

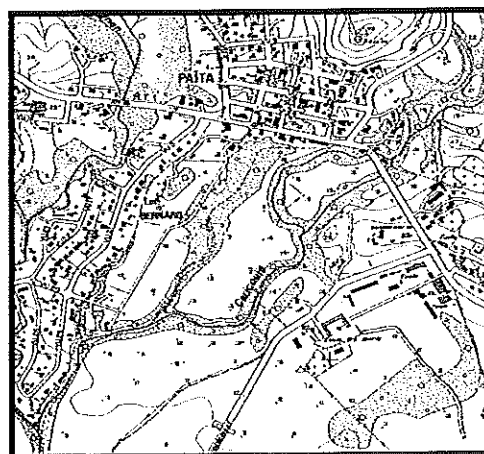


DIRECTION DES AFFAIRES
VETE
NTAIRES

LE 14 NOV. 2002

N° 2998 / S.E.S.E.R.

ETUDE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE
POUR LA DETERMINATION DES ZONES INONDABLES
DES BASSINS VERSANTS DE TONGHOUE, PAETA,
PLUM, CORNICHES DE MONT-DORE, TAMOA
EN NOUVELLE-CALEDONIE



Rapport d'étude

Octobre 2002



Géomorphologie - Hydraulique - Aménagement



Ministère de l'Équipement des Transports
du Logement du Tourisme et de la Mer.

Maître d'ouvrage : CIFEG

Auteur : Carex Environnement, département eau et planification.

Chef de projet : Patrick BUQUET

Participants : Patrick BUQUET, Véronique DURIN, Gérald GARRY

Sous-traitants :

Date : 11/10/2002

N° d'affaire : 02.018

Pièces composant l'étude :

- 1 rapport

Résumé de l'étude : Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables de plusieurs bassins versants et essai de modélisation de la crue "hydrogéomorphologique" sur le Creek Namié.

Zone géographique : Nouvelle-Calédonie

Contrôle qualité interne

Rapport : Rédigé par Patrick BUQUET, Gérald GARRY
Vérifié par Laurent MATHIEU
Approuvé par Patrick BUQUET

Cartographie : Effectuée par Patrick BUQUET, Véronique DURIN,
Vérifié par Patrick BUQUET
Approuvé par Patrick BUQUET

Cette étude a été réalisée par

Carex Environnement

Bureau d'études et

cabinet conseil spécialisé en environnement

Patrick BUQUET, ingénieur géomorphologue, chef de projet

Véronique DURIN, ingénieur géomorphologue

Ont participé à ce travail :

Ministère de l'Équipement des transports, du logement, du tourisme et de la mer

Gérald GARRY, Chargé de mission Environnement et Risques naturels

La numérisation sous SIG ARCVIEW des cartes hydrogéomorphologiques
a été réalisée par les services de la DAVAR

OCTOBRE 2002

SOMMAIRE

INTRODUCTION	8
CHAPITRE 1 : LES BASSINS VERSANTS ETUDIES	10
1.1 . LE BASSIN DE LA PLUM.....	10
1.1.1 Les caractéristiques géométriques	10
1.1.2 L'affectation des sols	12
1.1.3 L'exposition au risque d'inondation	12
1.2 . LES BASSINS DES CORNICHES DU mont-DORE	17
1.2.1 Les caractéristiques géométriques	17
1.2.2 L'affectation des sols	19
1.2.3 L'exposition au risque d'inondation	19
1.3 . LE BASSIN DE LA TONGHOUÉ	22
1.3.1 Les caractéristiques géométriques	22
1.3.2 L'affectation des sols	23
1.3.3 L'exposition au risque d'inondation	23

1.4 . LE BASSIN VERSANT DE LA KATIRAMONA	25
1.4.1 Les caractéristiques géométriques	25
1.4.2 L'affectation des sols	27
1.4.3 L'exposition au risque d'inondation	28
1.5 . LE BASSIN VERSANT DE LA CARICOUÏE ET SES PRINCIPAUX AFFLUENTS (ERAMBERE, CARIGNAN, COUTEONENIA)	30
1.5.1 Les caractéristiques géométriques	30
1.5.2 L'affectation des sols	34
1.5.3 L'exposition au risque d'inondation	35
1.6 . LE BASSIN VERSANT DE LA ONDEMIA	38
1.6.1 Les caractéristiques géométriques	38
1.6.2 L'affectation des sols	39
1.6.3 L'exposition au risque d'inondation	40
1.7 . LE BASSIN VERSANT DE LA SIOMBEBE	42
1.7.1 Les caractéristiques géométriques	42
1.7.2 L'affectation des sols	44
1.7.3 L'exposition au risque d'inondation	44
1.8 . LE BASSIN VERSANT DE LA TAMOA	46
1.8.1 Les caractéristiques géométriques	46
1.8.2 L'affectation des sols	50

1.8.3	L'exposition au risque d'inondation	51
1.9	LE BASSIN VERSANT DE pebo-karitapoya.....	53
1.9.1	Les caractéristiques géométriques	53
1.9.2	L'affectation des sols	54
1.9.3	L'exposition au risque d'inondation	54
1.10	LE BASSIN VERSANT DE LA KOUEMBELIA.....	56
1.10.1	Les caractéristiques géométriques	56
1.10.2	L'affectation des sols	57
1.10.3	L'exposition au risque d'inondation.....	58
CHAPITRE 2 : ESSAI DE MODELISATION D'UNE CRUE « HYDROGEOMORPHOLOGIQUE » SUR LE CREEK NAMIE.....		59
2.1	LES OBJECTIFS	59
2.2	LA DESCRIPTION DE LA METHODE RETENUE	59
2.2.1	L'analyse hydrogéomorphologique	59
2.2.2	Les relevés topographiques.....	61
2.2.3	La modélisation hydraulique	61

2.3 . LES RESULTATS.....	62
2.3.1 Description générale du bassin versant.....	62
2.3.2 Connaissance des crues.....	64

INTRODUCTION

Cette étude, commandée par la Direction des services vétérinaires du Territoire de Nouvelle-Calédonie, s'inscrit dans une suite d'actions entreprises à partir des recommandations d'une mission diligentée en décembre 1997 par la Direction de l'Équipement de la province sud. La mission de 1997 avait pour but de dresser un bilan des risques naturels et de leur prise en compte dans l'urbanisme. Elle avait permis de constater à la fois l'importance des aléas (inondations, mouvements de terrain, cyclones, feux de brousse, raz de marée) et la limitation des risques naturels, encore peu développés dans la mesure où une très faible part de la population était installée dans les zones exposées. Cependant, l'extension et l'intensité des aléas inondations et mouvements de terrain étaient mal connues. Il devenait donc urgent, devant la pression foncière croissante de certains secteurs, notamment du grand Nouméa, d'engager un vaste programme de cartographie pour délimiter les aléas afin d'éviter que la population et les activités ne continuent à s'implanter dans les zones dangereuses. La cartographie des mouvements de terrain venait d'être engagée par le service des Mines. La mission avait proposé de traiter rapidement les zones inondables en appliquant, après l'avoir validée, la méthode hydrogéomorphologique développée au sud de la métropole et déjà expérimentée avec succès aux Antilles.

Suivant ces recommandations, la Direction de l'Agriculture et de la Forêt du Territoire a organisé en mars 1998 une mission d'expertise afin de tester la méthode hydrogéomorphologique sur un cours d'eau de configuration "classique", la Thio, pour laquelle le service disposait de données (débits, hauteurs de submersion, etc.). La cartographie, réalisée en une semaine par deux spécialistes, a permis de délimiter l'enveloppe des inondations exceptionnelles de la Thio; les spécificités de la dynamique du fleuve (anciens chenaux, traces d'érosion, etc.) ainsi que l'évolution du trait de côte. Concernant l'extension des zones inondables, les résultats ont été identiques, à quelques détails près, à ceux obtenus par une modélisation classique réalisée par le bureau d'études Hydrex. Ils ont confirmé l'applicabilité de cette méthode qui est fiable, rapide et peu onéreuse au contexte morpho-climatique de la Nouvelle-Calédonie.

Il restait à expérimenter la démarche hydrogéomorphologique à d'autres types de bassins versants présents sur le territoire, drainés par des cours d'eau temporaires ou pérennes, de taille intermédiaire ou inférieure à 10 km², qui ont une très grande réactivité aux précipitations et pour

lesquels il n'existe pas ou très peu de mesures. Le choix de la Direction des Affaires Vétérinaires, Alimentaires et Rurales, en charge de la cartographie des zones inondables, s'est porté alors sur les creeks de la Yahoué et de Namié dans la commune du Mont Dore, qui ont été inondés en octobre 2001.

Le présent rapport s'inscrit dans la continuité de ces travaux par la réalisation de la cartographie des zones inondables des bassins versants de Tonghorie, Paeta, Plum, Corniches de Mont Dore, Tamoia, qui représentent les secteurs à fort enjeux d'urbanisation.

Complémentairement à cette détermination des zones inondables, un essai de modélisation d'une "crue hydrogéomorphologique" sur le creek Namié a été réalisé à titre exceptionnel pour apprécier la cohérence des résultats de cette modélisation avec les seuils généralement retenus dans les études hydrauliques classiques menées en Nouvelle-Calédonie.

Ce chapitre a pour but de présenter les principales caractéristiques des bassins versants étudiés. Par bassin versant on entend : la surface élémentaire hydrologiquement close dans laquelle aucun écoulement extérieur pénètre, tous les excédents de précipitation s'écoulent par une seule section (l'exutoire) ou bien s'évaporent.

Les caractéristiques physiographiques, l'occupation des sols, la géologie, etc..., influencent largement la réponse hydrologique et notamment le régime des écoulements en période de crue.

1.1. LE BASSIN DE LA PLUM

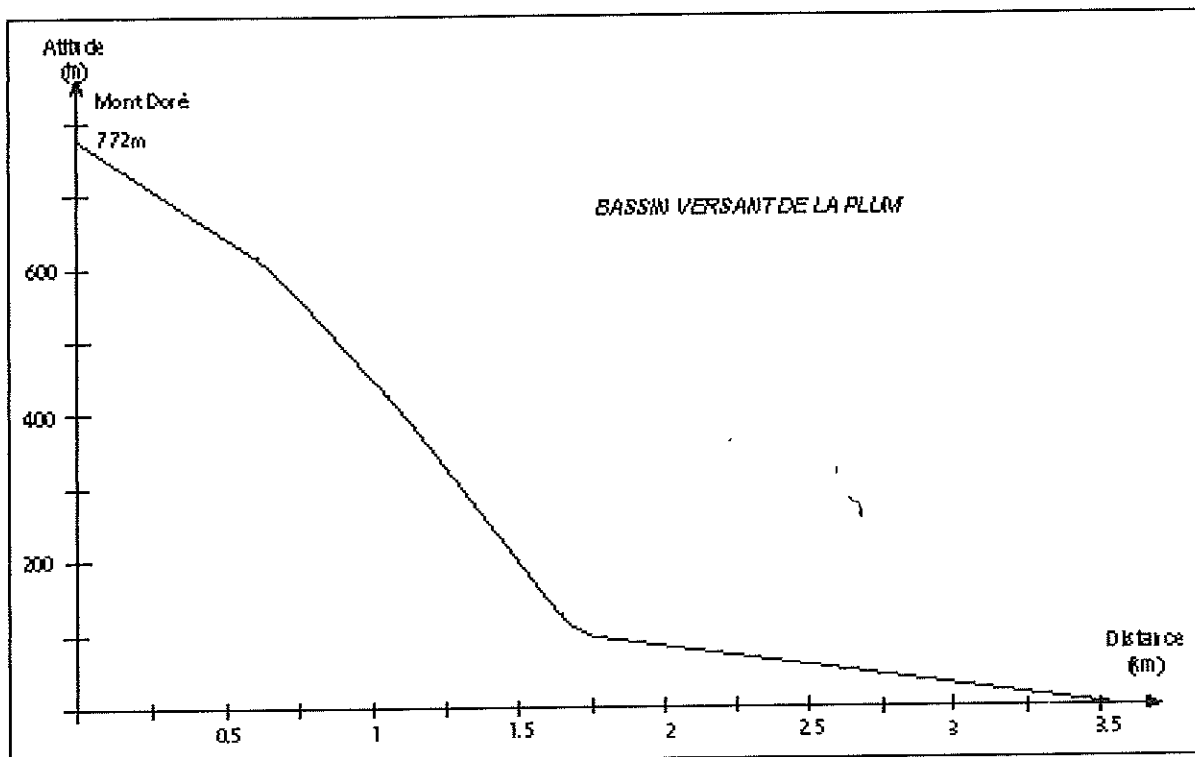
Ce premier bassin versant s'inscrit en totalité sur la commune du Mont Dore. Il offre une superficie de 11.4 km². Il culmine à la cote 772m, son talweg principal a une longueur de 4.600m environ.

1.1.1 Les caractéristiques géométriques

Le bassin versant de la Plum a une forme en éventail bien marquée avec une protubérance vers l'ouest. Cette forme joue un rôle important dans la transmission des crues et dans la forme des hydrogrammes. Sur ce bassin, on observe la convergence des éléments du réseau hydrographique dans la section aval qui favorise un temps de concentration court et un débit de pointe élevé. Le temps de concentration estimé est égal à 1heure (source SOGREAH).

La forme de l'hydrogramme de crue est en relation avec « l'énergie » du relief. L'influence du relief sur les écoulements se conçoit aisément. De nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude. La pente, par ailleurs influe notablement sur les vitesses d'écoulement.

La pente du bassin versant fournit également une vue générale intéressante du relief. La courbe hypsométrique présente la forme suivante.



On observe une grande variation altimétrique dans la partie haute du bassin versant, suivie brutalement d'une plaine alluviale proche du niveau de base, séparée du lagon par un cordon sableux de faible hauteur. Ainsi, les écoulements provenant du haut bassin versant arrivent très vite dans la plaine alluviale.



Photo n°1 : Le haut du bassin versant de la Plum vu depuis le cordon littoral.

1.1.2 L'affectation des sols

Le bassin de la Plum ne fait pas l'objet d'une urbanisation intense comme d'autres bassins versants de la commune du Mont-Dore. L'urbanisation représente environ 100 ha soit moins de 8 % de la surface totale. L'imperméabilisation de cette surface n'a donc pratiquement pas d'influence sur les crues de la rivière. En revanche, elle limite la recharge de la nappe exploitable pour la ressource en eau potable et évidemment vis-à-vis de la pollution du cours d'eau et au final du lagon tout proche.

La grande majorité du bassin, plus de 80%, est recouverte par une végétation de type savane herbeuse et par des surfaces dénudées (zones d'arrachement, anciennes extractions, etc). La savane permet de réduire pour partie l'écoulement moyen suivant des proportions difficiles à évaluer. La physionomie du bassin versant avec des pentes de versant fortes suppose une faible efficacité des boisements sur la réduction des écoulements.

En revanche, dans la plaine alluviale, cette végétation dense, développée sur une zone relativement plane, participe probablement plus efficacement à l'étalement des crues, à la réduction des vitesses et à l'épandage des sédiments.

1.1.3 L'exposition au risque d'inondation

L'interprétation hydrogéomorphologique a permis de mettre en évidence les points suivants. La plaine alluviale de la Plum est très étendue. Son extension s'explique par sa dynamique de mise en place. Nous sommes en présence d'une petite plaine de remblaiement où s'accumulent depuis plusieurs milliers d'années les sédiments arrachés aux versants.

Préalablement, la vallée devait être pénétrée par la mer puis a été fermée par le cordon littoral sableux. Ce dernier a refermé la baie en constituant une lagune qui petit à petit a été colmatée par les sédiments lors des différentes crues. Ce processus comme nous le verrons sur les bassins versants est très fréquent en Nouvelle-Calédonie. Il explique l'étendue considérable des lits majeurs inondables souvent disproportionnés par rapport aux bassins versants amont.



Photo n°2 : Séquence sédimentaire du cordon littoral.

Les sables littoraux du cordon sont recouverts par une épaisseur de 20 cm environ de limons de crue.

Dans le cas présent, la plaine alluviale représente environ 50% de la surface du bassin versant ce qui est considérable. Compte tenu de la morphologie générale, la vulnérabilité au risque d'inondation est homogène à l'ensemble de la plaine.

a) Les secteurs particuliers : Val boisé, les Jardins de Plum et les Sous-Bois

Les cours d'eau qui traversent ces lotissements présentent des caractéristiques torrentielles bien marquées. Il s'agit d'une section de transit des matériaux provenant des versants. Le cours d'eau est constitué d'un chenal unique. Le lit mineur est très encaissé. Les berges de lit mineur sont hautes (3 à 5 m) et sub-verticales. Sa largeur est faible entre 3 et 5 m. Le fond du lit est constitué de matériaux grossiers de type blocs et galets. Le lit mineur a une pente longitudinale forte, supérieure à celle du lit majeur, et ses berges font l'objet de quelques érosions localisées.

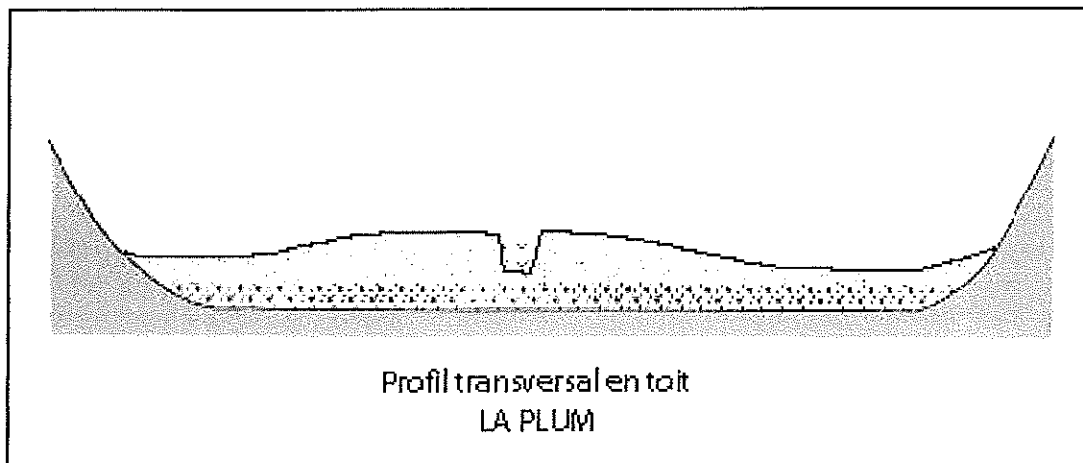


Photo n°3 : Le lit torrentiel d'un affluent de rive droite de la Plum à Val Boisé.

Le débit de pleins bords est sûrement important. Le caractère torrentiel des écoulements rend ce secteur particulièrement vulnérable au risque d'inondation. Les crues débordantes sont probablement rares mais dangereuses avec surtout des vitesses fortes et une charge solide conséquente. Ce risque est d'autant plus élevé que l'urbanisation s'étend jusqu'en bordure immédiate du lit mineur, sans précaution particulière.

b) Les secteurs de la plaine alluviale aval : lotissements Guerrera, Collardeau

Ces lotissements se sont implantés sur le cordon littoral sableux puis à l'arrière dans la plaine alluviale inondable de la Plum. La rivière présente ici toutes les caractéristiques d'une rivière de plaine. Nous sommes dans la partie la plus en aval du cours d'eau. La pente longitudinale de la rivière est faible à nulle. La décroissance de la vitesse des courants dans le lit mineur mais également dans le lit majeur se traduit par une sédimentation argilo-limoneuse très importante. Cette sédimentation se poursuit aujourd'hui dans le lit mineur et sur ses berges. Ce dernier s'élève peu à peu et surplombe le lit majeur. On obtient ainsi une configuration de lit en toit caractéristique des plaines alluviales côtières.



Profil transversal en toit : La Plum

Cette disposition favorise lors des débordements, la création de chenaux de crues en lit majeur qui sont particulièrement visibles sur le terrain. Le cours d'eau a d'ailleurs fait l'objet d'une rectification du lit.

Ainsi toute la plaine littorale aval est inondable. Ce constat est renforcé d'une part, par la nature des sédiments (argiles et vases) qui réduisent l'infiltration des eaux et favorisent la stagnation des eaux sur le lit majeur. D'autre part, le cordon littoral sableux ferme la plaine alluviale et réduit la capacité d'évacuation des eaux vers le lagon. Contrairement au secteur amont, la vulnérabilité est surtout liée aux hauteurs d'eau et dans aux axes des chenaux de crue.

CARTE DES ZONES INONDABLES

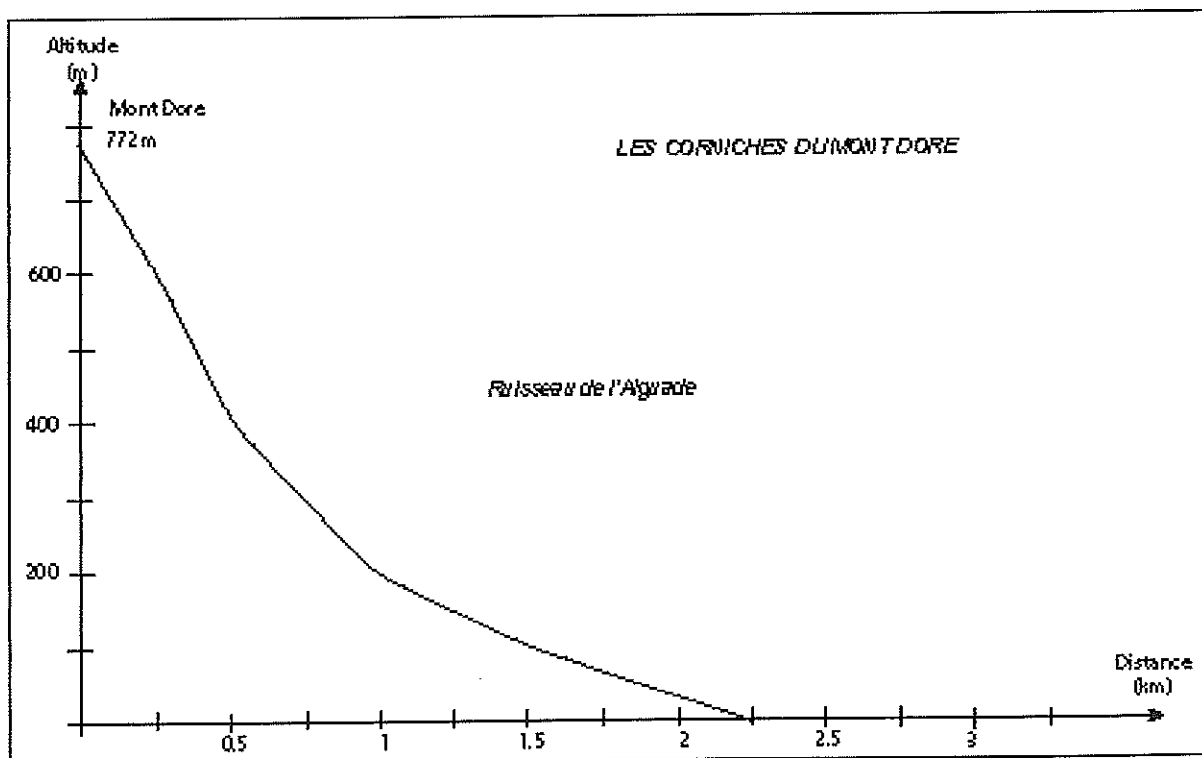
1.2. LES BASSINS DES CORNICHES DU MONT-DORE

Il s'agit ici de petits bassins versants côtiers de quelques kilomètres carrés, qui drainent le versant maritime du massif du Mont-Dore. Au total, cela représente un linéaire de 20 km répartis en 14 bassins versants. Ils s'inscrivent dans le massif à mi-versant à une altitude moyenne de 200 à 400m puis se jettent dans le lagon après un parcours modeste d'un kilomètre parfois moins. Géomorphologiquement, on peut distinguer deux types d'appareils hydrographiques : les petits fleuves côtiers qui débouchent directement dans le lagon et les cours d'eau qui aboutissent dans une vaste plaine littorale avant de rejoindre le lagon (secteur de Vallon, la Briqueterie).

1.2.1 Les caractéristiques géométriques

Le bassin versant des petits fleuves côtiers présente une forme très allongée. Les vallées sont étroites et pentues. Cette forme favorise un temps de concentration plus long. Toutefois, la pente forte pondère ce constat.

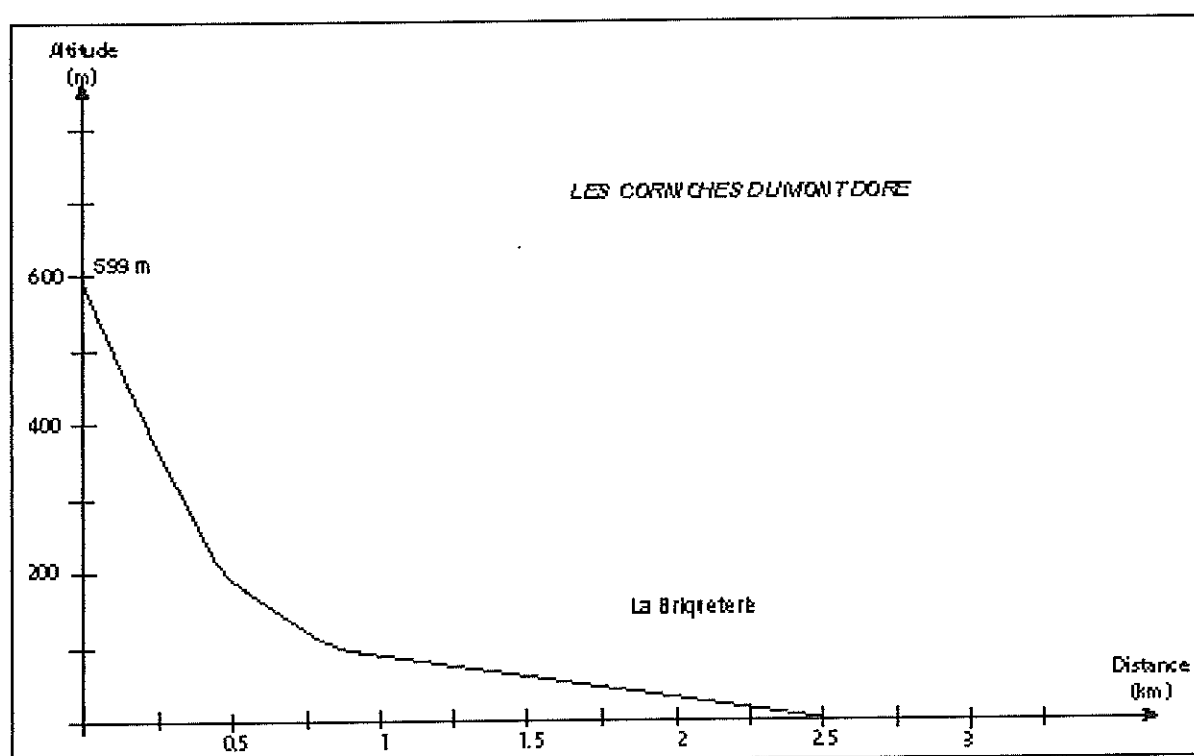
La pente générale de ces bassins versants montre une variation altimétrique régulière, avec un profil en long également régulier.



Ainsi, le profil en long du bassin est pratiquement équivalent à celui du versant maritime du massif. Les écoulements dans le bassin se propagent donc rapidement vers le lagon.

Pour les cours d'eau du secteur du Vallon Dore et de la Briqueterie, la physionomie des bassins versants est différente. La section supérieure des cours d'eau présente les mêmes caractéristiques géométriques que les précédents (pente forte et régulière, bassin étroit et allongé). En revanche, sur les sections moyenne et inférieure, le bassin versant s'élargit, la pente s'adoucit progressivement pour atteindre à son extrémité aval le niveau de base. Cette physionomie se rapproche de celle du bassin versant de la Plum. La forme du bassin versant s'apparente plus de celle des petits fleuves côtiers : le bassin a une forme très allongée, non circulaire comme celui de la Plum.

La courbe hypsométrique est également similaire à celle de la Plum. Après une section supérieure abrupte, une rupture topographique brusque survient à l'altitude 70m. Le profil du bassin s'aplanit nettement, on atteint très vite une altitude de 5 à 10m bien avant d'aboutir dans le lagon.



Ainsi, les écoulements provenant du haut bassin atteignent rapidement la plaine littorale puis les écoulements perdent brusquement leur dynamisme en arrivant dans la plaine.

1.2.2 L'affectation des sols

Les différents bassins versants font l'objet d'une urbanisation beaucoup plus dense que pour le bassin versant de la Plum. Pour les petits fleuves côtiers, l'ensemble des sections intermédiaires et aval fait l'objet d'une urbanisation dense par un habitat pavillonnaire sous la forme de petits lotissements. Ces constructions se sont implantées indifféremment sur les versants et dans les fonds de vallées. Très souvent, l'axe du cours d'eau n'est pas ou peu visible. Il emprunte fréquemment les voiries. L'urbanisation occupe environ 20 % de la superficie du bassin versant. Les 80 % restant correspondent à la forêt sèche qui recouvre les parties hautes du bassin et quelques lambeaux de forêt littorale sur les cordons sableux encore préservés.

Pour le secteur de Vallon Dore, la Briqueterie, l'urbanisation occupe les croupes qui séparent les cours d'eau ou bien s'est implantée dans les parties les plus amont des plaines alluviales. Cette situation s'explique par le caractère très humide de la plaine alluviale littorale. La mangrove pénètre largement à l'intérieur de la vallée. Les zones marécageuses et insalubres sont nombreuses. Ce secteur aval est probablement affecté régulièrement par les crues et par la remontée de la nappe lors des marées de vives-eaux, réduisant ainsi les potentialités d'urbanisation du secteur. Ainsi, l'urbanisation n'occupe qu'une part très limitée de la superficie du bassin versant de l'ordre de 5%. La majorité du bassin versant est occupée d'une part d'une forêt sèche sur le haut bassin et d'une savane arbustive et herbacée sur les croupes, d'une mangrove et de zones marécageuses sur le littoral.

1.2.3 L'exposition au risque d'inondation

Compte tenu de la physionomie des bassins, la vulnérabilité est forte pour les constructions situées dans l'axe des petits fleuves côtiers. Les hauteurs d'eau en cas de crues exceptionnelles sont probablement modérées, En revanche les vitesses doivent être fortes. Pour le secteur de Vallon Dore, la Briqueterie, les habitations situées dans les fonds de vallons sur la section intermédiaire sont particulièrement vulnérables. En cas de crues exceptionnelles les hauteurs et les vitesses sont sûrement élevées.

Par ailleurs, comme pour le bassin de la Plum, la basse vallée de ces bassins est généralement fermée par un cordon littoral qui limite la capacité d'écoulement des crues vers le lagon. Dans tous les cas, les crues exceptionnelles interviennent généralement lors de période dépressionnaire à l'origine de sur-côte marine qui empêchent également l'évacuation des crues vers le lagon. Les basses plaines jouent donc le rôle de zones de rétention de crue jusqu'à la résorption totale du phénomène météorologique.

CARTE DES ZONES INONDABLES

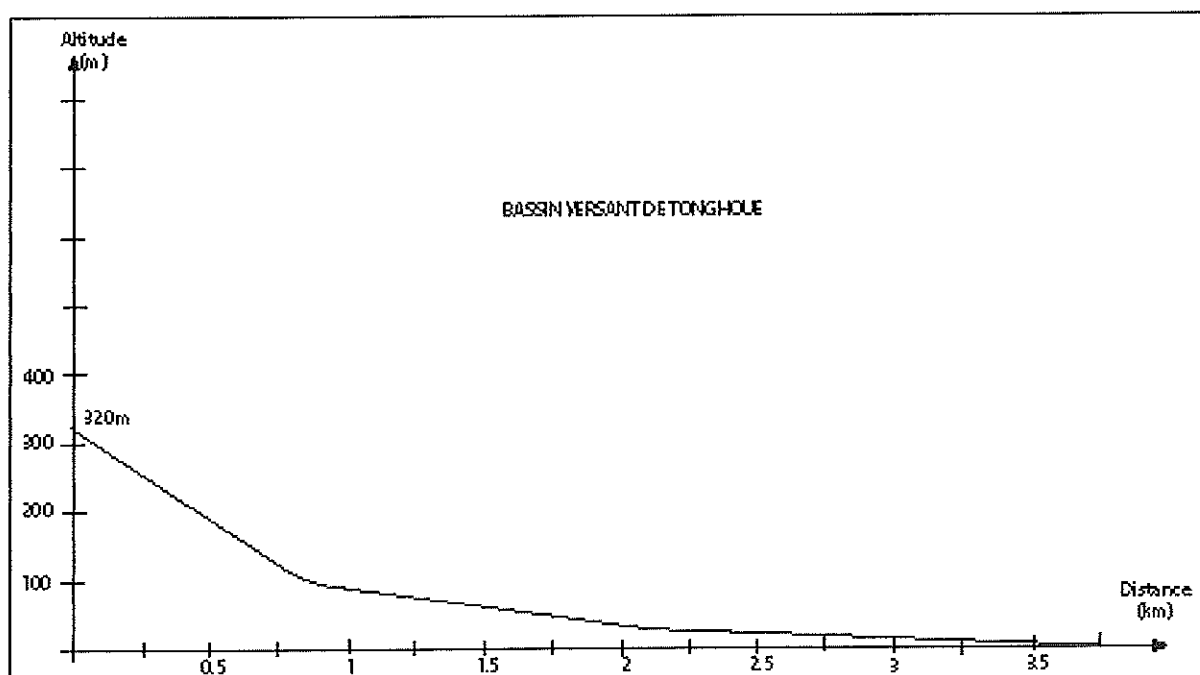
1.3. LE BASSIN DE LA TONGHOUÉ

Ce bassin versant s'inscrit en totalité sur la commune de Dumbéa. Sa superficie est d'environ 7km². Le point le plus haut du bassin versant se trouve à l'altitude de 320m non loin du col de Tonghoué. Le lit principal de la rivière qui draine le bassin versant a une longueur de 4 km environ.

1.3.1 Les caractéristiques géométriques

Le bassin versant de la Tonghoué a une forme plutôt rectiligne. Cette forme suppose une transmission des crues plus lente que pour le bassin de la Plum, par exemple. Par ailleurs, le haut bassin versant présente des altitudes et des pentes plus modestes que dans les bassins versants précédemment étudiés.

La courbe hypsométrique du bassin versant est présentée sur le schéma de la page suivante. On remarque à nouveau une grande rupture de pente entre le haut bassin versant à pente forte puis brutalement le versant se raccorde à la plaine littorale proche du niveau de la mer. Cela implique des vitesses d'écoulements rapides sur la partie haute et un temps de concentration faible.



1.3.2 L'affectation des sols

Le bassin versant de la Tonghoué fait l'objet d'une urbanisation dense sur la grande majorité de sa surface. Les constructions s'étendent indifféremment sur les versants et dans la plaine alluviale inondable. Cette dernière a d'ailleurs fait l'objet de nombreuses transformations (recalibrage du lit, remblaiement, etc.). Au total, l'urbanisation occupe près de 70% de la surface du bassin versant. L'imperméabilisation des sols consécutive participe également à accroître le risque, du moins pour les petites et les moyennes crues.



Photo n°4 : Travaux de terrassement de l'ensemble de la plaine alluviale pour un lotissement, amont du bassin versant.

Par ailleurs, les observations de terrain montrent que de nombreux franchissements routiers sont probablement sous dimensionnés et favorisent, pour les petits événements, l'extension des crues immédiatement en amont des ouvrages.

1.3.3 L'exposition au risque d'inondation

Compte tenu de la physionomie du bassin, la vulnérabilité est forte pour les constructions situées dans la plaine alluviale aval depuis l'école primaire. Les hauteurs d'eau en cas de crues exceptionnelles sont probablement modérées, En revanche les vitesses doivent être fortes. Le collège est également en zone particulièrement vulnérable : dans la partie la plus en aval du bassin versant, à la confluence de trois cours d'eau, et immédiatement en amont d'un ouvrage de franchissement routier. En cas de crues exceptionnelles les hauteurs et les vitesses sont probablement moins élevées que plus en amont.

La basse vallée joue également le rôle de zone d'expansion de crue grâce à son extension latérale, renforcée par les infrastructures linéaires qui barrent la plaine.

CARTE DES ZONES INONDABLES

1.4. LE BASSIN VERSANT DE LA KATIRAMONA

Le bassin versant de la Katiramona se trouve sur la commune de Païta. C'est un petit bassin versant d'environ 25 km² qui prend sa source au col de Katiramona à 140 m d'altitude. Son talweg principal a une longueur de 8500 m.

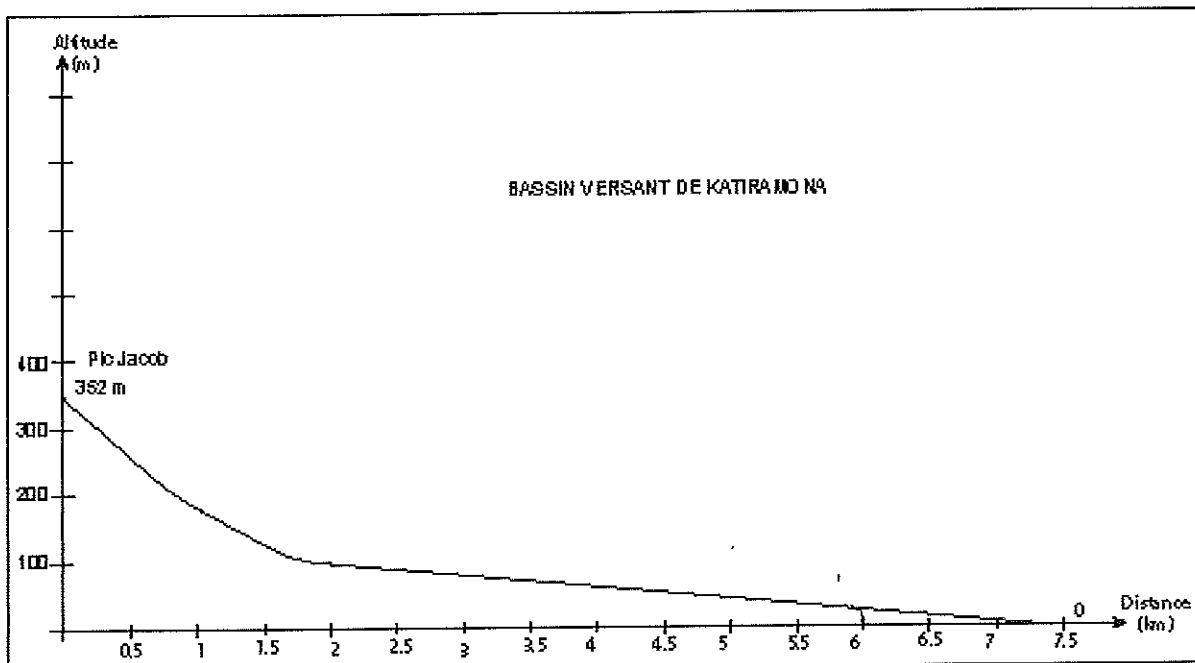
1.4.1 Les caractéristiques géométriques

Le bassin versant présente une forme allongée. La vallée est très étroite et pentue sur toute la section supérieure jusqu'aux Pétroglyphes. Elle ne dépasse pas 150 m de large. En aval et jusqu'au collège, la plaine s'élargit à la faveur de conditions géologiques plus favorables. La plaine atteint une largeur moyenne de 300 m. Dans la partie la plus en aval avant son débouché dans la baie de Port Laguerre, elle s'élargit nettement (plus d'un kilomètre) et se superpose à celle de la Caricouïé. Les deux plaines alluviales se séparent à nouveau de façon définitive au niveau de la voie E2, séparées par un pointement rocheux.



Photo n°5 : L'occupation du sol du haut bassin versant de la Katiramona.

La forme générale favorise un temps de concentration long. Toutefois, la pente forte sur la section supérieure du cours d'eau pondère ce constat. L'incidence de cette topographie est donc très différente suivant les sections de cours d'eau.



Sur la section supérieure, la pente longitudinale est forte (3%) proche de celle des rivières torrentielles. Le fonctionnement de cette section du cours d'eau est très dépendant de l'état du bassin versant. Actuellement le haut bassin est resté en l'état naturel, le volume de matériaux en jeu reste limité aux alluvions dans le lit de la rivière. Les apports de matériaux complémentaires proviennent des érosions de berges, fréquentes sur cette section. Les vitesses en crues sont probablement fortes avec des hauteurs modérées.



Photo n°6 : Erosion de la berge rive gauche de la Katiramon.

Sur la section intermédiaire, depuis les Pétroglyphes jusqu'au collège, la pente de la rivière se réduit, environ 1,5%. Le cours d'eau est plus sinueux, le lit unique divague d'une rive à l'autre.

Les érosions de berges sont moins fréquentes mais encore présentes. Les vitesses en période de crue restent soutenues, les hauteurs d'eau deviennent plus importantes.

Enfin sur la section en aval, nous sommes en présence d'une rivière de plaine avec une pente très faible à nulle. La géométrie du lit varie lentement. La charge en suspension devient plus importante et provoque des dépôts conséquents sur les berges et dans le lit majeur, dans des proportions difficiles à apprécier.

1.4.2 L'affectation des sols

Le bassin versant de la Katiramona ne fait pas l'objet d'une urbanisation très dense. Sur la partie haute du bassin, quelques habitations sous forme de hameaux occupent les bords du cours d'eau. Les constructions s'étendent plus largement en aval indifféremment sur les versants et dans la plaine alluviale inondable. Il s'agit d'une urbanisation récente d'habitats pavillonnaires et d'équipements publics. Le lit du cours d'eau a d'ailleurs fait l'objet d'une rectification et d'un recalibrage dans le cadre de l'implantation du collège. Au total, l'urbanisation occupe seulement de 15% de la surface du bassin versant. L'imperméabilisation des sols très limitée sur ce bassin ne participe que très marginalement à l'accroissement du risque.



Photo n°7 : Le nouveau collège de Katiramona dans la plaine alluviale aval.

Par ailleurs, les observations de terrain montrent que là également des petits franchissements routiers sont probablement sous dimensionnés et favorisent pour les petites crues, l'extension des crues immédiatement en amont des ouvrages (notamment sur le secteur amont).

1.4.3 L'exposition au risque d'inondation

Malgré une urbanisation plus limitée que sur les bassins présentés précédemment, l'exposition au risque d'inondation sur la Katiramona reste élevée compte tenu de l'implantation des constructions et de la dynamique du cours d'eau.

Sur la section amont où le caractère torrentiel de la rivière est affirmé, les maisons situées dans la zone inondable sont soumises à un risque fort (constructions situées entre le Montbrun-les-bains Cat et les Pétroglyphes).

Sur la section moyenne, moins urbanisée, le risque est similaire.

Enfin sur la section aval, le risque est également fort pour les constructions situées au débouché de la Katiramona dans la plaine littorale. C'est à dire l'ensemble des habitations et des équipements publics implantés dans le triangle lotissement Lafleur, lotissement George, Pont de la E2. Le risque est renforcé par la présence d'un chenal de crue marqué en rive gauche, qui longe le pied de versant du massif du Montbrun-les-Bains Noridoué.

CARTE DES ZONES INONDABLES

1.5. LE BASSIN VERSANT DE LA CARICOUÏE ET SES PRINCIPAUX AFFLUENTS (ERAMBERE, CARIGNAN, COUTEONENIA)

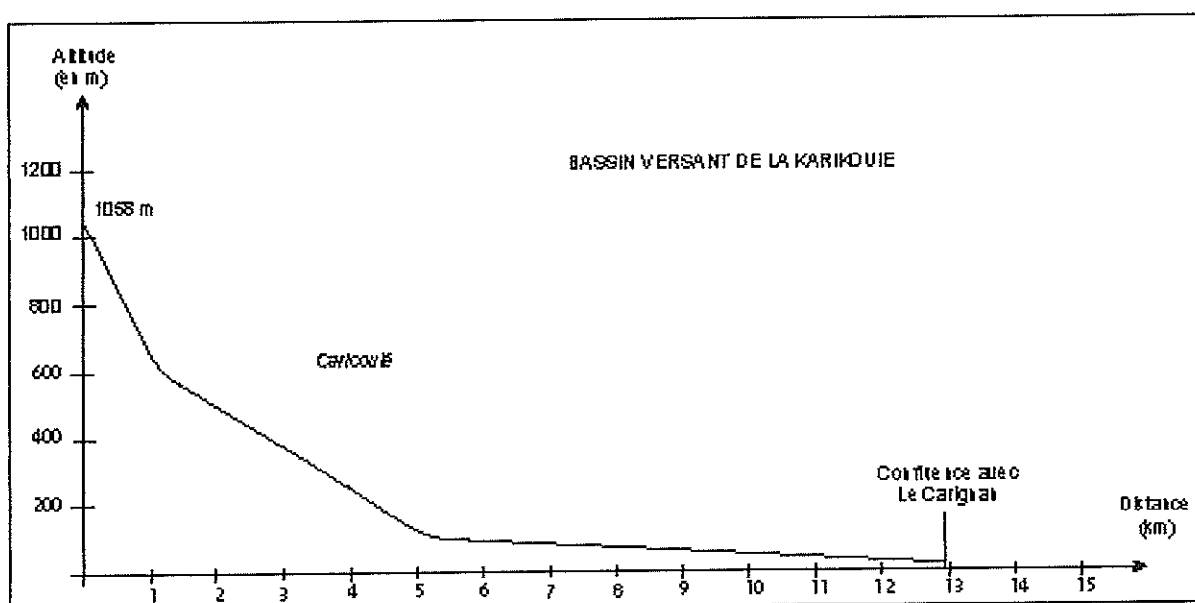
Le bassin versant de la Caricouïe se trouve sur la commune de Païta. C'est un vaste bassin versant d'environ 90 km² qui culmine au Montbrun-les-Bains Mou à 140 m d'altitude. Son talweg principal (la Caricouïe Nord) a une longueur de 12800 m. Cette dernière rivière réceptionne plusieurs affluents : l'Erembéré en rive gauche (surface de 12 km², longueur de 8300m) ; le Carignan, affluent de rive droite et son sous-affluent la Coutéonénia (surface de 47 km², longueur de 11000m).

1.5.1 Les caractéristiques géométriques

Pour des facilités de lecture, les différents bassins sont traités successivement.

a) Le bassin versant de la Caricouïe

Le bassin versant de la Caricouïe a une forme en éventail bien marquée si l'on intègre l'ensemble des affluents, avec un resserrement prononcé sur sa section aval, à partir de Païta. Cette physionomie générale est plutôt favorable à une transmission rapide des crues vers l'aval et notamment au droit du point de convergence des deux cours d'eau principaux (Carignan et Caricouïe) dans Païta. La pente générale fournit par ailleurs une vue générale intéressante.



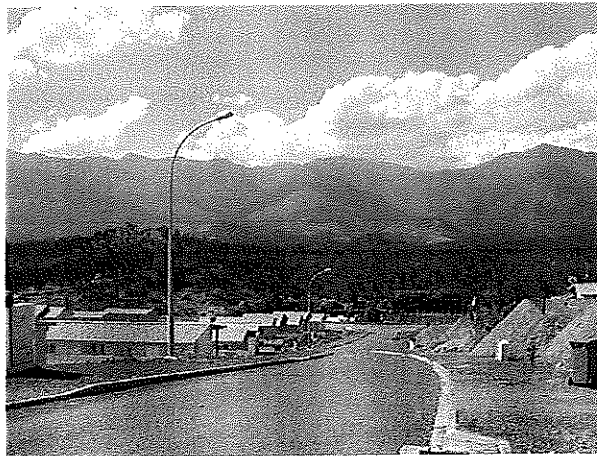
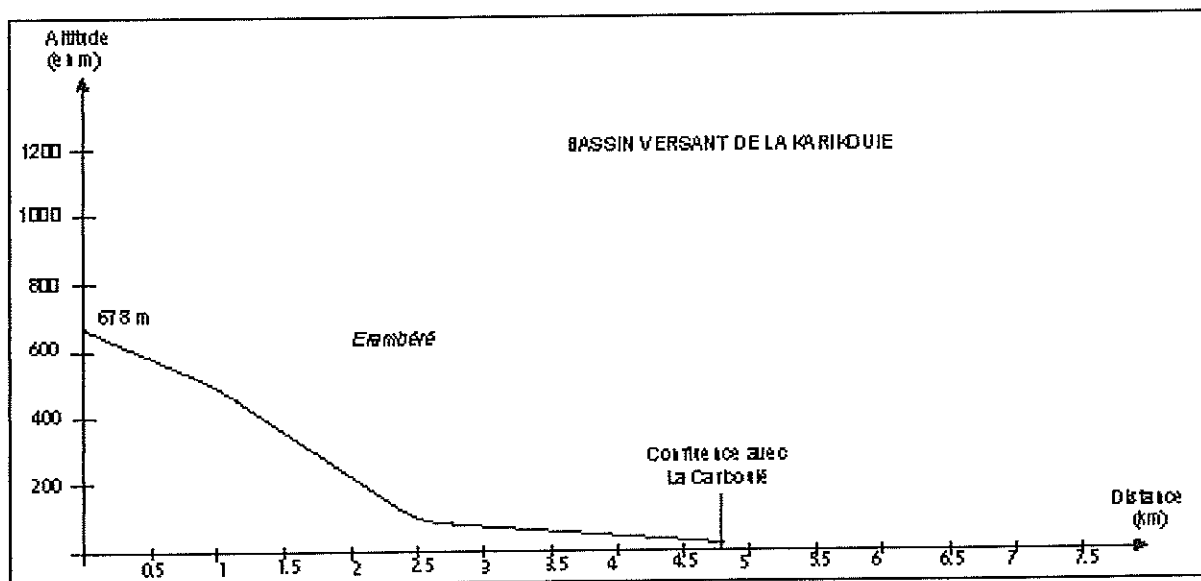


Photo n°8 : Vue d'ensemble du haut bassin de la Caricouïe.

b) Le bassin versant de l'Erambéré

Ce bassin versant a une forme allongée, plus favorable à une transmission plus lente des crues vers l'aval. L'incidence de cette topographie est donc très différente suivant les sections de cours d'eau.



Sur la section supérieure à intermédiaire, la pente longitudinale est très forte (3%) caractéristique des rivières torrentielles. Le fonctionnement de cette section du cours d'eau est très dépendant de l'état du bassin versant. Actuellement le haut bassin a été transformé par les extractions de matériaux, le volume de matériaux en jeu est donc plus conséquent et ne concerne pas uniquement les alluvions dans le lit de la rivière. Les apports de matériaux complémentaires proviennent des érosions de versants. Les vitesses en crues sont probablement fortes avec des hauteurs modérées.

Sur la section aval, la pente de la rivière se réduit, environ 1 %. Le cours d'eau décrit deux sinuosités avant de rejoindre la Caricouïé. Les érosions de berges sont fréquentes. Les vitesses en période de crue restent soutenues, les hauteurs d'eau deviennent un peu plus importantes. On peut observer un chenal de crue en rive droite, dès que la plaine s'élargit.

c) le bassin versant du Carignan et son affluent : la Coutéonénia

Le Carignan et son affluent le Coutéonénia est l'affluent principal de la Caricouïé. Il prend sa source au mont Mou et se jette dans la Caricouïé en aval de Païta. On peut distinguer sur ce cours d'eau trois sections.

La section supérieure avec une pente très forte, où les rivières ont une physionomie de torrent (pente >2%) ou de rivière torrentielle. La Coutéonénia s'inscrit parmi elles. Les alluvions sont constituées de matériaux grossiers. La variation en plan du lit mineur est forte. Le transport concerne essentiellement les matériaux du lit mineur.



Photo n°9 : Le lit torrentiel de la Coutéonénia en amont de la plaine aux cailloux.

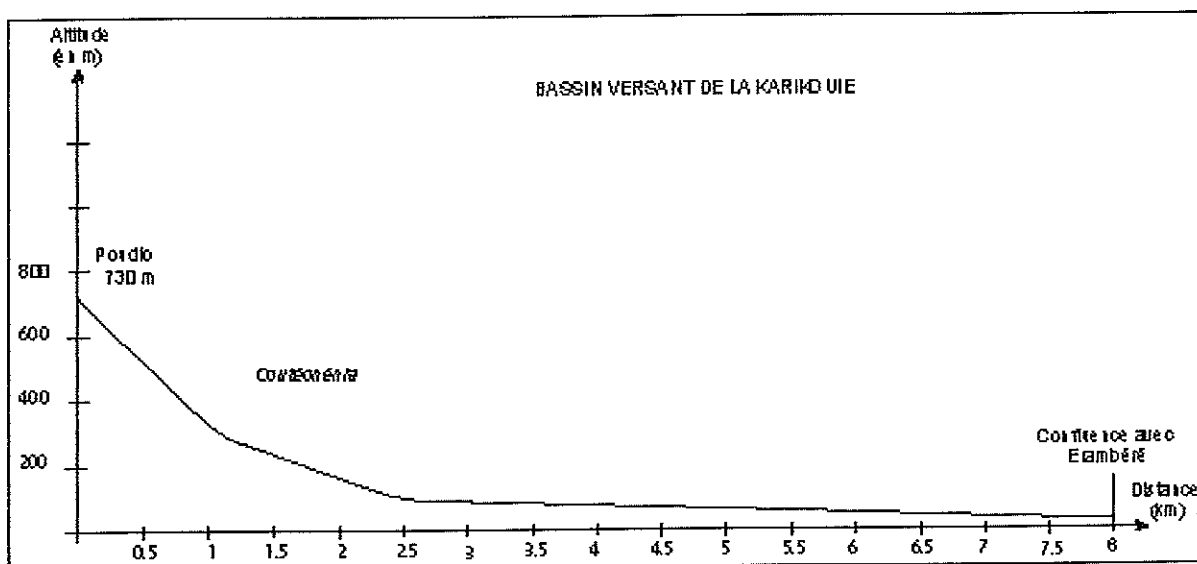
La section intermédiaire s'étend depuis la Plaine aux Cailloux jusqu'au Mont Coligné. La majorité des sous-affluents converge au début de cette section. A partir de la Plaine aux Cailloux, on observe plus qu'un seul cours d'eau. Ce dernier circule au fond d'une vallée étroite qui incise probablement d'anciennes terrasses alluviales. La vallée sinue avec la rivière. Le lit majeur a tout au plus 100 mètres de large.

En aval, le lit majeur s'étend un peu plus (150 m) avec tout d'abord une extension en rive gauche puis sur les deux rives. On distingue d'ailleurs la présence d'un chenal de crue sur la rive gauche.

La section aval depuis le Mont Coligné jusqu'à la confluence avec la Caricouïé se caractérise par un vaste élargissement de la plaine alluviale.

La rivière devient plus sinueuse, le lit majeur devient plus important et atteint par endroit plus de 400 mètres de large. Les chenaux de crue deviennent plus nombreux. Un bras secondaire fait son apparition dans le secteur immédiatement en amont de Païta.

La physionomie de ce bassin versant est très représentative des rivières de Nouvelle Calédonie. Une section amont avec une pente très forte et une rivière à haute énergie puis une section intermédiaire où la rivière divague et perd de son énergie puis enfin une section aval avec une rivière de plaine avec un lit unique et une moindre énergie.



La courbe hypsométrique montre bien cette physionomie générale du bassin versant. L'incidence de cette topographie est donc très différente suivant les sections de cours d'eau. La forme générale favorise un temps de concentration élevé dans la section amont au droit de la Plaine aux Cailloux. Toutefois, la pente forte sur la section supérieure du cours d'eau pondère ce constat.

1.5.2 L'affectation des sols

Le bassin versant de la Caricouïé fait l'objet d'une urbanisation en cours de densification. Sur la partie haute du bassin, la Plaine aux Cailloux représente une zone d'urbanisation importante. Les habitations occupent indifféremment les terrasses, les versants et les bords du cours d'eau. Les constructions s'étendent plus largement le long de la RM 1. Il s'agit d'une urbanisation récente d'habitats pavillonnaires.

On observe également une zone d'urbanisation dense à la confluence entre la Caricouïé Nord et la Caricouïé Est. Il s'agit là aussi de construction récente d'habitats pavillonnaires implantés en pied de versant ou directement dans la plaine alluviale, à la confluence des deux rivières.

La tendance à l'urbanisation des plaines alluviales où à leur proximité s'affirme sur la section intermédiaire des différents cours d'eau. De nombreuses petites zones d'urbanisations se créent (secteur du morcellement Vergoz, lotissement Cholet, etc).

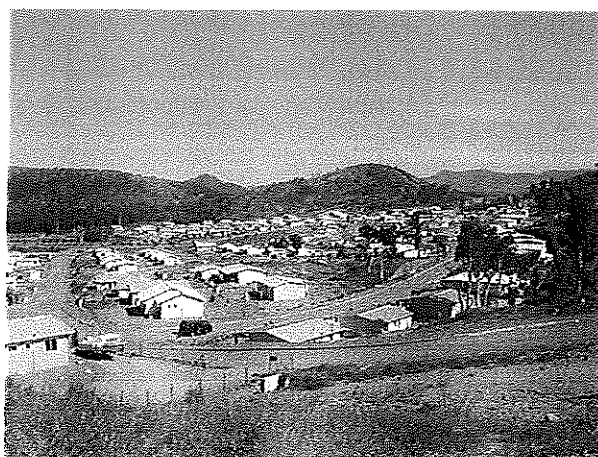


Photo n°10 : Un nouveau lotissement sur la section intermédiaire de la Caricouïé

L'agglomération de Païta constitue la plus grande zone d'urbanisation du bassin versant. Les habitations anciennes se sont implantées sur un promontoire qui surplombe la confluence entre les principaux cours d'eau du bassin versant : le Carignan et la Caricouïé. L'urbanisation récente s'étend quant à elle, essentiellement dans la plaine alluviale du Carignan, entre les deux bras de la rivière. Il s'agit d'un habitat pavillonnaire relativement dense.

Au total, l'urbanisation occupe malgré tout une faible superficie du bassin versant (<10%). Ce dernier est surtout recouvert sur sa partie haute et intermédiaire par une végétation relativement dense (forêt humide en amont ; forêt sèche et savane en aval).

Sur la partie inférieure du bassin versant, la savane herbacée s'étend très largement et occupe la quasi-totalité de la plaine alluviale à l'exception de quelques zones cultivées.

1.5.3 L'exposition au risque d'inondation

Les secteurs exposés au risque d'inondation sur ce bassin versant sont malheureusement assez nombreux et le plus souvent, il s'agit d'un risque aigu.

Le secteur de la Plaine aux Cailloux est exposé aux crues torrentielles. La vulnérabilité est très forte pour les constructions situées dans la plaine du Carignan et à la confluence avec la Coutéonénia. Les hauteurs sont probablement peu importantes mais les vitesses doivent être très élevées.

Le risque est également fort pour le nouveau lotissement dans la plaine alluviale du Carignan, à proximité du morcellement Vergoz. Ce lotissement situé sur la rive gauche du Carignan est exposé au risque d'inondation pour les grandes crues, il est par ailleurs traversé par un chenal de crue bien visible sur le terrain.



Photo n°11 : Présence d'une digue longitudinale, le long de Carignan, dans la traversée du lotissement Bernard.

L'agglomération de Païta est également très affectée par les inondations et notamment le lotissement Bernard qui se trouve entre les deux bras du Carignan. Ce lotissement fait d'ailleurs l'objet régulièrement d'inondations. En cas de crue exceptionnelle, les hauteurs sont probablement élevées et les vitesses encore soutenues. Les digues en rive gauche préservent le lotissement pour les petites crues. Elles sont en revanche sans effet pour les grandes crues, et peuvent augmenter le risque en cas de rupture. L'entretien et la surveillance de ces digues sont donc essentiels.

CARTE DES ZONES INONDABLES

1.6. LE BASSIN VERSANT DE LA ONDEMIA

Le bassin versant de la Ondémia se trouve aussi sur la commune de Païta. C'est un bassin versant de taille modeste, d'environ 6 km² qui culmine au Mont Ouaré à 315 m d'altitude. Son talweg principal a une longueur de 5000 m. Cette dernière rivière réceptionne plusieurs petits affluents non pérennes, sur la partie haute du bassin versant. La rivière se jette dans la baie de Port Laguerre après avoir traversé le village de Ondémia.

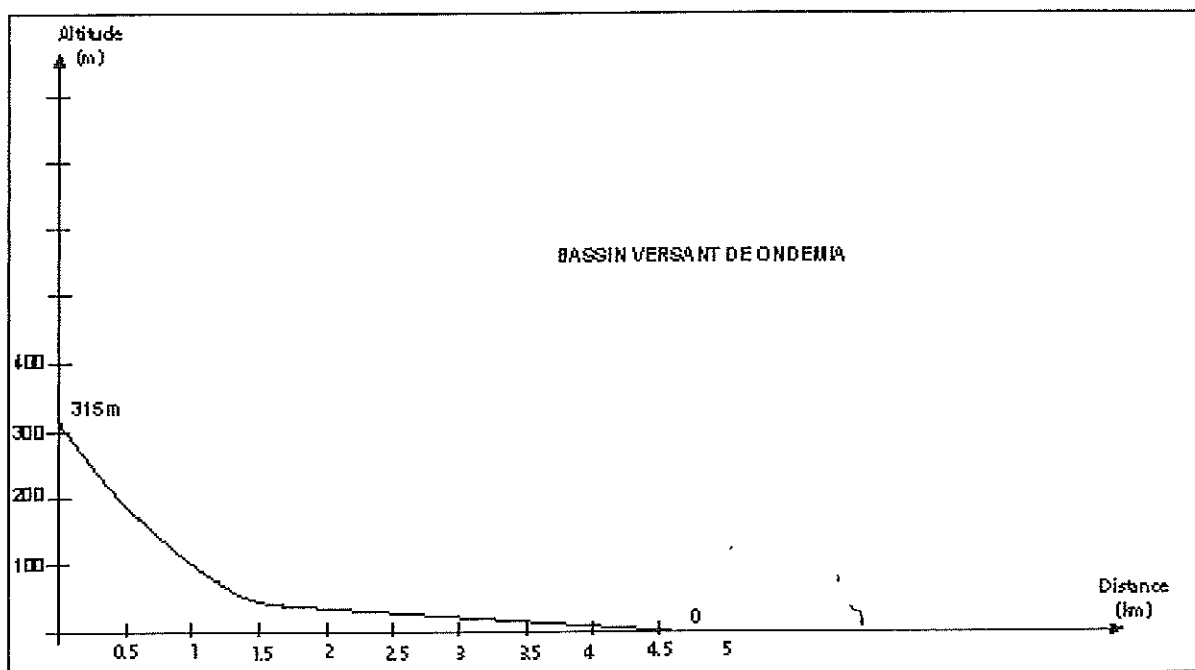
1.6.1 Les caractéristiques géométriques

Le bassin versant de la Ondémia a une forme en lanière allongée bien marquée. Cette physionomie générale est plutôt favorable à une transmission lente des crues vers l'aval. La déclivité générale montre une rupture de pente nette entre la partie amont avec un versant court et à pente forte et la partie aval qui s'étire sur une grande longueur et à pente très faible.

La propagation des crues en amont (toutefois modestes) est probablement rapide, puis à partir de la rupture de pente le temps de propagation augmentent très rapidement avec l'étalement des crues sur une plaine alluviale étendue.

L'Ondémia s'écoule dans une plaine très étroite dans toute la partie amont du bassin versant jusque dans le secteur de Nimberraoui, puis la plaine s'élargit pour atteindre son maximum au débouché dans la baie de Port Laguerre (500 m de large). Le lit mineur de la rivière qui permet l'écoulement des petites crues est relativement encaissé, bordé par des talus marqués de faible hauteur et à pente forte. Ce lit mineur se confond avec le lit majeur sur la section supérieure de l'Ondémia puis progressivement il s'individualise en même temps qu'il s'élargit.

La plaine prend la configuration d'une basse plaine littorale à partir du pont sur la RT1, avec une pente générale très faible, un lit majeur très étendu et une pente transversale également quasi-nulle.



1.6.2 L'affectation des sols

Le bassin versant de la Ondémia ne fait l'objet pas l'objet d'une urbanisation très importante. Cette dernière se concentre sur la section inférieure du bassin versant. Une partie des habitations s'est implantée sur une terrasse ancienne (lotissement Chanteclair). Une autre plus récente s'est installée sur le lit majeur de la Ondémia en rive droite (lotissement Ondémia). Il s'agit dans les deux cas de constructions récentes d'habitats pavillonnaires. Ce dernier lotissement, compte tenu de la configuration de la plaine très plane, est fréquemment soumis aux inondations. Au total, l'urbanisation occupe une très faible superficie du bassin versant (<5%).



Photo n°12 : La plaine alluviale aval de la Ondémia.

L'essentiel du bassin versant est recouvert d'une savane arborée sur les versants et d'une savane plutôt herbacée dans la plaine alluviale. Le lit mineur quant à lui est bordé d'une forêt galerie relativement dense et diversifiée.

1.6.3 L'exposition au risque d'inondation

Les secteurs exposés au risque d'inondation sur ce bassin versant sont peu nombreux. Le lotissement Ondémia est particulièrement affecté par les crues et cela d'autant plus qu'il se situe à l'extrémité aval du bassin avec une altitude proche du niveau de base. L'effet conjugué des crues et des surcôtes marines en période cyclonique renforce l'inondabilité du secteur.

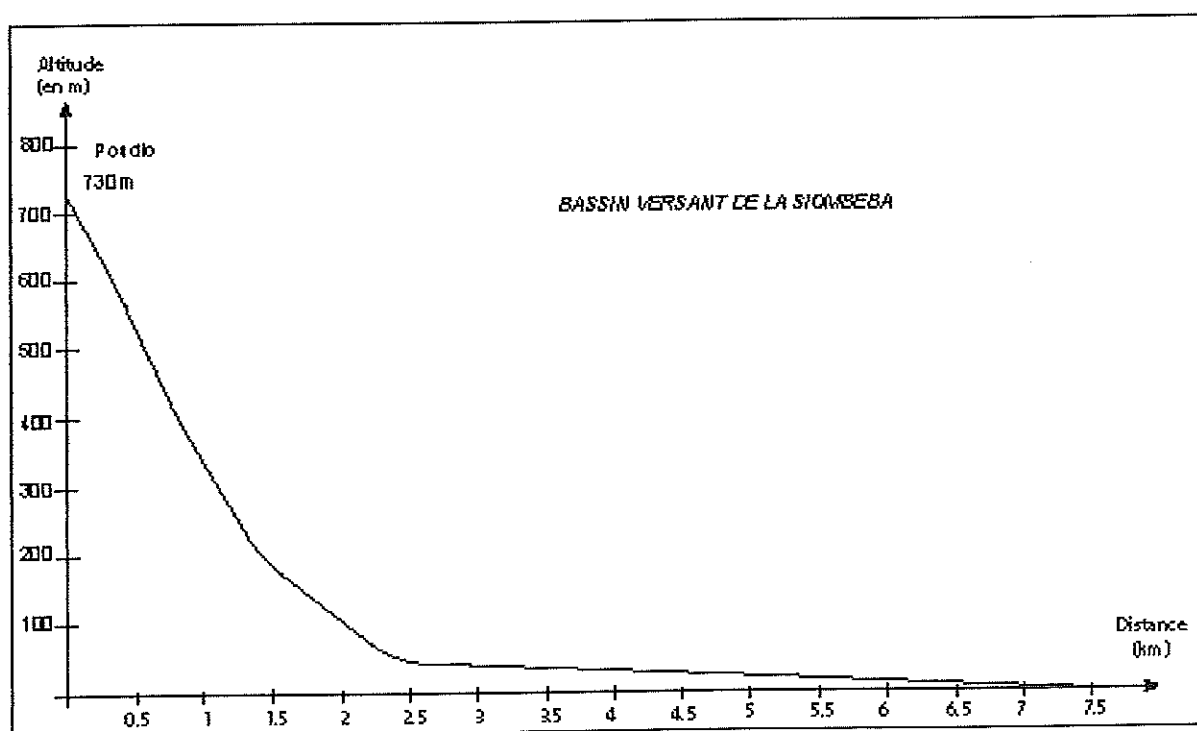
CARTE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.7. LE BASSIN VERSANT DE LA SIOMBEBA

Le bassin versant s'inscrit en totalité sur la commune de Païta. Il s'agit d'un bassin versant de taille assez modeste, d'environ 19 km² qui culmine au Mont Poudo à 730 m d'altitude. Son talweg principal a une longueur de 7000 m. Cette dernière rivière réceptionne quelques petits affluents non pérennes, sur les parties haute et moyenne du bassin versant. La rivière se jette dans la baie de Port Laguerre après avoir traversé le village de Port Laguerre.

1.7.1 Les caractéristiques géométriques

Le bassin versant de la Siombéba a une forme en éventail pour sa section supérieure et intermédiaire. Puis, il se termine par un « couloir » étroit à partir du lotissement Brun. Cette physionomie générale est plutôt favorable à une transmission rapide des crues vers l'aval. La pente générale présentée par la courbe hypsométrique ci-après, montre une rupture de pente nette entre la partie amont avec un versant à pente forte et la partie aval qui s'étire sur une grande longueur et avec une pente très faible.



La propagation des crues depuis l'amont est probablement rapide, puis à partir de la rupture de pente aux environs de Port Laguerre, le temps de propagation augmentent très rapidement avec l'étalement des crues sur une plaine alluviale peu étendue mais à pente très faible.



Photo n°13 : Le haut bassin versant de la Siombéba, secteur du Mont Coui.

La Siombéba comme l'Ondémia s'écoule dans une plaine très étroite dans toute la partie amont du bassin versant jusqu'au village de Port Laguerre. En aval, la plaine s'élargit pour atteindre son maximum : 400 m de large. Le lit mineur se confond avec le lit majeur sur la section supérieure puis progressivement il s'élargit. On distingue alors le lit mineur du lit majeur (à partir de Port Laguerre). Le lit mineur de la rivière qui permet l'écoulement des petites crues est relativement encaissé et ce jusqu'à son débouché dans la baie. Il est bordé par des talus marqués, de grande hauteur et à pente forte dans la traversée de Port Laguerre puis, par des hauteurs plus modestes également à pente forte vers l'aval. Des érosions de berges ont pu être observées sur cette section de la rivière.



Photo n°14 : Le lit mineur, encaissé, de la Siombéba à Port Laguerre.

Tout au long de son parcours sur la section moyenne et inférieure du bassin versant, la rivière décrit des sinuosités assez marquées. On observe de nombreux chenaux de crue qui deviennent probablement actifs dès que le cours d'eau dépasse le débit de plein bord.

1.7.2 L'affectation des sols

Le bassin versant de la Siombéba, comme son voisin l'Ondémia, ne fait pas l'objet d'une importante urbanisation. Cette dernière se concentre au débouché de la rivière dans la plaine alluviale, en limite du haut bassin versant sous la forme d'un village : Port Laguerre. Ce village est implanté sur un pied de versant qui domine la rivière. Depuis, des constructions plus récentes se sont installées sur le lit majeur en rive gauche, notamment le long de la RT1. Il s'agit d'habitations pavillonnaires (Lotissement Brun). Ce dernier lotissement, compte tenu de son implantation en limite externe du lit majeur (rive gauche) est rarement soumis aux inondations. Au total, l'urbanisation occupe une très faible superficie du bassin versant (<5%).

L'essentiel du bassin versant est recouvert d'une forêt et d'une savane arborée sur les versants. Dans la plaine alluviale, on trouve plutôt une savane herbacée. Le lit mineur quant à lui est bordé d'une forêt galerie relativement dense.



Photo n°15 : Le lit de la Siombéba dans la plaine aval.

1.7.3 L'exposition au risque d'inondation

Le seul secteur exposé au risque d'inondation notable sur ce bassin versant est la rive gauche de la Siombéba au droit de Port Laguerre. Quelques habitations sont effectivement implantées dans le lit majeur, en bordure du talus de lit mineur, au débouché de la Siombéba dans la plaine alluviale.

CARTE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.8. LE BASSIN VERSANT DE LA TAMOA

Le bassin versant s'inscrit comme celui de la Caricouïé en totalité sur la commune de Païta. Il s'agit d'un bassin versant de grande taille par rapport aux autres bassins versants étudiés, avec une superficie d'environ 100 km² qui culmine au Mont Mou à 1200 m d'altitude. Son talweg principal a une longueur de 25 km. Cette dernière rivière réceptionne plusieurs affluents pérennes dont les principaux sont étudiés dans le cadre de cette étude : Ouagou ; Couamboué, Bangou. La rivière se jette dans la baie de la Tamoia non loin de l'aéroport de la Tontouta.

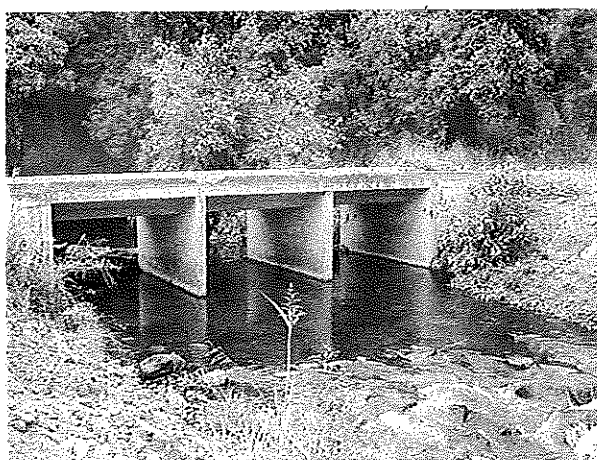


Photo n° 16 : Franchissement sur la Tamoia

1.8.1 Les caractéristiques géométriques

Pour des facilités de lecture, les différents bassins sont traités successivement.

a) Le bassin versant du Ouagou

La rivière Ouagou est un affluent de rive gauche de la Tamoia. Le bassin versant a une forme allongée et présente une vallée étroite et pentue. Les parties supérieure et intermédiaire du bassin sont en pente forte. La rivière s'écoule dans une plaine resserrée jusqu'au droit du Mont Moncouritio. En aval, sur la partie inférieure de son cours, le Ouagou traverse une grande plaine alluviale qui s'imbrique avec celle de la Tamoia.

La courbe hypsométrique montre la nette rupture de pente qui existe entre le bassin versant amont et l'aval. La propagation des crues depuis l'amont doit probablement être rapide. Puis à partir de la rupture de pente après le franchissement de la RT1, le temps de propagation augmente progressivement avec l'étalement des crues sur une plaine alluviale peu étendue mais à pente faible jusqu'au mont Moncouritio, puis dans une plaine très étendue également à pente très faible avant de rejoindre la Tamoá.

Le lit mineur du Ouagou se confond avec le lit majeur sur la section supérieure puis il s'élargit progressivement. A partir de Saint-Laurent, on distingue alors le lit mineur du lit majeur. Le lit mineur de la rivière qui permet l'écoulement des petites crues est bien encaissé jusqu'au village puis l'élargissement latéral du lit prend le pas sur l'enfoncement jusqu'à son débouché dans la plaine de la Tamoá.

Il est bordé par des talus marqués, de hauteur moyenne et à pente forte en amont de Saint-Laurent puis, par des hauteurs plus modestes également à pente forte vers l'aval. Des érosions de berges ont pu être observées sur les sections amont et intermédiaire de la rivière.

Le cours d'eau est rectiligne jusqu'au pont de la RT1, puis progressivement des sinuosités apparaissent et se poursuivent jusqu'à la confluence avec la Tamoá. Elles traduisent une dynamique de recherche de dissipation de l'énergie du cours d'eau.

b) Le bassin versant de la Couamboué

La rivière Couamboué est un affluent de rive droite de la Tamoá. Elle prend sa source dans le massif de Karelundjga (845m) et se jette dans la Tamoá très en aval au lieu-dit « Terme sud » après un parcours de 12km environ. Le bassin versant a une forme en éventail bien marquée sur la partie amont (si l'on intègre l'ensemble de ses affluents) puis il présente une forme plus allongée à l'aval. Les parties supérieure et intermédiaire du bassin sont en pente forte jusqu'à la station avicole et la minoterie. La rivière s'écoule dans une plaine étroite et encaissée. En aval, sur la partie inférieure de son cours, à partir du franchissement de la RT1, la Couamboué s'écoule dans une grande plaine alluviale qui se confond avec celle de la Tamoá.



Photo n° 17 : Le lit de la Couamboué sur la section intermédiaire.

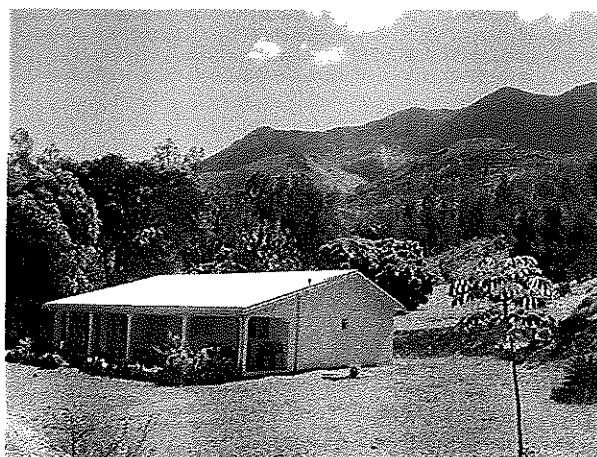
La courbe hypsométrique montre à nouveau la nette rupture de pente qui existe entre le bassin versant amont et l'aval. La propagation des crues depuis l'amont doit être rapide jusque dans le secteur de la Minoterie, puis de là, après le franchissement de la RT1, le temps de propagation augmente rapidement avec l'étalement des crues sur la plaine alluviale à pente faible et très étendue, avant de rejoindre la Tamoia.

Le lit mineur et le lit majeur se confondent sur les sections supérieure et intermédiaire puis il s'élargit progressivement. A partir de la minoterie, le lit mineur et le lit majeur se distinguent. Le lit mineur de la rivière qui permet l'écoulement des petites crues est bien encaissé. On a pu observer de nombreux chenaux de crues qui s'étendent dans les secteurs de sur-élargissement du lit mineur au droit de la minoterie. Ces chenaux sont actifs dès que le débit de plein bord est atteint. Ils supposent une dynamique de crue encore élevée dans tout ce secteur. Le lit mineur est bordé par des talus marqués, de hauteur moyenne et à pente forte en amont de la station avicole -minoterie puis, par des hauteurs encore fortes et à pente moyenne vers l'aval.

La largeur très importante dans la partie aval du cours d'eau et son encaissement par rapport à la plaine s'explique probablement par des crues petites et moyennes très « érosives » qui façonnent le lit mineur et augmentent la capacité d'écoulement de ce dernier. Lors des grandes crues, l'essentiel de la dynamique se concentre dans ce vaste lit mineur, le lit majeur ne jouant plus qu'un rôle de vaste champ d'expansion de crue.

c) Le bassin versant du Bangou

Le Bangou est un affluent de rive droite de la Couamboué. Son bassin versant a une forme rectiligne jusqu'à la confluence. Cette forme suppose une transmission des crues plus lente que pour le bassin de la Plum, par exemple. Le haut bassin versant présente des altitudes et des pentes encore très fortes.



*Photo n° 18 : Construction récente dans le fond de la vallée
sur la section supérieure du bassin versant de Bangou*

On remarque à nouveau comme pour les autres bassins versants, une grande rupture de pente entre le haut bassin versant à pente forte puis brutalement la pente diminue et la plaine alluviale s'élargit. Cette rupture de pente se situe au droit du croisement de la RM 5 et le CR 22. Cela implique des vitesses d'écoulements rapides sur la partie haute et un temps de concentration faible.

Le lit mineur et le lit majeur sont confondus sur la partie haute du bassin et cela jusqu'au village de Bangou. En aval du village, le lit mineur s'individualise et est généralement large ; il incise les alluvions sur une grande épaisseur. Les berges de talus de lit mineur sont hautes et à pente forte. Le lit mineur peut atteindre par endroit près de 100m de large. Sa capacité d'écoulement est donc importante, les petites et moyennes crues sont contenues probablement dans ce lit mineur. Ce dernier se caractérise par une dynamique active comme le témoignent les nombreux chenaux crues, les dépôts de matériaux, les érosions de berges que l'on observe.



Photo n° 19 : Nombreuses laisses de crues déposées sur la section intermédiaire.

1.8.2 L'affectation des sols

Le bassin versant de la Tamoia et de ses affluents est faiblement urbanisé. Les constructions sont disséminées sur l'ensemble du bassin. Il y a très peu d'habitations de village dans la plaine alluviale. Par contre, des constructions plus récentes isolées ou bien en lotissement se sont installées sur le lit majeur, dans le secteur de la haute Tamoia et de la Nennou (morcellement Luciano). Au total, l'urbanisation représente une très faible superficie du bassin versant (<5%).

L'essentiel du haut bassin versant est recouvert d'une forêt dense qui progressivement se transforme en savane arborée sur les pieds de versants. Dans la plaine alluviale, on trouve plutôt une savane herbacée. Le lit mineur quant à lui est bordé d'une forêt galerie relativement dense.



Photo n° 20 : Le lit mineur torrentiel sur la section amont de la Tamoia.

1.8.3 L'exposition au risque d'inondation

L'exposition au risque d'inondation dans l'ensemble de la vallée de la Tamoa est limitée en égard à la faible urbanisation. Les secteurs les plus vulnérables se trouvent sur la Nennou (morcellement Luciano) sur la haute Tamoa (morcellement Georget) et enfin pour quelques habitations isolées en cours de construction sur le Bangou.

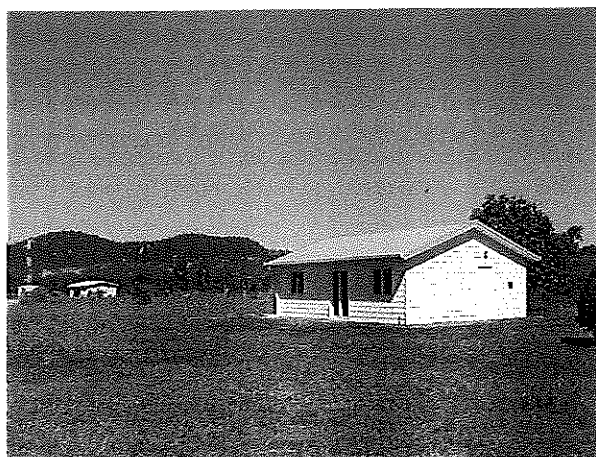


Photo n° 21 : Construction en cours sur le lit majeur du Bangou

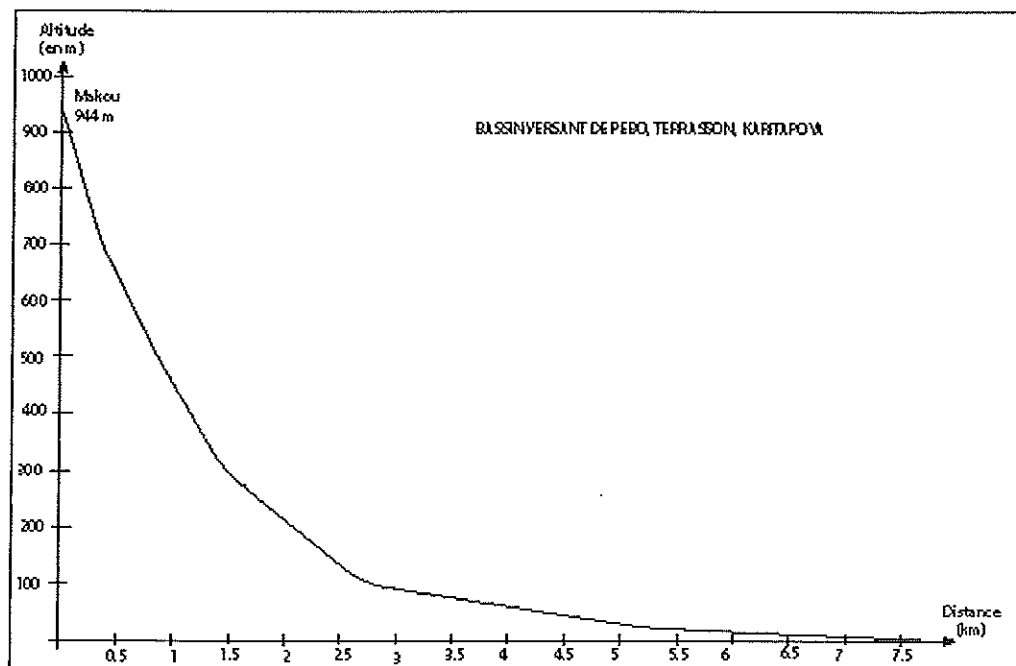
CARTE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.9. LE BASSIN VERSANT DE PÉBO-KARITAPOYA

Ce bassin versant se trouve en totalité sur la commune de Païta. Il s'agit d'un bassin versant de taille moyenne, avec une superficie d'environ 40 km² qui culmine au Mont Makou à 950 m d'altitude. Son talweg principal (le Karitapoya) a une longueur de 9 km. Cette dernière rivière réceptionne plusieurs affluents non pérennes dont le principal est le Terrasson. Le Pébo est également un cours d'eau important qui rejoint la Karitapoya à l'extrémité aval de cette dernière dans une mangrove. Ces deux cours d'eau se jettent dans la baie de la Tamoà, à proximité de l'aéroport de la Tontouta.

1.9.1 Les caractéristiques géométriques

La Karitapoya s'écoule dans un bassin versant à forme allongée. Les différents cours d'eau confluent dans la plaine alluviale en aval de la RT 1 pratiquement sur le littoral. Les crues se propagent probablement plus lentement que dans les bassins précédents. La rivière Pébo est un affluent de rive droite de la Karitapoya. Le haut bassin versant a une forme allongée très caractéristique, sa vallée est étroite et pentue. Ce haut bassin est très court, le Pébo s'écoule très rapidement dans une vaste plaine alluviale qui se confond avec celle de la Karitapoya. L'essentiel du linéaire des cours d'eau se situe dans la plaine alluviale aval.



La courbe hypsométrique générale du bassin versant présentée ci-avant montre la nette rupture de pente qui existe entre le bassin versant amont et l'aval. L'étalement des crues s'effectue très rapidement sur une plaine alluviale très étendue à pente faible.

Le lit mineur des cours d'eau se confond avec le lit majeur sur la section supérieure du bassin versant. A partir du pied du massif, le lit mineur et le lit majeur se différencient nettement. Le lit mineur des rivières qui permet l'écoulement des petites crues s'encaissent dans la plaine alluviale aval. Ce lit est généralement étroit parfois peu marqué. Quand il est bien perceptible, il est bordé par des talus marqués, de hauteur moyenne et à pente forte.

Les cours d'eau présentent des sinuosités bien marquées dans toute la partie aval du bassin versant. Elles traduisent une dynamique de recherche de dissipation de l'énergie des cours d'eau et le réajustement du profil d'équilibre des rivières.

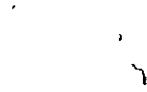
1.9.2 L'affectation des sols

Le bassin versant de la Pébo-Karitapoya est très faiblement urbanisé. L'urbanisation se concentre sur le Pébo avec le village de la Tontouta. C'est le seul secteur urbanisé du bassin. Ainsi, l'urbanisation représente une très faible superficie du bassin versant (<5%). La forêt dense recouvre le sommet des massifs qui dominent le bassin versant puis progressivement, le couvert végétal se transforme en savane arborée sur les versants et leurs piedmonts. Dans la plaine alluviale, la savane herbacée s'étend très largement. Le lit mineur est longé d'une forêt galerie relativement dense sur les tronçons amont, en aval la végétation rivulaire est plus discontinue.

1.9.3 L'exposition au risque d'inondation

L'exposition au risque d'inondation dans l'ensemble du bassin versant est limitée compte tenu de la très faible urbanisation. Le secteur exposé aux inondations se trouve sur le Pébo. Il s'agit des habitations qui se situent sur la rive droite du cours d'eau dans la traversée de la Tontouta. Cela représente au total une dizaine de bâtiments.

CARTE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE



1.10. LE BASSIN VERSANT DE LA KOUEMBELIA

Ce bassin versant se trouve en totalité sur la commune de Païta. Il s'agit d'un bassin versant de petite taille, d'une superficie d'environ 7km² qui culmine au Mont Conioutou à 120 m d'altitude. Son talweg principal a une longueur de 9 km. Cette dernière rivière réceptionne quelques petits affluents non pérennes. Ce cours d'eau se jette dans la baie de la Tontouta, à proximité de l'aéroport.

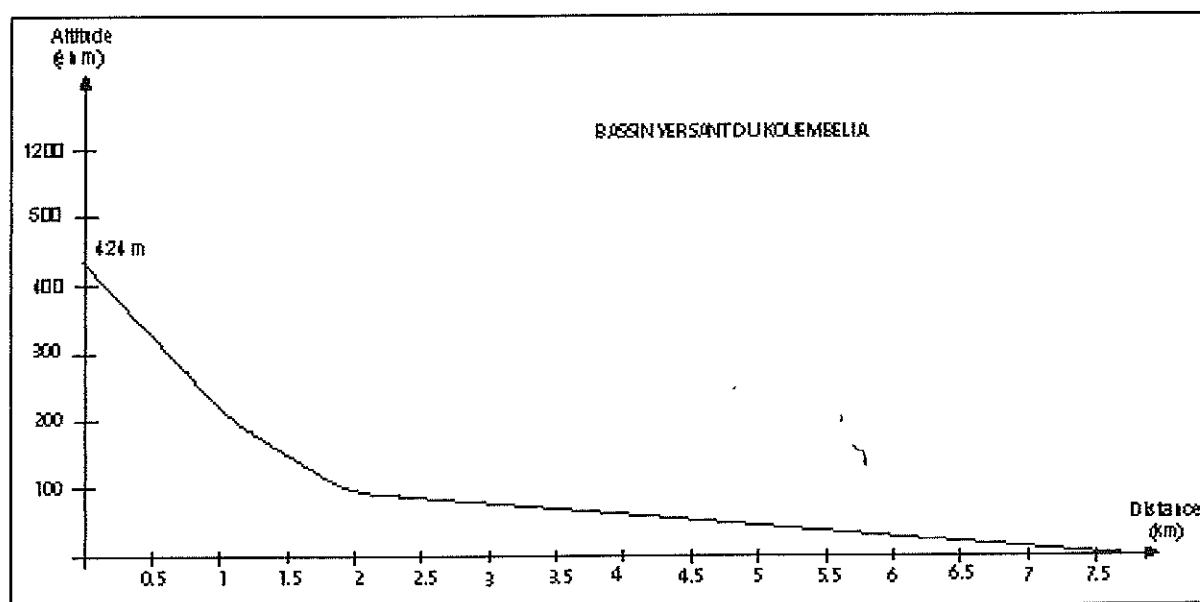
1.10.1 Les caractéristiques géométriques

La Kouembélia s'écoule dans un bassin versant à forme très allongée. Elle s'étend plus largement dans une vaste plaine alluviale en aval du village de la Tontouta. Les crues se propagent probablement lentement. Sur le haut et moyen bassin versant, la rivière sinue dans une plaine étroite de tout au plus 200 m de large. Au droit du village de la Tontouta, la Kouembélia a probablement fait l'objet d'une dérivation, elle contourne tout d'abord le village par le Nord-Est puis l'aéroport en longeant les collines avant de se jeter dans la Tambéo.



Photo n° 22 : Le lit rectifié de la Kouembelia à la Tontouta

Le profil suivant présente la physionomie générale du bassin versant ;



La courbe hypsométrique générale du bassin versant présentée ci-avant montre la rupture de pente qu'il existe entre le bassin versant amont très court et l'aval. L'étalement des crues s'effectue très rapidement au débouché de la Kouembélia dans la plaine alluviale en aval au droit du village de la Tontouta.

Le lit mineur de la rivière est bien marqué sur l'ensemble de son parcours. Contrairement aux autres bassins versants, dans la traversée de la plaine alluviale le lit de la Kouembélia (probablement artificiel) est peu encaissé. Le lit a une forme en trapèze évasé.

1.10.2 L'affectation des sols

Le bassin versant de la Kouembélia est moyennement urbanisé. L'urbanisation se concentre aux alentours de l'aéroport avec le village de la Tontouta. L'urbanisation représente une faible superficie du bassin versant (<10%). La savane arborée recouvre le sommet des collines qui dominent le bassin versant.

Dans la plaine alluviale, la savane herbacée s'étend plus largement. Une forêt galerie relativement dense borde le lit mineur en amont du village de la Tontouta. En aval, la végétation rivulaire disparaît et laisse la place à un liseré d'arbre d'alignement épars.

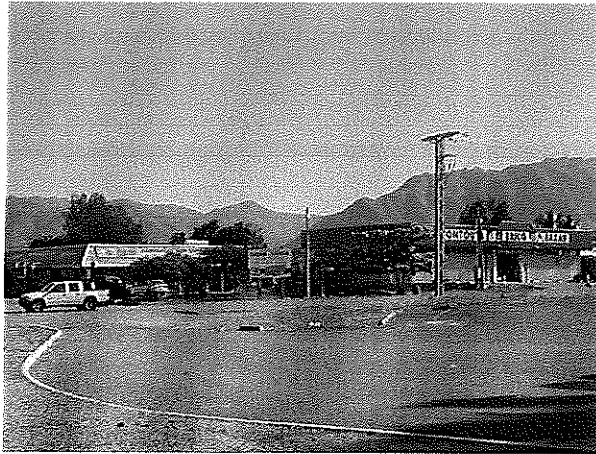


Photo n° 23 : La limite du lit majeur en rive droite, à pied de la route.

1.10.3 L'exposition au risque d'inondation

L'exposition au risque d'inondation se limite au village de la Tontouta et à l'aéroport. Il s'agit des habitations qui se situent sur la rive gauche de la Kouembélia, dans la traversée du village. Les constructions récentes du lotissement Karenga (à Tontoutel) sur l'affluent de rive droite sont également situées en zone inondable. Toutefois la faible proportion du bassin versant limite la vulnérabilité de ces habitations.

2.1. LES OBJECTIFS

Dans le cadre de l'étude hydrogéomorphologique des zones inondables de la Nouvelle-Calédonie engagée depuis plusieurs années, des interrogations sont restées en suspens sur les estimations de débits de crues exceptionnelles en l'absence d'informations sur les crues historiques. Dans cette perspective, il a été envisagé, à titre expérimental, d'essayer d'apprécier les débits spécifiques pour les crues exceptionnelles sur un bassin versant caractéristique, en l'occurrence la Namié.

Le postulat de base fixé avec le maître d'ouvrage était l'évaluation d'un débit spécifique cohérent, d'une part avec les résultats de l'étude hydrogéomorphologique sur ce bassin versant et d'autre part avec les rares données sur les crues exceptionnelles sur le Territoire. Ce travail à caractère expérimental devait s'appuyer par ailleurs sur une modélisation simplifiée eut égard au manque de données et à la volonté de rechercher des ordres de grandeurs.

2.2. LA DESCRIPTION DE LA METHODE RETENUE

Cette étude hydraulique simplifiée s'articule autour des phases suivantes :

- La photo-interprétation hydrogéomorphologique et les observations de terrain
- Les relevés des éléments de topographie et l'établissement des profils en travers en des points déterminés du cours d'eau
- La modélisation hydraulique

2.2.1 L'analyse hydrogéomorphologique

Cette analyse hydrogéomorphologique se base sur les photographies aériennes et les relevés de terrain effectués lors d'une mission précédente (Octobre 2001). Ce travail a fait l'objet d'une précédente étude à laquelle nous renvoyons le lecteur pour de plus amples informations. Par ailleurs, cette étude est accompagnée par une carte hydrogéomorphologique des zones inondables qui est reproduite à la page suivante.

CARTE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

2.2.2 Les relevés topographiques

Les éléments topographiques qui ont servi au calage du modèle hydraulique proviennent d'une mission de relevés effectués spécifiquement pour cette étude par la DAVAR assistée par un bureau de géomètre. Les points levés ont été positionnés en des points particuliers de la plaine alluviale sur le conseil de l'hydrogéomorphologue. Ces points concernent généralement le haut et le pied de talus de lit majeur sur les deux rives du cours d'eau, le haut du talus de lit mineur et le fond de lit et enfin quelques points disséminés dans la plaine alluviale fonctionnelle. On trouvera à la page suivante un plan de positionnement de ces points et les profils transversaux consécutifs qui ont été construits. Au total, cela représente une cinquantaine de points et 8 profils.

2.2.3 La modélisation hydraulique

Cette modélisation hydraulique a été effectuée à partir d'un modèle unidimensionnel en régime permanent d'écoulement graduellement varié. Compte tenu du caractère expérimental de cette démarche qui consiste à partir des observations de terrain à caler le modèle en s'appuyant sur les éléments morphologiques des crues extrêmes, nous avons également utilisé d'autres outils simples de calcul que sont : la méthode dite de débitance ; la formule de Myer, etc pour conforter autant que possible nos résultats.

Par ailleurs, nous avons contacté un certain nombre de spécialistes de l'hydrologie tropicale pour comparer nos résultats à ceux d'autres régions soumises à des conditions climatiques similaires (Iles Fidji, Indes, Australie, ile de la Réunion, etc). On trouvera en fin de rapport les références bibliographiques correspondantes. Parmi eux, Avijit Gupta nous a signalé que sur la rivière Posam (Inde) en 1968 on a estimé un débit spécifique de $156 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ pour un bassin versant de 5 km^2 . Baker a obtenu sur la Elm creek (le 11 mars 1972) un débit spécifique de $90 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ pour un bassin versant de $12,5 \text{ km}^2$.

2.3. LES RESULTATS

2.3.1 *Description générale du bassin versant*

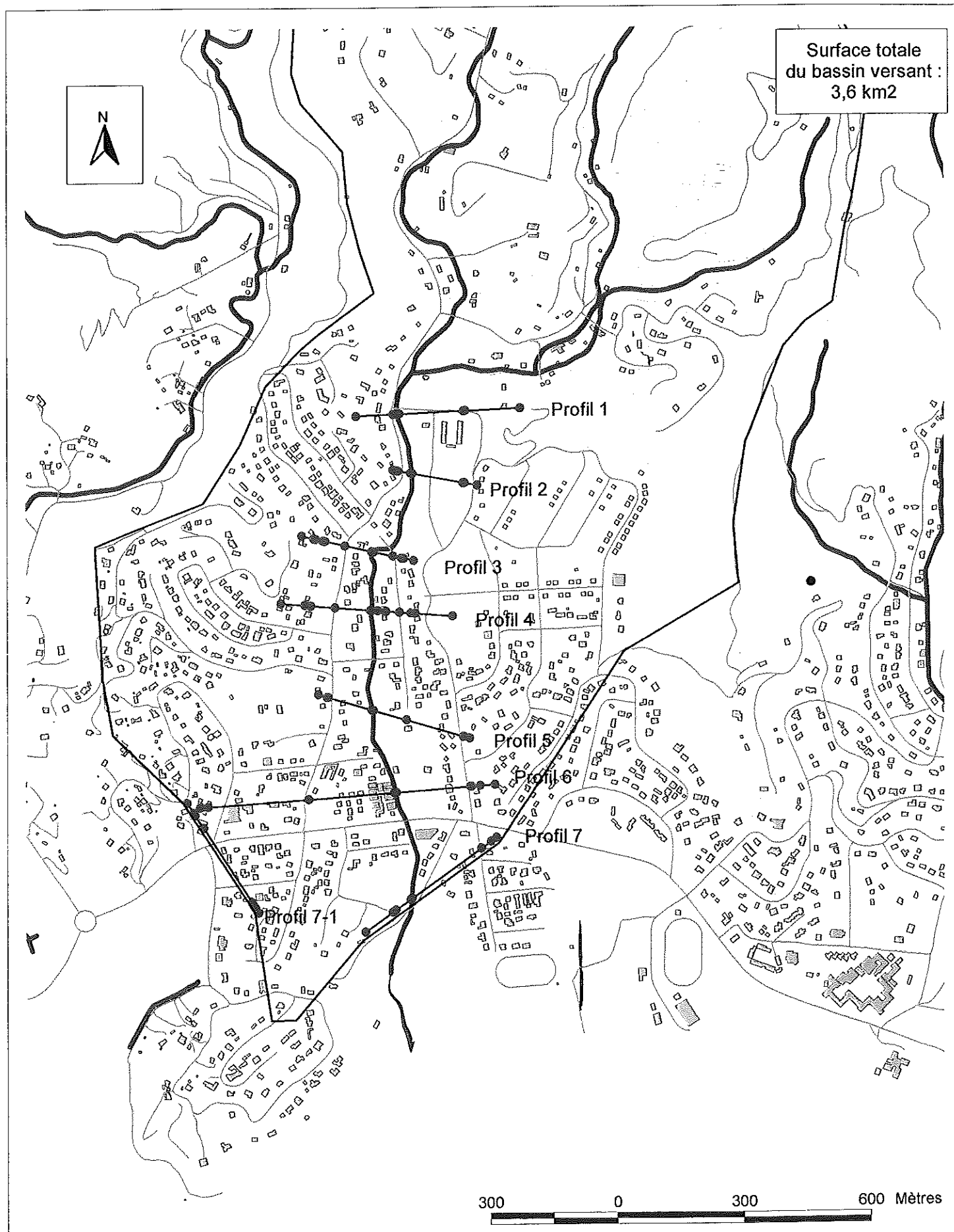
Le bassin versant de la Namié couvre une superficie de 4 km². La courbe hypsométrique montre une rupture de pente très nette entre le bassin versant amont à pente forte et le bassin versant aval à pente très faible à partir du hameau de Robinson.

L'essentiel du bassin versant amont est recouvert d'une végétation arborée dense très couvrante, notamment sur les crêtes. Les versants sont un peu moins boisés. A l'inverse, la section aval du cours d'eau est artificialisée, avec de nombreuses habitations qui occupent indifféremment les versants et la plaine alluviale.

Les caractéristiques géométriques principales du bassin versant sont les suivantes :

- Superficie : 4 km²
- Longueur du bief principal : 7,5 km
- Altitude maximale : 600 m NGNC
- Altitude minimale : 0 m NGNC

Positionnement des profils et des points Bassin de la Namié



2.3.2 Connaissance des crues

Actuellement il existe très peu d'informations sur les crues du Creek Namié. Il n'a pas non plus été entrepris des études hydrauliques spécifiques. Il existe par contre quelques études sur des bassins versants situés à proximité (creek Lucky, vallée de la Plum) qui propose des valeurs pour les crues rares qui peuvent être des éléments de comparaison très utiles.

Pour l'estimation des crues exceptionnelles, l'absence de longues séries de données a amené les hydrauliciens à employer différentes formules empiriques. Les événements exceptionnels survenus notamment sur les régions méditerranéennes ont montré qu'au fur et à mesure que la connaissance des crues augmente, les estimations des débits exceptionnels tendent à prendre des valeurs croissantes.

Parmi les plus connues, la formule de Myer se présente de la façon suivante :

$$Q_{\max} = CA^a$$

Où $Q_{\max}$ est le débit de la crue maximale exprimée en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, A la superficie du bassin versant en km^2 , et C la cote Myer du bassin qui est fonction de ses caractéristiques propres et des conditions morpho-climatique. Enfin, a est égal à 0,5.

Dans le cas de la Namié, à partir des données recueillies sur d'autres régions intertropicales pour des bassins versants de taille similaire, on obtient le résultat suivant :

$$Q_{\max} : 300 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le choix de la cote Myer dans cette formule est déterminant. Nous avons retenu une valeur de 150, ce qui correspond à une valeur moyenne en milieu intertropical. On convient généralement que la valeur se situe entre 120 et 200. Cette valeur a été largement dépassée sur de petits bassins versants en milieu semi-aride avec des valeurs de 300.

On obtient par cette méthode un débit_{max} relativement cohérent avec celui estimé (crue centennale) pour le creek Lucky dans l'étude hydraulique de la SOGREAH avec un $Q_{\max}$ de 370 m^3/s .

La délégation aux risques majeurs propose également de prendre en compte des rapports de débits entre la crue extrême et la crue décennale variant de 3,5 à 5 ce qui conduit si l'on admet que la crue de la Namié de l'automne 2001 est d'occurrence comprise entre 5 et 30 ans (source : DAVAR, note hydrologique) donc dans la fourchette de la crue décennale, à un débit extrême compris entre 245 et 350 m³/s.

En l'absence de données sur les débits extrêmes, nous avons effectué notre modélisation sur les hypothèses suivantes :

- Le lit majeur tel qu'il se présente actuellement est le reflet d'une succession de crues rares à exceptionnelles qui ont façonné la plaine alluviale fonctionnelle. Ces crues sont survenues lors des phases pluvieuses de l'holocène
- Les conditions d'occupation du sol étaient très différentes d'aujourd'hui. La végétation recouvrait la grande majorité du bassin versant avec une couverture arborée dense sur les versant et dans le lit mineur et une savane arborée sur le lit majeur telle que l'on peut la voir sur d'autres bassins encore préservés. Les coefficients de rugosité retenus tiennent compte de cette physionomie.

L'évaluation du coefficient de rugosité (Manning) retenu pour les lits majeur et mineur du creek Namié s'appuie donc sur une estimation de la physionomie de la vallée, antérieurement à l'occupation humaine. Pour ce faire, nous avons exploité les informations recueillies auprès de l'Université de Nouvelle – Calédonie sur les couvertures végétales holocène des rivières calédoniennes.

Evaluation du coefficient de rugosité (Manning) retenu pour le creek Namié

- **Lit mineur**

$n_0 = 0.025$ (matériaux du lit)

$n_1 = 0.010$ (degré d'irrégularité de la surface)

$n_2 = 0.005$ (variation de la section transversale)

$n_3 = 0.025$ (effet d'obstruction)

$n_4 = 0.035$ (présence de végétation)

0.101

$m_5 = 1.15$ (degré de méandration)

Soit un Manning de 0.1

- **Lit majeur**

$n_0 = 0.020$ (matériaux du lit)

$n_1 = 0.005$ (degré d'irrégularité de la surface)

$n_2 = 0.005$ (variation de la section transversale)

$n_3 = 0.000$ (effet d'obstruction)

$n_4 = 0.025$ (présence de végétation)

0.055

$m_5 = 1.15$ (degré de méandration)

Soit un Manning de 0.06

Nous avons ensuite modélisé la crue extrême sur la base de différents débits spécifiques cohérents avec ceux récupérés lors de nos enquêtes auprès des différents spécialistes sur l'hydrologie tropicale. Il a été retenu les débits spécifiques suivants :

- $75\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ soit Q_{max} de $300\text{ m}^3/\text{s}$
- $62\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ soit Q_{max} de $250\text{ m}^3/\text{s}$

Les résultats de la modélisation sur la base de ces débits sont cohérents par rapport à l'extension de la plaine alluviale de la Namié.

Une modélisation sur des débits inférieurs se traduit par des lignes d'eau qui ne remplissent pas le lit majeur. Par contre, pour un débit de l'ordre de 250 à $300\text{ m}^3/\text{s}$, comme le montre les profils des pages suivantes, la totalité du lit majeur est affectée par les crues.

Complémentairement à cette modélisation simplifiée, nous avons confié au Centre d'Etudes Techniques de l'Equipe Méditerranée un contrôle basé sur la méthode dite de la débitance mise au point par le CTMEF, notamment pour fixer la côte aval du modèle hydraulique à partir de calcul de hauteur normale. Cette dernière est, pour un écoulement quelconque de débit Q donné, la hauteur d'eau H_n que l'on observerait si le régime était uniforme (sans influence amont ou aval) comme si l'écoulement s'effectuait dans un canal uniforme de section identique à celle où la hauteur normale est calculée. Il va de soi que si le régime est uniforme, la hauteur d'eau de l'écoulement est égale à la hauteur normale.

Les résultats obtenus sont les suivants dans les cas du creek Namié :

Hauteur normale (H_n) : 7.90 m pour Q : $264\text{ m}^3/\text{s}$

Hauteur normale (H_n) : 7.85 m pour Q : $242\text{ m}^3/\text{s}$

Hauteur normale (H_n) : 7.80 m pour Q : $222\text{ m}^3/\text{s}$

Hauteur normale (H_n) : 7.75 m pour Q : $203\text{ m}^3/\text{s}$

Hauteur normale (H_n) : 7.70 m pour Q : $185\text{ m}^3/\text{s}$

Il avait été retenu au départ dans la modélisation une côte de 7.63 m (pied de talus) en rive gauche du profil 4, pour un débit de $300\text{ m}^3/\text{s}$. Par cette méthode, on obtient pour $300\text{ m}^3/\text{s}$ une hauteur normale de 7.98 m .

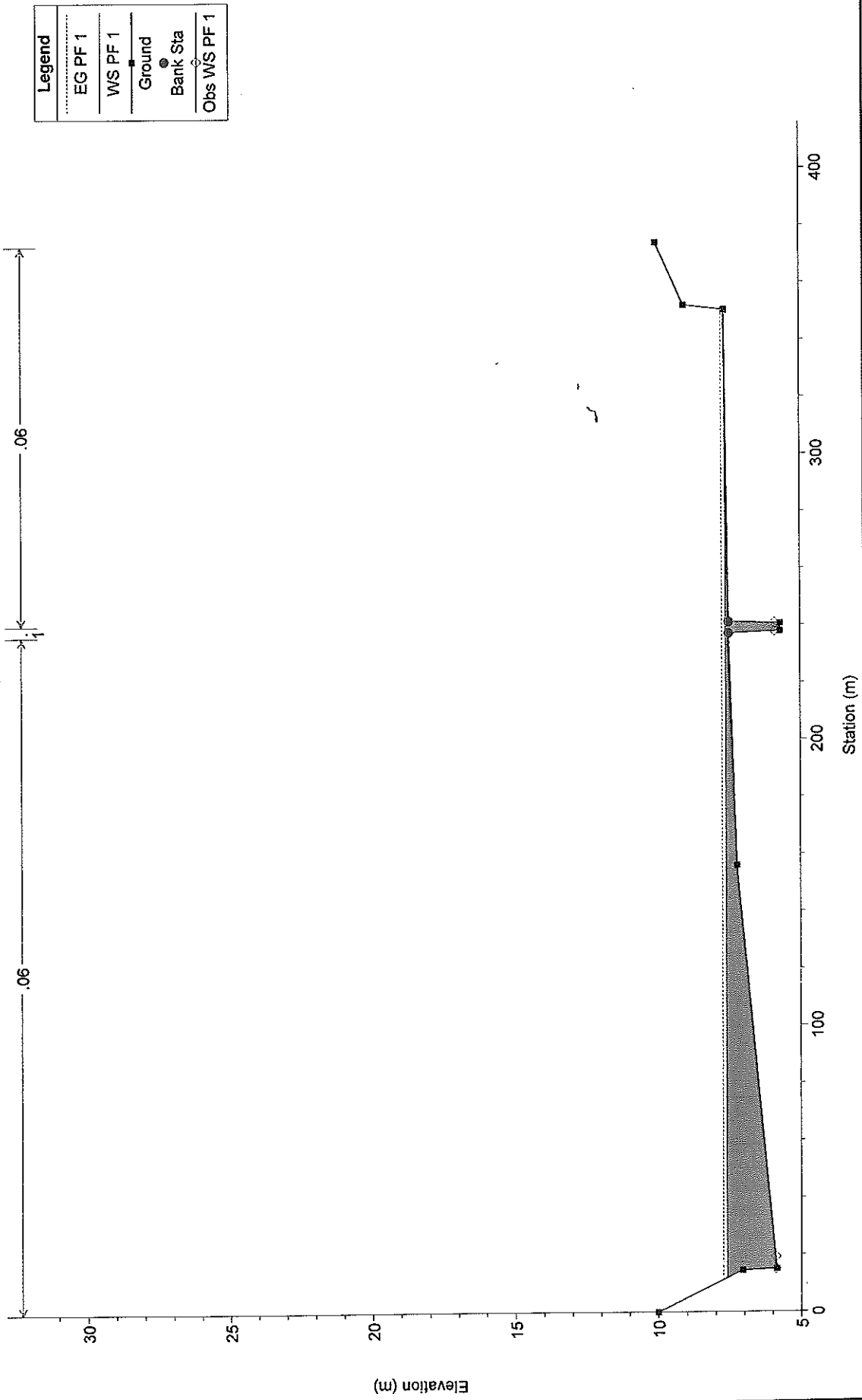
Cette valeur est cohérente avec la modélisation simplifiée réalisée et les hypothèses de débit retenu.

On peut donc en conclure que les débits spécifiques pour des bassins versants compris entre 1 et 10 km² environ se situe dans une fourchette comprise entre 60 et 80 m³/s. Il s'agit par ailleurs d'une fourchette basse, dans la mesure où nous avons retenu pour notre calage du modèle le pied de talus de lit majeur et non la crête de talus (cette dernière étant une limite plus aléatoire, qui tient compte de la cohésion des matériaux constitutifs du talus, des apports transversaux, etc). De même, nous avons fait abstraction des sur-cotes marines en calant la cote aval du modèle suffisamment haut pour ne pas fausser l'appréciation du débit spécifique.

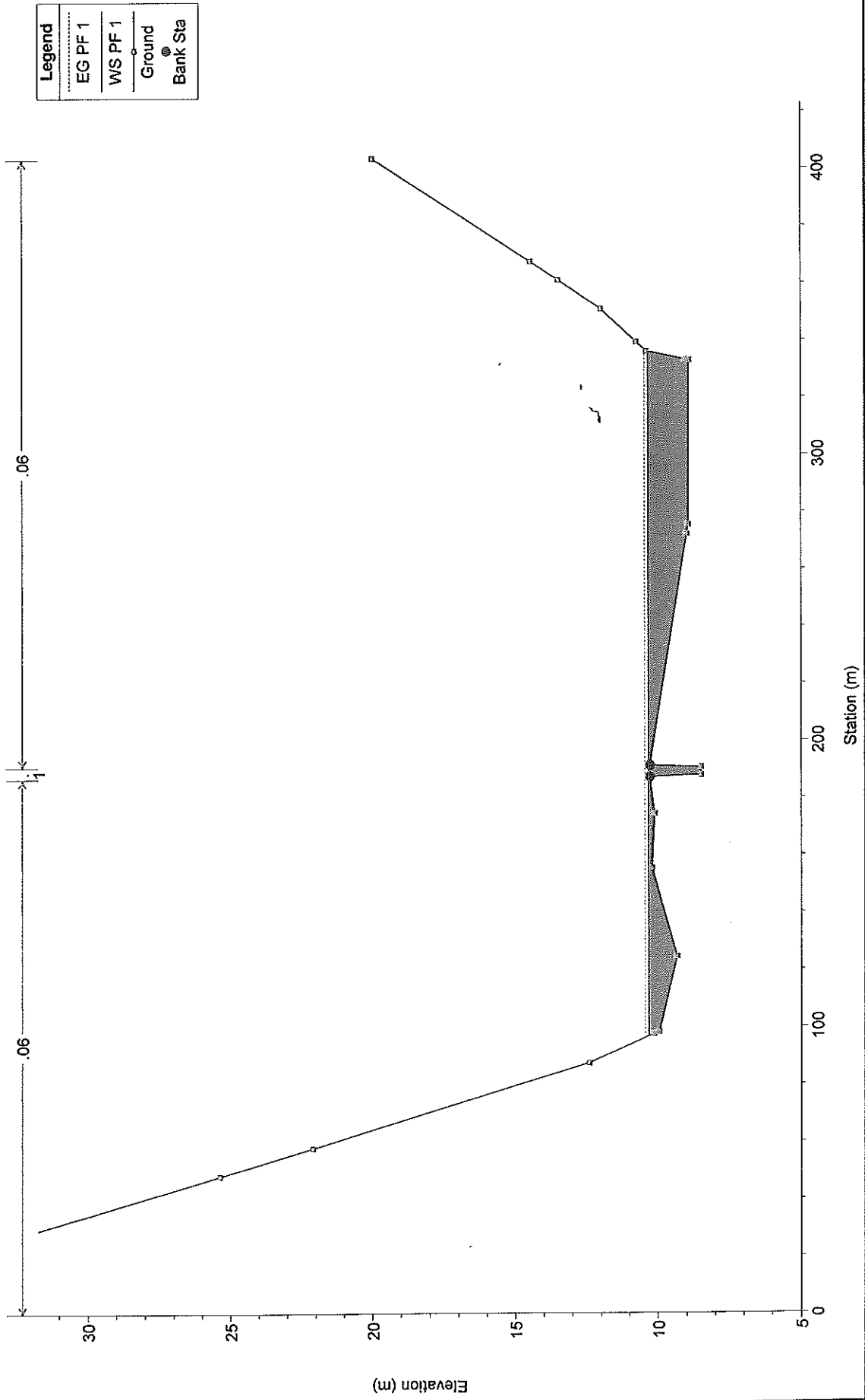
On trouvera dans les pages suivantes les résultats de la modélisations pour les deux hypothèses énoncés ci-avant : $Q_{\max}$ de 300 m³/s et $Q_{\max}$ 250m³/s.

RESULTAT DE LA MODELISATION POUR $Q_{MAX} : 250 \text{ m}^3/\text{s}$

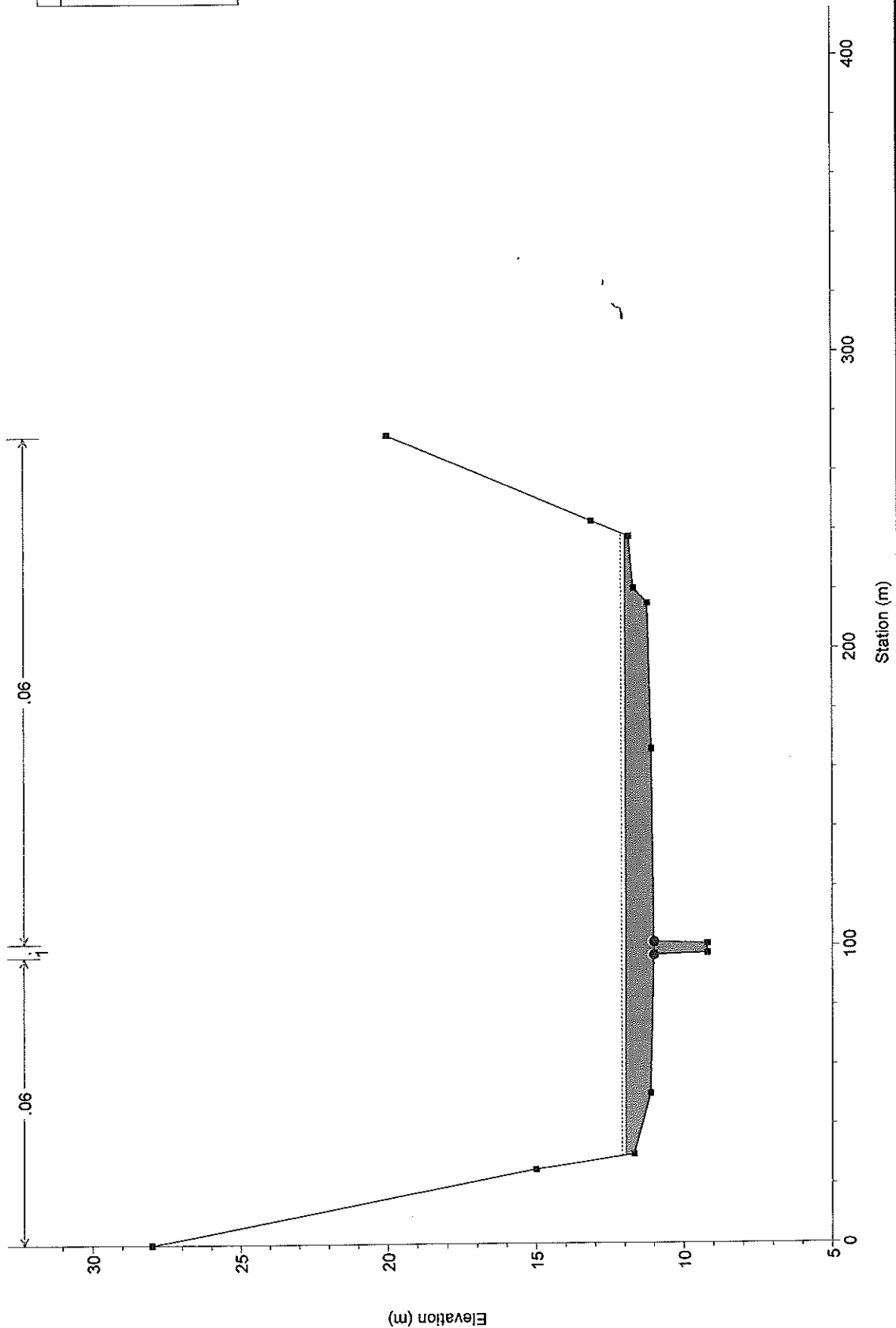
Le creek Namie - débit géomorphologique Section aval, 0.6 km



Le creek Namié - débit géomorphologique



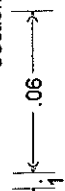
Le creek Namié - débit géomorphologique
 Section intermédiaire - 0.9 km



1 cm Horiz. = 20 m 1 cm Vert. = 2 m

Le creek Namié - débit géomorphologique

Section amont - 1.1 km



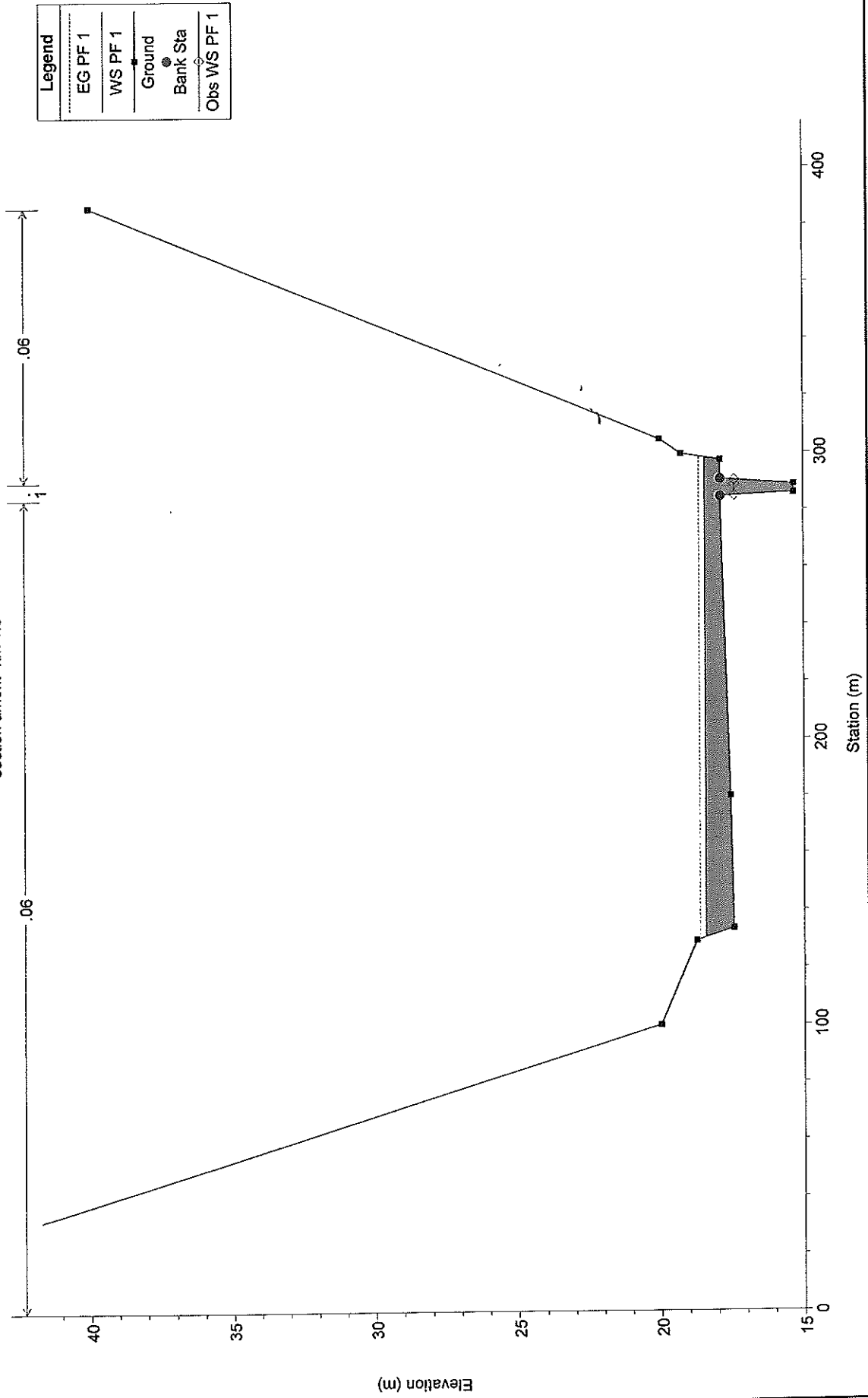
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Obs WS PF 1



1 cm Horiz. = 20 m 1 cm Vert. = 2 m

Le creek Namié - débit géomorphologique

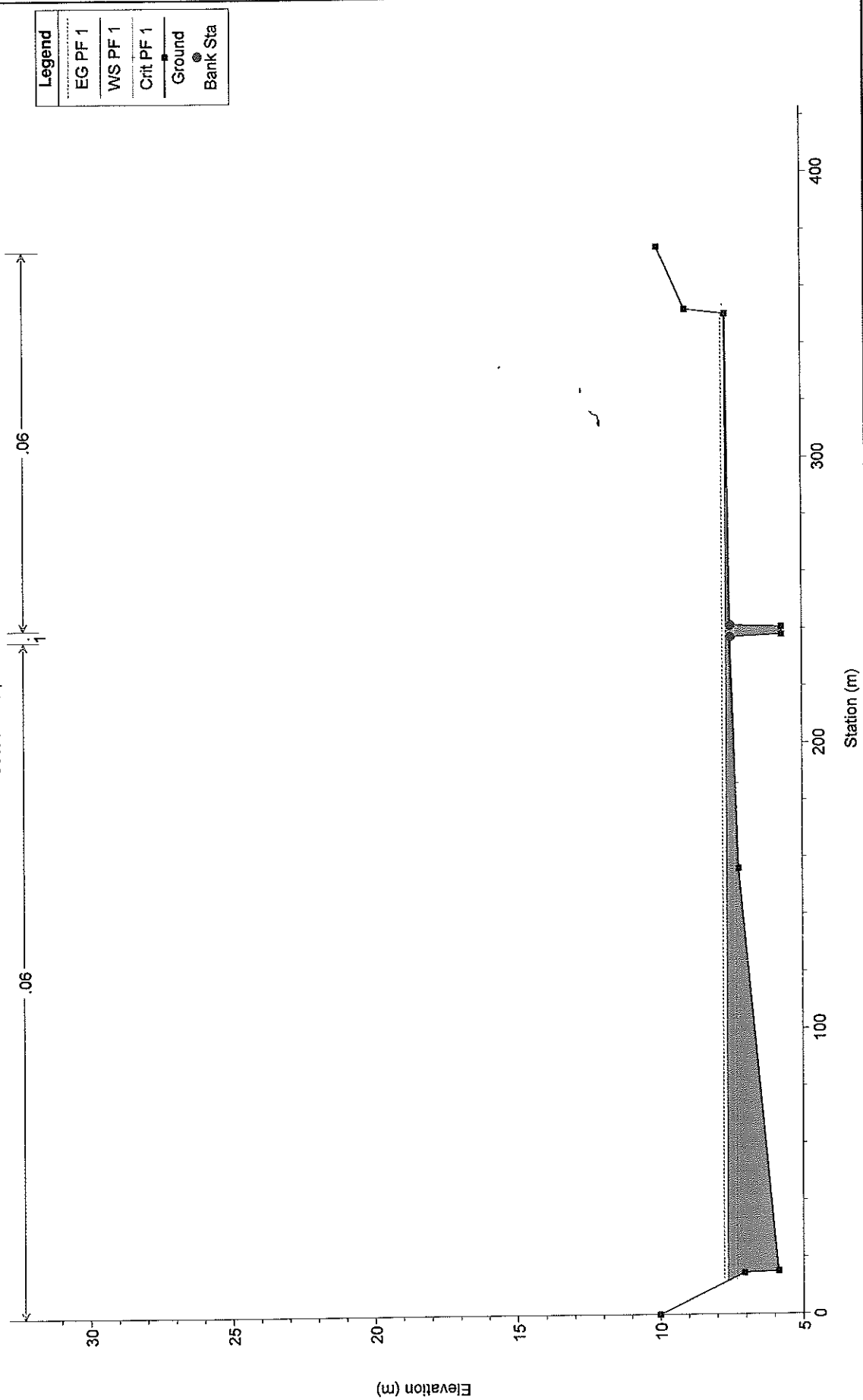
section amont- km 1.5



RESULTAT DE LA MODELISATION POUR $Q_{MAX} : 300 \text{ m}^3/\text{s}$

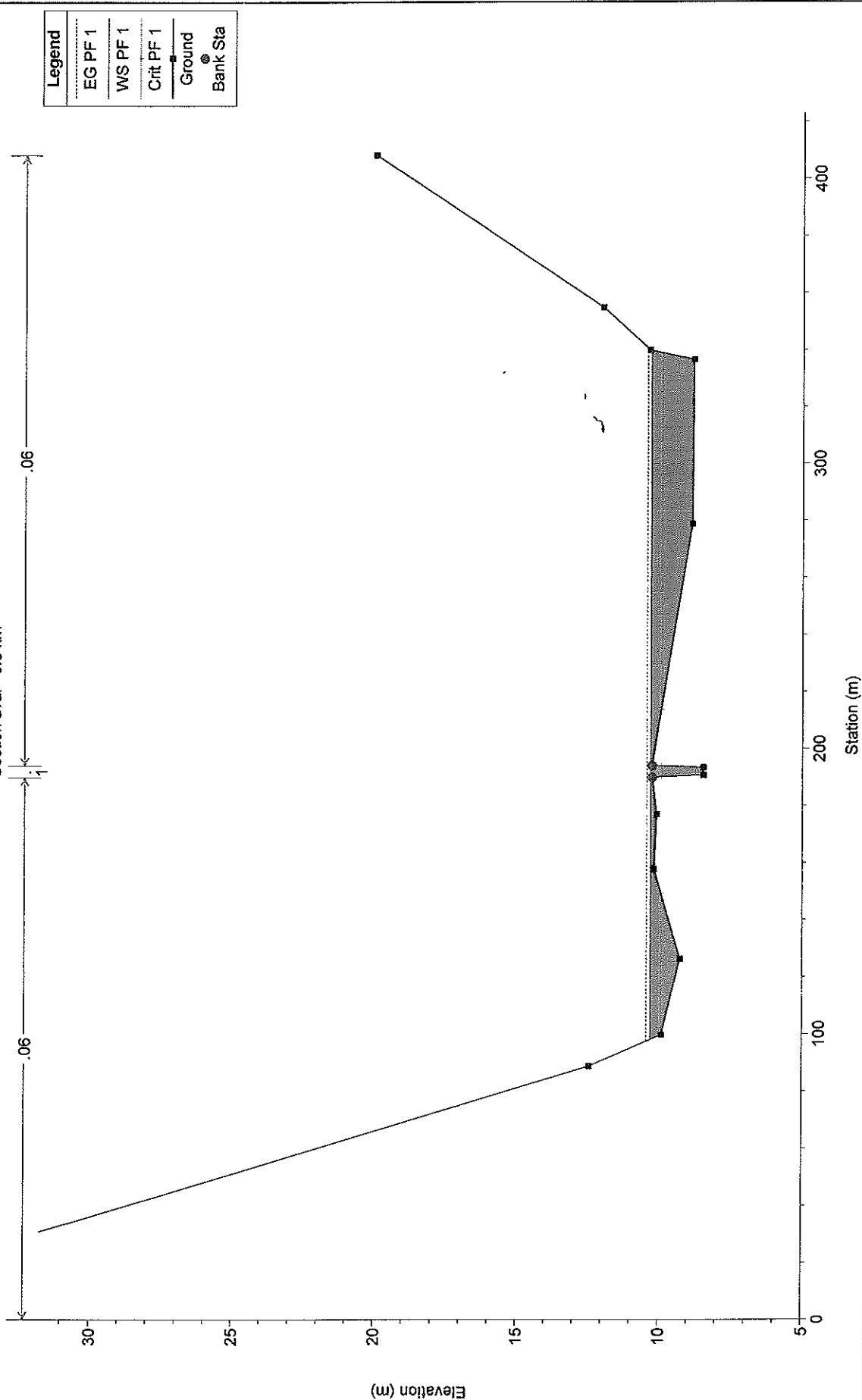
Le creek Namié - débit géomorphologique

Section aval, 0.6 km

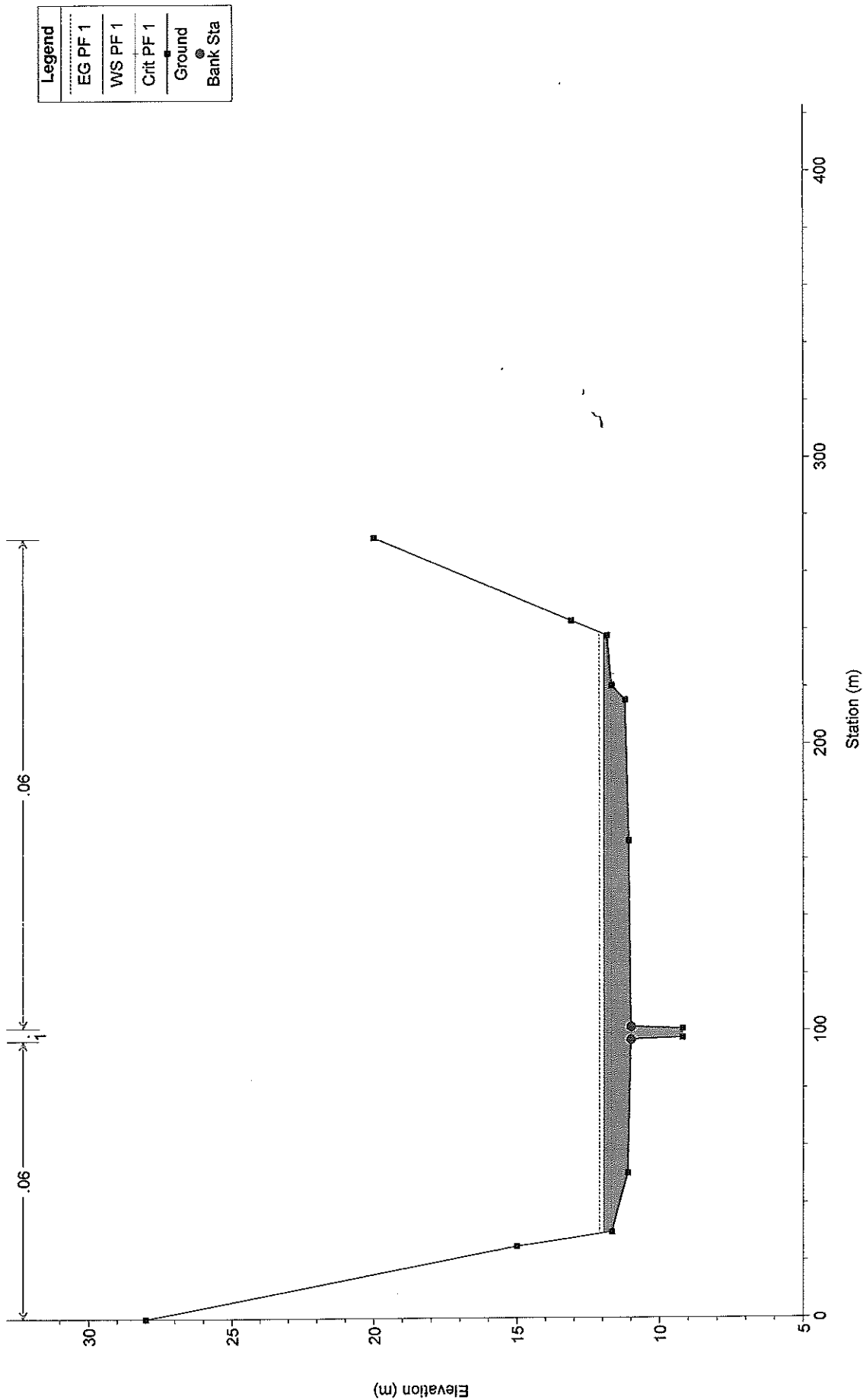


Le creek Namie - débit géomorphologique

Section aval - 0.8 km

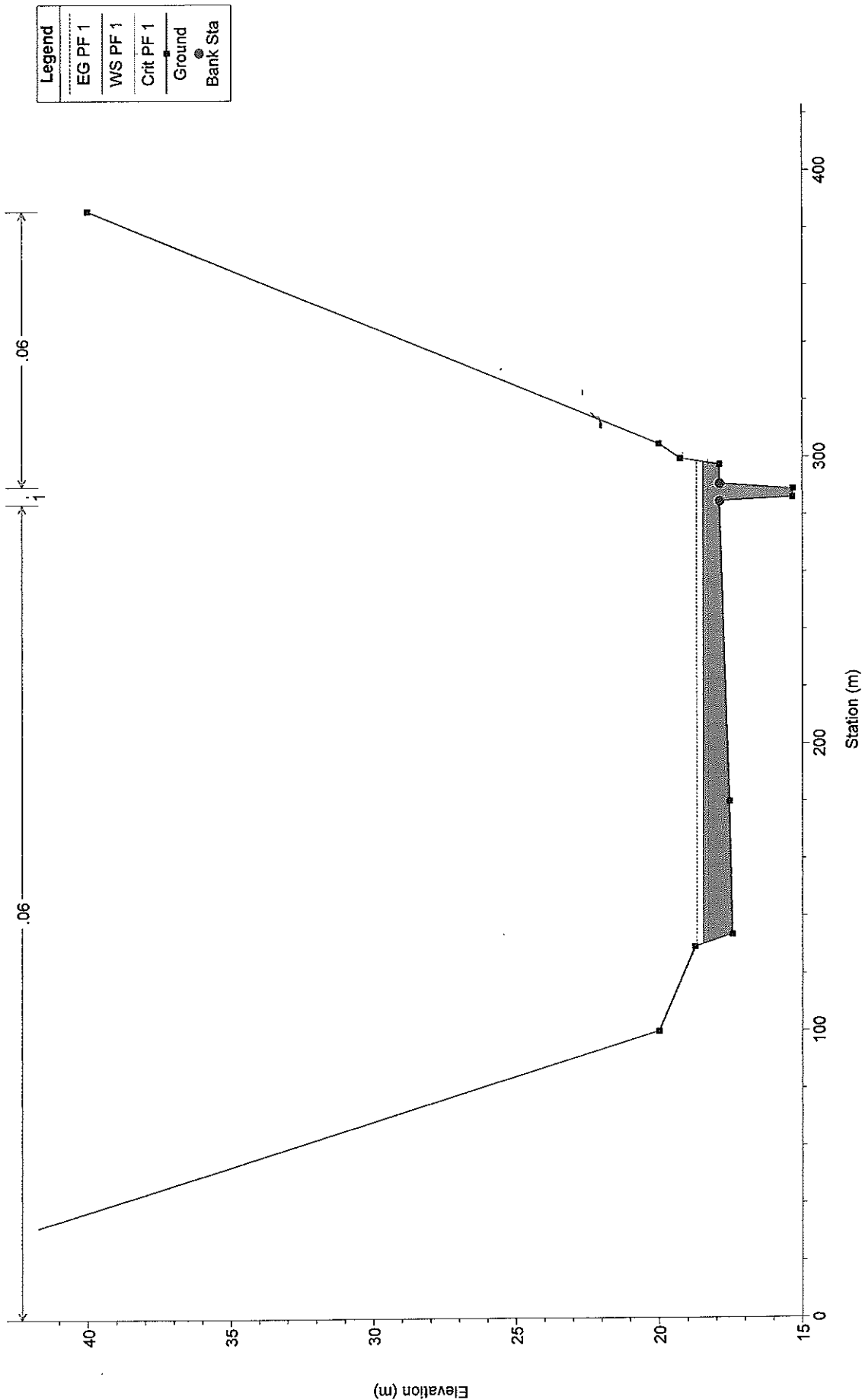


Le creek Namié - débit géomorphologique Section intermédiaire - 0.9 km



1 cm Horiz. = 20 m 1 cm Vert. = 2 m

Le creek Namié - débit géomorphologique section amont- km 1.5



1 cm Horiz. = 20 m 1 cm Vert. = 2 m

Le creek Namié - débit géomorphologique Section amont - 1.1 km

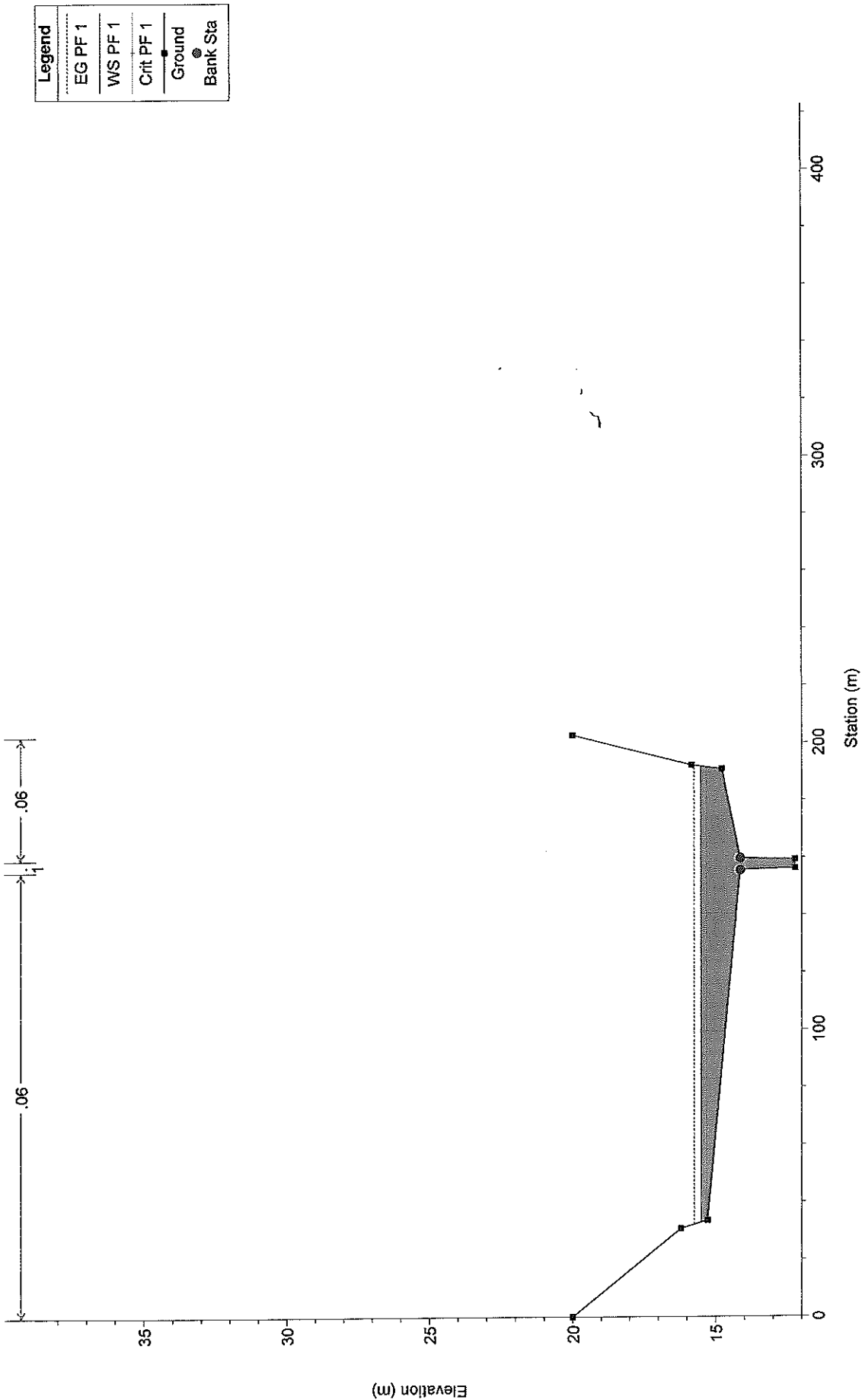


TABLE DES ILLUSTRATIONS

BIBLIOGRAPHIE

- Baltzer F.**, 1972, Quelques effets sédimentologiques du cyclone Brenda dans la plaine alluviale de la Dumbea. Etude préliminaire de la revue de géomorphologie dynamique n°3.
- Douloux J., Laganier R.**, 1991, Classification et qualification des phénomènes d'érosion, de transport et de sédimentation sur les bassins touchés par l'exploitation minière en Nouvelle-Calédonie. Hydrologie continentale, volume n°6, n°1, pages 15-28.
- Garry G., Grasz E.**, 1999, Plans de prévention des risques d'inondation, guide méthodologique, Ministère de l'équipement, Ministère de l'environnement, édition Documentation Française.
- Garry G., Masson M.**, 1998, Expérimentation de la cartographie hydrogéomorphologique en Nouvelle-Calédonie sur la Thio, rapport DAF.
- Garry G., Masson M.**, 1997, Essai de cartographie hydrogéomorphologie des zones inondables de la Guadeloupe : Rivière des Pères, Lezarde, Moustique, rapport ADUAG.
- Guilcher M.A.**, Question de morphologie climatique en Mélanésie équatoriale (Nouvelle-Guinée, Nouvelle-Bretagne, Guadalcanal).
- Gupta A.**, 1988, Large floods as geomorphic events in the humid tropics. In : Baker, V.R., Kochel, R.C., Patton, P.C. (Eds), Flood Geomorphology. Wiley, New York, pp. 301-315.
- Hydrex**, 1991, Délimitation de la zone inondable de la rivière La Coulée.
- Ittis J., Crozier M.J.**, 1986, Conséquences géomorphologiques des crues cycloniques en Nouvelle-Calédonie. Le cas de la rivière Nepoui. Journées d'hydrologie de Strasbourg, Crues et inondations.
- Masson M. Garry G., Ballais J.L.**, 1996, Cartographie des zones inondables ; approche hydrogéomorphologique, Ministère de l'Equipement, Ministère de l'environnement, édition Villes et Territoires.

Maurizot P., 2001, Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie, Massif du Mont-Dore. Etude complémentaire pour la prise en compte des risques naturels dans le plan d'urbanisme, directeur de la commune de Mont-Dore.

Terry J.P., Garimella S., Kostaschuk R.A., 2002, Rates of floodplain accretion in a tropical island river system impacted by cyclones and large floods, *Geomorphology* 42, 171-182.

Avijit GUPTA, 1983, High-magnitude floods and stream channel response, *sepc. Publs. Ass. Sédiment* 6, 219-227.

Rafi AHMAD, F.N. SCATENA, Avijit GUPTA, 1993, Morphology and sédimentation in Caribbean montane streams : examples from Jamaica and Puerto Rico, *Sédimentary Géology*, 85, 157-169.

S.N. RAJAGURU, Avijit GUPTA, V.S. KALE, Sheila MISHRA, R.K. GANJOO, L.L. ELY, Yahouda ENZEL, V.R. BAKER, 1995, Channel form and processes of the flood – dominated narmada river, India, *earth surface processes and landforms* , vol 20, 407-421.

Avijit GUPTA, 1989, Magnitude, Frequency and special factors affecting channel form and processes in the seasonal tropics.

Avijit GUPTA, 1999, Hurricane floods as extreme geomorphic events, *IAHS publ n° 261-2000*.

Avijit GUPTA, Vishwas S. KALE, S.N. RAJAGURU, 1999, the Narmada River, India, *Through Space and Time*.

