



DEPARTEMENT
ENVIRONNEMENT

Dossier n°A001.09035



ETUDES HYDRAULIQUES CONCERNANT LES ZONES INONDABLES DE LA PROVINCE SUD

- Commune de Moindou -

Indice	Date	Chef de projet	Chargé d'études
3.1	Février 2011	Yann COMEAUD	Florence GOURDON

Le système qualité de GINGER SOPRONER est certifié ISO 9001-2008 par



• **NOUMEA** - BP 3583 - 98846 Nouméa
Tél (687) 28 34 80 - Fax (687) 28 83 44 - Email : soproner.noumea@soproner.nc
• **KONE** - BP 801 - 98860 Koné
Tél (687) 47 25 23 - Fax (687) 47 25 23 - Email : soproner.kone@soproner.nc
• **SIEGE SOCIAL** : 1 bis rue Berthelot - Doniambo - BP3583 - 98846 Nouméa - Nouvelle Calédonie - Site internet : www.soproner.nc
SAS au capital de 37 000 000 FCFP - RCS Nouméa 02 B 668731 - Ridet 668731.001 - Banque BNC N° 14889 00081 82817301015 22



VERSION	COMMENTAIRES
1.0	Phase 1 : Reconnaissance terrain et programmes de levés topographique Pour validation du comité technique
1.1	Intégration des remarques du comité technique sur la version 1.0. Analyse hydrologique.
1.2	Intégration des remarques du comité technique sur la version 1.1.
2.0	Phase 1 validée. Phase 2 pour validation
2.1	Prise en compte des remarques de Phase 2
3.0	Phase 2 validée. Phase 3 pour validation.
3.1	Intégration des remarques du comité technique sur la version 3.0.

SOMMAIRE

1	Avant-propos	5
2	Présentation du secteur d'étude	6
2.1	Description du bassin versant.....	6
2.2	Description du cours d'eau.....	9
3	Analyse pluviométrique et hydrométrique	13
3.1	Pluviométrie	13
3.1.1	Contexte pluviométrique	13
3.1.2	Données pluviométriques disponibles.....	13
3.1.3	Analyse statistique	13
3.2	Estimation des débits théoriques.....	14
3.2.1	Méthodologie	14
3.2.2	Résultats.....	19
3.3	Détermination des débits de crues historiques	21
3.3.1	Cyclone Béti.....	21
3.3.2	Cyclone Anne	22
4	Programme de levés topographiques.....	23
5	Modélisation des cours d'eau	24
5.1	Construction du modèle et hypothèses de calcul	24
5.1.1	Géométrie.....	24
5.1.2	Fonctionnements hydrauliques particuliers	24
5.1.3	Coefficients de Strickler	26
5.1.4	Conditions Limites.....	26
5.2	Calage du modèle	29
5.3	Modélisation des crues de référence	32
5.4	Analyse du fonctionnement hydraulique.....	32
5.5	Analyse de sensibilité	36
5.5.1	Sensibilité aux variations du débit.....	36

5.5.2	Sensibilité aux coefficients de rugosité.....	36
5.5.3	Sensibilité aux coefficients de débit des déversoirs latéraux	36
6	Cartographie de la zone inondable et des aléas.....	38
6.1	Carte des iso-cotes, iso-hauteurs, iso-vitesses.....	38
6.2	Carte des aléas	38
7	Annexes.....	39

LISTE DES PLANCHES

Planche 1 : Localisation du bassin versant.....	7
Planche 2 : Localisation des sous-bassins versants.....	8
Planche 3 : Présentation du secteur d'étude	11
Planche 4 : Témoignages de crues	12
Planche 5 : Profils modélisés	27
Planche 6 : Synoptique du modèle hydraulique.....	28

LISTE DES CARTES

Carte des iso-hauteurs, iso-vitesses et isocotes

Carte des aléas d'inondation

1 AVANT-PROPOS

SOPRONER a été mandaté par la Province Sud de la Nouvelle-Calédonie pour réaliser l'étude hydraulique simplifiée de la rivière Moindou et de quelques uns de ses affluents.

L'objet de cette étude est la délimitation des zones inondables et l'établissement des cartes d'aléas sur le secteur concerné. Les études à réaliser sont du type « hydraulique simplifiée », dont la mise en œuvre se distingue des études hydrauliques classiques par :

- Une information hydrologique et topographique réduite ;
- Des sections d'écoulement en nombre restreint.

L'étude sera menée en trois phases :

- la phase 1 consistera en la collecte des données existantes, les reconnaissances de terrain, l'établissement du programme de levés topographiques à réaliser, l'étude hydrologique devant permettre de déterminer les débits de période de retour 5, 10 et 100 ans ;
- la phase 2 consistera en la réalisation des prestations topographiques, la construction et le calage du modèle, puis la modélisation des débits de pointe de période de retour 5, 10 et 100 ans ;
- la phase 3 consistera essentiellement en la réalisation des cartographies des zones inondables et en particulier en la réalisation de la carte des aléas d'inondation.

Il est à noter que cette commune a déjà fait l'objet au préalable d'une cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables (SIEE, 2004) et d'une enquête historique de crues (DAVAR, 2004)

2 PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE

Ce secteur d'étude concerne la rivière Moindou de l'amont des zones urbanisées jusqu'à son embouchure en baie de Moindou. (cf. planches 1 et 2). Le creek « Mendjélé », principal affluent sur la partie amont est également intégré dans le secteur d'étude.

A la demande de la mairie, le creek «des Palmiers » a été ajouté au marché initial. Même s'il semblerait que les inondations que génère ce creek soient directement liées aux remontées de la Moindou, les projets à venir sur ce secteur ainsi que la présence d'enjeux d'habitations justifient l'étude de ce creek.

Le linéaire total de cours d'eau à étudier représente environ 9 km.

2.1 Description du bassin versant

Le bassin versant et les sous bassins versants de la Moindou sont présentés sur les planches 1 et 2.

Deux cours d'eau principaux drainent le bassin versant de la Moindou, d'une superficie totale de 104.6 km² : la Moindou et la Farino qui confluent en amont du secteur d'étude. Les caractéristiques de ce bassin versant sont les suivantes :

Surface drainée (km ²)	104.6
Plus long chemin hydraulique (km)	28.6
Dénivelé maximal (m)	640
Pente pondérée du plus long chemin hydraulique (%)	0.3 %

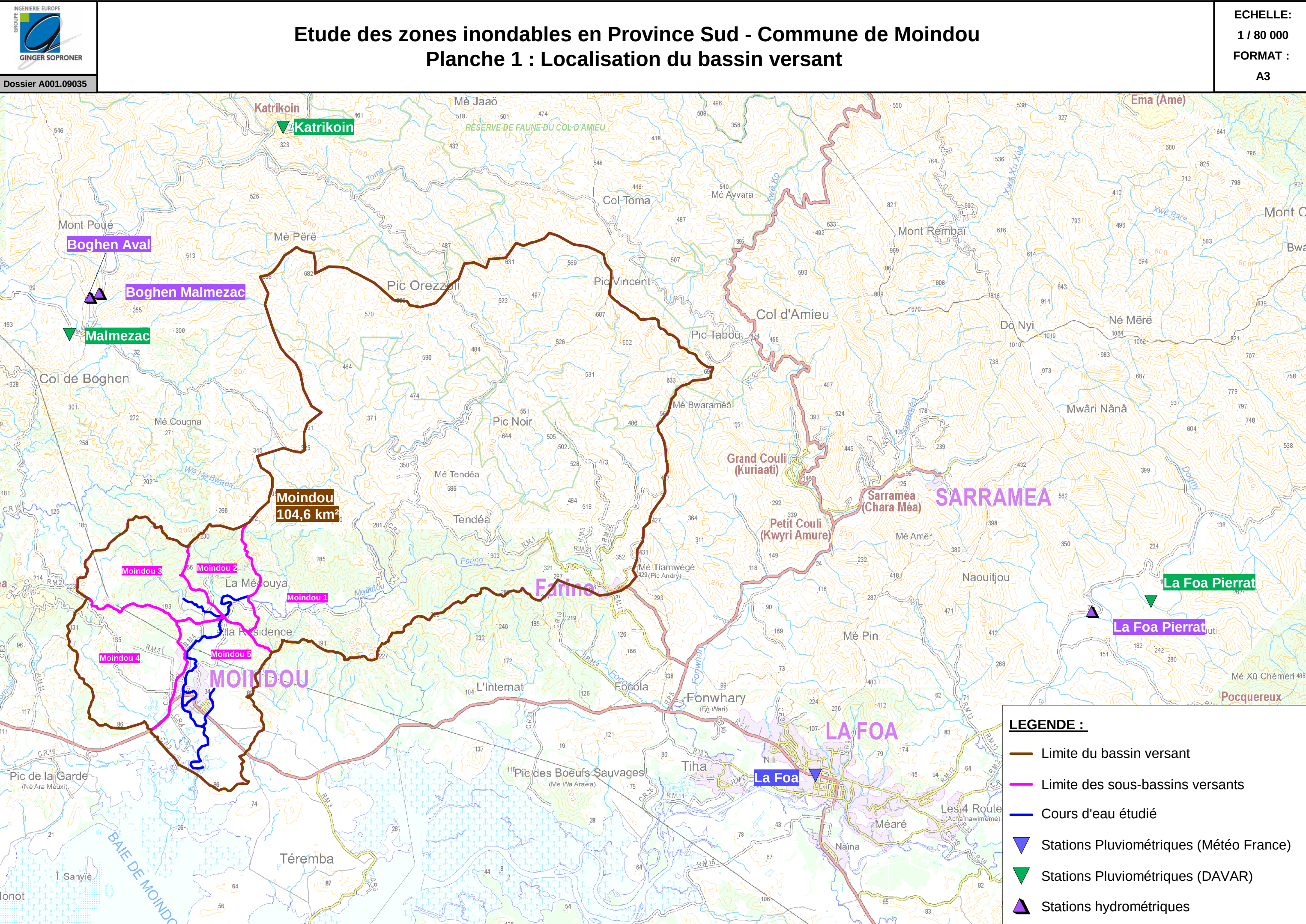
La morphologie du bassin versant se compose de trois unités :

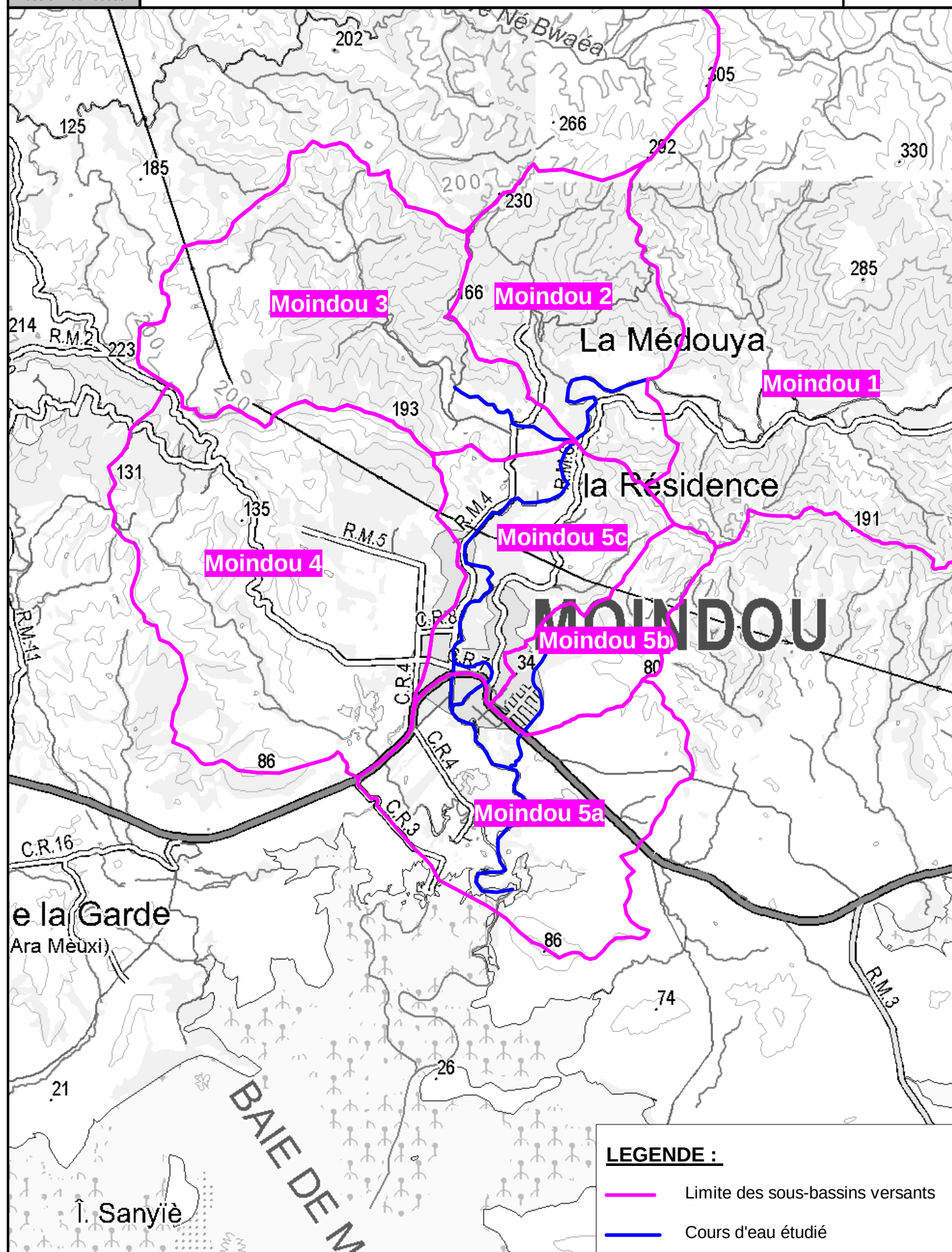
- Les vallées encaissées en amont, fortement végétalisées. La pente du cours d'eau principal est comprise entre 3 et 10 %.
- Le secteur d'élargissement de la vallée de la Moindou, à pente plus faible qui s'étend de la confluence de la Farino et de la Moindou et le village. La pente du cours d'eau est de l'ordre de 1 %.
- La basse plaine aval se raccordant au cordon littoral où confluent et serpentent différents cours d'eau. La pente de la Moindou est de l'ordre de 0.1 % sur ce secteur.

Même si la pente de la rivière Moindou reste d'une manière générale modérée, les zones montagneuses (pente supérieure à 15%) occupent environ 80 % de la surface du bassin versant.

Le bassin versant de la Moindou est très peu urbanisé, hormis au niveau du village.

A noter la présence d'un vaste marais (marais de Betchel) en rive droite de la Moindou coupé par la digue que forme la RT1. Ce marais est alimenté par le creek des Bancouliers mais également en temps de crues par les débordements de la Moindou.





LEGENDE :

- Limite des sous-bassins versants
- Cours d'eau étudié

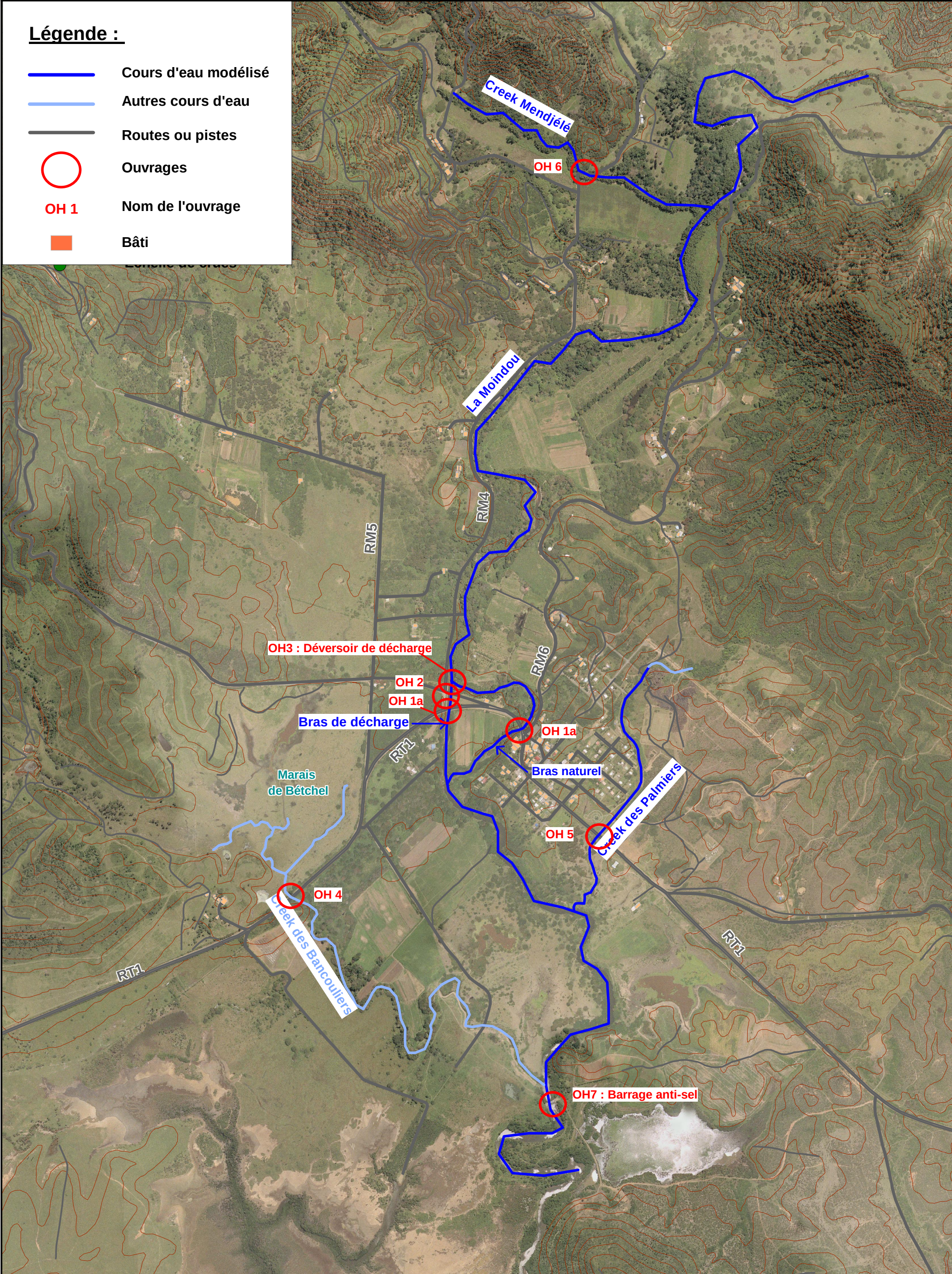
2.2 Description du cours d'eau

*Un reportage photographique réalisé lors des visites terrain est présenté en annexe 1.

Moindou		
Lit majeur	En amont du secteur d'étude, le lit majeur est principalement constitué de prés et pâturages (photos 1 à 9*) Sur le secteur intermédiaire et jusqu'à la RT1, le lit majeur alterne entre des zones de savanes à herbes hautes plus ou moins arborées, des zones de cultures et la zone du marais Betchel (10, 15, 16 et 17*). En aval de la RT1, le vaste lit majeur de la basse plaine est constitué en rive droite de prés à tendance humide (60*), et en rive gauche de champs et de pâturages (64 et 72*). D'une manière générale, hormis les quelques « poches » de savanes à herbes hautes ou broussailles, de bonnes conditions d'écoulement en lit majeur sont donc à retenir.	
	Sur le linéaire étudié, le lit mineur est relativement propre, bien dégagé et marqué. Le fond du lit est composé de sables, limons et graviers. A noter sur quelques tronçons des embâcles formés par des bambous affaissés. En amont de la RT1, la ripisylve se compose quasi essentiellement de bambous sauf tout à l'amont où la ripisylve est arborée peu dense. En aval de la RT1, la ripisylve est quasi inexistante (53, 54, 65*) ou très peu dense.	
	Sur le linéaire étudié, plusieurs ouvrages sont à noter : Le déversoir (OH3) qui alimente le canal de décharge, en amont de la RT1. Ce déversoir et ce canal béton ont été aménagés afin de décharger, en temps de crues, le bras naturel. Le parcours sinueux du bras naturel en amont de la RT1 et la digue que forme cette voirie favorisait en effet les débordements sur une zone où les enjeux sont bien présents. Cet ouvrage a été rehaussé récemment car une part trop importante du débit transitait dans le canal de décharge au détriment du bras naturel, avec des problématiques de stagnation. Ce déversoir en enrochements est un ouvrage « fusible » car pour les plus fortes crues il sera vraisemblablement emporté et quoiqu'il en soit il sera hydrauliquement « transparent ». OH1a et OH1b : ouvrages de franchissement de la RT1, constitué pour le premier d'un ancien pont avec une pile centrale et pour l'ouvrage du bras de décharge d'un tablier qui repose sur deux culées béton. Le profil de la RT1 au	 

	droit de ces ouvrages est particulièrement rehaussé par rapport au terrain naturel (de l'ordre de 1.5 m). En direction de Bourail, la RT1 reste surélevée de l'ordre de 1 m pour rattraper le terrain naturel après le franchissement du creek des Bancouliers (OH4). La passerelle (OH2) sur le canal de décharge. Le barrage anti-sel (OH7) en aval du secteur d'étude constitué d'un seuil déversant en béton.	
Enjeux	La Planche 4 présente les laisses de crues recensées dans le cadre de l'enquête historique de crues (DAVAR, 2004). Les deux crues les plus conséquentes où des témoignages ont pu être recensés sont celles générées par les cyclones Anne (1988) et Béti (1996). En amont du secteur d'étude, l'enjeu est principalement agricole. Quelques habitations isolées sont toutefois affectées par les plus forts événements. Les principaux enjeux d'habitations sont situés de part et d'autre de la RT1. Ces enjeux restent malgré tout limités, la quasi-totalité du village étant construite sur une butte.	

Creek « Mendjélé »	
Lit majeur	Le lit majeur de cet affluent est constitué de prés sans végétation haute sauf en aval, en rive gauche, où quelques arbres sont à noter.
Lit mineur	Le lit mineur (44 à 49*), creusé dans les limons, présente en haut de berges une ripisylve dense constituée de bambous. Si le lit reste globalement propre, par endroits des bambous affaissés forment de véritables obstacles aux écoulements.
Ouvrages	Un radier (OH6) constitué de 3 buses Ø400 est le seul franchissement de ce creek (hormis un passage à gué tout en amont).
Enjeux	Ce secteur ne présente pas d'enjeu particulier hormis les enjeux agricoles.
Creek « des Palmiers »	
Lit majeur	Le lit majeur de cet affluent est constitué en rive droite du lotissement « les Palmiers » et en rive gauche de broussailles, hormis en amont direct de la RT1 où la végétation est rase.
Lit mineur	Ce creek est régulièrement recalibré (59, 61*), il s'apparente plus à un fossé trapézoïdal qu'à un cours d'eau naturel. Le lit mineur est propre et bien dégagé.
Ouvrages	L'ouvrage de franchissement de la RT1 (OH5) est constitué d'un dalot béton d'environ 3 m x 1,70m. La RT1 est très surélevée (de l'ordre de 2 m) par rapport aux terrains environnants.
Enjeux	Les enjeux concernés par les inondations de ce creek sont, en rive droite, le lotissement les Palmiers et l'aménagement paysager : « Les jardins de l'avenir ». En rive gauche, des projets sont envisagés sur les terrains les plus hauts et la salle d'arts martiaux est en cours de finalisation.

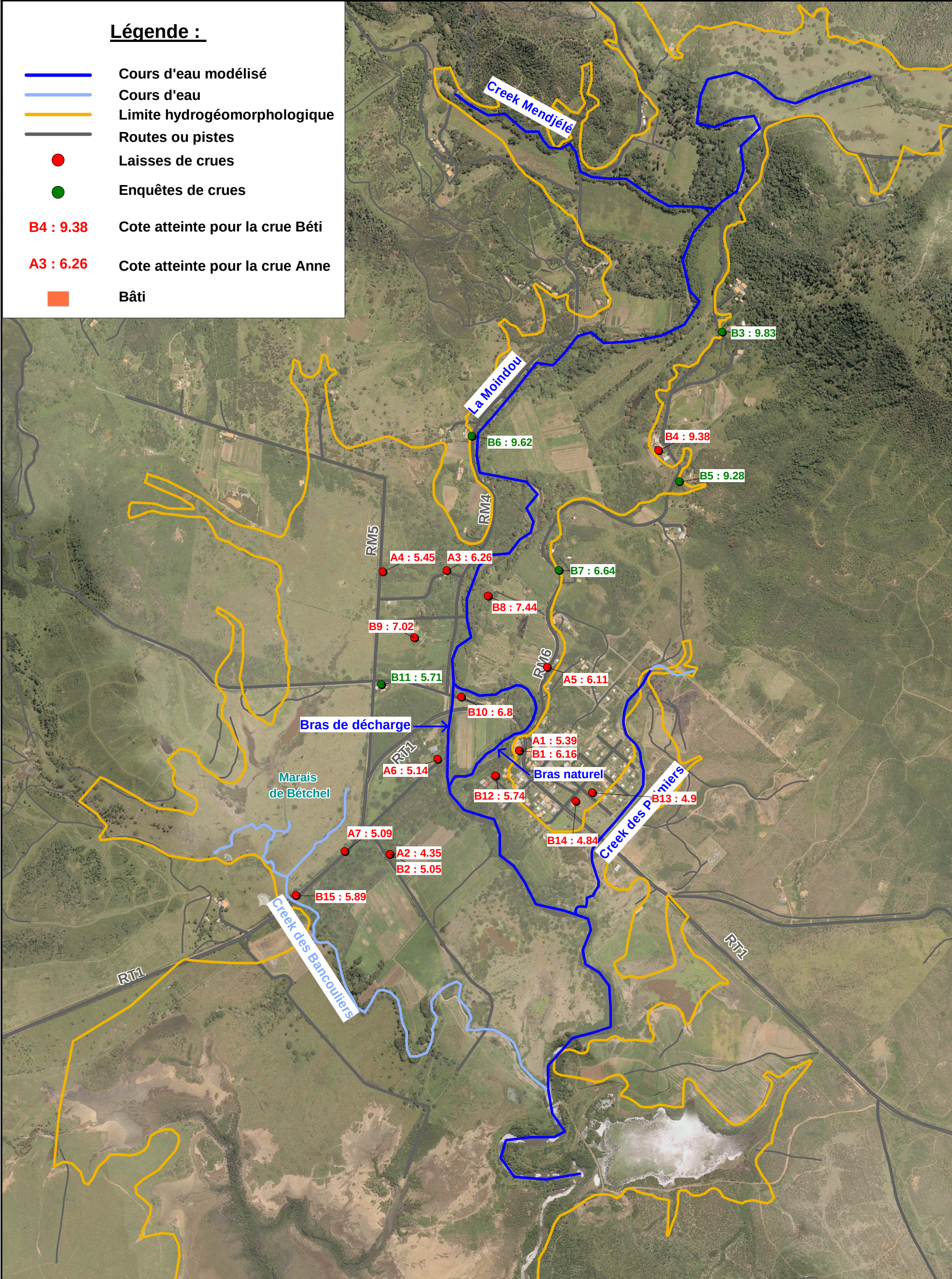


Légende :

- Cours d'eau modélisé
- Cours d'eau
- Limite hydrogéomorphologique
- Routes ou pistes
- Laisses de crues
- Enquêtes de crues
- B4 : 9.38

Cote atteinte pour la crue Béti
- A3 : 6.26

Cote atteinte pour la crue Anne
- Bâti



3 ANALYSE PLUVIOMETRIQUE ET HYDROMETRIQUE

3.1 Pluviométrie

3.1.1 Contexte pluviométrique

3.1.2 Données pluviométriques disponibles

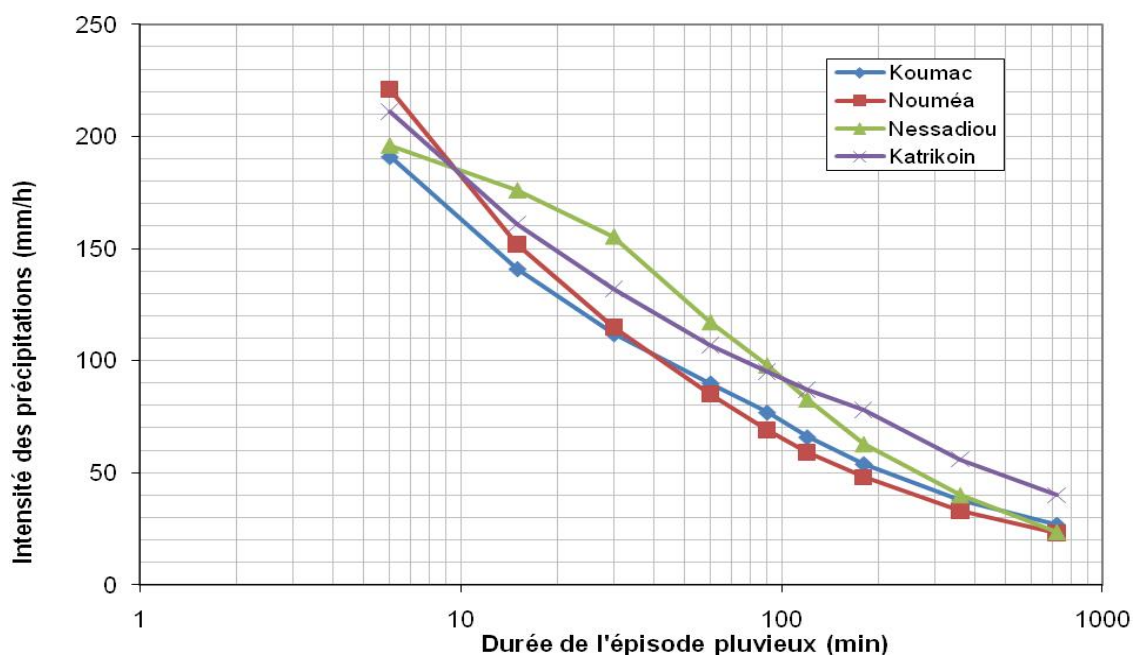
Les postes pluviométriques suivants (au pas d'acquisition 6 min, pour ceux de Météo France et à chaque basculement d'auget pour ceux de la DAVAR) sont les plus proches du secteur d'études (cf. Planche 1). Les postes pluviométriques journaliers sur le secteur ne sont pas présentés, dans la mesure où le pas de temps journalier est trop important par rapport aux temps de réponse des bassins versants.

Les dates de début de mesures des précipitations 6 min sont récapitulées dans le tableau suivant :

Poste pluviométrique	Début de mesures des précipitations 6 min	Poste pluviométrique	Début de mesures des précipitations 6 min
Malmezac	1988	Nessadiou	1993
Katrikoin	1988	La Foa	1995

3.1.3 Analyse statistique

Une comparaison des intensités pluviométrique centennales entre différentes stations du littoral ou de la plaine (Nessadiou) et d'altitude moyenne (200 m) (Katrikoin) est proposée ci-après. Les stations de référence de Nouméa et Koumac qui disposent de plus de 40 années de mesures ont également été reportées à titre indicatif. Les intensités des stations de La Foa et de Malmezac ne sont pas présentées dans la mesure où la station de la Foa est relativement récente et pour la station de Malmezac, il est privilégié la station de Katrikoin qui paraît plus pertinente (car représentative d'une station d'altitude moyenne).



Intensités centennales de précipitations en fonction de la durée de l'épisode pluvieux sur différentes stations

Ce graphe illustre :

- Pour des épisodes inférieurs à 1 heure, les intensités du poste de Nessadiou, sont sensiblement plus fortes que celles des autres stations, y compris celles se situant dans la chaîne.
- Pour les épisodes de quelques heures, logiquement, la station de Katrikoin présente les intensités les plus importantes.

En conclusion, il est proposé de retenir les intensités pluviométriques suivantes :

Sur le secteur de Moindou (temps de concentration de 4h) où une part importante du bassin versant se situe dans la chaîne, il est proposé de retenir la valeur de la station de Katrikoin. La station de Katrikoin, d'altitude d'environ 200 m semble en effet représenter un bon compromis entre les intensités pluviométriques de la chaîne et celles du littoral.

3.2 Estimation des débits théoriques

3.2.1 Méthodologie

Trois approches seront utilisées pour l'estimation des débits de crue :

- la méthode rationnelle,
- l'utilisation de la loi d'ajustement des débits centennaux sur la Côte Ouest (source DAVAR),
- Une analyse régionale sur les stations hydrométriques voisines.

3.2.1.1 Méthode rationnelle

3.2.1.1.1 Principe de la méthode

La méthode rationnelle est généralement adaptée aux petits bassins versants, même si certains auteurs suggèrent son utilisation pour des superficies de bassins versants allant jusqu'à 250 km². Cette méthode se fonde sur l'hypothèse que les débits maximaux de crue d'un bassin versant sont directement proportionnels aux intensités pluviométriques calculées sur son temps de concentration. Le coefficient de proportionnalité, ou coefficient de ruissellement (C), est rattaché à l'occupation du sol du bassin versant. Il varie également en fonction de sa superficie, de sa pente et de l'intensité des précipitations. Basée sur une connaissance de la pluviométrie locale et des caractéristiques du bassin versant, l'équation s'écrit comme suit :

$$Q = \frac{1}{3,6} C.i (tc).A$$

Avec :

- C, le coefficient de ruissellement
- i (tc), l'intensité pluviométrique associée à la période de retour de l'événement pluvieux et au temps de concentration du bassin (mm/h) (cf. paragraphe précédent pour le choix de l'intensité pluvieuse retenue selon les secteurs)
- A, la superficie du bassin versant (km²)
- Q, le débit de pointe (m³/s)

3.2.1.1.2 Coefficient de ruissellement

L'estimation des débits de crue nécessite de plus une évaluation du coefficient de ruissellement du bassin (C). Ce paramètre traduit l'aptitude du sol à ruisseler et représente la portion de pluie tombée qui rejoint effectivement l'exutoire du bassin versant.

Le coefficient de ruissellement varie en fonction de l'intensité de la pluie, de la pente du bassin versant et de l'occupation des sols.

Les coefficients de ruissellement retenus par la suite sont les suivants :

Occurrence	Pente <15 %	Pente > 15 %
5 ans	0,5	0,7
10 ans	0,6	0,8
100 ans	0,8	1,0

Coefficients de ruissellement utilisés

3.2.1.1.3 Temps de concentration

Différentes approches empiriques de calcul de temps de concentration ont été appliquées et comparées afin de retenir, sur chaque cours d'eau étudié, la valeur qui paraît la plus pertinente.

Les formules utilisées ci-après sont précisées en annexe 3.

• Formule de Kirpich

Cette formule a été calée sur des petits bassins versants du Tennessee. Elle est généralement utilisée pour des bassins versants de superficie inférieure à 1 km².

• Formule de Ventura

Cette méthode est généralement utilisée pour des bassins versants de superficie supérieure à 40 km².

• Formule de Passini

Cette méthode est généralement utilisée pour des bassins versants de superficie supérieure à 10 km².

• Méthode des transferts

Cette méthode est issue d'une analyse réalisée par la DAVAR dans le cadre de la détermination des courbes enveloppes des débits spécifiques maximaux de crues pour le quart sud ouest de la Nouvelle-Calédonie.

Le temps de concentration est estimé en considérant une vitesse de transfert de l'ordre de 2m/s (4 m/s si la pente est supérieure à 15%) appliquée au drain hydraulique le plus long. Cette méthode semble donner des résultats cohérents, sur la base des observations menées en Nouvelle-Calédonie.

L'application de ces différentes formules empiriques conduit aux résultats suivants :

Les valeurs obtenues par ces différentes approches diffèrent très sensiblement. La « méthode des

Bassin Versant	Surface (km ²)	Pente (m/m)	Longueur (m)	Longueur tronçon pente < 15%	Ventura		Kirpich		Passini		Méthode des transferts	
					Tc(h)	Vitesse transfert (m/s)	Tc(h)	Vitesse transfert (m/s)	Tc(h)	Vitesse transfert (m/s)	Tc(h)	Vitesse transfert (m/s)
Moindou	104,6	0,003	28600	28600	23,4	0,3	8,1	1,0	27,9	0,3	4,0	2,0

transferts » présente l'avantage d'avoir été validée sur des conditions hydrologiques locales, tandis que les autres méthodes reposent sur des analyses de comportements de bassins versants en Europe ou aux Etats-Unis.

Par mesure sécuritaire, le temps de concentration retenu sera issu de cette méthode.

Le temps de concentration de la Moindou retenu sera donc de 4h.

3.2.1.2 Analyse régionale

Il s'agit d'une méthode qui utilise une simple transposition des données hydrométriques d'un bassin versant connu (de débit Q_2 et de surface S_2) à un bassin versant inconnu (de débit Q_1 et de surface S_1) :

$$Q_1 = \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^n \cdot Q_2$$

Le coefficient de transposition « n », généralement compris entre les valeurs 0,6 et 0,8, est pris égal à 0,75. Cette valeur a été calée en Nouvelle Calédonie à l'aide des ajustements de Gumbel effectués pour les débits centennaux utilisant les 22 stations hydrométriques de la Nouvelle Calédonie.

Les deux bassins versants de référence (superficie, localisation géographique et pluviométrie proches) où des données hydrométriques sont disponibles sont ceux de :

- La Boghen aval confluence Aremo
- La Foa amont Pierrat

Les caractéristiques de ces stations sont les suivantes (cf. annexe 4) :

Station hydrométrique	Superficie drainée (km²)	Altitude moyenne du bassin versant	Durée d'observations	Débit max jaugé
La Boghen aval confluence Aremo	113	419 m	49 ans	700 m³/s
La Foa amont Pierrat	116	430 m	28 ans	268 m³/s

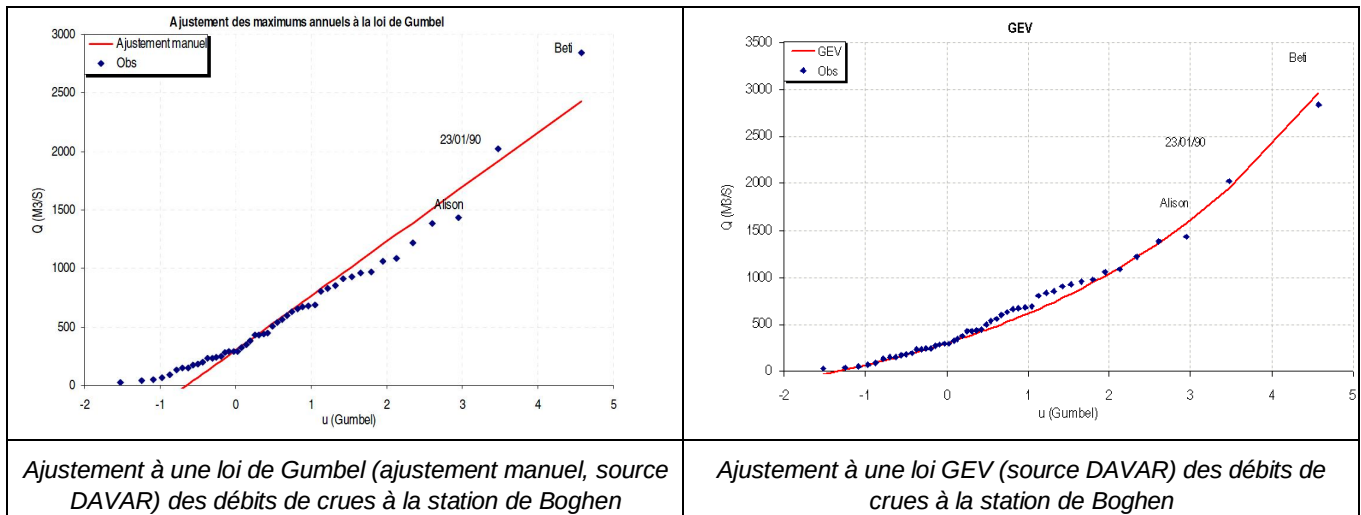
Les débits de crues théoriques calculés à ces stations sont les suivants :

Station hydrométrique	Crue 5ans (m³/s)	Crue 10 ans (m³/s)	Crue 100 ans (m³/s)
La Boghen aval confluence Aremo (méthode de Gumbel)	997	1346	2439
La Boghen aval confluence Aremo (Loi GEV)	811	1168	2978
La Foa amont Pierrat	770	980	1638

Les différentes méthodologies utilisées dans l'analyse statistique des débits « observés » aux stations hydrométriques pouvant conduire à des valeurs théoriques sensiblement différentes, il nous a semblé pertinent de présenter les deux ajustements statistiques réalisés sur les débits issus de la station hydrométrique de Boghen. Cette station présente en effet un comportement un peu particulier.

L'ajustement à la loi de Gumbel des débits de la Foa paraît satisfaisant et n'a donc pas fait l'objet de cette comparaison.

L'ajustement à une loi de Gumbel des événements observés (droite dans un graphique de Gumbel) n'est pas entièrement satisfaisant, car il ne peut représenter la « cassure » dans l'alignement des débits observés qui est à noter dès l'occurrence décennale (variable de Gumbel « u » = 2.25). Les événements exceptionnels (Béti, Jan. 1990) semblent suivre un comportement différent. L'ajustement manuel proposé par la DAVAR permet toutefois de redonner de l'importance à ces événements exceptionnels, pour éviter que ces deux événements (Jan. 1990 et Béti) présentent une période de retour centennale pour celui de janvier 1990 et supérieure à 200 ans pour Béti, ce qui paraîtrait surprenant, vu la taille de l'échantillon (49 ans).



L'ajustement à une loi GEV (Valeurs Extrêmes Généralisées), permet une meilleure représentation des événements fréquents et exceptionnels, mais elle conduit à une estimation du débit centennal qui s'apparenterait plus aux débits de la cote Est. Les débits des occurrences faibles (inférieures à 10 ans) sont proches des valeurs classiques de la Cote Ouest.

Les débits théoriques de La Foa et Boghen, avec pourtant des bassins versants de caractéristiques morphologiques et géographiques relativement similaires, présentent des divergences sensibles (principalement pour les occurrences exceptionnelles, si l'on s'appuie sur l'ajustement par une loi GEV). Les pluviométries exceptionnelles sont donc plus importantes sur Bourail que sur La Foa, ce qui peut s'expliquer d'une part par le fait que le Col des Roussettes apparaît comme un lieu de passage préférentiel des cyclones, et d'autre part car la majorité des cyclones passe d'abord par Bourail puis par la Foa, avec donc une perte d'intensité sur cette commune.

3.2.1.3 Loi d'ajustement des débits centennaux sur la cote ouest (source DAVAR)

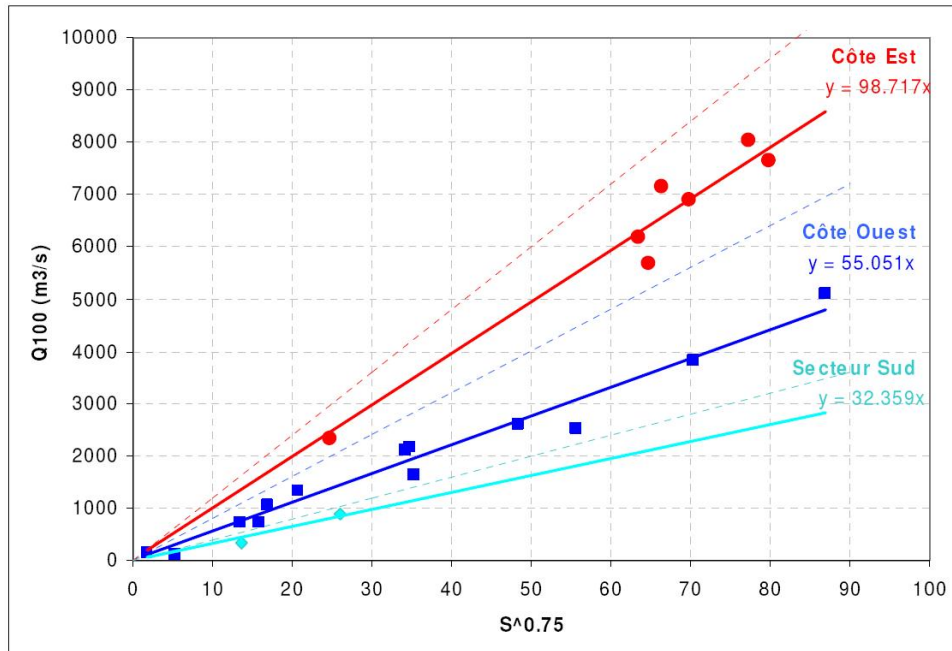
La méthode proposée ci-après repose sur une analyse plus globale, à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie réalisée par la DAVAR (Source : *Courbes enveloppes des débits spécifiques maximums de crues pour le quart sud-ouest de la Nouvelle Calédonie La Foa La Coulée – DAVAR – février 2006*)

La DAVAR a établi un certain nombre de fiches techniques relatives aux caractéristiques de stations hydrométriques dont elle a la gestion. Par le biais des mesures réalisées sur ces stations hydrométriques, des ajustements statistiques ont permis la détermination des débits théoriques de crues. La synthèse des ajustements de Gumbel pour la crue centennale sur l'ensemble des 22 stations hydrométriques de la Nouvelle Calédonie est présentée ci-après. Il ressort de ces

corrélations que les débits de crue centennale des cours d'eau de la côte Ouest peuvent être estimés par la loi suivante :

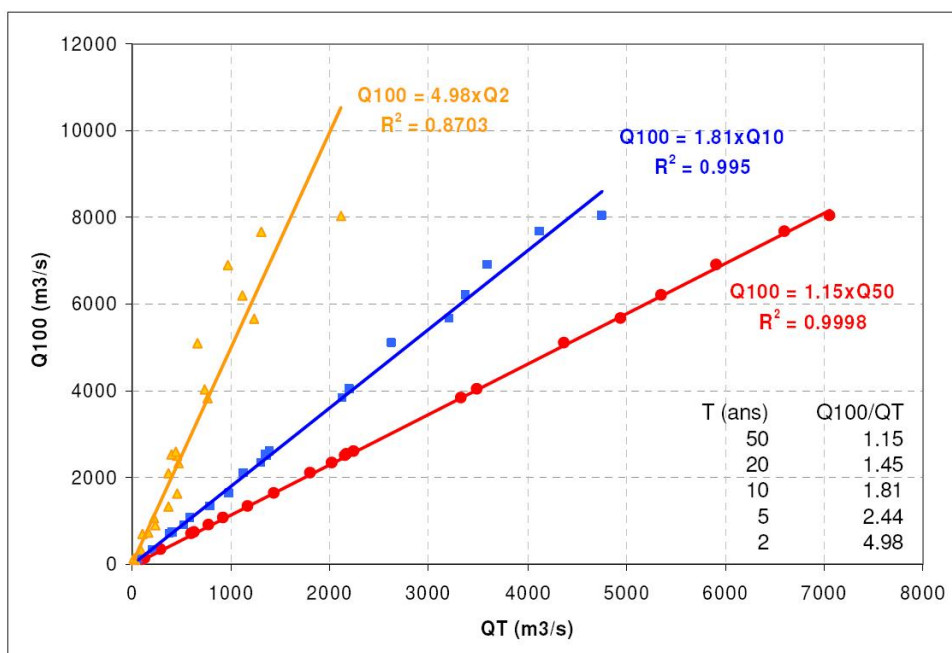
$$Q_{100} = 55 S^{0.75}$$

Où $Q_T/S^{0.75}$ sera nommé par la suite coefficient régional de l'occurrence T.



Synthèse des ajustements de Gumbel pour la crue centennale sur l'ensemble des 22 stations hydrométriques de la Nouvelle Calédonie, source DAVAR

Les débits caractéristiques de crues pour différentes périodes de retour peuvent se déduire facilement via des coefficients de proportionnalité relativement stables à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie (Ajustements réalisés par la DAVAR, cf. graphique suivant).



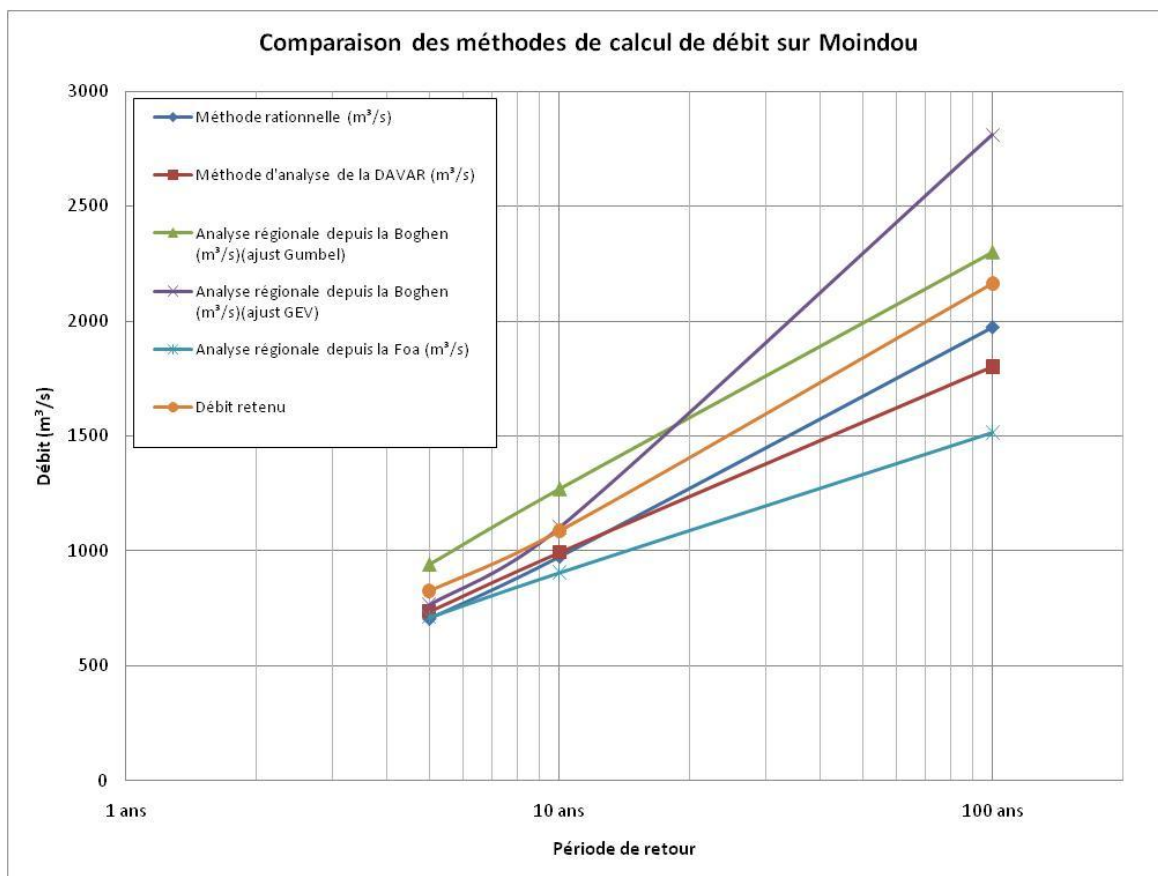
Rapport Q_{100}/Q_T défini à partir des ajustements Gumbel sur l'ensemble des 22 stations hydrométriques de la Nouvelle Calédonie, source DAVAR

3.2.2 Résultats

Bassin versant	Moindou		
Période de retour	5 ans	10 ans	100 ans
Surface (km ²) Totale	104,6		
Temps de Concentration (h)	4		
Intensité pluviométrique (mm/h)	37	44	71
Coefficient de ruissellement	0.7	0.8	1.0

Les résultats obtenus par les différentes méthodes utilisées sont présentés sur le tableau et le graphe ci-après :

Méthode de Calcul	Débit en m ³ /s			Débit spécifique en m ³ /km ² /s		
	5 ans	10 ans	100 ans	5 ans	10 ans	100 ans
Méthode rationnelle (m ³ /s)	704	974	1971	6.7	9.3	18.8
Méthode d'analyse de la DAVAR (m ³ /s)	738	995	1801	7.1	9.5	17.2
Analyse régionale depuis la Boghen (m ³ /s)(ajust Gumbel)	941	1270	2302	9.0	12.1	22.0
Analyse régionale depuis la Boghen (m ³ /s)(ajust GEV)	765	1102	2810	7.3	10.5	26.9
Analyse régionale depuis la Foa (m ³ /s)	713	907	1516	6.8	8.7	14.5



Comparaison des débits calculés pour le bassin versant de la Moindou

3.2.2.1 Synthèse et débits retenus

L'analyse des différentes méthodologies utilisées conduit aux constats suivants :

- La méthode rationnelle appliquée au bassin versant étudié donne des valeurs cohérentes avec les autres méthodes
- Les autres méthodes issues au final d'analyse régionale, soit à l'échelle de la côte ouest, soit à partir des valeurs de stations hydrométriques voisines, forment un fuseau cohérent. Il semble très probable que les débits théoriques des cours d'eau étudiés se situent dans ce fuseau.

Il est donc proposé d'utiliser les valeurs extrêmes de ce fuseau pour la détermination de la fourchette d'incertitude, la valeur médiane de ce fuseau formant la valeur théorique retenue par la suite.

Les lois de calcul des débits en tout point de ce bassin versant ont alors été déterminées :

$$Q_{100} = 66,1[46,3 - 85,9] S^{0.75}$$

$$Q_{10} = 33,3[27,7 - 38,8] S^{0.75}$$

$$Q_5 = 25,3[21,8 - 28,8] S^{0.75}$$

Avec : Q_T : débit pour l'occurrence T en m³/s

S : Surface du bassin versant au droit de l'exutoire considéré en km²

Les valeurs indiquées entre crochets correspondent aux fourchettes basses et hautes.

Les débits théoriques du bassin versant étudié sont les suivants :

$$Q_{100} = 2163 [20.9]$$

$$Q_{10} = 1089 [10.4]$$

$$Q_5 = 827 [7.9]$$

Avec : Q_T : débit pour l'occurrence T en m³/s

Les valeurs indiquées entre crochets correspondent aux débits spécifiques (en m³/s/km²).

3.3 Détermination des débits de crues historiques

L'objectif de cette partie est d'approcher l'occurrence de ces différents événements (et donc leur fourchette de débit) sur les cours d'eau où des témoignages sont disponibles. Ces événements seront simulés en phase 2 dans les modèles hydrauliques et participeront au calage de ces modèles.

Sur le secteur d'étude, de nombreuses laisses de crue ont été répertoriées, elles correspondent principalement aux cyclones :

- Béti (1996)
- Anne (1988)

La démarche proposée ci-après repose sur l'analyse de l'occurrence de crue de l'événement considéré aux 2 stations hydrométriques de référence (la Foa et Boghen). Cette méthode présente cependant l'inconvénient de ne pas prendre en compte les hétérogénéités pluviométriques éventuelles entre les bassins versants de référence et celui étudié pour l'événement considéré.

3.3.1 Cyclone Béti

Le cyclone Béti a touché la cote Est de la Grande Terre entre Hienghène et Touho le 27 mars 1996 à 11h. Il a traversé la chaîne et est ressorti en mer sur la cote ouest au niveau de la baie de Gouaro vers 17h le même jour. Béti a ensuite longé la cote ouest selon la direction est sud-est avant de bifurquer vers le sud à hauteur de l'île Ouen.

Les dégâts, principalement matériels et agricoles, occasionnés par ce cyclone sont dus à la force des vents (vents moyens à 170 km/h avec des rafales à 230 km/h le 27 mars) et aux importantes précipitations (maximum journalier enregistré à La Foa avec 296 mm le 27 mars).

Analyse hydrométrique

L'analyse des données enregistrées sur la station hydrométrique de la Boghen ajustées par la loi GEV permettent d'estimer le temps de retour de cette crue à 100 ans au niveau de cette station. Pour rappel, l'ajustement par une loi de Gumbel, entrainerait une occurrence de 200 ans pour cet événement.

Station	Débit observé (m ³ /s)	Occurrence
La Foa	1561	90 ans
Boghen	2841	100 - 200 ans

Synthèse

Cet événement sera donc considéré comme centennal sur ce cours d'eau et les valeurs suivantes de débits à l'exutoire du secteur d'étude seront donc retenues :

Q Béti, Moindou z 2100 m³/s [1500 – 2700]

3.3.2 Cyclone Anne

Le cyclone Anne a principalement touché le sud de la Nouvelle Calédonie. Il a longé la cote est de la Calédonie tout en restant à une cinquantaine de kilomètres des côtes et a ensuite bifurqué vers l'ouest à la hauteur de Thio et a ainsi traversé le sud de la Grande Terre.

Ce cyclone se caractérise également par la force de ses vents (en moyenne 130km/h avec un maximum à 166km/h) et l'importance des précipitations enregistrées. En effet, entre le 11 et 13 janvier 1988, des quantités significatives ont été observées dans le sud, avec 680 mm à Thio, 606 mm à Ouénarou et 582 mm à Yaté. Le nord a été beaucoup moins arrosé.

Analyse hydrométrique

Les débits observés aux stations de référence présentent les occurrences suivantes :

Station	Débit observé (m ³ /s)	Occurrence
La Foa	1050	15 ans
Boghen	1090	6 – 10 ans

Synthèse

Les occurrences obtenues par l'analyse hydrométriques donnent des résultats très proches. **Cet évènement sera donc considéré avec une occurrence de 10-15 ans sur ce cours d'eau et les valeurs suivantes de débits à l'exutoire du secteur d'étude seront donc retenues :**

Q Anne, Moindou z 1100 m³/s [900– 1300]

4 PROGRAMME DE LEVES TOPOGRAPHIQUES

Les profils en travers sont des levés topographiques réalisés perpendiculairement à l'écoulement de la rivière. Ils doivent décrire la géométrie du lit mineur et du lit majeur. Implantés à intervalles plus ou moins réguliers, cette série de profils à lever, représentatifs du cours d'eau, doit également permettre de préciser les singularités hydrauliques (ruptures de pente, variations de sections..).

Une fois toutes les données pouvant influencer sur le positionnement des profils prises en compte (urbanisations actuelle et future, profils existants), les profils ont été implantés lors de visites de terrain et observation de la cartographie 3D en fonction des singularités hydrauliques constatées sur place.

Les plans des levés topographiques sont fournis en annexe 2.

D'une manière générale, le fonds au 1/2000^{ème} étant disponible sur la quasi-totalité du secteur (hormis en limite amont et en limite aval), les profils du lit majeur seront donc extrapolés sur ce fond.

Le lit mineur et moyen fera, a contrario, l'objet de levés topographiques par le cabinet de géomètres Delvar. Ces profils à lever présentent une longueur moyenne d'environ 150 m et un espacement moyen de l'ordre de 300 m. Cet espacement est fonction des enjeux présents et de la configuration topographique et géomorphologique du cours d'eau.

Au global, 32 profils seront donc levés ce qui représente un linéaire d'environ 5.6 km.

Le secteur d'étude a été limité en amont sur la zone couverte au 1/2000^{ème}. En aval du secteur d'étude, l'absence du fond 1/2000^{ème} ne nécessite pas de compléments de levés, le lit majeur étant extrêmement large, sans enjeux et la cote d'inondation dépendra pour beaucoup de la condition limite aval.

Les ouvrages de franchissements de la RT1 (OH1a, 1b, 4 et 5) seront levés.

La passerelle sur le canal de décharge (OH2), le barrage anti-sel (OH7) et le radier du creek Mendjélé (OH6) n'auront aucune incidence en temps de crues. L'ouvrage anti-sel sera malgré tout levé ainsi qu'un profil en amont afin de vérifier l'engravement.

En ce qui concerne le déversoir (OH3), son intégration dans le modèle aurait un intérêt pour les petites crues contenues dans le lit mineur, mais pour les crues étudiées, ce seuil en béton présente un enrochement fusible permettant de caler la répartition entre les deux émissaires. Pour ce type de crues, les enrochements peuvent être emportés mais l'assise de la structure ne devrait pas être affectée. Les récolements au niveau de cet ouvrage, ainsi que les différents profils du lit mineur sur le bief naturel et artificiels ne justifient pas de levés complémentaires.

En ce qui concerne les laisses de crues, l'enquête réalisée par la DAVAR est relativement exhaustive. Aucune nouvelle laisse n'a pu être recensée dans le cadre des enquêtes terrain.

5 MODELISATION DES COURS D'EAU

5.1 Construction du modèle et hypothèses de calcul

Le modèle hydraulique a été réalisé sous le logiciel HEC-RAS 4.1.0, logiciel filaire unidimensionnel, en régime permanent. Il est important de préciser que des différences importantes de résultats ont pu être notées entre des simulations réalisées avec la version 4.1.0 et celles réalisées avec la version 4.0, notamment dans le fonctionnement des déversoirs. **La réutilisation du modèle (fichiers joints au présent rapport) doit impérativement être réalisée via les versions 4.1.0 ou ultérieures.**

La hauteur critique n'étant que très ponctuellement et rarement atteinte, les simulations ont été menées en régime fluvial.

5.1.1 Géométrie

Le modèle est basé sur les profils en travers et ouvrages levés lors de la campagne topographique détaillée précédemment, profils qui ont été en partie extrapolés à partir des fonds de plan 1/2000 existants sur le secteur.

Les profils en travers modélisés sont localisés sur la planche 5, qui présente également les laisses de crue disponibles. Un synoptique hydraulique est présenté en planche 6 pour expliquer le fonctionnement du modèle.

Les profils fictifs P17 et P16 ont été intégrés dans le modèle pour prendre la condition limite aval.

Le linéaire modélisé concerne :

- la Moindou du lieu-dit « la Medouya » jusqu'à son embouchure en baie de Moindou,
- Le creek Mendjélé jusqu'à sa confluence avec la Moindou,
- Le creek des Palmiers de la limite de la zone urbanisée jusqu'à sa confluence avec la Moindou

Ces deux creeks, ont fait l'objet de modèles hydrauliques distincts du modèle principal de la Moindou. Au droit de certaines confluences, dans des situations où les lits majeurs de l'affluent et du cours d'eau principal se recoupent sensiblement, l'affluent et son lit majeur sont totalement contrôlés par la ligne d'eau du cours d'eau principal. Il apparaît plus pertinent d'appliquer la cote d'inondation du cours d'eau principal comme condition limite aval de l'affluent plutôt que d'utiliser une jonction.

Les débits calculés précédemment ont été injectés dans le modèle hydraulique soit directement au nœud qui représente physiquement l'exutoire du sous bassin quand cela est possible, soit au profil correspondant au centre de gravité du sous bassin versant. Le tableau fourni en annexe 5 détaille la surface drainée au droit des profils et le débit associé pour les crues de période de retour 5, 10 et 100 ans.

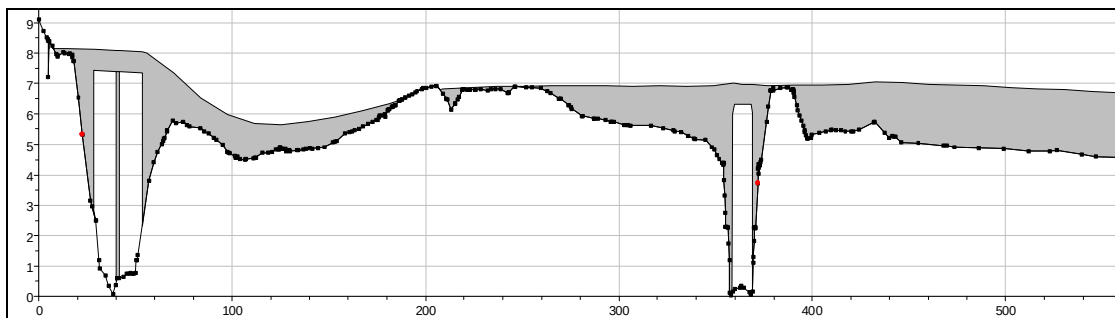
5.1.2 Fonctionnements hydrauliques particuliers

Sur ce secteur d'étude un fonctionnement hydraulique particulier est à noter, qui s'explique en grande partie par la présence de la RT1 rehaussée d'environ 1.5 à 2 m par rapport au terrain naturel environnant, avec de plus un tracé singulier.

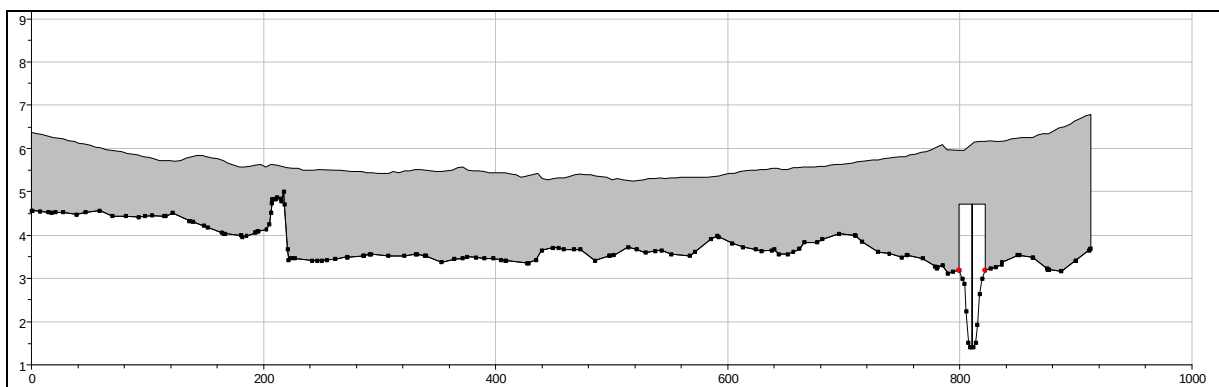
La RT1 au droit des franchissements du bras naturel et du canal de décharge provoque une hausse de la ligne d'eau qui favorise les débordements en rive droite vers les Marais de Bétchel où s'écoule

le creek des Bancouliers. Ces déversements alimentent ce creek, également concerné par l'effet « barrage » de la RT1 remblayée sur ce secteur. Les graphes de la page suivante illustrent le remblai de la RT1 au droit de ces cours d'eau. A l'exception de la butte entre les profils P28 et P27, qui marque une nette séparation entre ces deux lits majeurs, aucun autre élément naturel ou anthropique ne contrôle ces déversements. Ces déversements s'effectuent en effet via la déclivité progressive des terrains entre le canal de décharge et le creek des Bancouliers au droit des profils P26 à P25.

Ces cours d'eau ont donc été modélisés séparément et un déversoir latéral a été intégré au modèle de la Moindou entre les profils P29 et P25 afin de représenter ces transferts de débits en rive droite entre la Moindou et le creek des Bancouliers. Des premières simulations sans la présence de ce déversoir ont en effet montré que le modèle ainsi construit ne permettait pas une bonne représentation des écoulements, notamment le fait que les cotes d'inondation ne sont pas homogènes sur un même profil.



Profil en travers de la RT1 et des ouvrages de franchissement de la Moindou (vue amont)



Profil en travers de la RT1 et de l'ouvrage de franchissement du creek des Bancouliers (vue amont)

En aval de la RT1, la problématique est similaire avec un comportement différent de la Moindou et du creek des Bancouliers, lié à la géométrie de la RT1. Un déversoir latéral est donc intégré entre les profils P24 et P21. Comme expliqué ultérieurement ce déversoir aura peu d'effet, mais il était indispensable de scinder le fonctionnement de la Moindou et du creek des bancouliers.

A partir du profil P21, ces deux cours d'eau ont été assemblés en une même section d'écoulement, le fonctionnement hydraulique étant plus proche d'un fonctionnement unidimensionnel.

En ce qui concerne le canal de décharge, celui-ci a été intégré dans le profil représentatif de la Moindou. Cette configuration implique des niveaux d'eau similaires dans le bras naturel et dans celui de décharge et que le déversoir existant, assurant la répartition des débits entre ces deux bras, n'est pas pris en compte. Pour les crues modélisées, cette hypothèse paraît vraisemblable dans la mesure où ce déversoir « fusible » sera effacé et les niveaux d'eau atteints sont suffisamment importants

pour être relativement similaires entre ces deux bras. Pour des crues fréquentes, ce choix de modélisation n'est cependant pas adapté.

Une analyse sommaire a permis d'établir que lors d'une crue annuelle environ un tiers du débit total déversera vers le canal de décharge. En effet, pour un débit annuel de 276 m³/s au droit du profil P26, la ligne d'eau simulée au droit du déversoir (situé 50m en aval de P26) sera d'environ 4.39 m NGNC, soit 1.93m au dessus des enrochements, ceux-ci étant calés à la cote moyenne de 2.46 m NGNC. Par application de la formule de déversoir, le débit déversé sera alors d'environ 90 m³/s, soit un tiers du débit total, sous réserve que le haut du seuil qui est de type fusible soit maintenu.

5.1.3 Coefficients de Strickler

Les coefficients de Strickler retenus sont les suivants :

- En lit mineur :
 - o 15 à 20 pour le lit du creek Mendjele et des Bancouliers,
 - o 25 pour le lit naturel de la Moindou en amont du P23 et pour le creek des Palmiers relativement « chenalisé »,
 - o 30 pour le lit de la Moindou en aval du P23 où le lit est plus régulier et plus propre,
 - o 50 pour le canal de décharge bétonné.
- En lit majeur :
 - o 12 pour les zones de savanes à herbes hautes, marais et 15 pour les pâturages ou cultures basses.

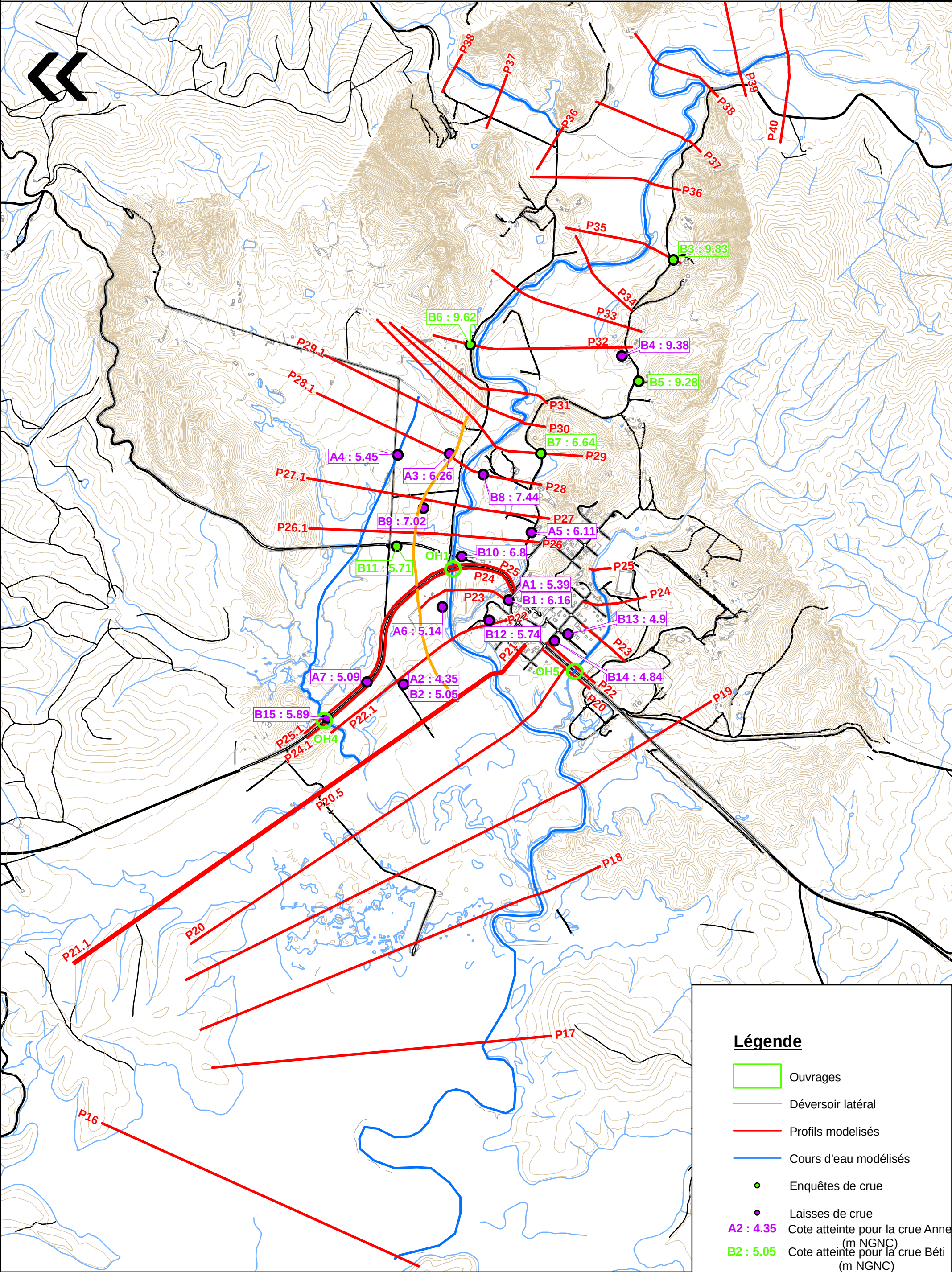
5.1.4 Conditions Limites

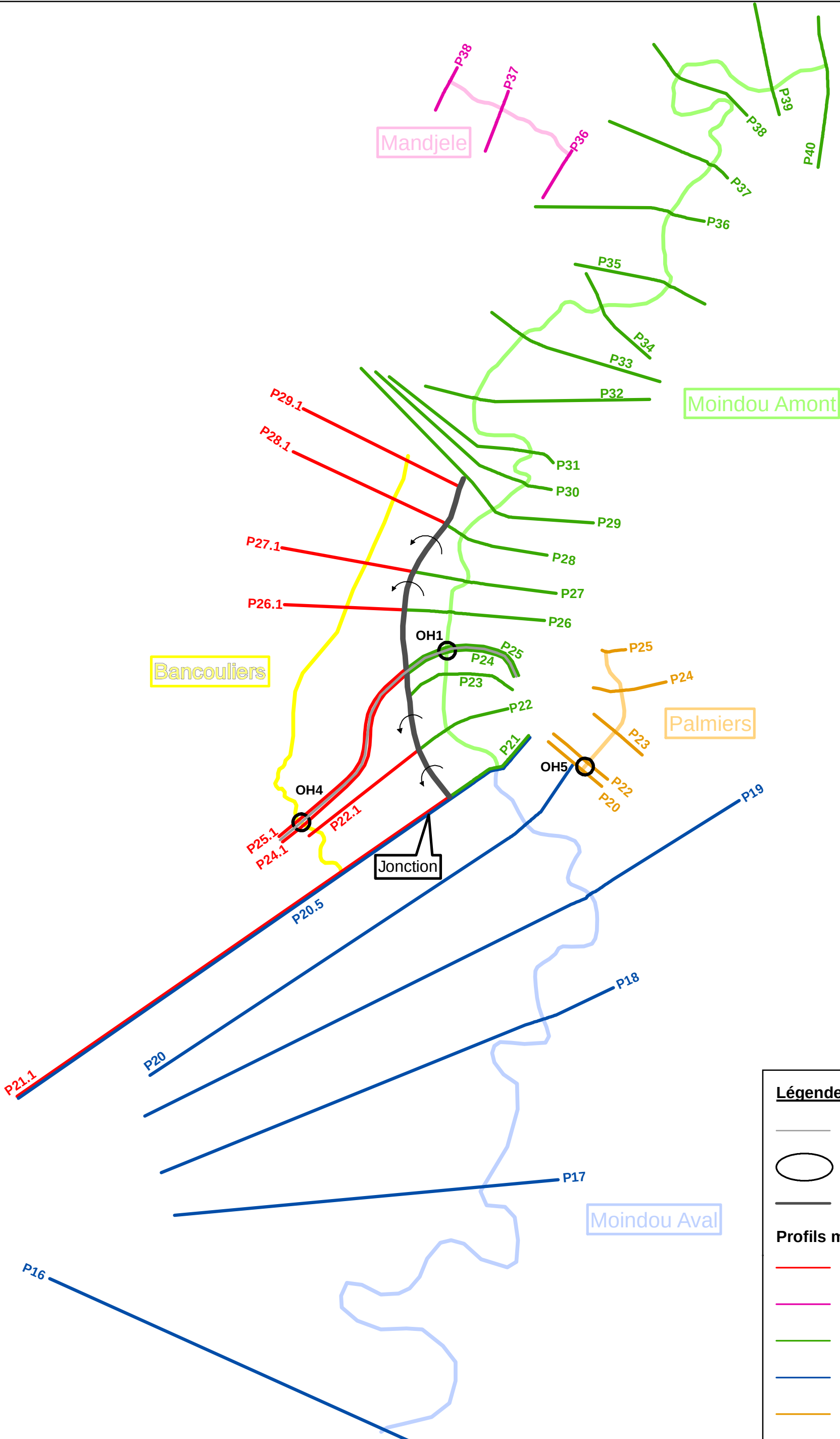
Conformément au cahier des charges, le niveau aval de la Moindou à l'embouchure est fixé aux cotes suivantes :

Période de retour de la crue	Condition limite aval (m NGNC)
5 et 10 ans	1.10
100 ans	1.40

Les deux creeks, affluents de la Moindou, ayant fait l'objet de modèles hydrauliques distincts, leur condition limite aval a été fixée à la cote d'inondation de la Moindou au droit de leur confluence pour l'occurrence considérée :

- Creek Mendjele : moyenne entre les cotes d'inondation de P37 et P36
- Creek des Palmiers : cote d'inondation au profil P20





Légende

- RT1
- Ouvrages
- Déversoir latéral
- Profils modelisés
- Creek Bancouliers
- Creek Mandjele
- Moindou Amont
- Moindou Aval
- Creek Palmiers

5.2 Calage du modèle

Le calage du modèle a été effectué sur les deux crues historiques où de nombreux témoignages et laisses sont disponibles, à savoir les crues Anne et Béti.

Pour rappel, les débits de ces événements ont été caractérisés de la manière suivante :

- **Crue Anne (1988) : 1100 m³/s [900– 1300], événement d'occurrence 10 à 15 ans,**
- **Crue Béti (1996) : 2100 m³/s [1500 – 2700], événement environ centennal**

Les conditions aval sont celles appliquées pour les débits de référence, selon l'occurrence de l'évènement. Sur la base de ces hypothèses des simulations itératives, en faisant évoluer les coefficients de Strickler, ont été réalisées pour permettre un ajustement aux laisses de crues existantes.

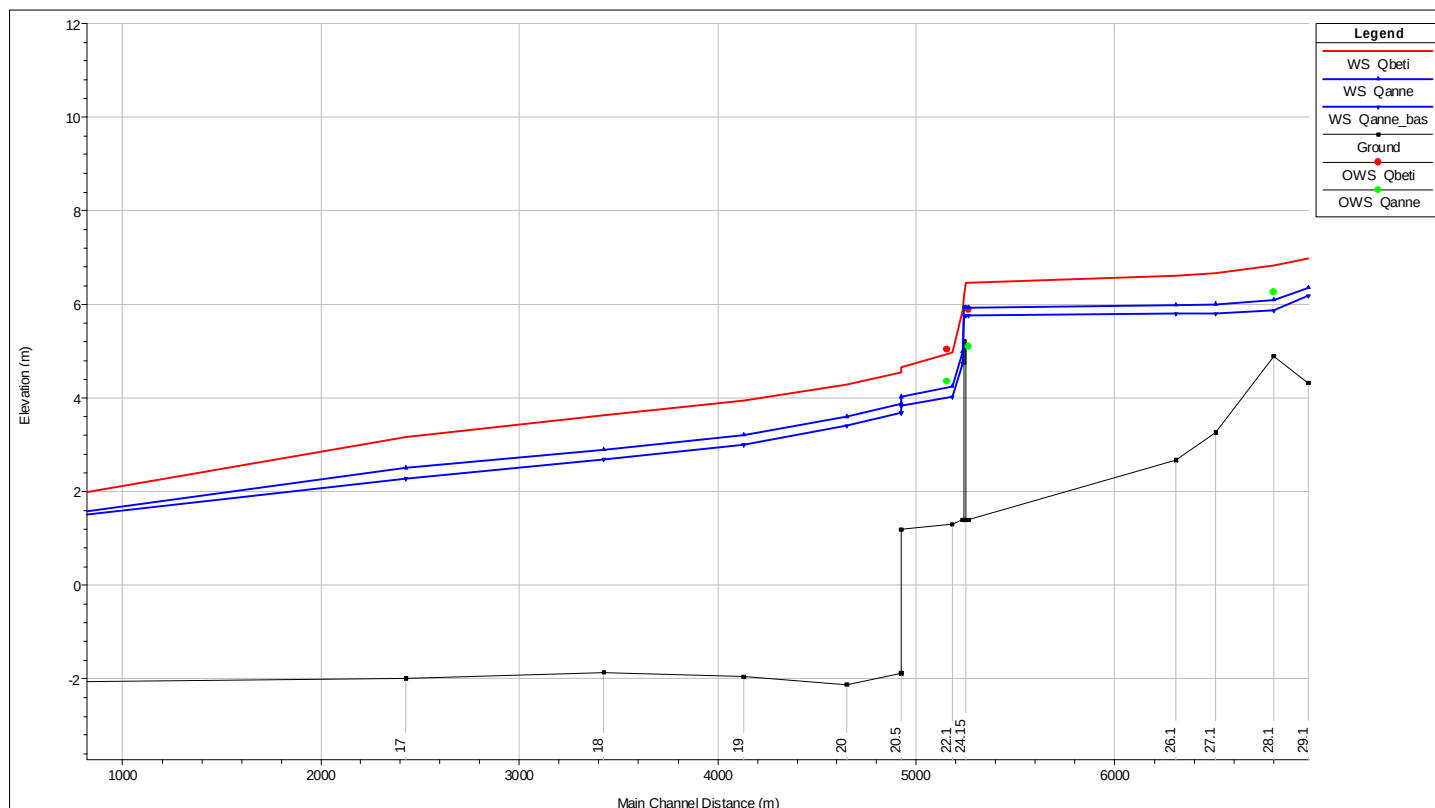
Les laisses de crue B11, B7 et A4 ont été exclues de l'analyse dans la mesure où les cotes annoncées sont incohérentes par rapport aux autres laisses environnantes.

Les profils des lignes d'eau ci-après présentent les résultats de ce calage.

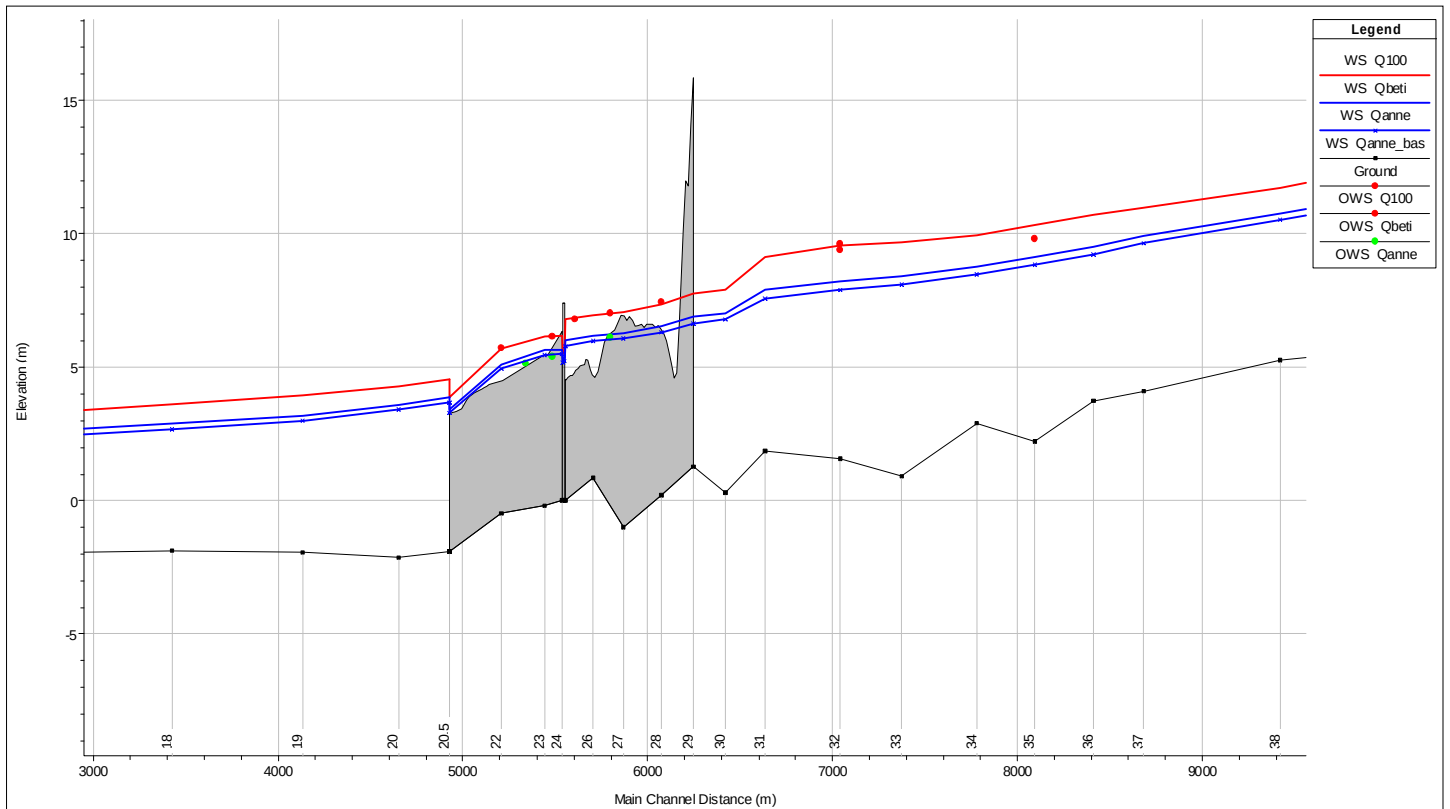
La ligne d'eau en rouge correspond à Béti, tandis que celles en bleu à Anne, fourchette basse et valeur médiane. Ces deux ajustements ont été présentés pour Anne, dans la mesure où la fourchette basse semble plus ajustée aux laisses de crues.

Les laisses de crues sont reportées sur les lignes d'eau (en rouge pour Béti, en vert pour Anne).

NB : Les configurations sont comparables dans la mesure où l'aménagement de la RT1 et du canal de décharge date du début des années 1980, alors que les crues de calage sont postérieures.



Ligne d'eau modélisée pour les crues Anne et Béti (bief Bancouliers)



Ligne d'eau modélisée pour les crues Anne et Bété (Moindou)

Le tableau ci-après présente la comparaison entre les lignes d'eau et les cotes observées :

Nom de la laisse de crue Béti	Cote observée (m NGNC)	Cote calculée (m NGNC)	Différence Cote calculée – observée (m)
Béti			
B3	9.83	10.34	0.51
B4	9.38	9.56	0.18
B6	9.62	9.56	-0.06
B8	7.44	7.36	-0.08
B9	7.02	7.02	0
B10	6.80	6.85	0.05
B15	5.89	6.46	0.57
B2	5.05	4.93 (Bancouliers)	-0.12
B1	6.16	6.16	0
B12	5.74	5.70	-0.04
B14 et B13	4.84 et 4.90	5.34	0.50 et 0.44
Anne			
A3	6.26	6.31 (Moindou) 5.87 (Bancouliers)	0.05 -0.39
A5	6.11	6.04	-0.07
A1	5.39	5.47	0.08
A6	5.14	5.24	0.1
A7	5.09	5.76	0.67
A2	4.35	4.01 (Bancouliers)	-0.34

A noter que les cotes calculées pour la crue Anne sont celles de la fourchette basse. Plusieurs commentaires peuvent être évoqués pour justifier les écarts les plus conséquents :

- La cote de l'enquête B3 (9.83) semble être faible dans la mesure où B6 situé plusieurs centaines de mètres en aval est à la cote 9.62. La cote calculée paraît donc réaliste.
- Les laisses B15 et A7 sur la RT1 paraissent étonnamment faibles. Pour la crue Anne cela signifierait qu'il n'y aurait eu aucun débordement sur la route (à la cote 5.25-5.30).
- Les laisses A2 et B2 situées entre la Moindou et le creek des Bancouliers retraduisent vraisemblablement les déversements entre la Moindou et le creek ce qui pourrait expliquer ces cotes.
- Les laisses B14 et B13 sur le creek des Palmiers en amont de la RT1 présentent des cotes inférieures à celles calculées ce qui s'explique par le fait que le modèle simule une situation maximaliste avec concomitance de la Moindou et du creek. Pour cet événement, les débits du creek étaient vraisemblablement faibles lors de la pointe de crue de la Moindou, les cotes des laisses traduisant un léger déversement sur la RT1 (cote de la route d'environ 4.80).

Au final, le modèle semble présenter un calage satisfaisant, vu la complexité des écoulements de part et d'autre de la RT1.

Si la crue Béti correspond bien à un évènement centennal, la crue Anne présenterait plutôt une occurrence de l'ordre de 5 à 10 ans (selon les débits théoriques retenus), qui est la fourchette d'occurrence d'Anne sur la Boghen (cf. « Etude hydraulique concernant les zones inondables en Province Sud – Commune de Bourail », GINGER SOPRONER, 2010).

5.3 Modélisation des crues de référence

Les cotes calculées des crues de référence sont fournies en annexe 6. Les profils en long des pages suivantes présentent les lignes d'eau modélisées.

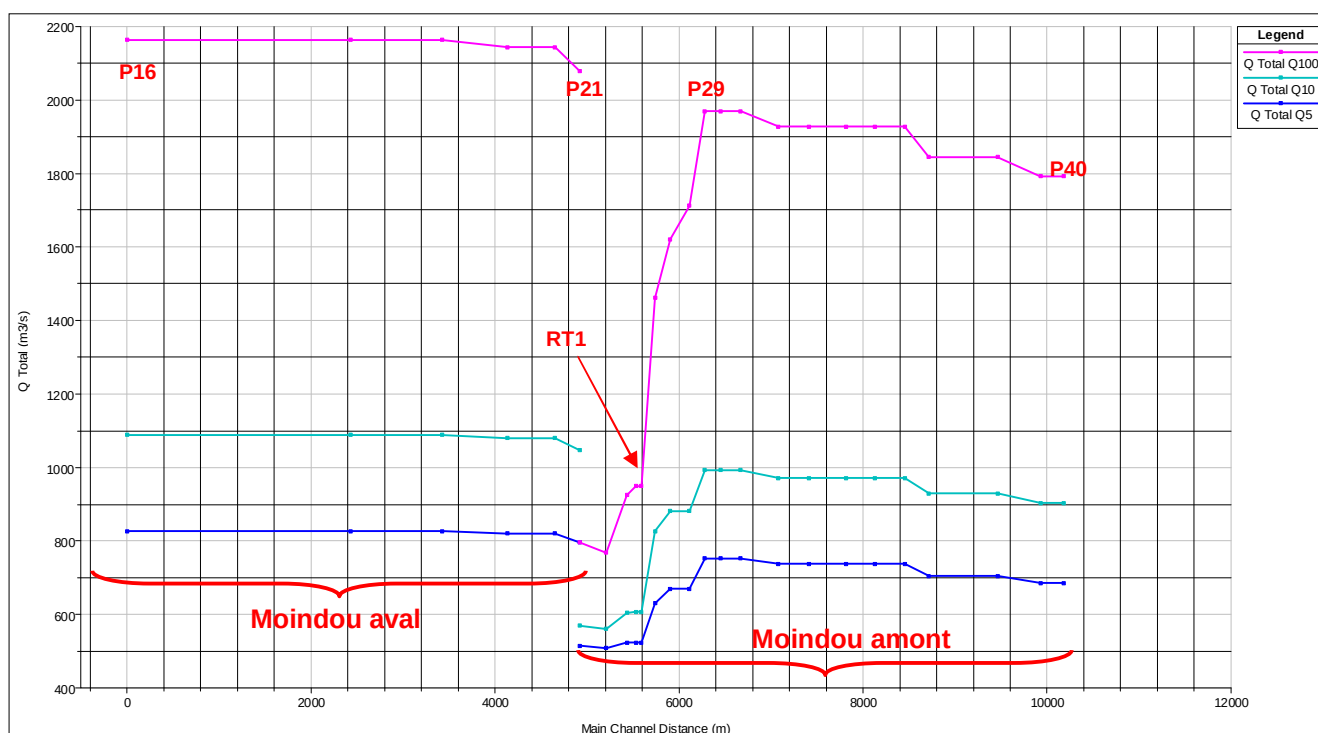
L'artefact qui a consisté en la modélisation du creek des bancouliers pour représenter les débordements en rive droite de la Moindou génère cependant une discontinuité de la ligne d'eau au droit de la jonction. En ce point (profil P21) les cotes issues du bief aval seront retenues.

5.4 Analyse du fonctionnement hydraulique

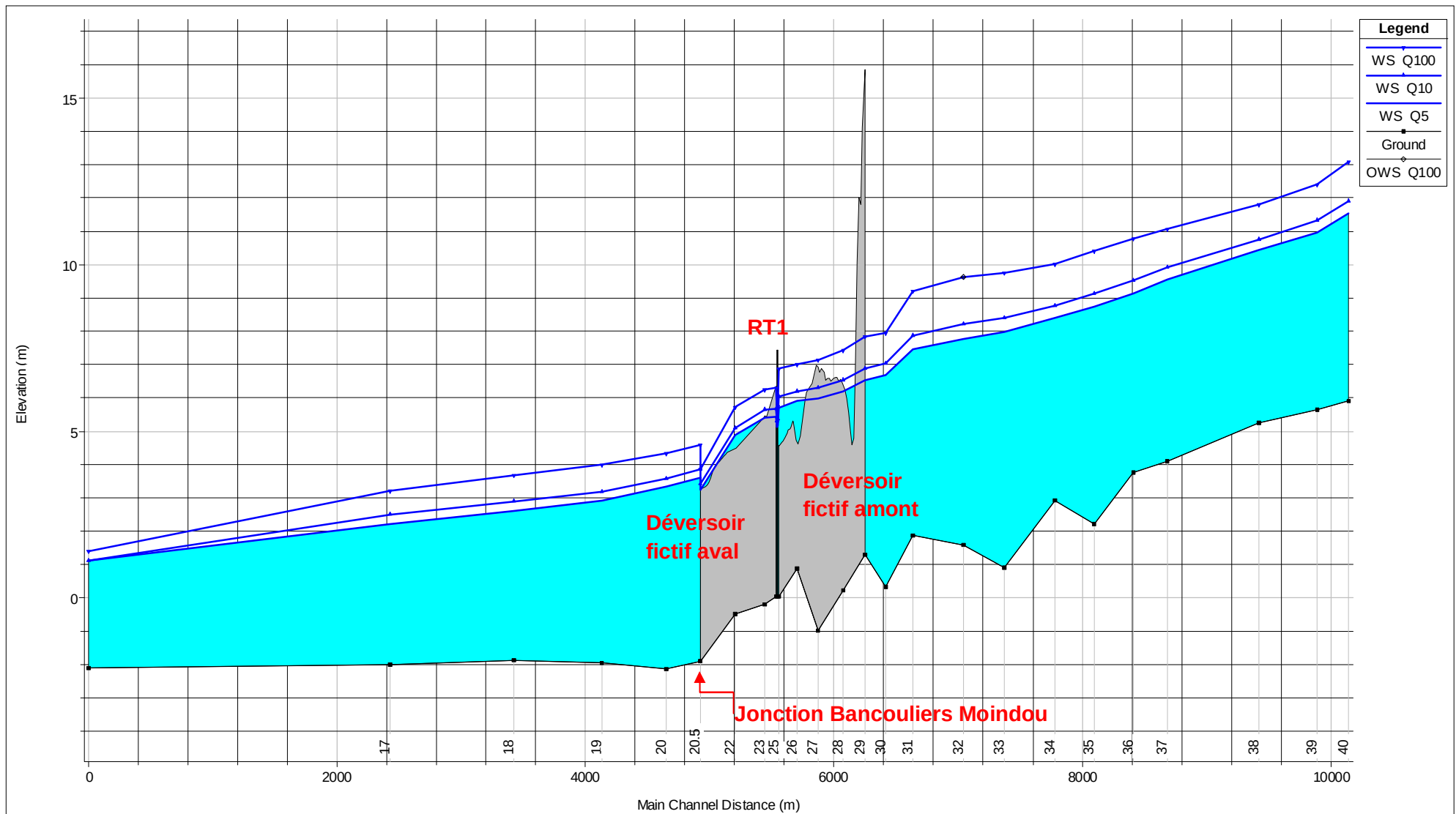
En amont du bourg de Moindou, le comportement du cours d'eau en crue n'appelle pas de remarque particulière à l'exception du goulet existant (profil P31 à P30) qui crée une contraction brusque des écoulements en lit majeur. Ce « goulet », qui fait office de section de contrôle des écoulements amont, provoque une surélévation de la ligne d'eau amont principalement marquée pour les plus fortes crues. Son influence se fait ressentir sur plus de 1 km en amont.

Le comportement le plus complexe réside bien évidemment aux alentours de la RT1, avec les échanges qui se produisent entre la Moindou et le creek des Bancouliers.

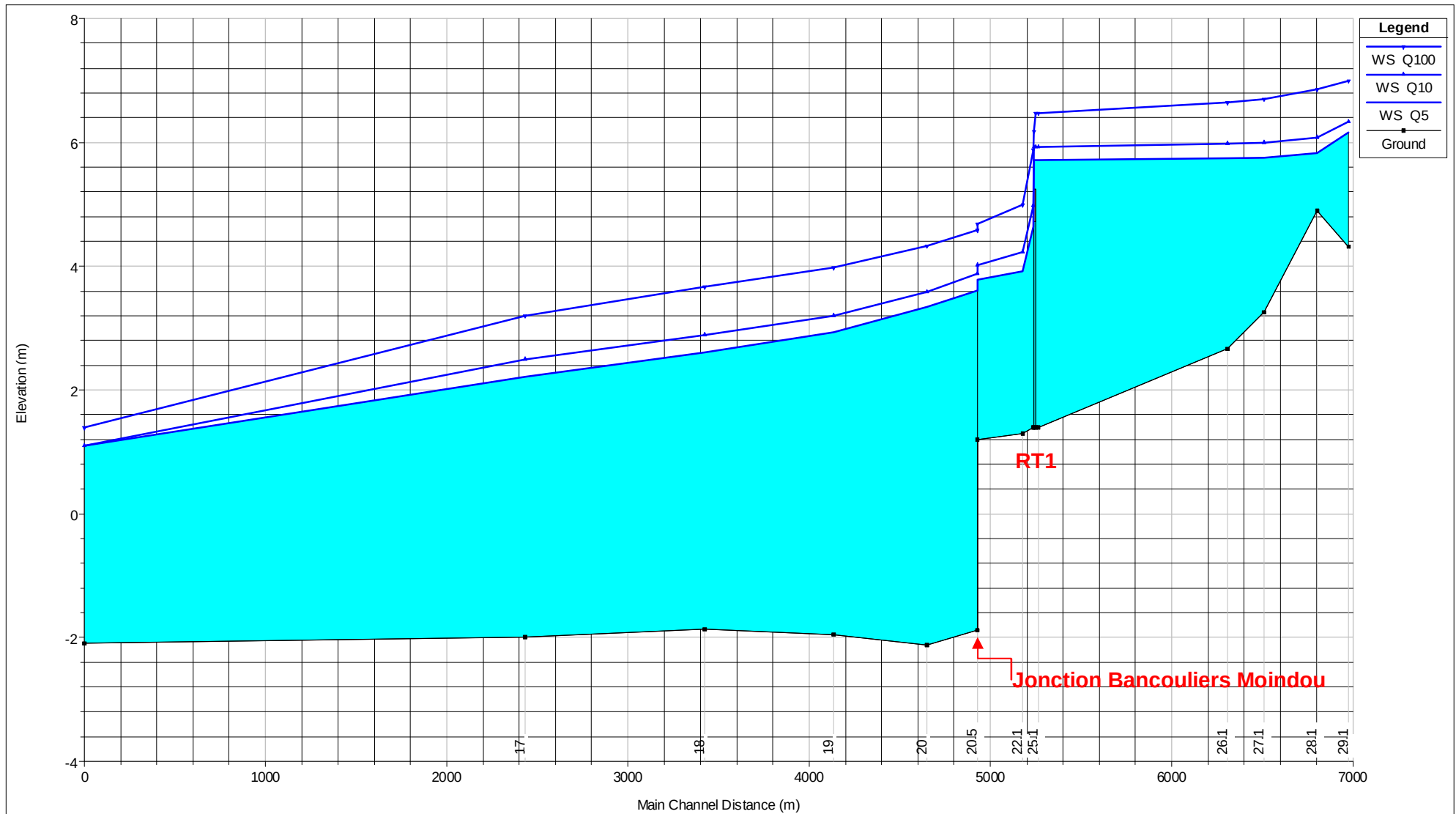
Le graphe ci-après illustre l'évolution des débits des crues de référence au droit des profils modélisés sur la Moindou.



Débits des crues 5, 10 et 100 ans au droit des profils modélisés – La Moindou



Lignes d'eau modélisées pour les crues 5, 10 et 100 ans – La Moindou



Lignes d'eau modélisées pour les crues 5, 10 et 100 ans – Creek des Bancouliers et Moindou aval

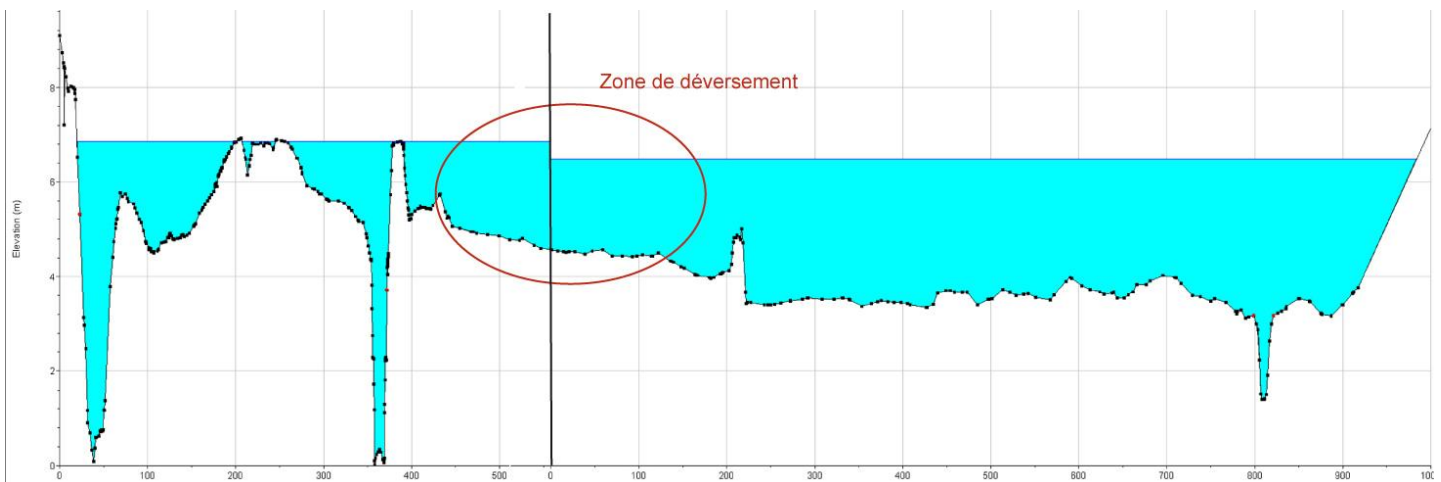
Les débits déversés en amont de la RT1 entre la Moindou et le creek des Bancouliers sont donc d'environ 1000 m³/s pour la crue centennale (pour un débit total d'environ 2000 m³/s), 400 m³/s pour la crue décennale (1000 m³/s) et 250 m³/s pour la quinquennale (750 m³/s). Au vu de l'importance des débits surversés vers le creek Bancoulier, il est indispensable de conserver cette zone de décharge des écoulements, car elle participe sensiblement à réduire les niveaux d'eau en amont et donc à limiter l'impact des crues sur les enjeux présents. Les remblais sur cette zone de surverse sont donc à éviter.

En aval de la RT1, les débits déversés vers le creek des Bancouliers sont plus limités, quasi nuls pour les crues 5 et 10 ans et d'environ 150 m³/s pour la centennale.

Les cotes des crues de référence au pied de la RT1, en amont et en aval illustre les différences de niveau d'eau entre la Moindou et le creek.

Crue	Amont RT1 (Moindou) P25	Amont RT1 (Bancouliers) P25.1	Aval RT1 (Moindou) P24	Aval RT1 (Bancouliers) P24.1	Aval RT1 (Moindou) P22	Aval RT1 (Bancouliers) P22.1
Q5	5.71	5.71	5.43	4.64	4.88	3.92
Q10	6.03	5.93	5.67	4.98	5.10	4.23
Q100	6.87	6.48	6.29	5.88	5.73	5.00

Le profil en travers ci-dessous illustre la différence de cote au droit des profils P25 et P25.1, liée à la présence d'une zone de déversement de la Moindou vers le creek des Bancouliers.



Profils en travers P25 et P25.1 en amont de la RT1 pour la crue centennale

Ces différences de cotes restent peu marquées en amont de la RT1 dans la mesure où le remblai routier contrôle les lignes d'eau amont. Sur le secteur « Bancouliers », la surverse s'effectue sur la RT1 à partir de la cote 5.25 m NGNC tandis que sur la Moindou cette surverse sur la route apparaît à partir de la cote 5.65 m NGNC. La route est donc inondée dès la crue quinquennale.

Il est important de noter que le remblai de la RT1 favorise la surinondation des terrains amont jusqu'au profil P30. Les enjeux d'habitat restent malgré tout limités sur ce secteur d'influence de la route.

En aval de la route, le tracé de cette infrastructure et le fait que le lit de la Moindou et du canal de décharge sont « perchés » par rapport au lit majeur au niveau du creek des Bancouliers expliquent ces différences de cotes de crues de ces cours d'eau.

Il est certain que la modélisation monodimensionnelle avec ces déversoirs latéraux n'apporte qu'une représentation partielle des écoulements clairement bidimensionnels sur ce secteur. Malgré tout, la cohérence des résultats obtenus par rapport aux laisses et témoignages de crues tend à relativiser cette limite du modèle notamment vis à vis des incertitudes générales.

En ce qui concerne le creek des Palmiers, la capacité de l'ouvrage de franchissement (OH5) de l'ordre de 20 à 25 m³/s reste en deçà du débit quinquennal (33 m³/s). La concomitance de la crue de creek et de la Moindou et l'extrapolation des débits par la méthode générale appliquée à ce bassin versant sont deux hypothèses maximalistes qui ont été retenues pour ce creek.

5.5 Analyse de sensibilité

Les lignes d'eau modélisées sont présentées en annexe 7.

L'analyse de sensibilité a porté sur les débits où des incertitudes importantes sont présentes, sur les coefficients de Strickler et sur les coefficients des déversoirs latéraux. La condition limite aval étant très éloignée du secteur d'étude, sa variation n'aura aucune incidence sur les lignes d'eau amont.

5.5.1 Sensibilité aux variations du débit

Un test de sensibilité sur la fourchette d'incertitude du débit centennal de la Moindou a été effectué.

Il ressort de cette comparaison une variation des lignes d'eau par rapport à la ligne d'eau de référence de la crue 100 ans de l'ordre de ± 40 à 80 cm avec des différences plus marquées sur l'amont que sur l'aval, le champ d'expansion des crues étant plus large en aval.

Cette sensibilité du modèle aux variations de débit reste donc non-négligeable, mais la crue historique Béti, caractérisée comme centennale sur ce cours d'eau, a permis le calage des cotes d'inondation en de nombreux points du modèle. Même si des incertitudes sont bien présentes sur l'estimation du débit centennal, le modèle est quoiqu'il en soit représentatif de l'évènement de référence Béti et l'enregistrement de données aux stations de Boghen et de La Foa permettront peut-être à l'avenir d'infirmer ou de confirmer l'occurrence centennale de cet évènement.

5.5.2 Sensibilité aux coefficients de rugosité

Une variation de $\pm 20\%$ des coefficients de Strickler traduisant la rugosité des cours d'eau, et donc des pertes de charge linéaires par frottement, a été testée pour le débit centennal sur la Moindou.

Cette sensibilité se traduit par une variation des lignes d'eau centennales de ± 30 à 40 cm en amont, ± 20 à 30 cm en aval et quasi nulle au droit de la RT1, les lignes d'eau étant contrôlées par les ouvrages (route et déversoirs latéraux).

5.5.3 Sensibilité aux coefficients de débit des déversoirs latéraux

L'intégration dans le modèle de déversement latéral qui se produit en amont et en aval de la route dépend du coefficient de débit du déversoir fictif. A la différence d'un ouvrage artificiel où ce coefficient peut être appréhendé d'après la bibliographie, le choix de ce coefficient est donc très

subjectif. Une analyse de l'incidence de ce coefficient sur les échanges de débit et donc les lignes d'eau est donc légitime.

Les simulations ont été générées pour deux coefficients ($C=1.1$ et $C=0.7$), le premier étant la valeur par défaut d'un déversoir latéral à crête épaisse, le second semble être, d'après la bibliographie, une des valeurs les plus pessimistes qui puissent être atteintes, valeur qui a été retenue pour les simulations de référence dans la mesure où le déversement est anarchique et freinée par la végétation en place (contrairement à un ouvrage artificiel) et d'autre part les déversoirs fictifs sont parfois noyés, ce qui est censé réduire leur coefficient de débit.

Au final, pour la crue centennale, il ressort de cette comparaison une variation de 20 cm de la ligne d'eau uniquement au droit de ces déversoirs latéraux.

Sur les débits déversés, l'influence de ce coefficient, sur la crue centennale, est la suivante :

	Déversoir amont		Déversoir aval	
	Débit amont	Débit déversé	Débit amont	Débit déversé
C = 0.7	1969	1015	948	156
C = 1.1	1969	1100	833	96

Influence des coefficients de débit des déversoirs latéraux sur la répartition des débits (m³/s), pour la crue centennale

Ce coefficient est donc susceptible de modifier d'environ 10 % les débits transitant dans les différents biefs modélisés.

L'influence de ce coefficient est donc relativement minime.

6 CARTOGRAPHIE DE LA ZONE INONDABLE ET DES ALEAS

6.1 Carte des iso-cotes, iso-hauteurs, iso-vitesses

Lors de la modélisation de la crue centennale, les vitesses et cotes ont été calculées par le logiciel HEC-RAS au droit des différents profils.

Les iso-hauteurs (qui représentent les classes de hauteur d'eau par incrément de 0,5 m) et iso-vitesses (classes de vitesse $> 1\text{ m/s}$ ou $< 1\text{ m/s}$) ont été déterminées à partir des données issues de la modélisation et des relevés topographiques existants.

Les iso-cotes sont également reportées sur cette cartographie et représentent l'emplacement où la cote d'inondation indiquée (crue centennale) est à appliquer. Ces iso-cotes sont issues d'une interpolation des cotes calculées au droit des profils. Au droit des singularités hydrauliques, où des variations rapides de niveau d'eau peuvent apparaître, les cotes calculées ont été indiquées.

A noter que l'emprise de la zone de vitesse supérieure à 1 m/s peut paraître très importante sur l'amont et notamment sur le Creek Mandjele, cependant les valeurs calculées étant supérieures ou très proches de 1 m/s , il est plus sécuritaire d'englober ces secteurs dans la classe de vitesse forte.

6.2 Carte des aléas

Un aléa est la probabilité d'occurrence en un point donné d'un phénomène naturel de nature et d'intensité définies. Les inondations, glissements de terrains, tornades sont des exemples de phénomènes naturels.

Sur une zone soumise à un aléa, l'ensemble des activités, des biens, des personnes représente l'enjeu. Celui-ci est entre autres caractérisé par sa vulnérabilité à l'aléa, c'est-à-dire l'ampleur des dommages que l'enjeu est susceptible de subir.

Un risque est la confrontation d'un aléa avec des enjeux.

La carte des aléas résulte ici du croisement entre la hauteur d'eau et la vitesse selon les critères suivants:

Vitesse Hauteur d'eau	Faible à modérée $\leq 1\text{ m/s}$	Forte à très forte $> 1\text{ m/s}$
$H \leq 1\text{ m}$	Moyen	Fort
$1 < H \leq 1,5\text{ m}$	Fort	Très fort
$H > 1,5\text{ m}$	Très fort	

Une zone d'aléa faible est également représentée sur cette cartographie correspondant au secteur compris entre la limite de la zone inondable issue de l'approche hydraulique et celle issue de l'analyse hydrogéomorphologique antérieure (SIEE, 2004).

La zone de protection des thalwegs et cours d'eau est également portée sur la carte des aléas. Cette zone est définie par une bande de 6 m de part et d'autre des berges des thalwegs et cours d'eau.

7 ANNEXES

Annexe 1 : Reportage photographique

Annexe 2 : Plans des levés topographiques

Annexe 3 : Formules de calcul des temps de concentration

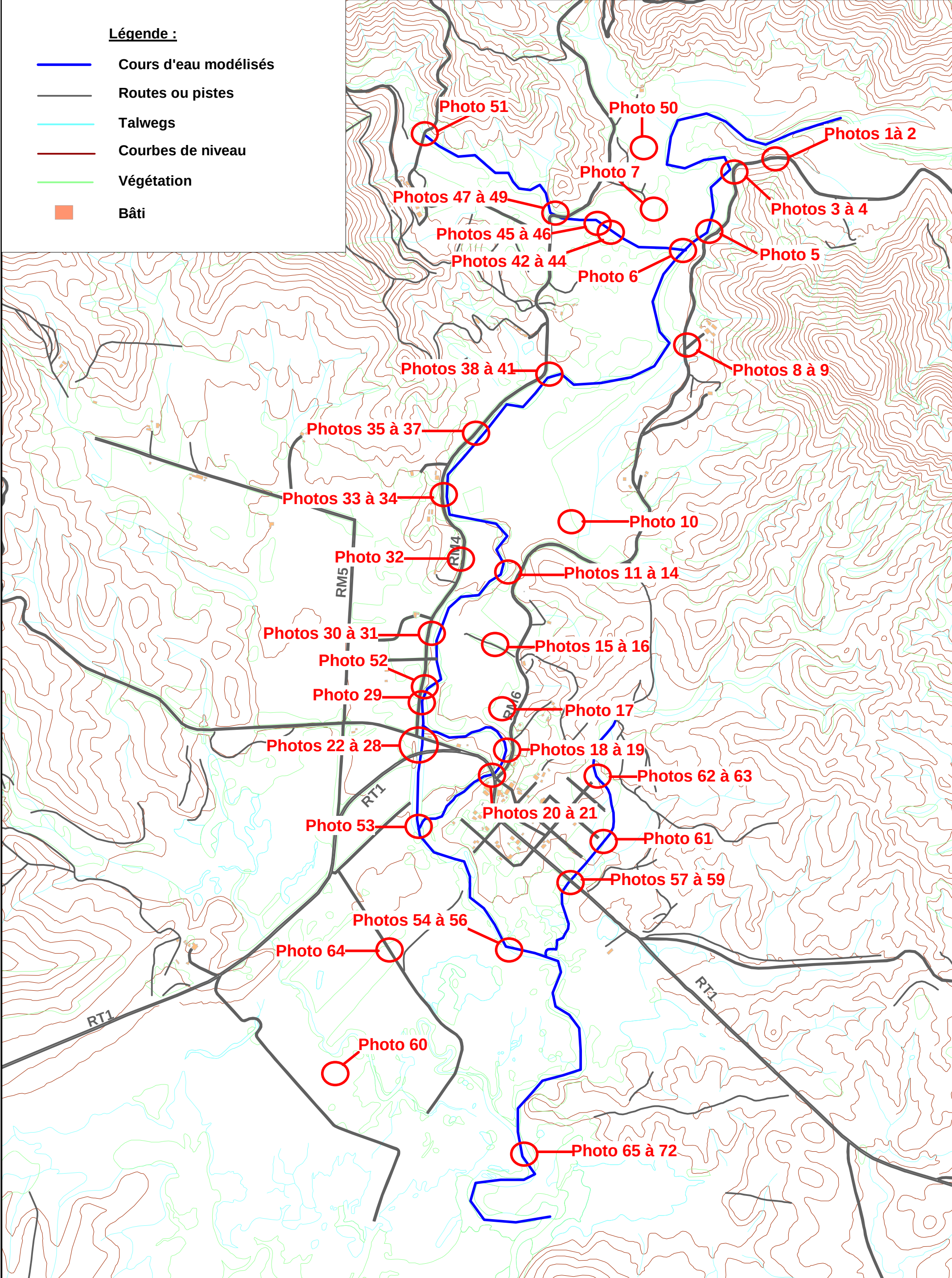
Annexe 4 : Caractéristiques des stations hydrométriques (source DAVAR)

Annexe 5 : Débits injectés dans le modèle

Annexe 6 : Cotes d'inondations au droit des différents profils modélisés

Annexe 7 : Lignes d'eau de l'analyse d'incertitude

Annexe 1 : Reportage photographique



Annexe 1 : Planche photographique de la zone d'étude – Secteur Moindou



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15

Annexe 1 : Planche photographique de la zone d'étude – Secteur Moindou



16



17



18



19



20



21



22



23



24



25



26



27



28



29



30

Annexe 1 : Planche photographique de la zone d'étude – Secteur Moindou



31



32



33



34



35



36



37



38



39



40



41



42



43



44



45

Annexe 1 : Planche photographique de la zone d'étude – Secteur Moindou



46



47



48



49



50



51



52



53



54



55



56



57



58



59



60

Annexe 1 : Planche photographique de la zone d'étude – Secteur Moindou



61



62



63



64



65



66



67



68



69



70



71

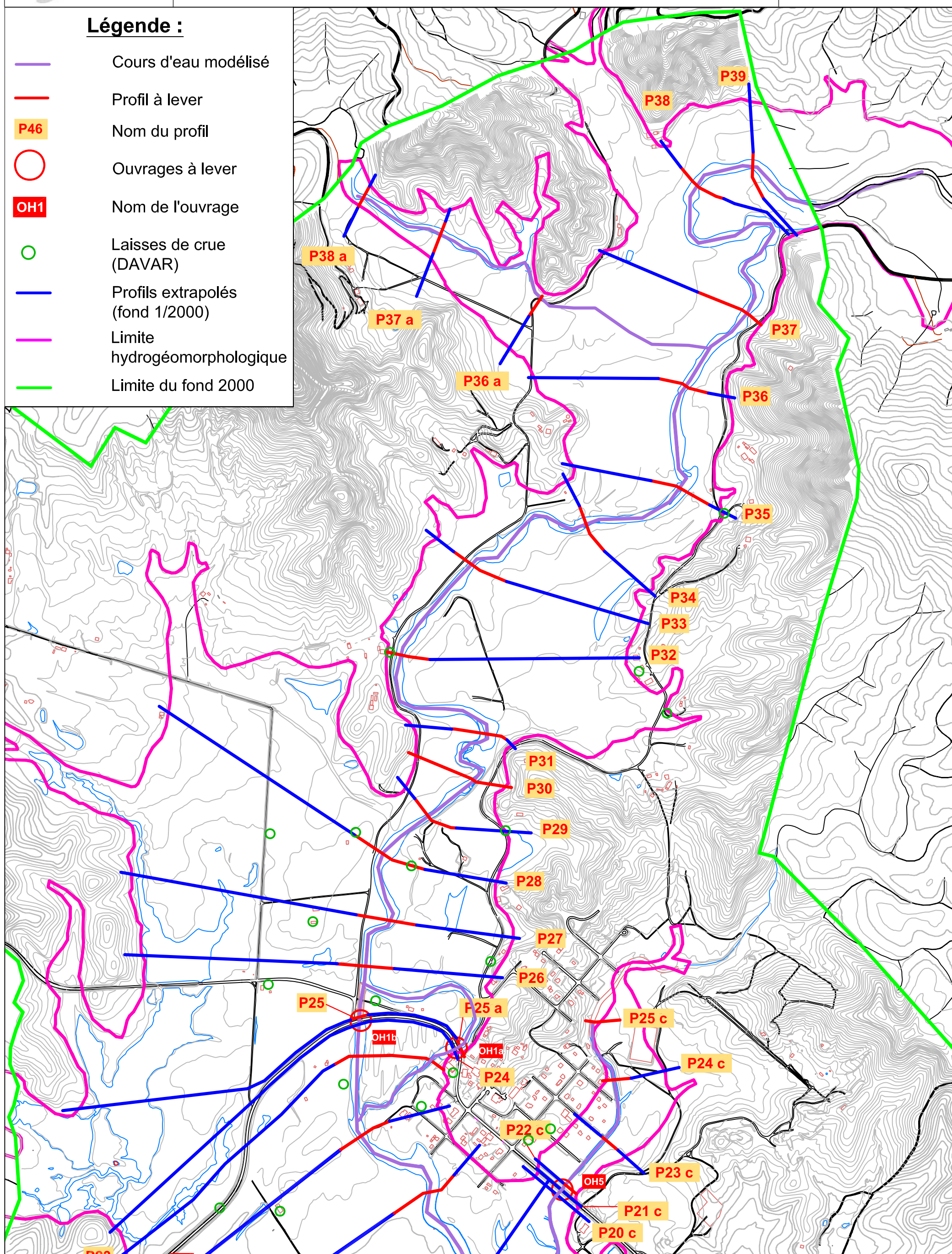


72

Annexe 2 : Plans des levés topographiques

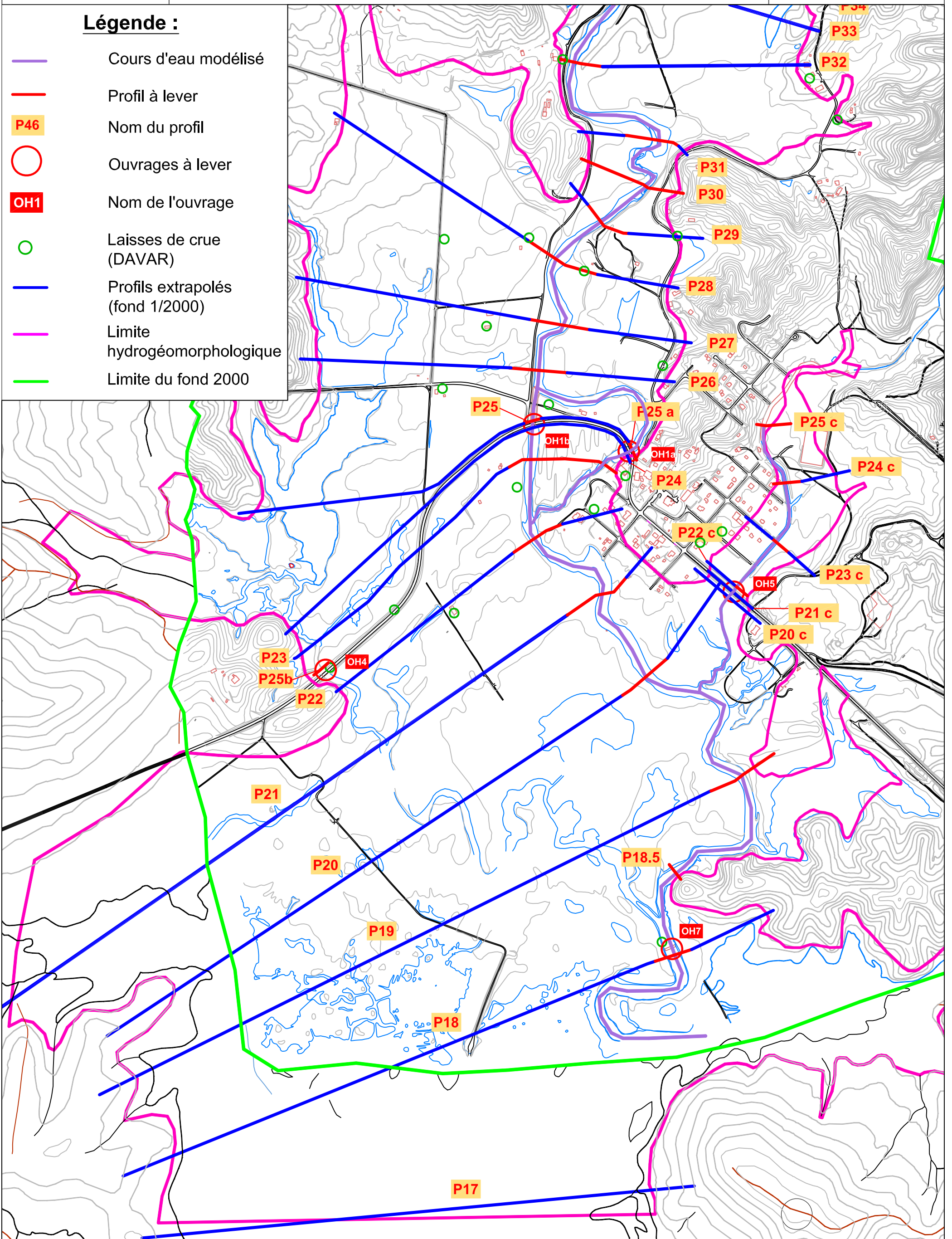
Légende :

-  Cours d'eau modélisé
-  Profil à lever
-  Nom du profil
-  Ouvrages à lever
-  Nom de l'ouvrage
-  Laisses de crue (DAVAR)
-  Profils extrapolés (fond 1/2000)
-  Limite hydrogéomorphologique
-  Limite du fond 2000



Légende :

-  Cours d'eau modélisé
-  Profil à lever
-  Nom du profil
-  Ouvrages à lever
-  Nom de l'ouvrage
-  Laisses de crue (DAVAR)
-  Profils extrapolés (fond 1/2000)
-  Limite hydrogéomorphologique
-  Limite du fond 2000



Annexe 3 : Formules de calcul des temps de concentration

Annexe 3 : Calcul des temps de concentration

Les trois formules de calcul des temps de concentration utilisées sont les suivantes :

- Formule de Ventura :

$$t_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{I}}$$

Où t_c est le temps de concentration en h , S est la surface du bassin en km et I la pente en m/m.

- Formule de Passini :

$$t_c = \frac{0,108}{10} \times \frac{(S \times L)^{1/3}}{\sqrt{I}}$$

Où t_c est le temps de concentration en h, S est la surface du bassin en km et I la pente en m/m et L le plus long chemin hydraulique en m.

- Formule de Kirpich :

$$t_c = 0,000325 \times L^{0,77} \times I^{-0,385}$$

Où t_c est le temps de concentration en h , L le plus long chemin hydraulique en m et I la pente en m/m.

Annexe 4 : Caractéristiques des stations hydrométriques (source DAVAR)

Caractéristiques hydrométriques de la station

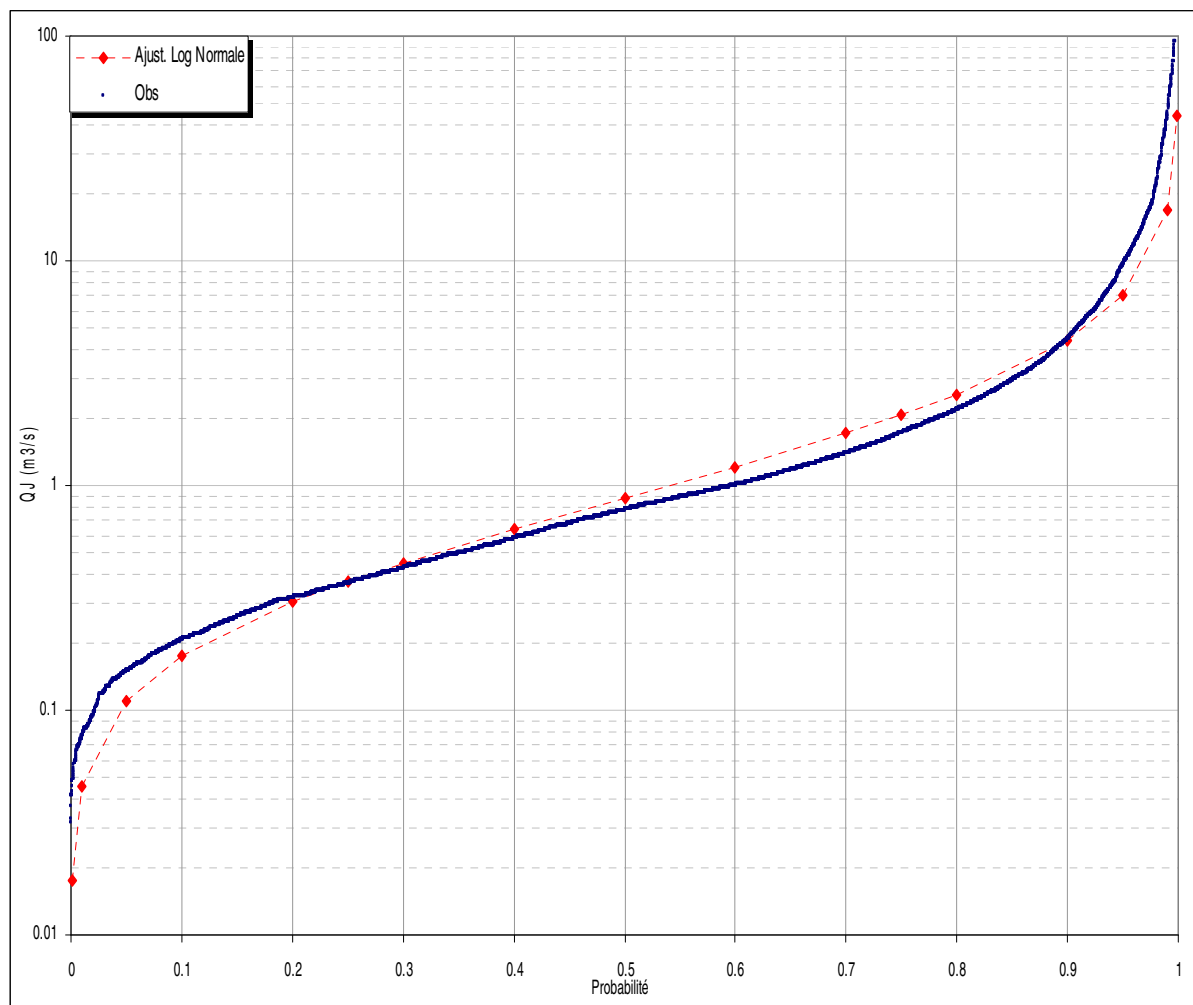
5701600202 La Foa amont Pierrat

Localisation et durée des observations

CODE	STATION	LOCALISATION			
		Coordonnées UTM (m)			BV (km ²)
X	Y	Z			
5701600202	La_Foa Amont confluence pierrat. Cote 19	591 782	7 602 833	19	116

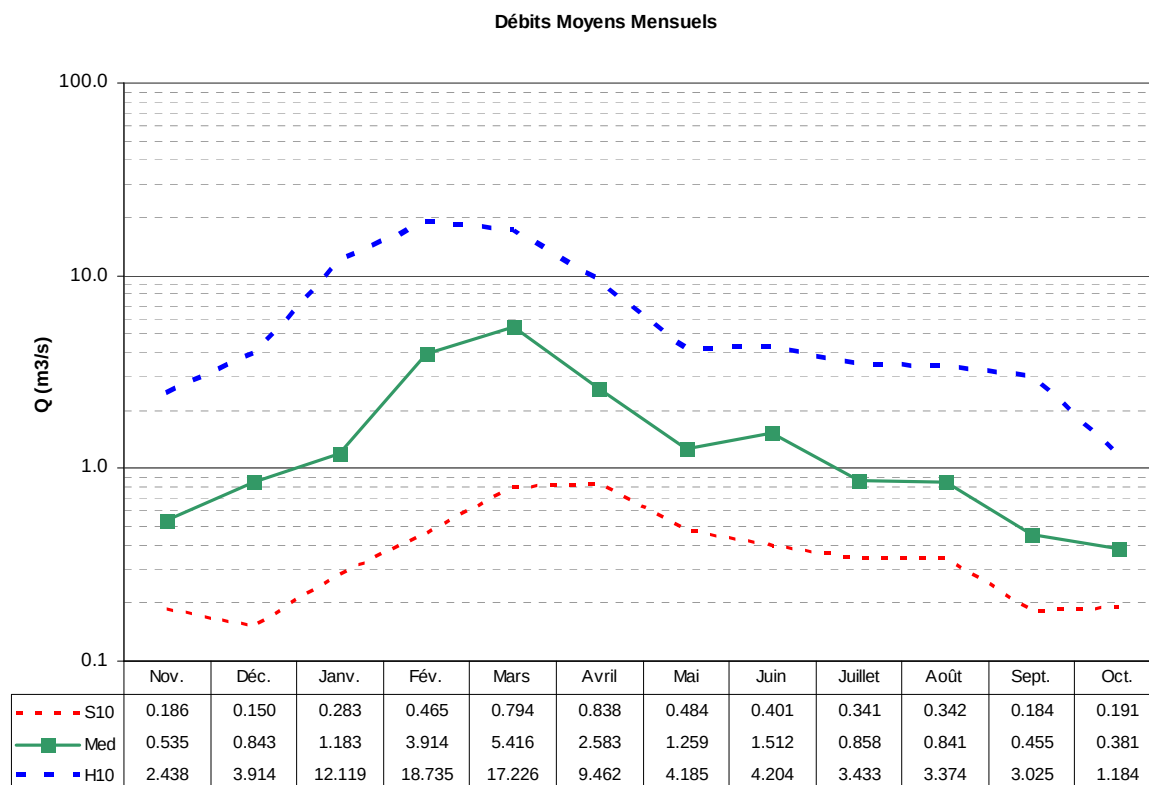
OBSERVATIONS						
Début	Fin	Durée Eff.(ans)	Qmin (M3/S)		Qmax (M3/S)	
			Jaugé	Évalué	Jaugé	Évalué
09/10/1980	28/05/2009	28.0	0.054	0.031	268	1561

Débits journaliers classés



	Loi Log-N	Empirique
P	Q (M3/S)	Q (M3/S)
0.01	0.046	0.076
0.10	0.173	0.207
0.25	0.374	0.367
0.50	0.88	0.778
0.75	2.06	1.713
0.90	4.45	4.484
0.99	16.72	43.61

Débits moyens mensuels

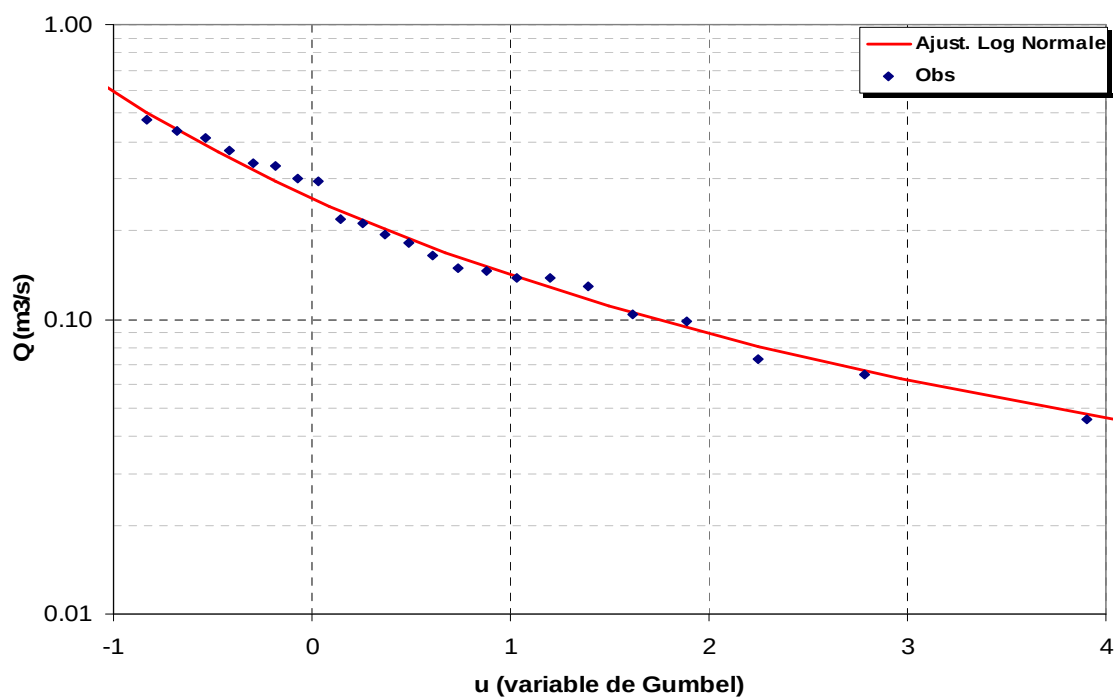
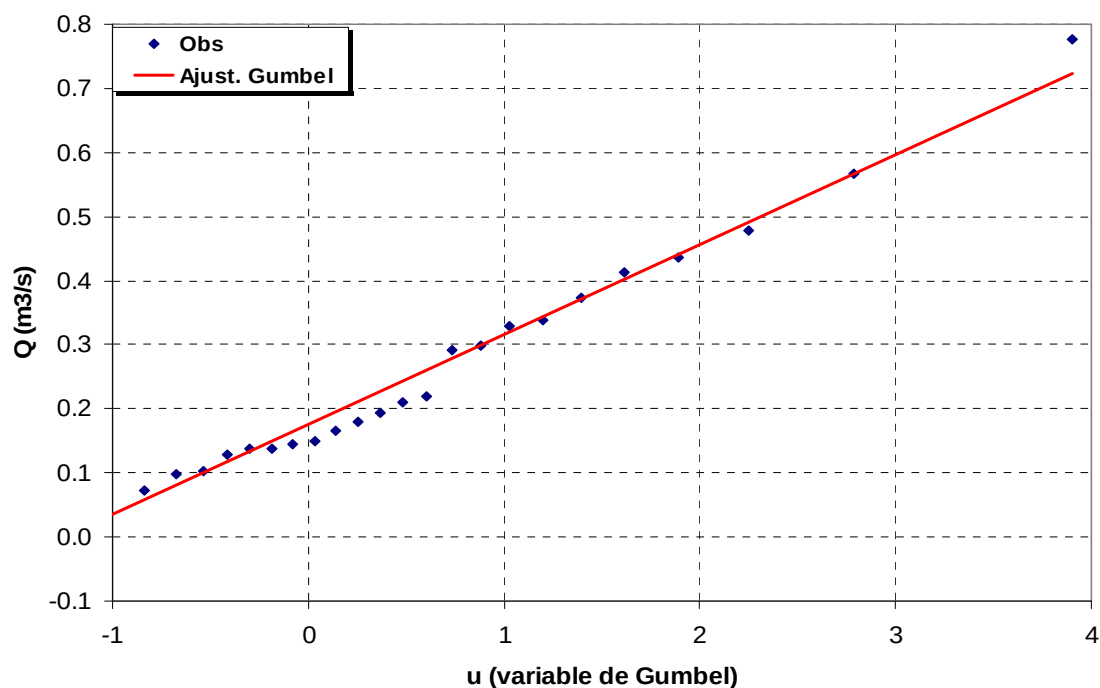


Module annuel = 2.12 m³/s
 S10 = 1.31 m³/s
 H10 = 4.59 m³/s

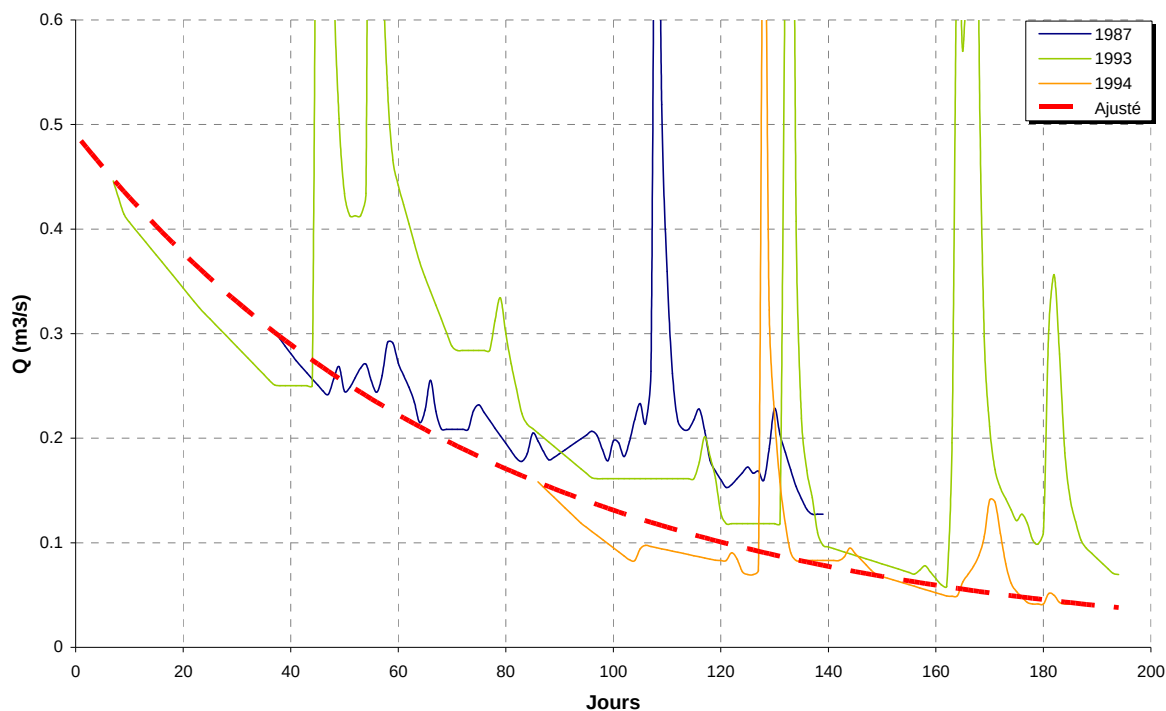
S10 valeur empirique décennale sèche
 H10 valeur empirique décennale humide

Débits caractéristiques d'étiages (DCE)

	Etiage Humide (T ans)			Médiane 2	Etiage Sec (T ans)		
	100	10	5		5	10	100
Q m³/s	0.821	0.491	0.386	0.202	0.111	0.081	0.039
Q spé l/s/km²	7.1	4.2	3.3	1.7	1.0	0.7	0.3
Loi	Gumbel			Log Normale			
Paramètres	Gd =	0.140	PO = 0.175	u = -1.599	σ = 0.712		



Courbes de tarissement



Ajustement d'après la loi de vidange d'un réservoir unique :

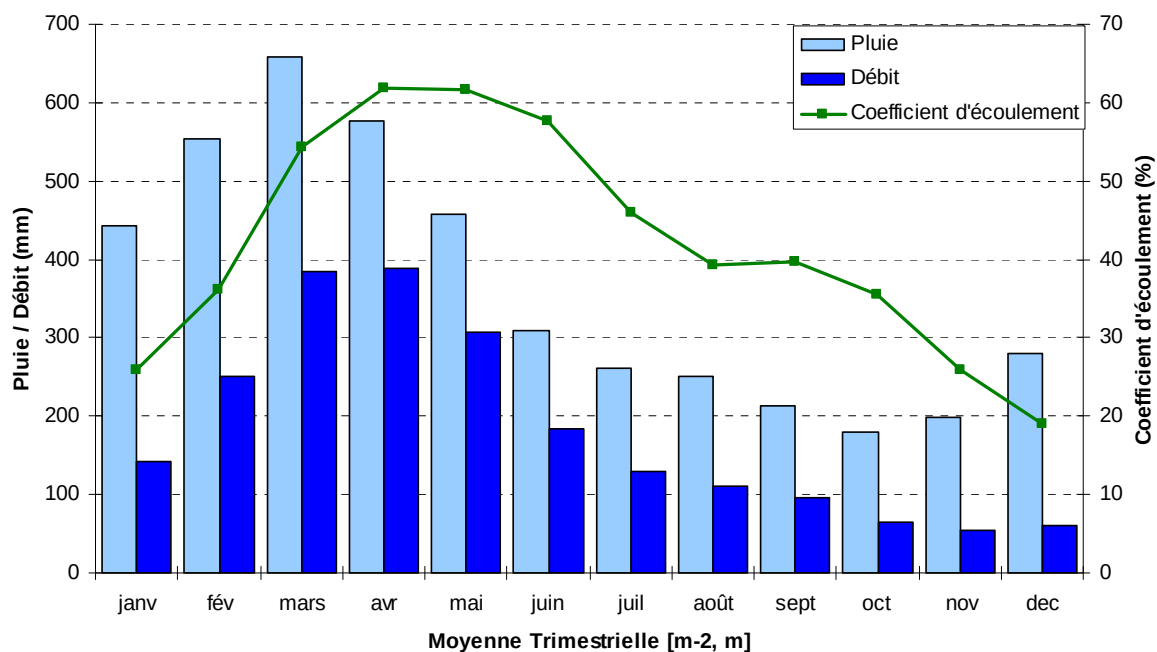
$$Q = Q_0 \times e^{-\alpha(t-t_0)}$$

α [T^{-1}] : coefficient de tarissement
 Q_0 : débit initial de tarissement

Nous considérons que le tarissement commence lorsque le débit devient inférieur au débit d'étiage humide décennal. Le temps caractéristique de tarissement (T_c) correspond au temps au bout duquel, en l'absence de précipitations, le débit initial de tarissement Q_0 a diminué de près de 70%.

Q_0 ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)	α (jour^{-1})	$t_c = 1/\alpha$ (jour)
0.49	0.0243	41

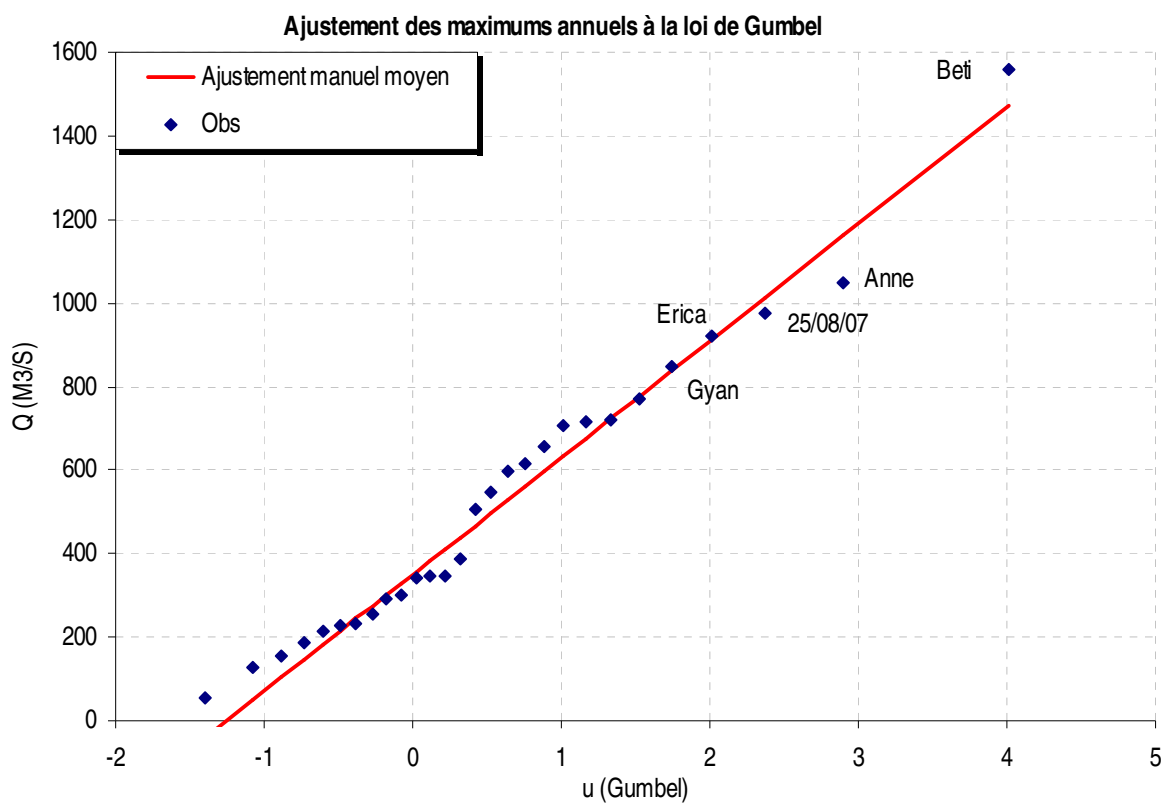
Bilan d'écoulement trimestriel



coefficient d'écoulement moyen interannuel = 50% [33 ;66]

Débits maximums de crues

	Période de Retour T (années)							Parametre loi	
	1	2	5	10	20	50	100	Gd	P0
Q (m³/s)	350	453	770	980	1182	1443	1638	280	350



Caractéristiques hydrométriques de la station

5702600101 Boghen Aval confluence Aremo Cote 31

Localisation et durée des observations

CODE	STATION	LOCALISATION			BV (km²)
		Coordonnées UTM (m)			
		X	Y	Z	
5702600101	Boghen Aval confluence Aremo. Cote 31.	567710	7611745	31	113
5702600102	Boghen Malmezac. Cote 30.	566846	7609894	30	134

OBSERVATIONS						
Début	Fin	Durée Eff.(ans)	Qmin (M3/S)		Qmax (M3/S)	
			Jaugé	Évalué	Jaugé	Évalué
21/01/55	19/05/08	49.0	0.128	0.093	700	2841

La station hydrométrique de la Boghen a été constituée successivement de 2 stations : Malmezac de 1955 à 1969 puis Aval Aremo à partir de 1969.

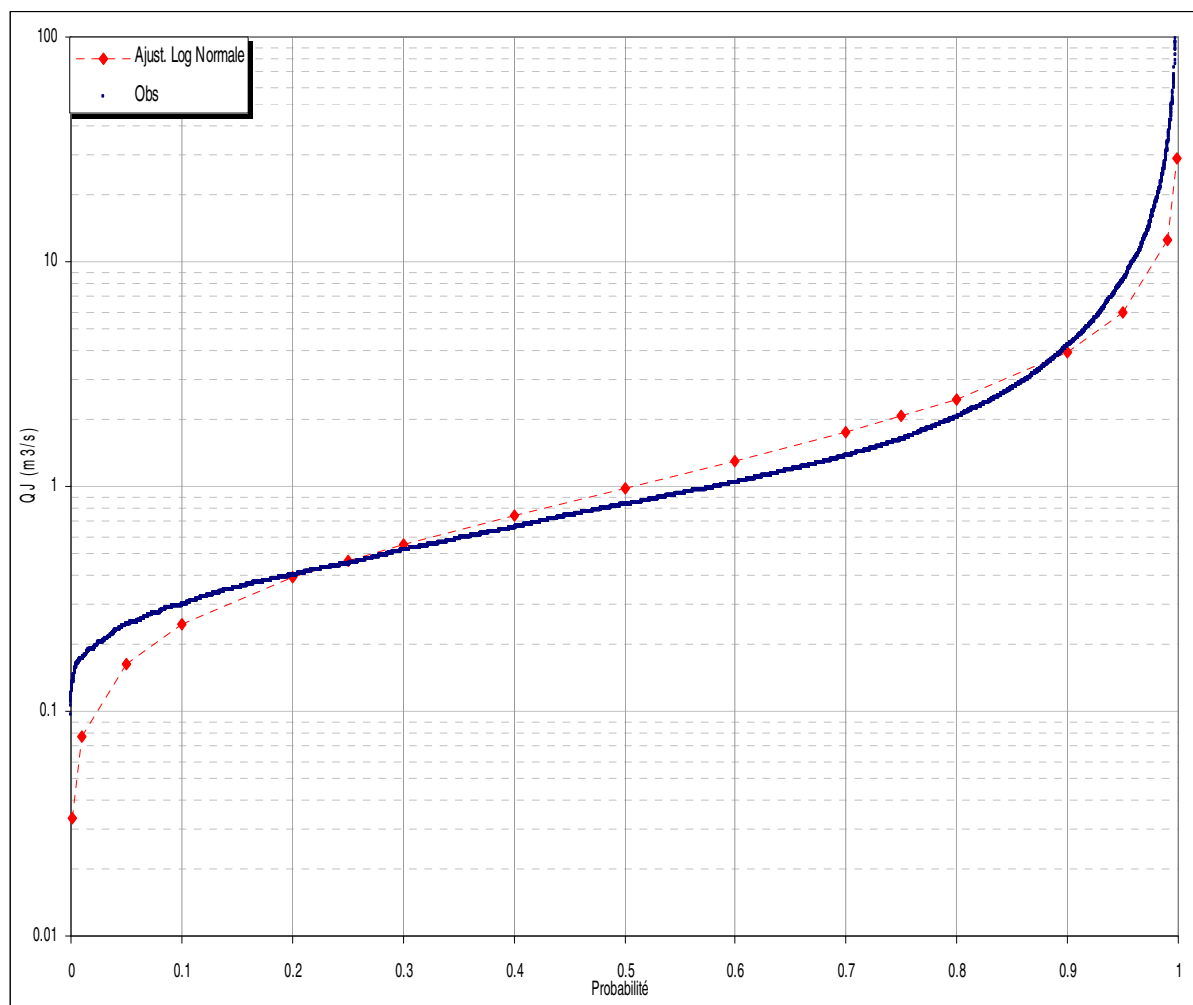
Un transfert de cotes de Malmezac à Aval Aremo a été utilisé pour les plus hautes eaux :

$$He \text{ Aremo (cm)} = 1.036 * He \text{ Malmezac} - 110$$

Pour les débits d'étiages et les débits journaliers, la chronique des débits de Malmezac a été transférée vers Aremo via la relation :

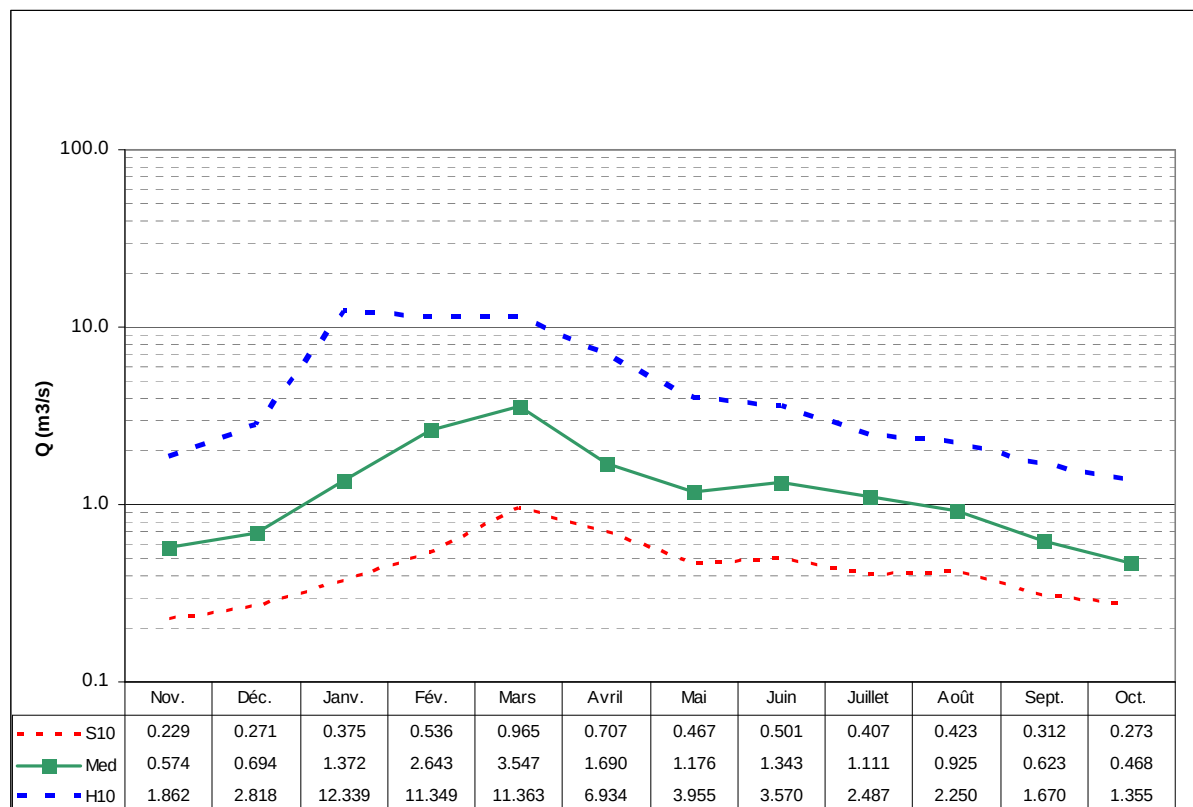
$$Q \text{ Aremo} = 0.9622 * Q \text{ Malmezac}$$

Débits journaliers classés



	Loi Log-N	Empirique
P	Q (M3/S)	Q (M3/S)
0.01	0.077	0.171
0.10	0.242	0.296
0.25	0.470	0.453
0.50	0.981	0.829
0.75	2.049	1.616
0.90	3.976	4.221
0.99	12.437	31.552

Débits moyens mensuels

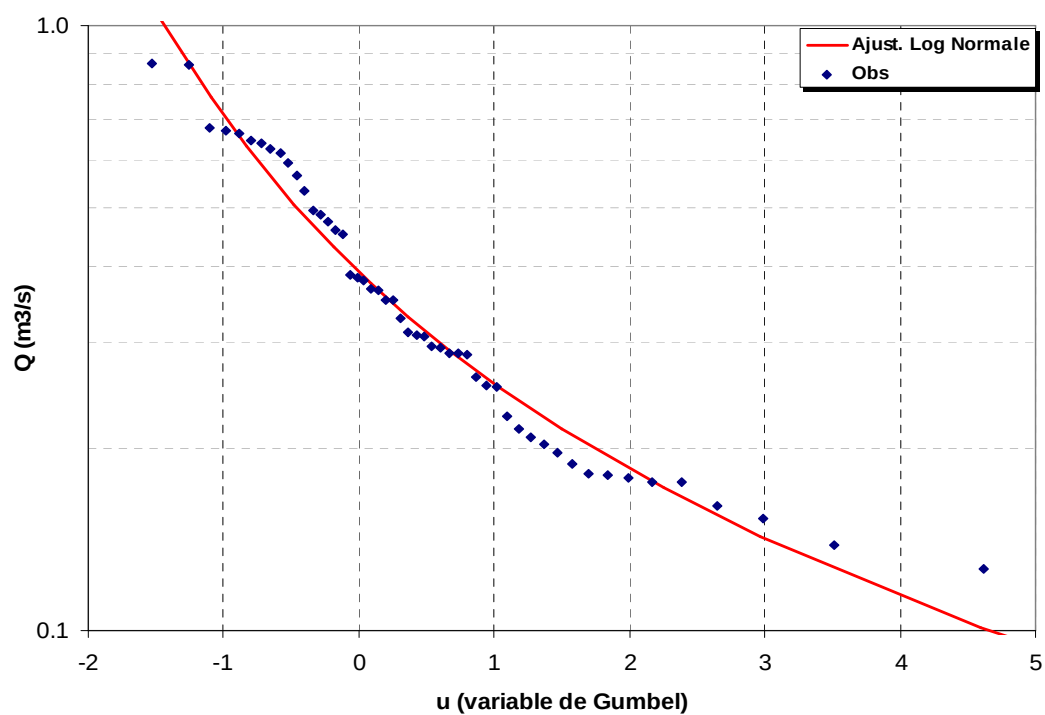
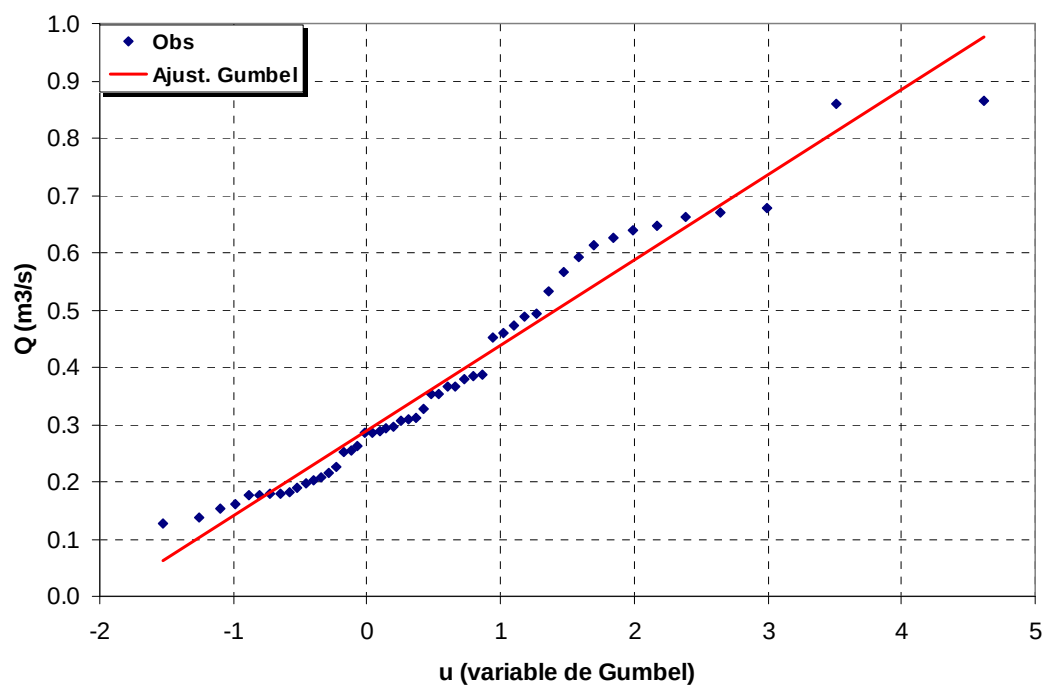


Module annuel = 1.744m³/s
 S10 = 0.867m³/s
 H10 = 3.207m³/s

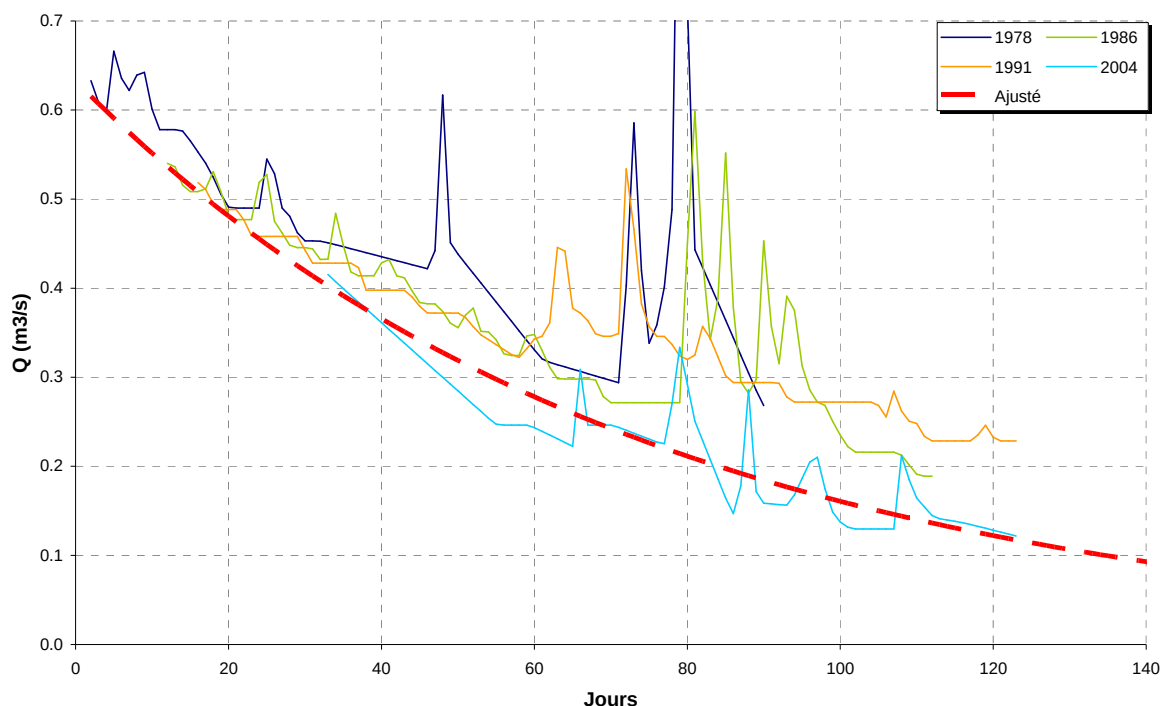
S10 valeur empirique décennale sèche
 H10 valeur empirique décennale humide

Débits caractéristiques d'étiages (DCE)

	Etiage Humide (T ans)			Médiane 2	Etiage Sec (T ans)		
	100	10	5		5	10	100
Q m³/s	0.974	0.624	0.513	0.330	0.215	0.172	0.101
Q spé l/s/km²	8.6	5.5	4.5	2.9	1.9	1.5	0.9
Loi	Gumbel			Log Normale			
Paramètres	Gd =	0.149	PO = 0.289	ν =	-1.109	σ =	0.509



Courbes de tarissement



Ajustement d'après la loi de vidange d'un réservoir unique :

$$Q = Q_0 \times e^{-\alpha(t-t_0)}$$

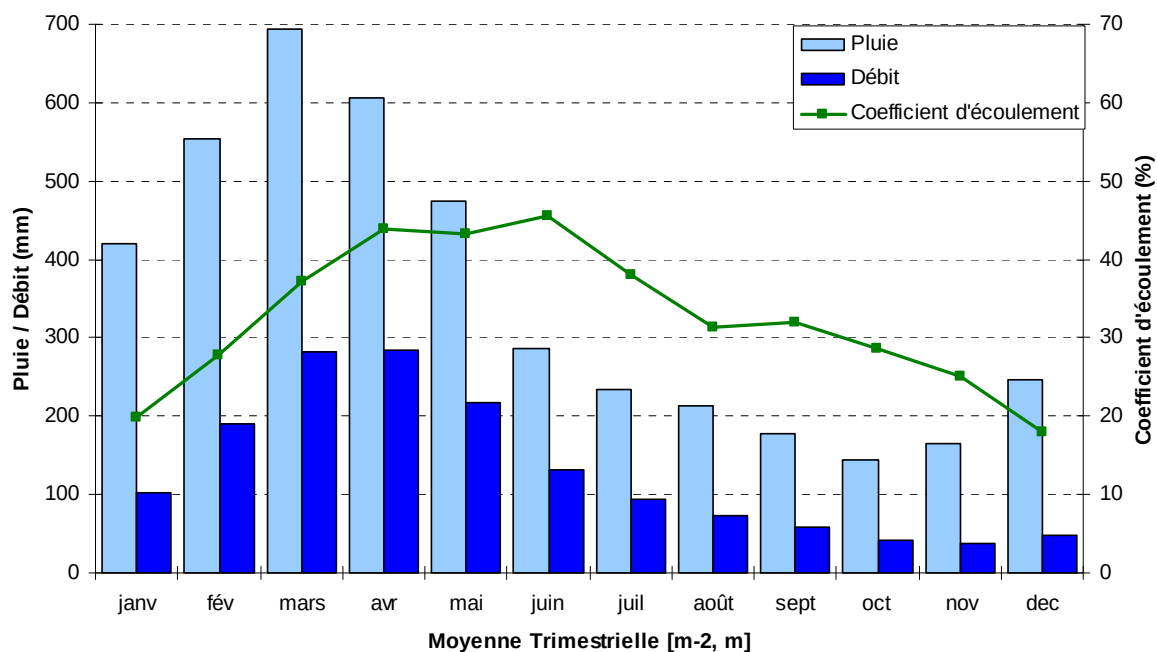
α [T^{-1}] : coefficient de tarissement

Q_0 : débit initial de tarissement

Nous considérons que le tarissement commence lorsque le débit devient inférieur au débit d'étiage humide décennal. Le temps caractéristique de tarissement (T_c) correspond au temps au bout duquel, en l'absence de précipitations, le débit initial de tarissement Q_0 a diminué de près de 70%.

Q_0 ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)	α (jour^{-1})	$t_c = 1/\alpha$ (jour)
0.531	0.0150	67

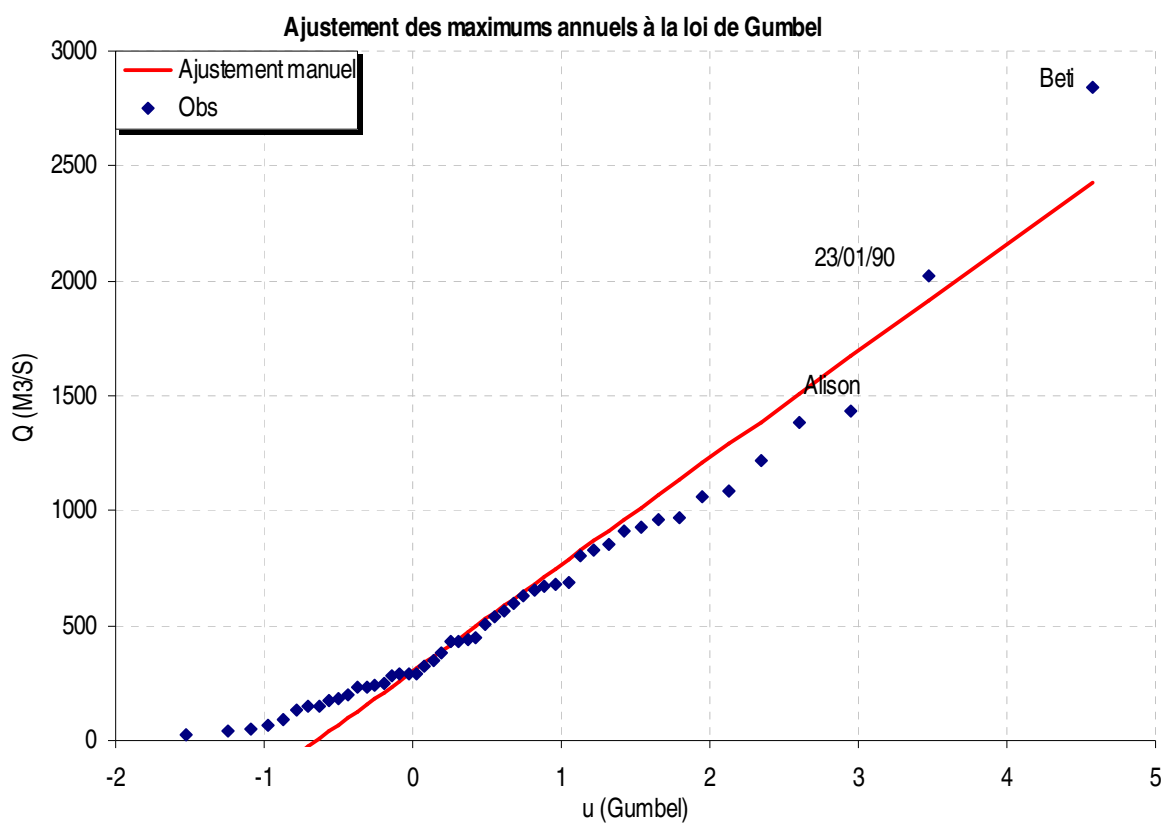
Bilan d'écoulement trimestriel



coefficient d'écoulement moyen interannuel = 37% [16 ;53]

Débits maximums de crues

	Période de Retour T (années)							Paramètre loi	
	1	2	5	10	20	50	100	Gd	P0
Q (m³/s)	300	470	997	1346	1681	2114	2439	465	300



Annexe 5 : Débits injectés dans le modèle
--

Débits injectés dans le modèle

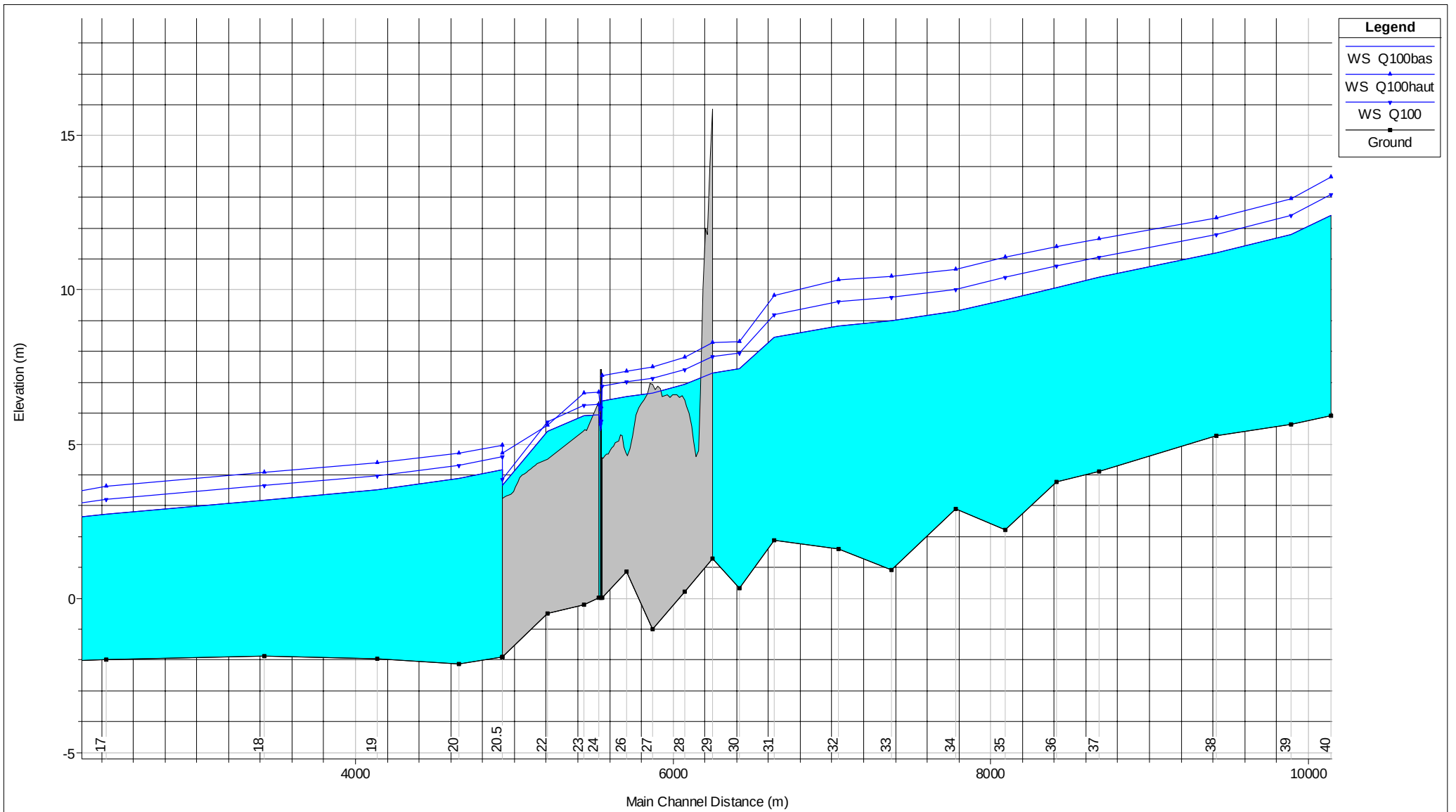
Moindou	Surface drainée (km²)	Q5	Q5 - Fourchette haute	Q10 - Fourchette Basse	Q10	Q10 - Fourchette haute	Q100 - Fourchette Basse	Q100	Q100 - Fourchette haute	QBéti - Fourchette Basse	QBéti - Fourchette haute	QAnne - Fourchette Basse	QAnne - Fourchette haute
P40	81.5	686	781	751	903	1053	1256	1793	2330	1244	2240	747	1078
P38	84.7	706	804	773	930	1083	1292	1845	2398	1280	2304	768	1110
P36	89.8	738	840	808	971	1132	1351	1928	2506	1338	2408	803	1160
P31	92.3	754	858	825	992	1156	1379	1969	2558	1366	2459	820	1184
P20.5	99.3	796	906	871	1048	1221	1456	2079	2702	1443	2597	866	1250
P20	103.4	820	934	898	1080	1258	1502	2144	2786	1487	2677	892	1289
P18	104.6	828	942	906	1089	1269	1514	2162	2810	1500	2700	900	1300
P38a	5.1	86	98	94	114	132	158	225	293	156	281	94	135
P25c	1.4	33	38	36	44	51	61	86	112	60	108	36	52
P29,1	7.0	42	48	46	56	65	77	111	144	77	138	46	67

Remarque : les débits injectés au profil P29.1 (creek des Bancouliers) sont issus de la différence entre les débits du P20.5 et du P31 et non de l'approche générale pour permettre la conservation des débits en amont et en aval de la jonction

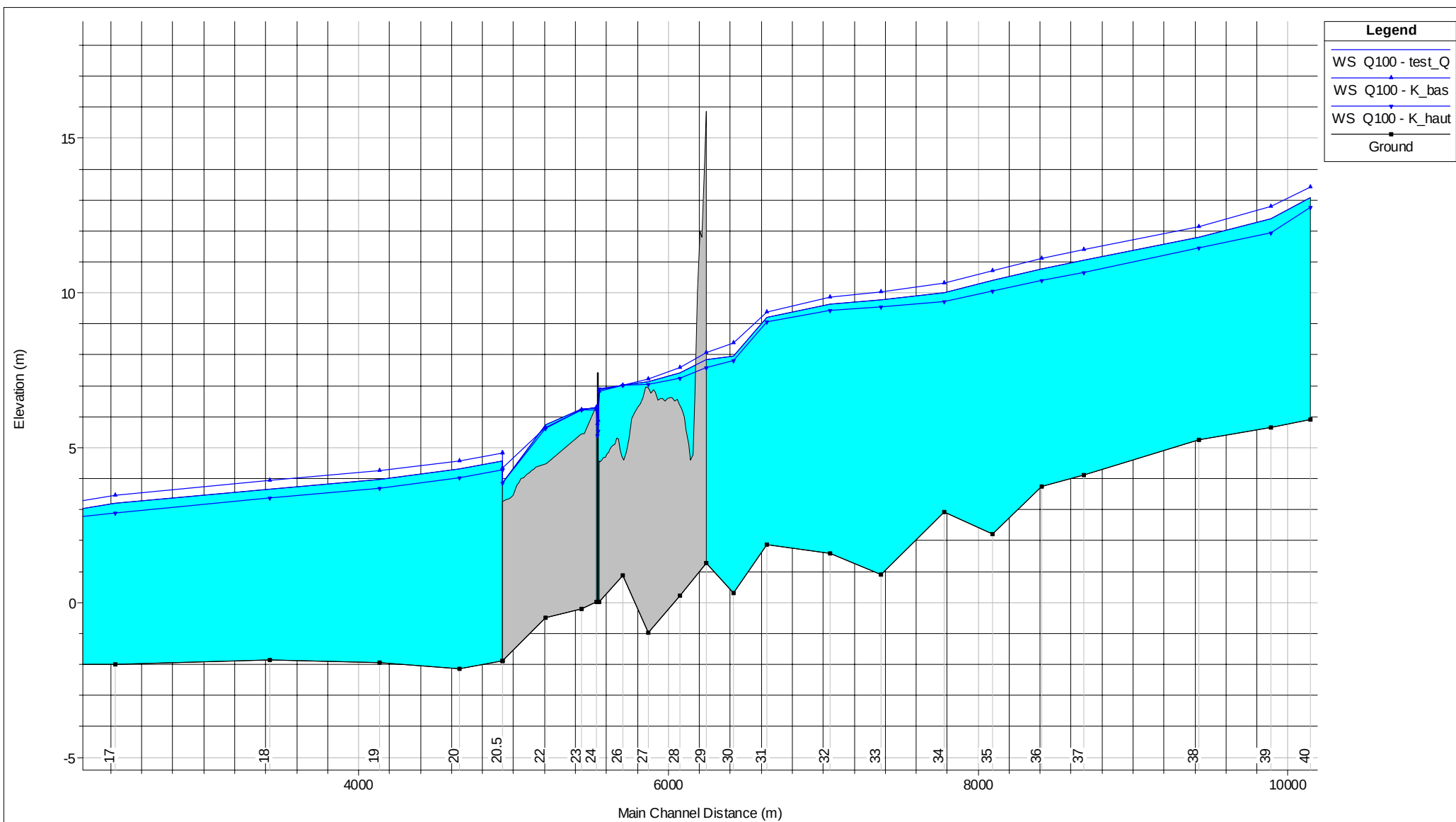
Annexe 6 : Cotes d'inondations au droit des différents profils modélisés

Cours d'eau	Profils	Cote des crues (m NGNC)		
		Q5	Q10	Q100
Palmiers	25	8.34	8.53	9.04
Palmiers	24	6.22	6.55	7.16
Palmiers	23	5.02	5.1	5.33
Palmiers	22	5.02	5.1	5.33
Moindou	40	11.53	11.91	13.08
Moindou	39	10.97	11.32	12.4
Moindou	38	10.44	10.76	11.8
Moindou	37	9.55	9.9	11.06
Moindou	36	9.13	9.52	10.77
Moindou	35	8.75	9.13	10.41
Moindou	34	8.38	8.76	10.01
Moindou	33	7.97	8.39	9.77
Moindou	32	7.76	8.21	9.63
Moindou	31	7.45	7.88	9.19
Moindou	30	6.7	7.02	7.95
Moindou	29	6.54	6.88	7.85
Moindou	28	6.2	6.53	7.42
Moindou	27	5.98	6.29	7.13
Moindou	26	5.9	6.19	7.01
Moindou	25	5.71	6.03	6.87
Moindou	24	5.43	5.67	6.29
Moindou	23	5.4	5.65	6.26
Moindou	22	4.88	5.1	5.73
Moindou	20.5	3.61	3.87	4.58
Moindou	20	3.35	3.58	4.32
Moindou	19	2.97	3.19	3.98
Moindou	18	2.62	2.89	3.67
Moindou	17	2.21	2.5	3.21
Moindou	16	1.1	1.1	1.4
Mandjele	38	15.46	15.58	15.98
Mandjele	37	13.59	13.69	14.01
Mandjele	36	10.53	10.62	10.91
Bancouliers	29.1	6.16	6.33	7
Bancouliers	28.1	5.82	6.07	6.85
Bancouliers	27.1	5.76	5.99	6.7
Bancouliers	26.1	5.75	5.97	6.64
Bancouliers	25.1	5.71	5.93	6.48
Bancouliers	24.1	4.64	4.98	5.88
Bancouliers	22.1	3.92	4.23	5

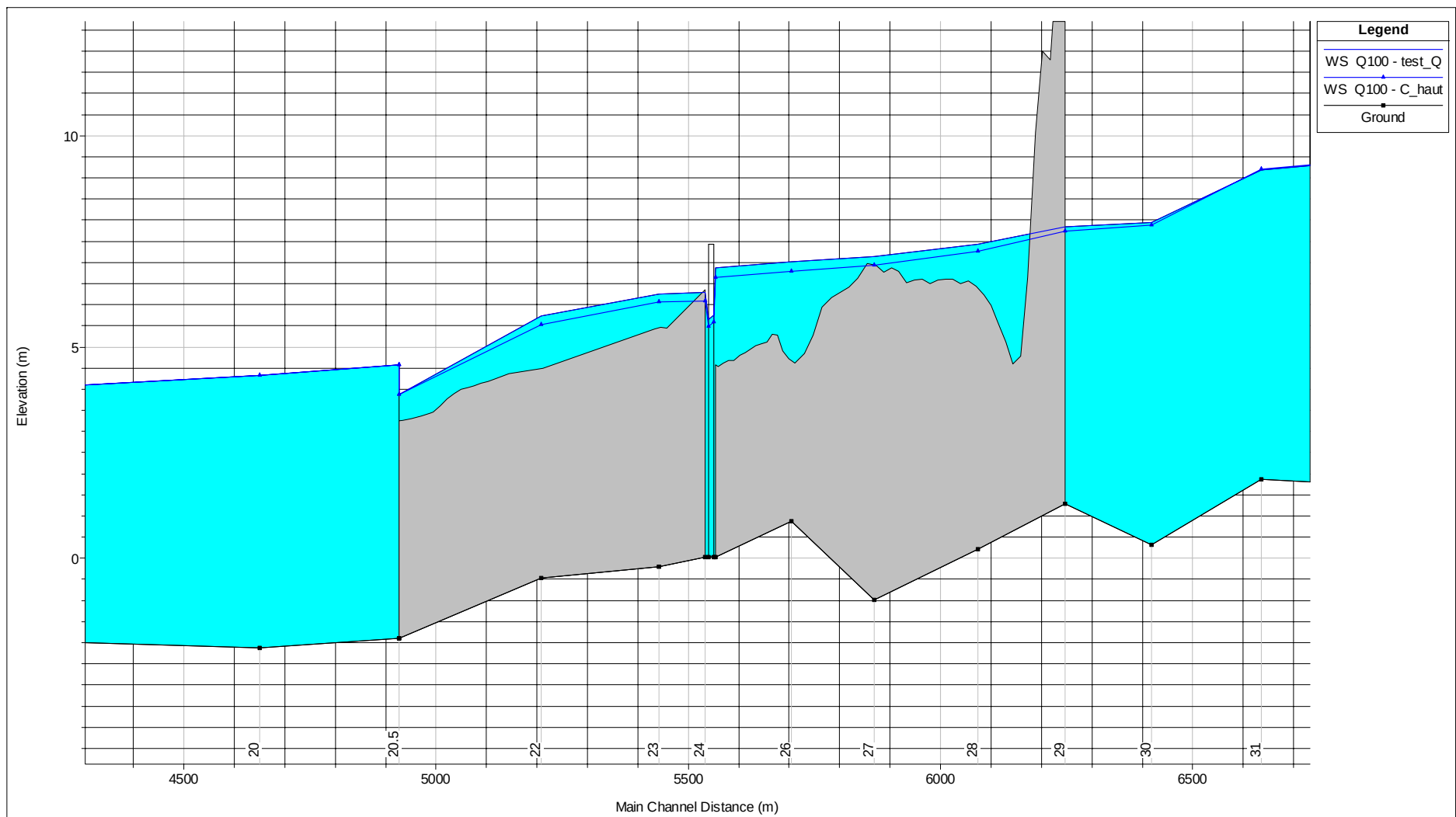
Annexe 7 : Lignes d'eau de l'analyse d'incertitude



Sensibilité au débit : simulations de la fourchette du débit centennal – La Moindou



Sensibilité aux variations du coefficient de Strickler – La Moindou



Sensibilité aux variations du coefficient de débit des déversoirs latéraux fictifs – La Moindou

MAÎTRE D'OUVRAGE

PROVINCE SUD NOUVELLE CALEDONIE

PROVINCE SUD

NOUVELLE CALEDONIE

BUREAU D'ÉTUDES

Bureau d'études - Ingénieurs conseils

Bâtiment - Fluides - Environnement

1 bis rue Berthelot - Doniambo

B.P. 3553 - 98846 Nouméa Cedex

Tél : 28.34.80 - Fax : 28.83.44

E-mail : soproner.noumea@soproner.nc

GINGER SOPRONER

Opération :

ÉTUDE DES ZONES INONDABLES EN PROVINCE SUD - Commune de Moindou -

Carte des iso-hauteurs, iso-vitesses et isocotes

Phase :

Affaire N° : A001.09035

Echelle : 1:5,000

Fichier :

Nom :

Observations

Date

Par

IND

Plan de création

08/10/2010

FG

0

Prise en compte des remarques du comité technique

07/02/2011

FG

1

Cours d'eau modélisés

Limite du secteur d'étude

Isocotes

11

Cote centennale en m NGNC

Limite de l'emprise inondable pour une crue centennale

Zones de vitesse supérieure à 1m/s

Classes de hauteur d'eau

Hauteur inférieure à 0.5 m

Hauteur comprise entre 0.5 et 1 m

Hauteur comprise entre 1 et 1.5 m

Hauteur supérieure à 1.5 m

a

The map displays the Moindou area with its topography and flood risk. Key features include:

- Water Level Zones:** Shaded areas in light blue, medium blue, and dark blue representing increasing water heights during a 100-year flood event.
- Velocity Zones:** Green hatched areas indicating where water flow velocity exceeds 1 m/s.
- Isocotes:** Red lines with numerical labels (e.g., 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10, 10.5, 11, 11.5, 12, 12.5, 13, 13.5, 14, 14.5, 15, 15.5) representing specific water levels in meters NGNC.
- Infrastructure:** Roads, railways, and buildings are shown in grey.
- Scale and Orientation:** A scale bar at the bottom right shows 0, 500, and 1,000 meters. A north arrow is in the top right.