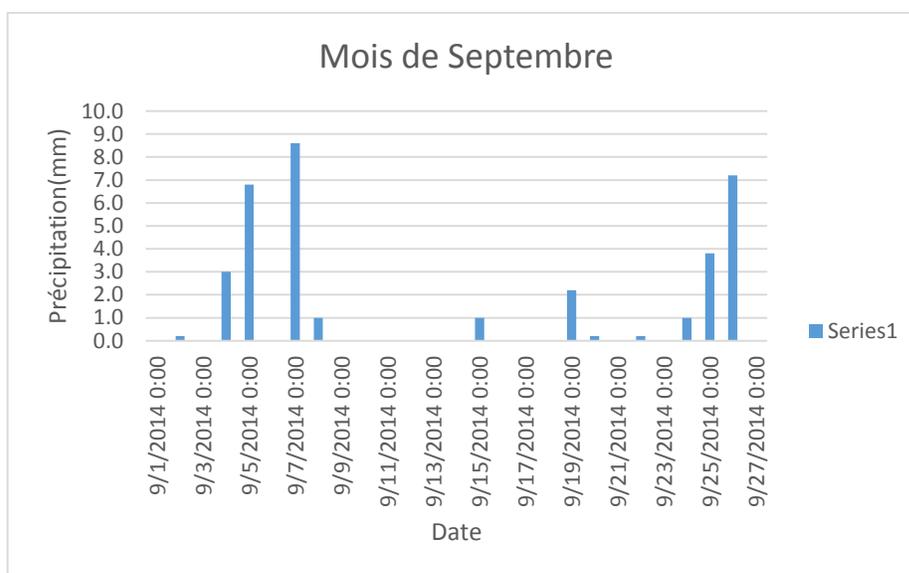


Figure 7 : Précipitations journalières du mois de Septembre

À partir de ces figures, on remarque que les mois de Mai et de Septembre sont ceux où les précipitations journalières les plus faibles ont été enregistrées, avec des maxima respectivement de 18.2 et 8.5 mm. Le mois à plus forte précipitation journalière est Août, avec un maximum de 70 mm, survenue le 26 dudit mois. Le nombre de jours pluvieux pour les mois de Mai, Juillet, Aout et de Septembre est respectivement 17, 6, 8, 12 jours.

Cela semble aller de soi que ces précipitations n'ont pas été suffisantes pour provoquer un ruissellement généralisé, ou pour donner lieu à une crue quelconque. Elles n'ont servi qu'à humecter le sol vu son état initial complètement à sec.

5.3.2 Temps de concentration

Le temps de concentration se définit comme étant celui que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée "hydrologiquement" de l'exutoire pour parvenir à celui-ci. On peut estimer t_c en mesurant la durée comprise entre la fin de la pluie nette et la fin du ruissellement direct. Étant donné qu'il n'y a pas eu de ruissellement, le temps de concentration a été évalué théoriquement par la formule de Giandotti qui s'énonce comme suit :

$$T_c = 60 \frac{0.0015L_p + 0.4\sqrt{A}}{0.8\sqrt{(L_p * P)}}$$

L_p étant la longueur en kilomètre du thalweg principal, et **A** la superficie en km² et **P** le périmètre en kilomètre, on obtient un temps de concentration de **24 minutes**. Cela signifie qu'en théorie, au début du ruissellement, l'eau prendrait 24 minutes pour parcourir le trajet entre le point le plus éloigné et l'exutoire.

5.3.3 Débit

La transformation de la pluie en débit dépend de plusieurs facteurs tels : l'intensité de la pluie, l'occupation de l'espace, la texture du sol et son état initial. Au cours de l'étude, les averses enregistrées étaient de courte durée et de faible quantité. À cause de la sécheresse qui sévissait dans la zone, les épisodes pluvieux n'ont contribué qu'à l'infiltration, il n'y a pas eu de ruissellement (BONTEMPS, 2010). Tout compte fait, le débit à l'exutoire était nul pour la période.

5.3.4 Autres caractéristiques hydrologiques

Les autres caractéristiques hydrologiques telles : le temps de base, le temps de montée et le temps de réponse sont intimement liés au ruissellement. Malheureusement les conditions climatiques et pédologiques n'étaient pas réunies pour l'obtention de ces caractéristiques. De ce fait, on n'a pas pu les déterminer.

5.3.5 Considérations sur le coefficient de ruissellement

Pour caractériser la capacité d'un bassin versant à ruisseler, un indice est très souvent utilisé en hydrologie de surface : le coefficient de ruissellement (C_r). Le coefficient de ruissellement peut être évalué en fonction de la couverture du sol et de la pente. Son calcul et son emploi sont simples, mais notons qu'il peut conduire à commettre de grossières erreurs. Ce coefficient est défini par l'expression suivante:

$$C_r = \frac{\text{Hauteur d'eau ruisselée [mm]}}{\text{Hauteur d'eau précipitée [mm]}}$$

Vu qu'il n'a pas plu assez pour provoquer un ruissellement généralisé sur le bassin versant, le coefficient de ruissellement n'a pas pu être calculé directement par la formule ci-dessus. Ainsi, il a été apprécié en utilisant les normes suisses et aussi les recommandations faites par la méthode rationnelle pour l'estimation à partir de l'état de surface et de la classe de pente. Le micro bassin versant de Gingerette est couvert d'un système agroforestier dense, ce qui permet d'utiliser un coefficient de ruissellement compris entre **10 et 30 %** (voir Annexe V).

5.4 Construction de la courbe de tarage

La courbe de tarage est un outil qui permet de jauger les instruments de mesure et d'arriver à déceler les erreurs de manipulation lors des séances hydrométriques.

Elle permet, en outre, de connaître au préalable le débit généré par une averse sans l'avoir mesuré, en faisant une simple lecture de la hauteur d'eau à l'échelle. Afin d'arriver à la construire, il est impérieux de simuler les débits en régime uniforme, se basant sur les caractéristiques géométriques de la section de contrôle de la ravine.

Cette dernière est un canal rectangulaire en maçonnerie de roche d'une longueur de 6.45 m, de hauteur moyenne 1m et 1 m de largeur à la base ; La pente du radier est de 0.000387.

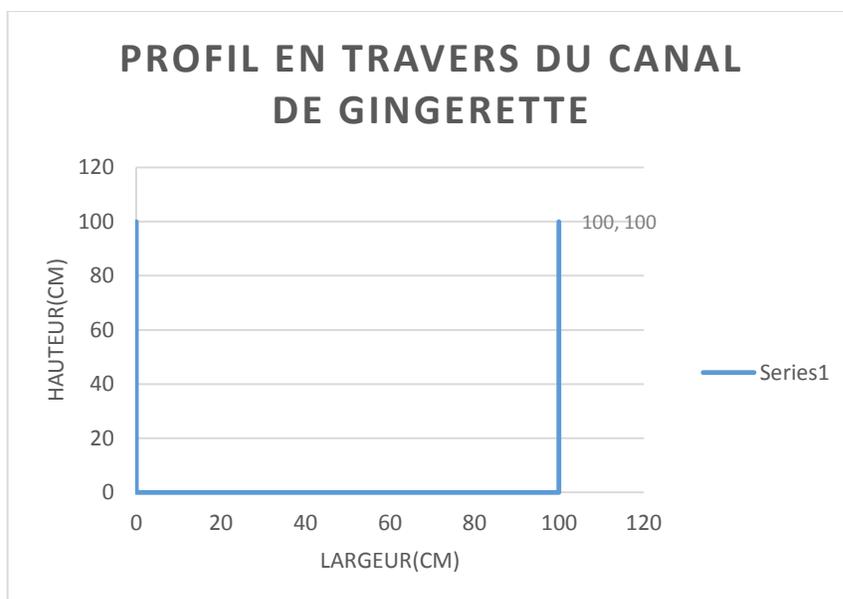


Figure 8: Profil en travers de la section de contrôle

En adoptant un coefficient de Manning de 80, les débits et les différentes hauteurs d'eau en régime uniforme ont été évalués. Le débit maximum que peut véhiculer cette section sans débordement est de $0.765 \text{ m}^3/\text{s}$ pour une hauteur d'eau de 99 cm. Le tableau 11 présente succinctement les résultats de la simulation.

Tableau 11 : Résumé de la simulation des débits à l'exutoire au droit de la section de contrôle

Q (m³/s)	Y(m)
0.004703	0.03
0.010062	0.05
0.534024	0.74
0.543269	0.75
0.589669	0.80
0.636668	0.85
0.694194	0.91
0.731537	0.95
0.746967	0.97
0.765371	0.99
0.875973	1.10

De ce tableau découle la courbe de tarage suivante :

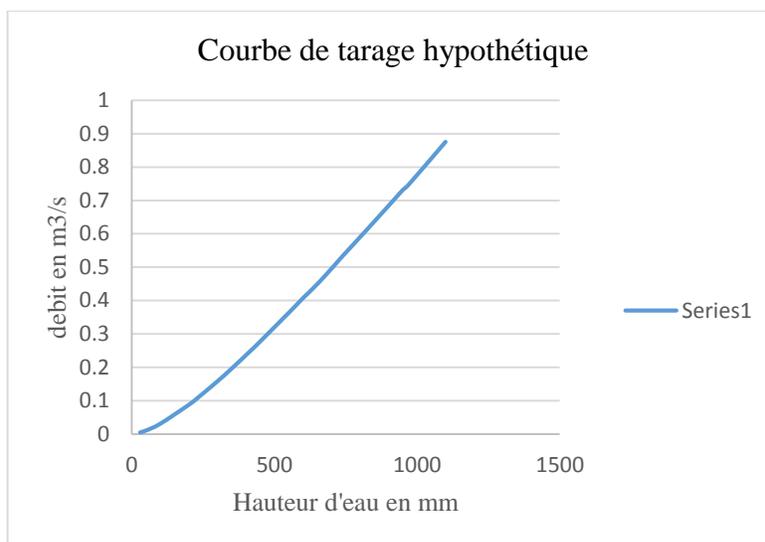


Figure 9 : Courbe de tarage théorique de la section de contrôle

5.5 Particularités climatiques

5.5.1 Traitement statistique des données

Maniche ne dispose pas d'une longue série de données pouvant mener à des analyses statistiques, alors on a eu recours à l'utilisation des données pluviométriques du SRNE pour la commune de Camp-perrin. Ces données ont été préalablement traitées pour en extraire les valeurs moyennes annuelles et maximales afin de pouvoir appliquer la loi de Laplace-Gausse et la loi de Gumbel.

Les données disponibles pour la commune de Camp-perrin sont réparties sur 46 ans, de 1940 à 1985. Dans l'optique d'avoir des données plus récentes, c'est-à-dire jusqu'à 2013, ces données ont été étendues à partir de la station des Cayes ; étant la station la plus proche et dotant de la série la plus longue. Pour cela, on a vérifié l'homogénéité des stations par la méthode des doubles masses. Le tableau suivant présente le cumul des données pluviométriques des deux stations.

Tableau 12 : Cumul des pluies moyennes annuelles des Cayes et Camp-perrin

Annee	Pmoy(mm)Camp perrin	Pmoy(mm)Cayes	Cumul A	Cumul B
1940	182.80	173.08	8672.82	6940.60
1941	144.84	147.08	8490.02	6767.52
1942	195.70	193.08	8345.18	6620.43
1943	192.33	170.08	8149.48	6427.35
1944	147.36	160.50	7957.15	6257.27
1945	215.87	177.08	7809.79	6096.77
1946	187.97	133.42	7593.92	5919.68
1947	160.78	92.83	7405.96	5786.27
1948	172.52	226.58	7245.17	5693.43
1949	151.69	207.20	7072.66	5466.85
1950	167.53	194.58	6920.96	5259.65
1951	218.58	159.61	6753.43	5065.08
1952	200.77	104.87	6534.85	4905.47
1953	267.42	156.50	6334.08	4800.60
1954	225.42	184.21	6066.67	4644.10
1955	206.25	176.54	5841.25	4459.89
1956	168.42	152.62	5635.00	4283.35
1957	219.33	118.26	5466.58	4130.73
1958	147.33	221.25	5247.25	4012.48
1959	232.42	147.90	5099.92	3791.23
1960	252.11	226.00	4867.50	3643.33
1961	182.94	217.63	4615.39	3417.33
1962	253.72	153.07	4432.45	3199.70
1963	141.42	190.45	4178.73	3046.63
1964	126.98	136.62	4037.32	2856.18
1965	273.46	136.98	3910.33	2719.57
1966	132.67	158.22	3636.9	2582.6
1967	140.98	114.52	3504.21	2424.37
1968	198.98	113.43	3363.23	2309.85
1969	125.27	185.05	3164.25	2196.42
1970	147.73	105.09	3038.98	2011.37
1971	179.87	107.43	2891.25	1906.28
1972	168.65	200.39	2711.38	1798.84
1973	115.48	174.87	2542.73	1598.45
1974	116.47	131.14	2427.25	1423.58
1975	237.12	138.67	2310.78	1292.44
1976	200.69	107.66	2073.67	1153.78
1977	280.03	163.00	1872.98	1046.12
1978	154.82	150.07	1592.95	883.12
1979	239.30	189.85	1438.13	733.05
1980	185.28	121.21	1198.83	543.20
1981	151.13	125.74	1013.56	421.99
1982	180.08	66.08	862.43	296.25
1983	181.81	79.48	682.34	230.18
1984	231.66	84.02	500.53	150.69
1985	268.88	66.68	268.88	66.68

Le cumul s'obtient en additionnant la précipitation de l'année en cours à l'année précédente et ainsi de suite. Soit par l'expression suivante :

$$C = X_{t-1} + X_t$$

Avec C l'expression cumulée, X_{t-1} l'année précédente et X_t l'année en cours

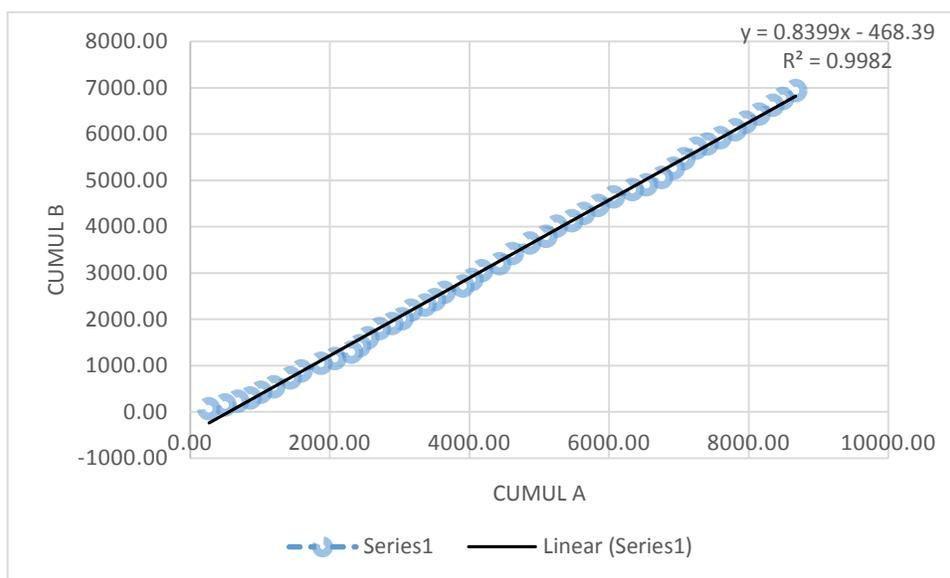


Figure 10: Graphique jugeant l'homogénéité des stations

Comme on peut le constater, en visualisant la figure issue du tableau, les données s'alignent toutes sur une seule droite, de surcroît le coefficient r est supérieur à 0.7. Cela permet d'affirmer qu'il existe une très bonne corrélation entre les deux stations et que les données sont homogènes. On peut donc déterminer la droite de régression linéaire afin de les étendre.

Le coefficient de précision de la corrélation entre les données des deux stations peut être vérifié par la relation suivante :

$$r = \alpha \cdot \frac{\sigma_a}{\sigma_b} \text{ ou } r^2 = \frac{\sum (x_{bi} - \bar{x}_b)^2}{\sum (x_{ai} - \bar{x}_a)^2}$$

L'équation de la droite de régression s'écrit alors : $X_a = \alpha X_b + \beta$ où $\beta = \alpha X_{a\text{moy}} + X_{b\text{moy}}$

X_a : Station de Camp-perrin X_b = Station des Cayes

σ : Écart-type

L'application des formules aboutit à :

$$r=0.94 ; \sigma_a=44.55$$

$$\sigma_b=42.27 \quad X_a \text{ moy}= 188.54 \quad X_b \text{ moy}= 150.88, \alpha=0.89, \beta=320.38$$

$$\text{D'où } X_a=0.89X_b+320.38$$

La corrélation étant précisément bonne ($r=0.94$), les données peuvent être étendues de 1985-2013 à partir de la droite de régression. D'où le tableau d'extension suivante :

Tableau 13: Extension des données de Camp-perrin à partir de celles des Cayes

Année	Cayes	Camp-perrin
1986	87.53	399.17
1987	97.75	408.36
1988	85.64	397.47
1989	108.94	418.42
1990	178.23	480.70
1991	96.83	407.53
1992	113.88	422.86
1993	156.68	461.33
1994	144.06	449.99
1995	141.86	448.01
1996	170.67	473.91
1997	111.78	420.97
1998	147.26	452.87
1999	176.22	478.90
2000	118.92	427.39
2001	110.84	420.13
2002	126.99	434.65
2003	119.67	428.06
2004	124.15	432.09
2005	153.19	458.20
2006	12.68	331.88
2007	258.68	553.03
2008	231.85	528.91
2009	158.73	463.18
2010	240.73	536.89
2011	234.46	531.26
2012	209.69	508.99
2013	113.45	422.47

5.5.2 Test d'applicabilité de la loi de Laplace-Gauss

Avant d'appliquer la loi de Laplace-Gauss, il convient de vérifier si l'échantillon suit cette loi. La méthode graphique permet de juger la normalité de la distribution.

Si les points de la distribution théorique et empirique s'enroulent autour d'une même droite sans tenir compte des points aberrants, on conclut que la distribution suit la loi normale. De surcroît, si les courbes empirique et théorique s'ajustent sur le graphique, on peut tirer la même conclusion.

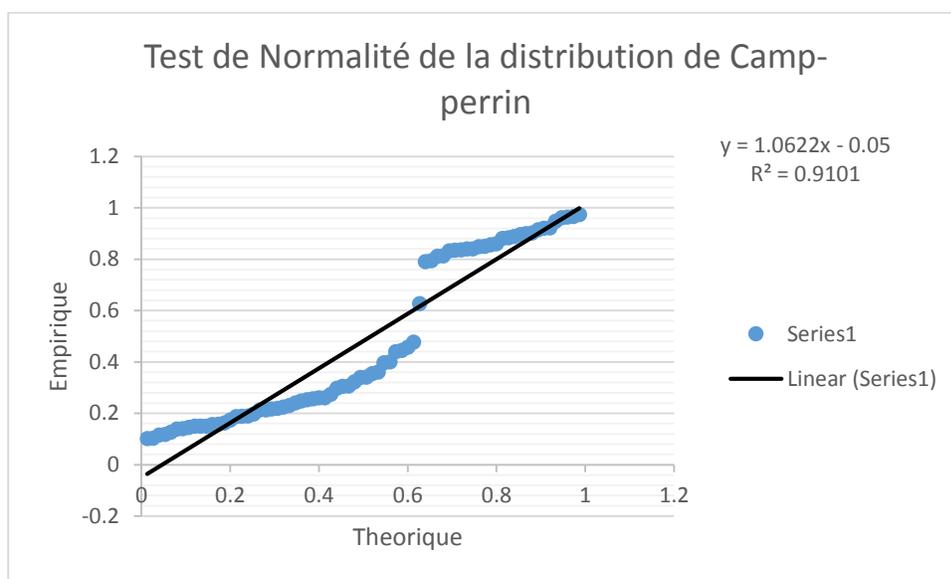


Figure 11 : Test de normalité de la distribution de Camp-perrin

La figure ci-dessus montre que les points s'enroulent effectivement autour de la droite. Le coefficient de corrélation étant supérieur à 0.7, on conclut que la distribution suit la loi de Gauss. La figure suivante montre aussi que les courbes, théorique et empirique, s'ajustent bien. Ceci est une autre preuve que la distribution suit la loi de Gauss.

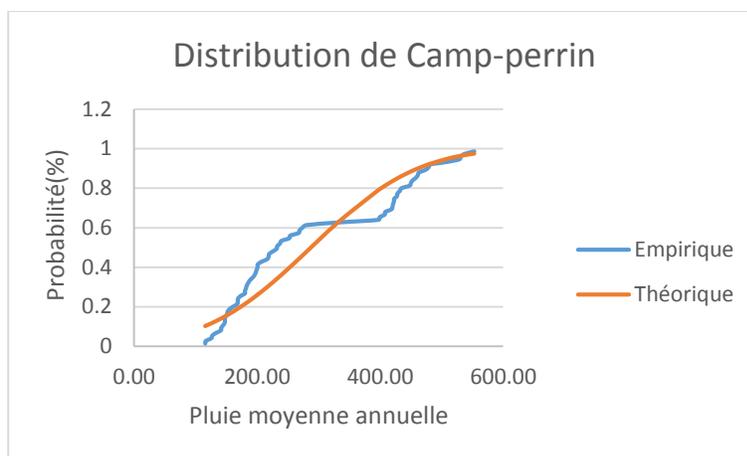


Figure 12 : Graphique d'ajustement de la fonction empirique et théorique de Gauss

5.5.3 Détermination des valeurs théoriques des précipitations moyennes annuelles par la loi de Gauss

À partir de la variable de Gauss, les hauteurs de pluie pour des périodes de retour données peuvent être évaluées. La variable réduite de Gauss s'écrit comme suit :

$$U_t = (X_t - x_{moy}) / \sigma$$

U : variable réduite

X : précipitation en millimètre

t : période de retour en année

x_{moy} : moyenne théorique de l'échantillon

σ : écart type théorique

Le tableau 14 résume le calcul des pluies théoriques à partir de la variable U.

Tableau 14 : Temps de retour des précipitations moyennes annuelles suivant Gauss

Variable réduite		Précipitations(mm)	
U5	0.84	X5	401.50
U10	1.28	X10	461.15
U20	1.64	X20	509.95
U50	2.05	X50	565.52
U100	2.32	X100	602.12

x_{moy} : 287.64

σ : 135.55

En ramenant les précipitations moyennes mensuelles (annuelles) sur une base journalière avec 12 jours pluvieux moyens, analyse faite de la série pluviométrique journalière de 1940-1985, on obtient la courbe suivante :

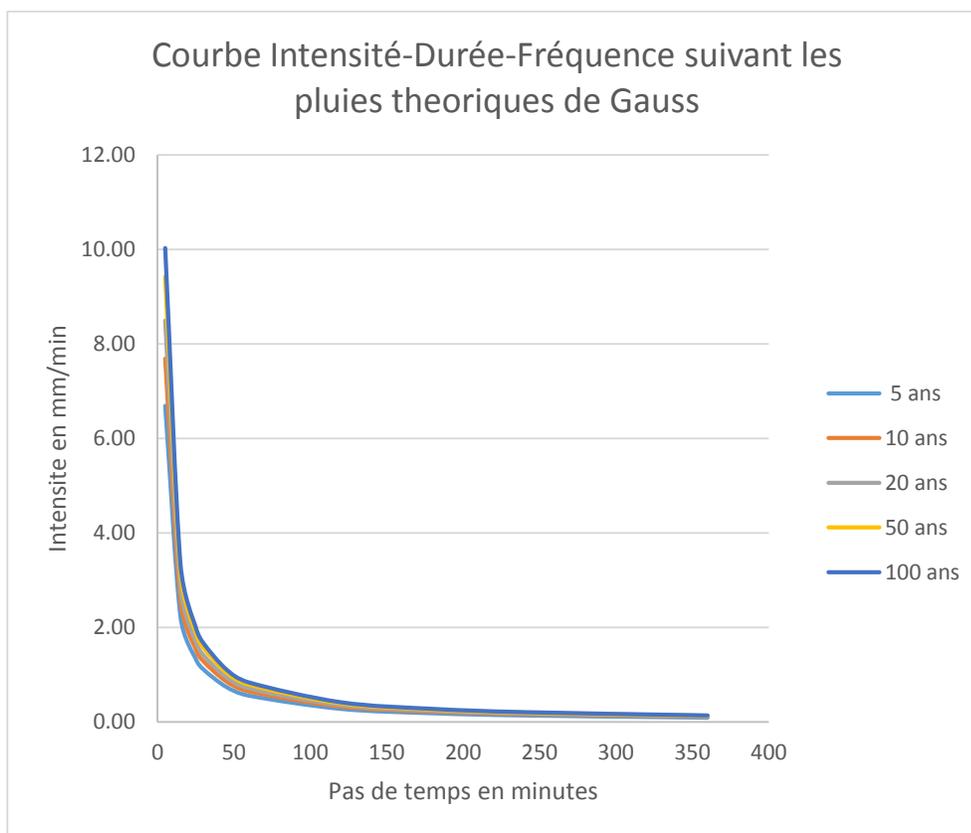


Figure 13 : courbe Intensité-durée-Fréquence des pluies théoriques suivant Gauss

Cette courbe permet entre autre, dans le cas de l'utilisation de la méthode rationnelle de choisir l'intensité qui correspond au temps de concentration. Les intensités quinquennale, décennale et centennale correspondant au temps de concentration de 24 minutes sont alors respectivement de 1.39 mm/min, 1.60 mm/min 2.09 mm/min.

5.5.4 Application de la loi de Gumbel aux valeurs maximales

Les données pluviométriques exploitées pour le test de la loi de Gumbel ont été choisies aussi à partir de 1940. Les données de Camp-perrin n'étaient pas complètes, donc il a fallu qu'on les prolonge à partir de celles de la station des Cayes. Par la méthode des doubles masses on a testé l'homogénéité des deux stations pour les valeurs maximales de la pluviométrie en millimètre. Dans le tableau 15, La station de Camp-perrin est désignée par A et celle des Cayes par B.

Tableau 15 : Cumul des pluies maximales annuelles des Cayes et de Camp-perrin

Année	max A	max B	Cumul A	Cumul B
1940	538.90	658.00	25862.00	19253.10
1941	272.80	323.00	25323.10	18595.10
1942	655.90	844.50	25050.30	18272.10
1943	440.20	374.50	24394.40	17427.60
1944	388.70	497.00	23954.20	17053.10
1945	614.00	295.00	23565.50	16556.10
1946	568.00	196.00	22951.50	16261.10
1947	378.40	318.00	22383.50	16065.10
1948	424.00	688.50	22005.10	15747.10
1949	491.70	657.50	21581.10	15058.60
1950	900.50	440.40	21089.40	14401.10
1951	520.00	694.00	20188.90	13960.70
1952	470.00	248.00	19668.90	13266.70
1953	1200.00	375.50	19198.90	13018.70
1954	499.00	587.50	17998.90	12643.20
1955	569.00	454.00	17499.90	12055.70
1956	465.00	479.90	16930.90	11601.70
1957	546.00	286.90	16465.90	11121.80
1958	229.00	498.00	15919.90	10834.90
1959	621.20	223.00	15690.90	10336.90
1960	1491.00	620.90	15069.70	10113.90
1961	525.60	553.00	13578.70	9493.00
1962	964.80	526.30	13053.10	8940.00
1963	423.40	425.80	12088.30	8413.70
1964	390.10	281.20	11664.90	7987.90
1965	1093.10	493.70	11274.80	7706.70
1966	218.50	503.70	10181.70	7213.00
1967	305.30	294.00	9963.20	6709.30
1968	520.70	290.40	9657.90	6415.30
1969	355.00	522.50	9137.20	6124.90
1970	424.70	211.50	8782.20	5602.40
1971	706.00	260.90	8357.50	5390.90
1972	574.60	727.80	7651.50	5130.00
1973	445.20	681.60	7076.90	4402.20
1974	213.00	333.00	6631.70	3720.60
1975	641.60	227.00	6418.70	3387.60
1976	385.00	242.60	5777.10	3160.60
1977	1130.40	553.00	5392.10	2918.00
1978	528.20	257.40	4261.70	2365.00
1979	543.30	578.10	3733.50	2107.60
1980	704.30	207.70	3190.20	1529.50
1981	429.40	384.50	2485.90	1321.80
1982	321.20	203.70	2056.50	937.30
1983	463.90	326.10	1735.30	733.60
1984	832.60	261.60	1271.40	407.50
1985	438.80	145.90	438.80	145.90

À partir du cumul de la pluviométrie de chaque station, le graphique jugeant l'homogénéité entre ces deux-là peut être construit. D'où la figure suivante :

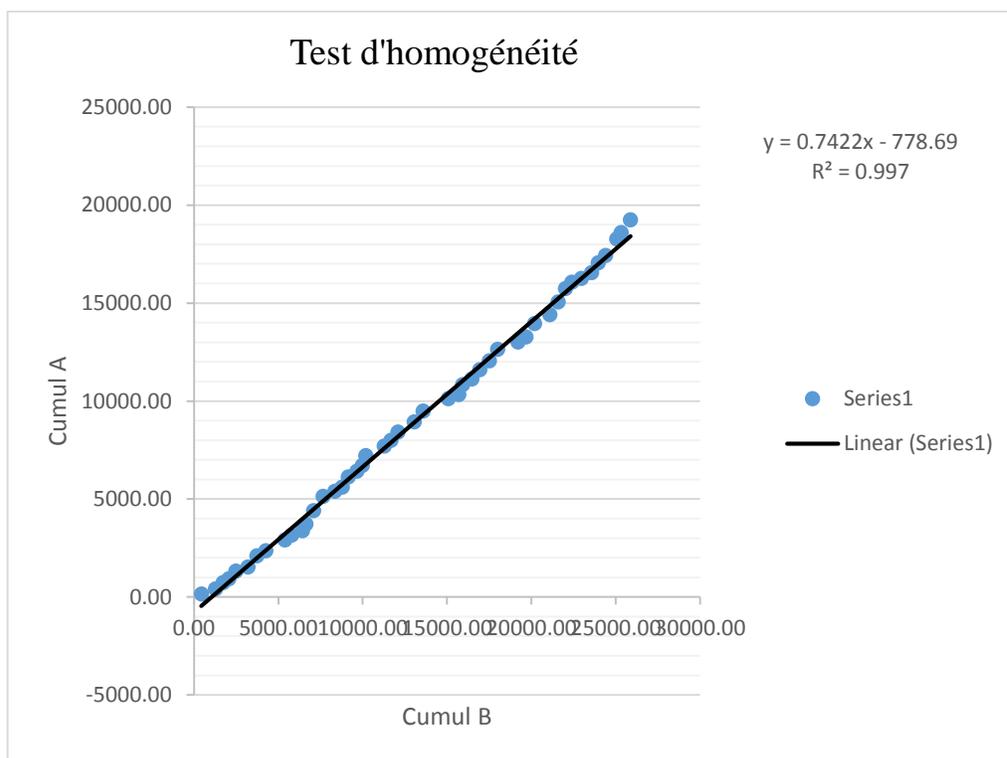


Figure 14 : Graphique du test d'homogénéité de deux stations.

Se rapportant à la figure ci-dessus, on remarque que les points s'alignent tous sur la droite et aussi le coefficient r est supérieur à 0.7. Cela signifie que les valeurs maximales des deux stations sont parfaitement corrélées, on peut donc poursuivre les tests et étendre les données de Camp-perrin à partir de celles des Cayes. Le tableau 16 affiche l'extension des données de 1986 à 2013.

Tableau 16 : Extension des données de pluie (mm) maximales de Camp-perrin

Année	Cayes	Camp-perrin
1986	209.80	756.10
1987	268.20	781.79
1988	281.90	787.82
1989	202.00	752.67
1990	578.30	918.24
1991	275.10	784.83
1992	249.00	773.35
1993	474.20	872.43
1994	344.30	815.28
1995	353.90	819.50
1996	286.10	789.67
1997	209.40	755.92
1998	323.50	806.13
1999	342.60	814.53
2000	291.40	792.00
2001	275.20	784.87
2002	445.70	859.89
2003	210.20	756.27
2004	452.50	862.89
2005	688.30	966.64
2006	105.50	710.21
2007	1046.80	1124.38
2008	578.20	918.19
2009	490.40	879.56
2010	508.60	887.57
2011	636.20	943.71
2012	645.40	947.76
2013	230.60	765.25

Xmoy (1940-1985) Cayes : 418.54 mm , Écart-type Cayes : 175.44 mm

Xmoy (1940-1985) Camp-perrin : 562.21 mm , Écart-type Camp-perrin : 265.21mm

D'où $\alpha = 0.44$ et $\beta = 663.78$ $r=0.7$

L'expression de la droite de régression pour l'extension des données s'écrit alors :

$$X_a = 0.44X_b + 663.78$$

5.5.5 Test d'applicabilité de la loi de Gumbel

En construisant le graphique de la courbe théorique et empirique, on peut juger l'ajustement des deux courbes. On peut aussi déterminer le coefficient de corrélation existant entre les deux distributions. En suivant la tendance des points par rapport à la droite, on peut juger la qualité de l'ajustement. D'où la figure suivante :

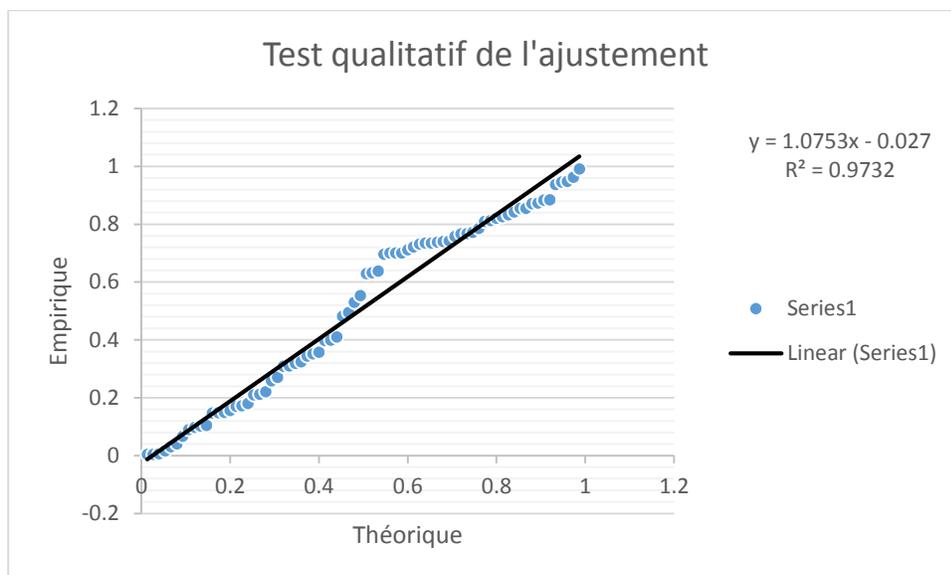


Figure 15 : Test qualitatif de l'ajustement de Gumbel

La loi de Gumbel offre un meilleur ajustement pour les valeurs maximales que la loi de Gauss pour les valeurs moyennes. Les points s'alignent mieux sur la droite de tendance. On peut affirmer que les valeurs maximales s'ajustent très bien pour la loi de Gumbel. De plus, le graphique suivant montre que les courbes, théorique et empirique, suivent pratiquement la même allure.

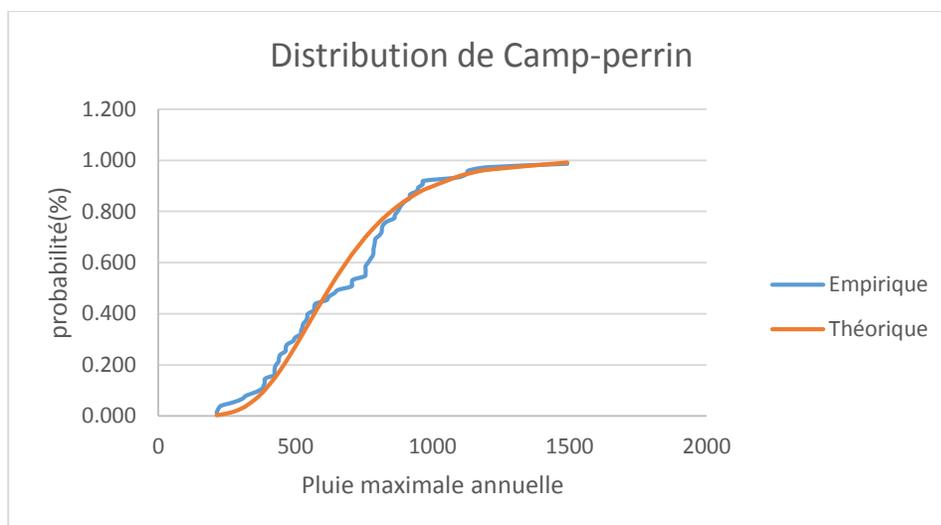


Figure 16 : Ajustement de la courbe théorique et empirique suivant la loi de Gumbel

5.5.6 Détermination des précipitations théoriques maximales pour des périodes de retour allant de 5 à 100 ans

En appliquant l'équation de la variable réduite de Gumbel, on peut arriver à estimer les valeurs théoriques des précipitations pour un temps de retour donné, connaissant les valeurs de la variable.

Sachant que $X_{moy} = 666.07$ mm (de 1940-2013) et s (écart-type) = 253.71 mm on obtient le tableau résumé suivant :

Tableau 17 : Précipitations maximales annuelles pour des temps de retour de 5 à 100 ans suivant Gumbel

Valeur variable Gumbel	Temps de retour	Pluviométrie (mm)
$0.720 s + X_{moy}$	X5	848.75
$1.305 s + X_{moy}$	X10	1008.59
$1.866 s + X_{moy}$	X20	1139.51
$2.045 s + X_{moy}$	X25	1184.92
$2.594 s + X_{moy}$	X50	1324.21
$3.138s + X_{moy}$	X100	1462.23

À partir des données pluviométriques théoriques, la courbe Intensité-durée- fréquence suivante peut être construite, en ramenant ces données mensuelles en données journalières. Pour cela, les pluviométries mensuelles ont été divisées par les douze (12) jours pluvieux moyens interannuels pour l'obtention du graphique ci-dessous.

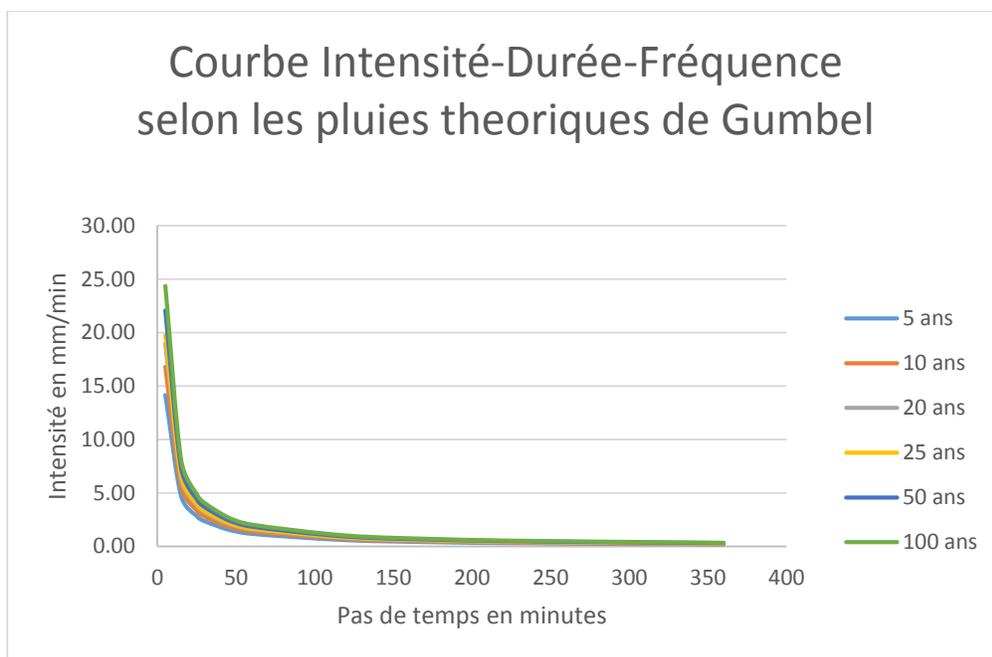


Figure 17 : courbe Intensité-Durée-Fréquence de la pluie théorique suivant Gumbel

Selon la courbe ci-dessus, les intensités quinquennales (5 ans), décennales (10 ans) et centennales (100 ans) correspondant au temps de concentration de 24 minutes sont respectivement de 2.95 mm/min, 3.50 mm/min et 5.07 mm/min.

VI.-CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

6.1 Conclusion

Le micro bassin de Gingerette fait partie du sous bassin versant de Maniche, qui lui-même est l'une des nombreuses cuvettes qui desservent le bassin versant de Cavaillon. Ce MBV est sous un système agroforesterie dense, ce qui favorise l'infiltration et ralentit le ruissellement. De par sa position et son altitude maximale, soit 158 m par rapport au niveau de la mer, il reçoit normalement les précipitations orographiques. Toutefois, au moment de l'étude, une sécheresse peu commune a dû retarder fortement l'arrivée de la saison des pluies qui devrait normalement débuter en Mai. La précipitation maximale journalière enregistrée était de 70 mm au mois d'Août. Les épisodes pluvieux étant de très courte durée et de très faible quantité, il n'y a pas eu de ruissellement, donc pas de débit à l'exutoire.

À cause de la sécheresse, les données collectées pendant la période d'étude ne traduisent pas fidèlement la réalité de ce MBV. Toutefois afin de déterminer certaines particularités climatiques de la zone, une analyse statique des séries pluviométriques du SRNE de Camp-perrin a été effectuée. L'analyse statistique des données de la station de Camp-perrin montre que la loi de Gumbel offre un meilleur ajustement des données que la loi de Gauss. La loi de Gumbel utilise les données maximales de la station afin d'estimer les pluies de 5, 10, 50 et 100 ans. L'analyse des données pluviométriques disponibles a permis, sur la base de certaines hypothèses, de construire une courbe Intensité-Durée-Fréquence de référence pour la zone. Cette dernière permet d'estimer les débits de pointe par la méthode rationnelle (CIA), en se servant des intensités quinquennales, décennales et centennales correspondant au temps de concentration.

Cette étude est une première au niveau du MBV. Puisqu'on n'a pas eu d'écoulement à l'exutoire, les débits présentés font l'objet de simulation et d'estimation à partir de la relation de Manning-Strickler dans le contexte d'un écoulement uniforme ; qui a permis de déboucher sur une courbe de tarage théorique de la section. Cette courbe est d'une importance capitale par le fait qu'elle permet non seulement de jauger les instruments de mesure de débits, mais aussi comparer les débits simulés en régime uniforme et ceux obtenus en écoulement turbulent.

6.2 Recommandations

Toute étude de ce genre nécessite de longues séries de données s'étalant sur au moins 30 années. Alors, on propose qu'il y ait une continuité du suivi hydrologique du micro bassin versant de Gingerette, afin de constituer une base de données exploitable qui permettrait de caractériser de manière plus approfondie les particularités hydrologiques de cet espace et son apport dans la genèse des crues de la rivière de Cavaillon. Ce qui permettrait à l'avenir d'orienter le choix des crues de projet pour l'érection de certains ouvrages de protection.

VII.-BIBLIOGRAPHIE

BOCOUM M. & DIALLO E., 2008. Le drainage des eaux de pluie de CICES et de ses environs. Projet de fin d'étude. L'Office National d'Assainissement du Sénégal (ONAS), Sénégal. 103p

BONTEMPS A, 2010. Étude hydrologique du bassin versant de la Dives, Normandie, en France. 25p

BUTTERLIN, J. : Géologie générale de la République d'Haïti. Institut des Hautes Études de l'Amérique Latine, Paris, 1960.pp

CHAPONNIERE, A., 2005. Fonctionnement hydrologique d'un bassin versant montagneux semi-aride, Cas du bassin versant du Rehraya (Haut Atlas marocain). 250p

Institut Haïtien de Statistique et l'informatique (IHSI), 2007 et 2010. Inventaire des ressources et potentialités des communes d'Haïti.

LABORDE J.P, 2009. Éléments d'hydrologie de surface .225p

MAURASSE, F, 1980. New data on the stratigraphy of the southern peninsula of Haiti. In: 1er Colloque sur la géologie d'Haïti. 20p

OXFAM, 2011. Rapport de recherche. Diagnostic des bassins versants du sud.77p

OXFAM, 2014.Rapport de recherche : Adaptation aux changements climatiques ; le cas d'Haïti.12p

SAINT-GILLES, E, 2005. Problématique de la déforestation en Haïti.15p

ANNEXES

6 Système de culture

6.1 Quelles sont les cultures que vous pratiquez ?

Cultures pures

.....

Association de cultures.....

.....

.....

.....

6.2 Calendrier cultural

6.3 Bénéficiez-vous d'accompagnement de la part de techniciens?

a) Oui

b) Non

6.4 Si oui, de la part de qui?

a) Agronomes

b) Techniciens agricoles

d) Les deux

6.5 Souhaitez-vous ajouter quelque chose?

Réponse.....

.....

Annexe II: Tableau de la simulation des débits, hauteurs et hauteurs de pluie a l'exutoire

Tc(s)	A(m2)	P(m)	Q(m3/s)	P(mm)	V	n	ie	b	y	s	p	R
21600	59000	0.001721882	0.004703	1.721882	0.14652	0.0125	0.000387	1.07	0.03	0.0321	1.13	0.028407
		0.003683798	0.010062	3.683798	0.201245	0.0125	0.000387	1.07	0.05	0.0535	1.17	0.045726
		0.01107305	0.030246	11.07305	0.302458	0.0125	0.000387	1.07	0.10	0.107	1.27	0.084252
		0.031889044	0.087104	31.88904	0.435522	0.0125	0.000387	1.07	0.20	0.214	1.47	0.145578
		0.039194203	0.107058	39.1942	0.465471	0.0125	0.000387	1.07	0.23	0.2461	1.53	0.16085
		0.057569727	0.157251	57.56973	0.524169	0.0125	0.000387	1.07	0.30	0.321	1.67	0.192216
		0.071603506	0.195584	71.60351	0.55881	0.0125	0.000387	1.07	0.35	0.3745	1.77	0.211582
		0.092228037	0.251919	92.22804	0.599808	0.0125	0.000387	1.07	0.42	0.4494	1.91	0.235288
		0.101355293	0.27685	101.3553	0.615222	0.0125	0.000387	1.07	0.45	0.4815	1.97	0.244416
		0.135983755	0.371437	135.9838	0.663281	0.0125	0.000387	1.07	0.56	0.5992	2.19	0.273607
		0.142444759	0.389085	142.4448	0.670837	0.0125	0.000387	1.07	0.58	0.6206	2.23	0.278296
		0.148949108	0.406852	148.9491	0.678086	0.0125	0.000387	1.07	0.60	0.642	2.27	0.282819
		0.167537327	0.457625	167.5373	0.697068	0.0125	0.000387	1.07	0.66	0.702455	2.383	0.294778
		0.195507073	0.534024	195.5071	0.721654	0.0125	0.000387	1.07	0.74	0.7918	2.55	0.31051
		0.198891589	0.543269	198.8916	0.724358	0.0125	0.000387	1.07	0.75	0.8025	2.57	0.312257
		0.215878956	0.589669	215.879	0.737179	0.0125	0.000387	1.07	0.80	0.855893	2.669801	0.320583
		0.233085232	0.636668	233.0852	0.749021	0.0125	0.000387	1.07	0.85	0.9095	2.77	0.328339
		0.254145615	0.694194	254.1456	0.762181	0.0125	0.000387	1.07	0.91	0.974556	2.8916	0.33703
		0.267816977	0.731537	267.817	0.770039	0.0125	0.000387	1.07	0.95	1.0165	2.97	0.342256
		0.273466039	0.746967	273.466	0.773145	0.0125	0.000387	1.07	0.97	1.033772	3.002284	0.344328
		0.280203736	0.765371	280.2037	0.776747	0.0125	0.000387	1.07	0.99	1.054329	3.040709	0.346738

Q: Débit en m³/s

P: Hauteur de pluie

Y : Hauteur d'eau à l'exutoire

R : Rayon hydraulique

S : Section mouillée

P : Périmètre mouillé

n : Coefficient de Manning-Strickler

ie : Pente du radier, de la ligne d'énergie

Annexe III : Précipitation moyenne annuelles des Cayes 1940-2013

Année	Pluie(mm)
1940	173.08
1941	147.08
1942	193.08
1943	170.08
1944	160.50
1945	177.08
1946	133.42
1947	92.83
1948	226.58
1949	207.20
1950	194.58
1951	159.61
1952	104.87
1953	156.50
1954	184.21
1955	176.54
1956	152.62
1957	118.26
1958	221.25
1959	147.90
1960	226.00
1961	217.63
1962	153.07
1963	190.45
1964	136.62
1965	136.98
1966	158.22
1967	114.52
1968	113.43
1969	185.05
1970	105.09
1971	107.43
1972	200.39
1973	174.87
1974	131.14
1975	138.67
1976	107.66
1977	163.00

Annexe III : Précipitations moyennes annuelles des Cayes (suite)

Année	Pluie(mm)
1978	150.07
1979	189.85
1980	121.21
1981	125.74
1982	66.08
1983	79.48
1984	84.02
1985	66.68
1986	87.53
1987	97.75
1988	85.64
1989	108.94
1990	178.23
1991	96.83
1992	113.88
1993	156.68
1994	144.06
1995	141.86
1996	170.67
1997	111.78
1998	147.26
1999	176.22
2000	118.92
2001	110.84
2002	126.99
2003	119.67
2004	124.15
2005	153.19
2006	12.68
2007	258.68
2008	231.85
2009	158.73
2010	240.73
2011	234.46
2012	209.69
2013	113.45

Annexe IV. Tableaux des intensités théoriques de Gumbel et de Gauss

Tableau de la courbe IDF de Gumbel

Période de retour	5 ans	10 ans	20 ans	25 ans	50 ans	100 ans
Pas de temps (min)	Intensité	Intensité	Intensité	intensité	Intensité	Intensité
5	14.15	16.81	18.99	19.75	22.07	24.37
15	4.72	5.60	6.33	6.58	7.36	8.12
24	2.95	3.50205	3.95663	4.11431	4.59795	5.07719
25	2.83	3.36	3.79	3.95	4.41	4.87
30	2.36	2.80	3.17	3.29	3.68	4.06
45	1.57	1.87	2.11	2.19	2.45	2.71
60	1.18	1.40	1.58	1.65	1.84	2.03
120	0.59	0.70	0.79	0.82	0.92	1.02
180	0.39	0.47	0.53	0.55	0.61	0.68
240	0.29	0.35	0.40	0.41	0.46	0.51
360	0.20	0.23	0.26	0.27	0.31	0.34

Tableau de la courbe IDF de Gauss

Période de retour	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Pas de temps (min)	Intensité	Intensité	Intensité	Intensité	Intensité
5	6.69	7.69	8.50	9.43	10.04
15	2.23	2.56	2.83	3.14	3.35
24	1.39	1.60	1.77	1.96	2.09
25	1.39	1.54	1.70	1.89	2.01
30	1.12	1.28	1.42	1.57	1.67
45	0.74	0.85	0.94	1.05	1.12
60	0.56	0.64	0.71	0.79	0.84
120	0.28	0.32	0.35	0.39	0.42
180	0.19	0.21	0.24	0.26	0.28
240	0.14	0.16	0.18	0.20	0.21
360	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14

Annexe V. Valeur du coefficient de ruissellement selon les normes suisses et de la méthode rationnelle

Tableau des valeurs du coefficient de ruissellement pour différentes couvertures du sol

(Tiré des normes suisses SNV 640 351)

Nature superficielle du bassin versant	Coefficient de ruissellement C_r
Bois	0,1
Prés, champs cultivés	0,2
Vignes, terrains nus	0,5
Rochers	0,7
Routes sans revêtement	0,7
Routes avec revêtement	0,9
Villages, toitures	0,9

Tableau de l'évaluation du coefficient de ruissellement selon la méthode rationnelle

Tableau 30. Coefficient de ruissellement dans la méthode rationnelle.

Nature de la couverture végétale	Valeur de C							
	Petits bassins de 0 à 10 ha présentant une pente de				Bassins moyens de 10 à 400 ha présentant une pente de			
	moins de 5 %	de 5 à 10 %	de 10 à 30 %	plus de 30 %	moins de 5 %	de 5 à 10 %	de 10 à 30 %	plus de 30 %
Plates-formes et chaussées de routes ; cours	0,95	»	»	»	»	»	»	»
Terrains dénudés, ou à végétation non couvrante.....	0,80	0,85	0,90	0,95	0,70	0,75	0,80	0,85
Terrains déjà attaqués par l'érosion								
Labours frais								
Cultures couvrantes, céréales hautes	0,75	0,80	0,85	0,90	0,52	0,60	0,72	0,80
Terrains de parcours, chieudent ras								
Petite brousse clairsemée								
Prairies	0,70	0,75	0,80	0,85	0,30	0,36	0,12	0,50
Brousse dense. Savane à sous-bois								
Forêt ordinaire en futaie. Sous-bois touffus	0,30	0,50	0,60	0,70	0,13	0,20	0,25	0,50
Grande forêt primaire	0,20	0,25	0,30	0,40	0,15	0,18	0,22	0,25

HYDROLOGIE