



**DEPARTEMENT
ENVIRONNEMENT**

Dossier n°A001.13057



PROVINCE SUD

Direction du Développement Rural

Etude des zones inondables sur la Dumbéa

Phase 1 : Présentation des cours d'eau – Hydrologie

Phase 2 : Modélisation hydraulique

Phase 3 : Cartographie

Rapport

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



ISO9001 : FDT1_V2/01-14

ÉVOLUTION DU DOCUMENT

Ind.	Date	Chef de projet	Ingénieur d'études	Description des mises à jour
1	Juillet 2014	Jean-Baptiste MONNET	Florence GOURDON Mathilde BLANC	Création du document – Phase 1
2	Septembre 2015	Jean-Baptiste MONNET	Mathilde BLANC	Rapport d'avancement de Phase 2
3	Février 2016	Jean-Baptiste MONNET	Mathilde BLANC	Prise en compte des remarques sur l'avancement de la phase 2 et finalisation de la phase 2
4	Avril 2016	Jean-Baptiste MONNET	Mathilde BLANC	Prise en compte des remarques sur la phase 2 et ajout de la phase 3
5	Août 2016	Jean-Baptiste MONNET	Mathilde BLANC Sylvie HAVET	Prise en compte des remarques sur la phase 3

SOMMAIRE

Évolution du document	2
Sommaire	2

I. AVANT PROPOS 7

I.1. CONTEXTE 7

I.2. OBJECTIFS 7

I.3. METHODOLOGIE 7

I.4. LISTE DES DONNEES D'ENTREE ET ETUDES EXISTANTES 8

II. SYNTHESE DE L'ETUDE HYDRAULIQUE DES ZONES INONDABLES DE LA DUMBEA – HYDREX (1995) 9

II.1. HYPOTHESES 9

II.1.1. Analyse hydrologique 9

II.1.2. Modélisation hydraulique 9

II.2. RESULTATS 10

III. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE 11

III.1.	PRESENTATION DES COURS D'EAU.....	11
III.2.	DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT DE LA DUMBEA	18
IV.	ANALYSE HYDROLOGIQUE	19
IV.1.	PLUVIOMETRIE	19
IV.1.1.	Contexte pluviométrique	19
IV.1.2.	Données pluviométriques disponibles.....	19
IV.1.3.	Analyse statistique	20
IV.2.	CALCUL DES TEMPS DE CONCENTRATION DES BASSINS VERSANTS ETUDIES	21
IV.3.	ESTIMATION DES DEBITS THEORIQUES.....	22
IV.3.1.	Méthodologie	22
IV.3.1.	Résultats.....	26
IV.3.2.	Analyse des résultats.....	27
IV.3.3.	Comparaison avec valeurs obtenues dans l'étude HYDREX.....	27
IV.4.	DETERMINATION DES DEBITS DE CRUES HISTORIQUES.....	28
IV.4.1.	Cyclone Erica (Mars 2003).....	28
IV.4.2.	Cyclone Anne (Janvier 1988).....	30
V.	PROGRAMME DES LEVES TOPOGRAPHIQUES	31
VI.	METHODOLOGIE GENERALE ET HYPOTHESES DE MODELISATION	32
VI.1.	PREAMBULE	32
VI.2.	GEOMETRIE DU MODELE HYDRAULIQUE.....	32
VII.	CALAGE DU MODELE	34
VII.1.	METHODOLOGIE	34
VII.2.	DEFINITION DES HYPOTHESES HYDROLOGIQUES	34
VII.2.1.	Méthodologie	34
VII.2.2.	Erica (14 mars 2003) – T= 10 ans	36
VII.2.3.	Anne (12 janvier 1988) – T = 50 -100 ans.....	38
VII.3.	CALAGE DU MODELE HYDRAULIQUE – AJUSTEMENT DES COEFFICIENTS DE STRICKLER	41
VII.3.1.	Résultats de calage	41

VII.3.2. Paramètres retenus à l'issue du calage	42
VIII. MODELISATION DES CRUES DE REFERENCE	43
VIII.1. HYPOTHESES	43
VIII.1.1. Condition limite amont.....	43
VIII.1.2. Condition limite aval	45
VIII.2. ANALYSE GENERALE DES CRUES	46
VIII.2.1. Fonctionnement hydraulique général – Chenaux d'écoulement et points de débordements	46
VIII.2.2. Ouvrages de franchissement	55
VIII.2.3. Voiries.....	56
VIII.2.4. Enjeux – Habitations	57
VIII.3. COMPARAISON DES RESULTATS AVEC L'ETUDE HYDREX POUR LA CRUE CENTENNALE	57
IX. ANALYSE DE SENSIBILITE	59
IX.1. METHODOLOGIE	59
IX.2. ANALYSE DE SENSIBILITE AUX VARIATIONS DE DEBIT.....	60
IX.3. ANALYSE DE SENSIBILITE A LA CONDITION LIMITE AVAL	60
IX.4. ANALYSE DE SENSIBILITE AUX VARIATIONS DE RUGOSITE.....	61
IX.5. SYNTHESE DE L'ANALYSE DE SENSIBILITE	61
X. CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDABLES	63
X.1. CARTE DES ISO-COTES, ISO-HAUTEURS, ISO-VITESSES.....	63
X.2. CARTE DES ALEAS	63
XI. LISTE DES PLANCHES.....	65
XII. LISTE DES CARTES.....	66
XIII. ANNEXES	67

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Précipitations moyennes annuelles (source Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie).....	19
Figure 2 : Intensités centennales de précipitations en fonction de la durée de l'épisode pluvieux sur différentes stations	20
Figure 3 : Ajustement statistiques au droit de la station de Dumbéa Est.....	24
Figure 4 : Synthèse des ajustements de Gumbel pour la crue centennale sur l'ensemble des 22 stations hydrométriques de la Nouvelle Calédonie, source DAVAR.....	25
Figure 5 : Rapport Q100/QT défini à partir des ajustements Gumbel sur l'ensemble des 22 stations hydrométriques de la Nouvelle Calédonie, source DAVAR.....	25
Figure 6 : Débits calculés sur la Dumbéa.....	26
Figure 7 : Hydrogrammes de crue définis pour la crue de calage Erica	37
Figure 8 : Hydrogrammes de crue définis pour la crue de calage Anne – Majoration de 10%.....	39
Figure 9 : Hydrogrammes calculés pour Anne	40
Figure 10 : QDF de la station de Dumbéa Est, source DAVAR	43
Figure 11 : Hydrogramme de crue synthétique au droit de la station hydrométrique de Dumbéa Est – T=100 ans	44
Figure 12 : Débits de crue théoriques injectés au niveau de Dumbéa amont	45
Figure 13 : Profil en long Dumbéa – T=100 ans	47
Figure 14 : Hydrogrammes calculés au droit de différentes sections – T=100 ans	48
Figure 15 : Profil en long Dumbéa – T=10 ans	50
Figure 16 : Hydrogrammes calculés au droit de différentes sections – T=10 ans	51
Figure 17 : Profil en long – Dumbéa – T=5 ans	53
Figure 18 : Hydrogrammes calculés au droit de différentes sections – T= 5 ans	54
Figure 19 : Localisation des points de contrôle en lit majeur – Analyse de sensibilité	59
Figure 20 : Influence de la marée (en rouge ligne d'eau de référence et en bleu ligne d'eau avec CL à 1.40 m NGNC).....	60

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Débits théoriques retenus dans l'étude HYDREX (1995)	9
Tableau 2 : Caractéristiques du bassin versant de la Dumbéa.....	18
Tableau 3 : Stations de mesures pluviométriques	20
Tableau 4 : Temps de concentration calculés par différentes méthodes.....	21
Tableau 5 : Temps de concentration retenus pour les différents bassins versants	22
Tableau 6 : Coefficients de ruissellement utilisés	23
Tableau 7 : Caractéristiques des stations hydrométriques	23
Tableau 8 : Débits de crue théoriques des stations hydrométriques	23
Tableau 9 : Rappel des caractéristiques du bassin versant de la Dumbéa	26
Tableau 10 : Débits calculés sur la Dumbéa.....	26
Tableau 11 : Débits théoriques retenus	27
Tableau 12 : Analyse hydrométrique pour le cyclone Erica	29
Tableau 13 : Analyse pluviométrique pour le cyclone Erica.....	29
Tableau 14 : Analyse hydrométrique pour le cyclone Anne.....	30
Tableau 15 : Analyse pluviométrique pour le cyclone Anne	30

Tableau 16 : Résultats de calage pour le cyclone Erica	41
Tableau 17 : Comparaison Etude HYDREX.....	58
Tableau 18 : Résultats de l'analyse de sensibilité aux variations de débit au droit des différents points de contrôle.....	60
Tableau 19 : Résultats de l'analyse de sensibilité à la condition limite aval au droit des différents points de contrôle.....	61
Tableau 20 : Résultats de l'analyse de sensibilité aux coefficients de rugosité au droit des différents points de contrôle	61

LISTE DES PLANCHES

Planche 1 : Localisation du secteur d'étude.....	65
Planche 2 : Localisation du bassin versant	65
Planche 3 : Localisation des enjeux	65
Planche 4 : Synoptique du modèle hydraulique	65
Planche 5 : Résultats de calage ANNE.....	65
Planche 6 : Résultats de calage ERICA.....	65
Planche 7 : Analyse des écoulements Q100.....	65
Planche 8 : Analyse des écoulements Q10.....	65
Planche 9 : Analyse des écoulements Q5.....	65
Planche 10 : Enjeux impactés	65
Planche 11 : Comparaison HYDREX.....	65

LISTE DES CARTES

Carte 1 – Carte des hauteurs d'eau	66
Carte 2 – Carte des aléas inondation.....	66

I. AVANT PROPOS

I.1. CONTEXTE

La Province Sud a mandaté GINGER SOPRONER afin d'actualiser l'étude des zones inondables sur la commune de Dumbéa. Le secteur d'étude concerne les cours d'eau situés à proximité de la zone urbanisée, à savoir la Dumbéa, la Couvelée, la Carigou, la Ouanéoué et la Nondoué.

La Dumbéa a déjà fait l'objet d'une cartographie des aléas d'inondation issue d'une étude hydraulique réalisée par HYDREX en 1995. La Nondoué a également fait l'objet d'une étude de zone inondable réalisée en 2008 par GINGER SOPRONER. A noter que le secteur d'étude a aussi fait l'objet d'une étude d'inondabilités potentielles à plus grande échelle réalisée en 2003 par CAREX.

L'objectif de cette mission consiste à actualiser l'étude de la zone inondable sur la rivière Dumbéa, et notamment sur l'emprise de l'étude réalisée par HYDREX en 1995. Le linéaire total de cours d'eau compris dans le secteur d'étude est de 26 km environ et comprend la Dumbéa, la Couvelée, la Carigou, la Ouanéoué et la confluence entre la Nondoué et la Dumbéa. En fonction des résultats obtenus sur la zone de confluence entre la Nondoué et la Dumbéa, l'étude des zones inondables sur le secteur de la Nondoué aval pourra faire l'objet d'une redéfinition des cotes d'inondation.

I.2. OBJECTIFS

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Redéfinir les débits de crue de référence pour les périodes de retour $T = 5, 10$ et 100 ans,
- Redéfinir les cotes d'inondation pour les crues de périodes de retour $5, 10$ et 100 ans, les hauteurs d'eau et les vitesses,
- Réaliser une cartographie des zones inondables et des aléas associés sur l'ensemble de la zone d'étude.

I.3. METHODOLOGIE

L'étude est décomposée en trois phases :

- La phase 1 comprend la collecte, l'analyse et la synthèse de l'ensemble des données disponibles sur le secteur d'étude ainsi que les reconnaissances de terrain et les compléments d'enquête en vue d'améliorer la compréhension du fonctionnement hydraulique des cours d'eau et de dresser un état des lieux général.
- La phase 2 consiste à définir et suivre les travaux de relevés topographiques puis à réaliser la modélisation hydraulique du secteur en vue de caractériser le fonctionnement hydraulique des différents cours d'eau.
- Enfin, la phase 3 concerne la réalisation de la cartographie des résultats et le rapport synthèse de l'étude en vue de la caractérisation des aléas inondation sur la zone d'étude.

I.4. LISTE DES DONNEES D'ENTREE ET ETUDES EXISTANTES

L'ensemble des données collectées et utilisées dans le cadre de cette étude sont listées ci-après :

- **Données topographiques**
 - Données topographiques au 1/500^{ème} et au 1/2000^{ème} existantes sur la zone d'étude (Province Sud)
 - Données topographiques au 1/10000^{ème} (DITTT, Gouvernement de la Nouvelle Calédonie)
 - Levés topographiques des profils en travers et des ouvrages réalisés dans le cadre de la présente étude par le cabinet de géomètres R. Bayle (cf. §V)
- **Données climatiques et hydrométriques**
 - Données pluviométriques et hydrométriques de la DAVAR (Gouvernement de la Nouvelle Calédonie)
- **Etudes précédentes sur le secteur**
 - Etude hydraulique « Délimitation de la zone inondable de la rivière Dumbéa » - HYDREX – 1995
 - Etude hydraulique « Etude des zones inondables sur le secteur Nondoué Katiramona » - SOPRONER – 2008
 - Etude diagnostic « Diagnostic Nondoué Katiramona » - SOPRONER – 2011

II. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE HYDRAULIQUE DES ZONES INONDABLES DE LA DUMBEA – HYDREX (1995)

II.1. HYPOTHESES

II.1.1. Analyse hydrologique

Les débits théoriques de crue de périodes de retour 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans ont été estimés à partir des données de trois stations hydrométriques situées sur le secteur : Couvelée, Dumbéa Nord et Dumbéa Est. Les deux stations Dumbéa Nord et Dumbéa Est sont en service depuis 1963 et celle de la Couvelée depuis 1967.

Les débits théoriques au niveau des stations de Dumbéa Nord, Dumbéa Est et Couvelée sont estimés sur la base d'un ajustement de Gumbel à partir des valeurs de débits instantanés annuels maximaux observés sur ces stations.

Les valeurs de débits obtenues sont alors transposées à la Dumbéa aval (au droit du pont de la RT1) par multiplication par le ratio des superficies affecté d'un coefficient de transposition pris égal à 0.8. Un coefficient d'abattement correspondant à la non concomitance des crues sur les différents affluents est également pris en compte.

La distribution des débits de la Dumbéa au droit du pont de la RT1 retenue est la suivante :

Dumbéa aval au droit du pont de la RT1 (218 km ²)						
Période de retour (ans)	2	5	10	20	50	100
Débit (m ³ /s)	600	1580	2220	2850	3660	4280
Débit spécifique (m ³ /s/km ²)	2.7	7.2	10.2	13.1	16.8	19.6

Tableau 1 : Débits théoriques retenus dans l'étude HYDREX (1995)

II.1.2. Modélisation hydraulique

Les cours d'eau ont fait l'objet d'une modélisation hydraulique en régime permanent sous le logiciel ECOPERM développé par SOGREAH.

Ce modèle a été calé sur la base des laisses de crues relevées lors du cyclone Anne, de la crue du 07/04/1992 et de la crue du 27/02/1994.

Les principaux coefficients de Strickler retenus dans le cadre de cette étude sont :

- 27 à 30 en lit mineur pour la Dumbéa,
- 17 à 20 en lit mineur pour la Nondoué,
- 8 dans la mangrove,
- 10 à 14 en lit majeur.

II.2. RESULTATS

Les lignes d'eau et les vitesses d'écoulement ont été calculées pour les crues de périodes de retour 2 à 100 ans.

Les hauteurs d'eau ont été reportées sur le fond de plan cartographique disponible (1/5000^{ème}, 1/2000^{ème} et 1/10000^{ème} en fonction des zones) afin de délimiter les contours de zones inondables.

La carte résultante est présentée en Annexe 1 du présent document.

III. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE

III.1. PRESENTATION DES COURS D'EAU




Le secteur d'étude présenté sur la Planche 1 de l'atlas cartographique joint au présent rapport concerne les cours d'eau suivants :






- La Dumbéa, de la confluence entre la branche Nord et la branche Est jusqu'à l'embouchure en mer, sur un linéaire de 12 km
- La Ouanéoué, de l'amont du lieu-dit l'Ermitage jusqu'à la confluence avec la Dumbéa, sur un linéaire de 5.8 km
- La Couvelée, sur un linéaire d'environ 4.6 km en amont de la confluence avec la Dumbéa
- La Carigou et son affluent, sur un linéaire d'environ 2.7 km en amont de la confluence avec la Dumbéa
- La Nondoué au niveau de sa confluence avec la Dumbéa (aval de l'étude de 2008) sur un linéaire de 500 m.





Le linéaire total de cours d'eau à étudier représente environ 26 km.



→ Cf. Planche 1 : Localisation du secteur d'étude





Un reportage photographique au format numérique (.kmz), réalisé lors des visites de terrain est joint au présent rapport.




Couvelée		
Lit majeur	<p>Le lit majeur de la Couvelée est constitué de zones de champs et de vergers alternant avec des zones de savane caractérisées par des herbes hautes et des arbres épars. Ces prairies sont pour la plupart clôturées.</p> <p>Aux abords du cours d'eau, la ripisylve est haute, dense et arborée.</p> <p>D'une manière générale, les conditions d'écoulement en lit majeur sont moyennement favorables.</p>	
Lit mineur	<p>Le lit mineur est large et bien marqué. Des zones importantes de dépôts de gros blocs sur l'ensemble du linéaire de cours d'eau sont présentes, notamment au niveau de la confluence avec la Dumbéa, attestant d'un important transport solide.</p> <p>Les berges du lit mineur sont abruptes. A noter également la présence de quelques zones d'érosion.</p> <p>D'une manière générale, sur ce tronçon les conditions d'écoulement seront bonnes.</p>	
Ouvrages	<p>Un radier constitué de 8 buses Ø300 et d'un cadre de 1 m de hauteur par 1.70 m de largeur permet l'accès aux pistes CR 25 et CR 26. A noter que certaines buses étaient bouchées au moment de la visite terrain. Des dépôts de gros blocs sont présents de part et d'autre de l'ouvrage.</p>	
Enjeux	<p>Les habitations et les cultures, principalement en rive droite de la Couvelée, le long de la RM12 constituent les principaux enjeux de la zone. Les voiries peuvent également être indiquées comme enjeux potentiels.</p>	

Carigou		
Lit majeur	<p>Le lit majeur du Carigou est constitué d'une végétation de type savane caractérisée par des herbes hautes et des arbres épars. Les prairies sont pour la plupart clôturées.</p> <p>Aux abords du cours d'eau, la ripisylve est haute, dense et arborée.</p> <p>D'une manière générale, les conditions d'écoulement en lit majeur sont moyennes en raison de la présence de clôtures et d'une ripisylve dense sur les berges.</p>	
Lit mineur	<p>Le lit mineur est bien marqué et assez large. Il est encombré par endroits par quelques troncs. La ripisylve dense et tombante peut constituer une source d'embâcles.</p> <p>Des dépôts de gros blocs ont été observés dans le lit mineur. Ces blocs sont susceptibles d'être remobilisés lors de prochaines crues.</p> <p>D'une manière générale, les conditions d'écoulement dans le lit mineur sont moyennes.</p>	
Ouvrages	<p>Trois ouvrages ont été recensés sur le cours d'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un pont permet le franchissement de la rivière par la RM4, • Un radier en béton constitué de 9 buses Ø400, très encombrées en amont, • Un radier en construction le jour de la visite en amont 	
		
		
Enjeux	<p>Les habitations de part et d'autre du cours d'eau ainsi que la Rhumerie constituent les principaux enjeux de la zone. Les voiries (RM4, route d'accès au lotissement) peuvent aussi être indiquées comme enjeux potentiels.</p>	

Ouanéoué		
Lit majeur	<p>Sur la partie aval, le lit majeur de la Ouanéoué est principalement constitué de végétation de type savane, caractérisée par des herbes hautes et quelques arbres épars. Ces vastes prairies sont pour la plupart clôturées. Cependant, les conditions d'écoulement restent bonnes.</p> <p>Sur la partie amont, le lit majeur alterne entre des zones urbanisées et des zones de prairies en rive gauche. En rive droite, le lit majeur n'est peu voire pas urbanisé. La végétation est de type herbes hautes et forêt.</p>	
Lit mineur	<p>Le lit mineur est large, marqué et relativement propre. La ripisylve, de type arborée, est dense.</p> <p>Les conditions d'écoulement en lit mineur sont assez favorables. Toutefois, la présence de végétation dense et peu entretenue aux abords du cours d'eau peut constituer un risque important d'embâcle.</p>	
Ouvrages	<p>6 ouvrages ont été recensés sur le cours d'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> Trois ponts permettent le franchissement de la rivière par la RT1. Quelques embâcles ont pu être observés sur l'un d'entre eux. 	
	<ul style="list-style-type: none"> Un radier béton busé constitué de 3 buses Ø500 franchit le cours d'eau sur l'exploitation avicole de « La Pépinière ». Une passerelle métallique est située quelques mètres en amont de cet ouvrage, Un radier béton busé constitué de 6 buses 	

	<p>Ø160 permet l'accès à quelques habitations situées en rive droite au niveau du lieu-dit « La Pépinière ».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un pont sur la route des Monts Koghis franchit la Ouanéoué en amont du secteur d'étude. Un seuil quelques mètres en aval a également été observé. 	
		
<p>Enjeux</p>	<p>Les habitations situées principalement en rive gauche du cours d'eau ainsi que les voiries (RT1...) constituent les principaux enjeux de la zone.</p>	

Dumbéa (jusqu'en aval du Parc Fayard)		
Lit Majeur	<p>En amont du secteur d'étude, le lit majeur de la Dumbéa est principalement constitué de végétation de type savane caractérisée par des herbes hautes et quelques arbres épars. Ces zones de savanes alternent avec des zones de champs et de cultures. Des habitations sont également présentes sur le lit majeur, notamment au niveau de la Plaine de Koé et du golf.</p> <p>Les conditions d'écoulement restent globalement assez favorables.</p>	
Lit mineur	<p>Le lit mineur de la Dumbéa est très large et dégagé. A noter cependant la présence de nombreuses plages de dépôts de blocs sur l'ensemble du cours d'eau ainsi que des îlots, notamment au niveau du Parc Fayard et de la confluence avec la Couvelée: Ces matériaux sont susceptibles d'être remis en mouvement lors de prochaines crues.</p> <p>Des zones d'érosion ont également été observées sur les berges au niveau des méandres ayant des courbures importantes.</p> <p>La ripisylve, assez haute de manière générale (bambous, arbres hauts), est localement très dense.</p>	
		
Ouvrages	<p>La Dumbéa amont est traversée par un ouvrage permettant le franchissement de la rivière par la RT1. Cet ouvrage est constitué d'un tablier soutenu par 4 piles.</p> <p>En amont de cet ouvrage se trouvent les piles de l'ancienne voie ferrée.</p>	
Enjeux	<p>Les enjeux susceptibles d'être impactés par les crues de la Dumbéa sont nombreux et essentiellement implantés en rive gauche. Ainsi, les secteurs de Dumbéa au niveau du golf et de la Plaine de Koé seront vraisemblablement soumis au risque d'inondation.</p>	

Dumbéa Embouchure		
Lit Majeur	<p>Le lit majeur de l'embouchure de la Dumbéa est caractérisé par une vaste zone de mangrove dense.</p> <p>Les conditions d'écoulement en lit majeur sur ce secteur sont défavorables.</p>	
Lit mineur	<p>Le lit mineur de la Dumbéa est très large et dégagé. Quelques îlots sont présents dans le lit mineur de la rivière.</p> <p>Les conditions d'écoulement en lit mineur sont bonnes.</p> <p>Sur cette partie, le cours d'eau est sous l'influence de la marée.</p>	
Ouvrages	<p>L'embouchure de la Dumbéa est traversée par deux ouvrages de la SAV Express.</p>	
Enjeux	<p>Sur ce secteur, la piste de karting et l'aérodrome constituent actuellement les principaux enjeux.</p>	

III.2. DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT DE LA DUMBEA

Les bassins versants étudiés sont présentés sur la Planche 2.

Le bassin versant de Dumbéa présente les caractéristiques suivantes :

Surface drainée (km ²)	232
Plus long chemin hydraulique (km)	31.4
Altitude maximale (m NGNC)	1230
Altitude minimale (m NGNC)	0
Altitude moyenne du bassin versant (m)	390
Pente pondérée du plus long chemin hydraulique (%)	0.3%
Pente moyenne du bassin versant (%)	48%

Tableau 2 : Caractéristiques du bassin versant de la Dumbéa

Le bassin versant drainé présente une pente très forte en tête de bassin (supérieure à 15%). Ces zones montagneuses à fortes pentes qui constituent les versants représentent environ 80% de la surface totale du bassin versant.

Sur les hauteurs des versants, la végétation est principalement constituée de forêts sur substrats ultramafiques, ainsi que des zones de maquis lino-herbacé. Dans les vallées, la végétation est plus éparse, de type arbustive, avec des zones de savane et de prairies. Aux abords des cours d'eau, la végétation est haute, arborée et dense.

Sur ce bassin versant, l'urbanisation s'est développée aux abords des cours d'eau, notamment sur la rive gauche de la Dumbéa dans la plaine de Koé et autour du parc Fayard. Les enjeux sont localisés sur la Planche 3. De nombreuses habitations sont également présentes le long du Carigou et de la Ouanéoué.

➔ Cf. Planche 2 : Localisation du bassin versant

➔ Cf. Planche 3 : Localisation des enjeux

IV. ANALYSE HYDROLOGIQUE

IV.1. PLUVIOMETRIE

IV.1.1. Contexte pluviométrique

Comme illustré sur la carte ci-dessous la pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin versant étudié varie entre environ 1200 mm en plaine et 3000 mm sur les sommets.

A noter que le gradient pluviométrique est moins fort sur les bassins versants de la Couvelée et de la Nondoué.

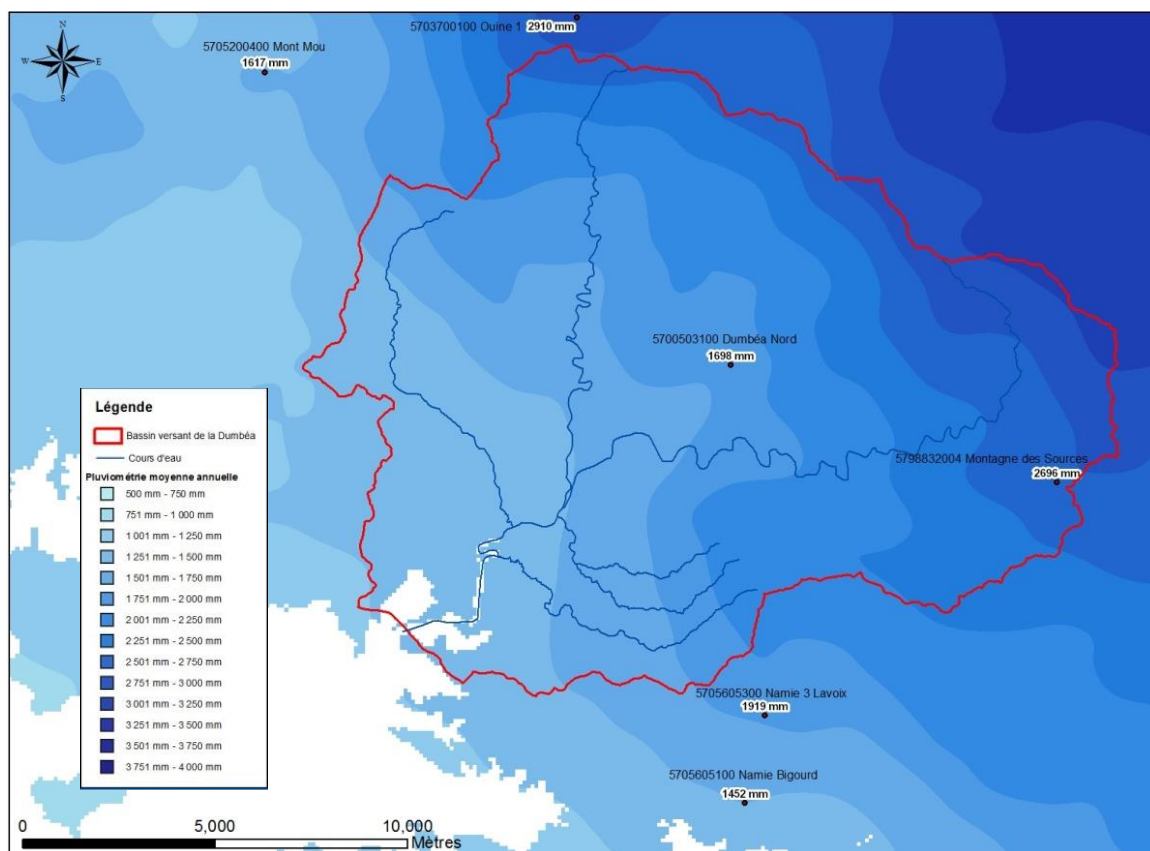


Figure 1 : Précipitations moyennes annuelles (source Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie)

IV.1.2. Données pluviométriques disponibles

Les postes pluviométriques suivants (au pas de temps d'acquisition 6 min, pour ceux de Météo France et à chaque basculement d'auget pour ceux de la DAVAR) se situent à proximité des secteurs étudiés (cf. Figure 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	Altitude (m NGNC)	Poste pluviométrique	Début de mesures des précipitations 6 min	Altitude (m NGNC)
Dumbéa Nord	1989	50	Ouinne	1990	910
Namié 3	1997	420	Mont Mou	1993	910
Montagne des Sources	1989	773	Nouméa	1950	60

Tableau 3 : Stations de mesures pluviométriques

La plupart de ces postes présentent des échantillons de l'ordre de 20 à 25 ans, à l'exception de la station de Nouméa qui dispose de plus de 60 années de mesure et qui fait office de référence sur la Cote Ouest.

IV.1.3. Analyse statistique

Une comparaison des intensités pluviométrique centennales entre les différentes stations précisées dans le paragraphe précédent est proposée ci-après.

Pour information le temps de concentration du bassin versant de la Dumbéa est estimé à environ 4.2h (cf. §IV.2).

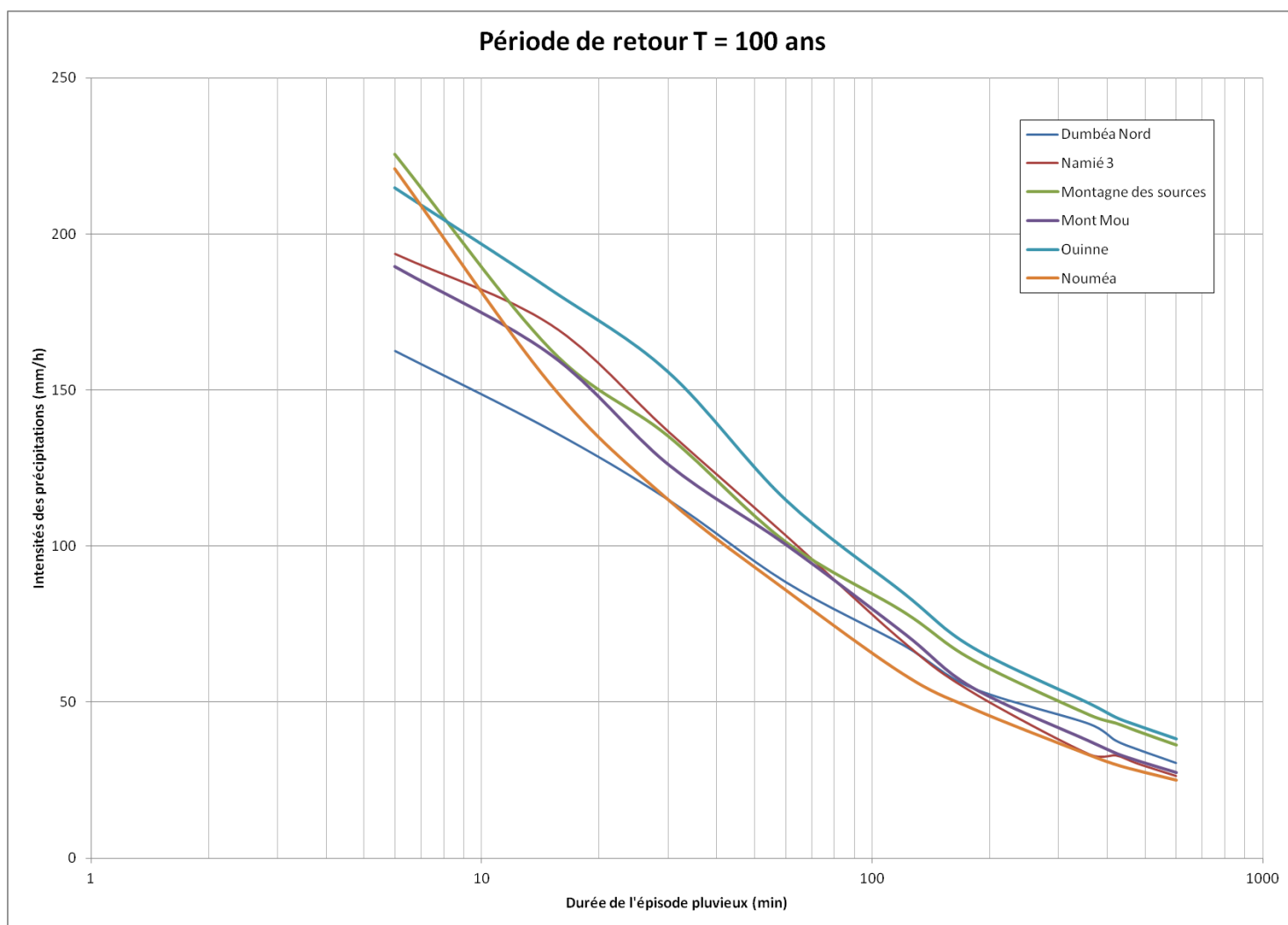


Figure 2 : Intensités centennales de précipitations en fonction de la durée de l'épisode pluvieux sur différentes stations

Ce graphe illustre :

- Pour les épisodes de durée inférieure à 30 min, la station de Dumbéa Nord présente les intensités les plus faibles.
- La station de Ouinne présente les intensités pluviométriques les plus fortes par rapport aux autres stations étudiées.
- Les stations de Namié 3, Montagne des Sources et Mont Mou présentent des valeurs moyennes par rapport à celles étudiées. La station de Montagne des Sources présente des intensités légèrement supérieures aux deux autres pour les épisodes de durée supérieure à 100 min.
- La station de Nouméa, située à proximité du littoral, présente les intensités les plus faibles pour des épisodes de durées supérieures à 30 min.

Il est proposé de retenir la station Montagne des Sources comme station de référence, celle-ci étant située sur le bassin versant de la Dumbéa, et présentant des valeurs d'intensités moyennes voire légèrement supérieures par rapport aux autres stations, ce qui permet de rester sécuritaire.

IV.2. CALCUL DES TEMPS DE CONCENTRATION DES BASSINS VERSANTS ETUDIÉS

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 2.

⇒ 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 2 m/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 :

Nom_BV	Surface (km ²)	Pente (m/m)	Longueur (m)	Ventura		Kirpich		Passini		Méthode des transferts	
				Tps concentration n (h)	Vitesse transfert (m/s)	Tps concentration n (h)	Vitesse transfert (m/s)	Tps concentration n (h)	Vitesse transfert (m/s)	Tps concentration n (h)	Vitesse transfert (m/s)
BV Dumbéa	232	0.005	31425	28.8	0.3	7.5	1.2	31.1	0.3	4.2	2.1
BV Couvelée	45	0.01321	11202	7.4	0.4	2.3	1.4	7.5	0.4	1.4	2.3
BV Ouanéoué	11	0.01712	9960	3.2	0.9	1.9	1.5	3.9	0.7	1.3	2.2
BV Carigou	9	0.04207	7599	1.8	1.1	1.1	2.0	2.1	1.0	1.0	2.2
BV Nondoué	28	0.01706	11620	5.2	0.6	2.1	1.5	5.7	0.6	1.5	2.2

Tableau 4 : Temps de concentration calculés par différentes méthodes

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

Cette « méthode des transferts » est retenue par la suite et conduit aux valeurs de temps de concentration suivantes :

Bassin versant	Temps de concentration retenu (h)
BV Dumbéa	4.2
BV Couvelée	1.4
BV Ouanéoué	1.3
BV Carigou	1.0
BV Nondoué	1.5

Tableau 5 : Temps de concentration retenus pour les différents bassins versants

IV.3. ESTIMATION DES DEBITS THEORIQUES

IV.3.1. 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 réalisée à partir des observations des stations hydrométriques de la côte Ouest de la Nouvelle Calédonie (source DAVAR),
- Une transposition depuis les stations hydrométriques voisines.

IV.3.1.1. Méthode rationnelle

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. §IV.1.3)
- A, la superficie du bassin versant (km²)
- Q, le débit de pointe (m³/s)

⇒ 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 par écoulement superficiel.

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 :

Période de retour	Pente <15 %	Pente > 15 %
5 ans	0,5	0,7
10 ans	0,6	0,8
100 ans	0,8	1,0

Tableau 6 : Coefficients de ruissellement utilisés

IV.3.1.2. Méthode de transposition

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.

Le secteur d'étude dispose de trois stations hydrométriques de référence : Dumbéa Nord Cote 80, située sur la branche nord de la Dumbéa, Dumbéa Est Amont, située sur la branche est, et Couvelée Haute Cote 30 située sur la Couvelée.

Ces trois stations servent de référence pour estimer les débits du bassin versant de la Dumbéa.

Les caractéristiques de ces stations sont les suivantes (cf. Annexe 3) :

Station hydrométrique	Superficie drainée (km²)	Altitude moyenne du bassin versant	Durée d'observations	Débit max jaugé (m³/s)
Dumbéa Nord Cote 80	32	570.9	38 ans	32.8
Dumbéa Est Amont	51	512.7	31 ans	236
Couvelée Cote 30	40	488	38 ans	232

Tableau 7 : Caractéristiques des stations hydrométriques

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)
Dumbéa Nord	310	415	744
Dumbéa Est Amont Gumbel	492	639	1097
Dumbéa Est Amont GEV	488	699	1772
Couvelée	277	394	758

Tableau 8 : Débits de crue théoriques des stations hydrométriques

Les différentes méthodologies utilisées dans l'analyse statistique des débits « observés » aux stations hydrométriques pouvant conduire à des valeurs théoriques sensiblement différentes, il est pertinent de présenter les deux ajustements statistiques réalisés sur les débits issus de la station hydrométrique de Dumbéa Est.

	Période de Retour T (années)							Paramètre loi	
	1	2	5	10	20	50	100	Gd	P0
Qmax (m³/s) Gumbel	200	271	492	639	779	961	1097	195	200
Qmax (m³/s) GEV	200	247	488	699	952	1371	1772	200	200 -0.20

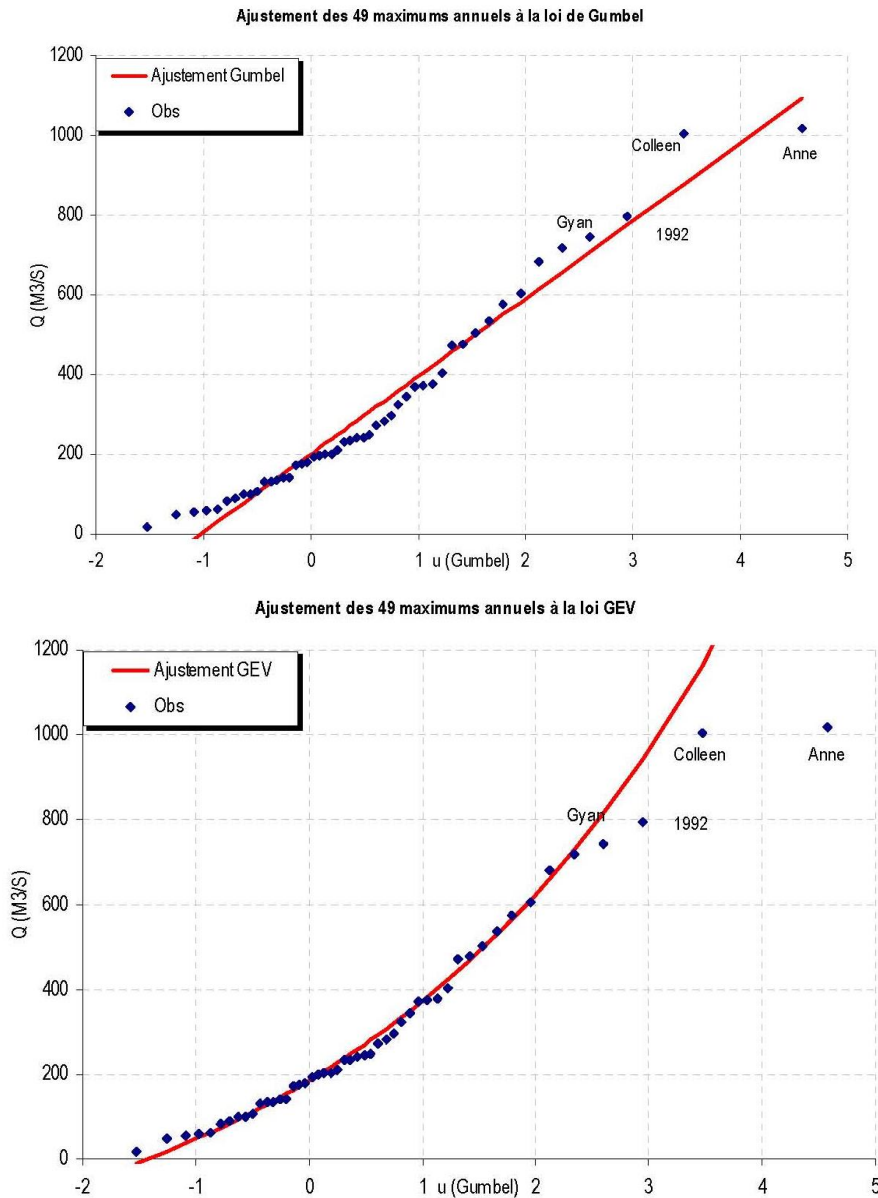


Figure 3 : Ajustement statistiques au droit de la station de Dumbéa Est

IV.3.1.3. Méthode d'analyse régionale (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 :

$$Q_{100} = 55.051 \cdot S^{0.75}$$

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

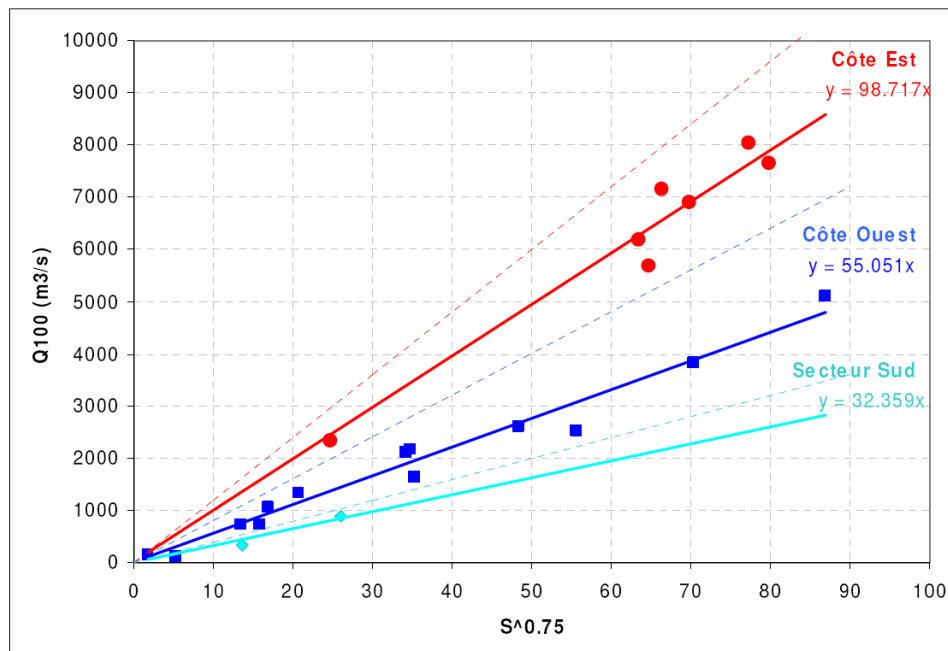


Figure 4 : Synthèse des ajustements de Gumbel pour la crue centennale sur l'ensemble des 22 stations hydrométriques de la Nouvelle Calédonie, source DAVAR

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).

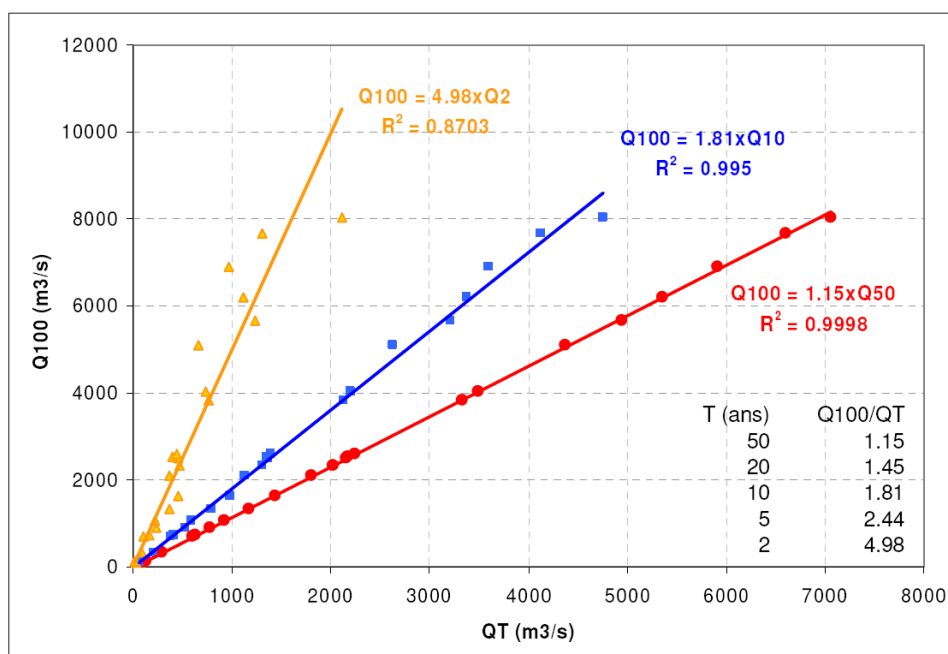


Figure 5 : Rapport Q100/QT défini à partir des ajustements Gumbel sur l'ensemble des 22 stations hydrométriques de la Nouvelle Calédonie, source DAVAR

IV.3.1. Résultats

Les débits caractéristiques de crue ont été estimés sur la Dumbéa. Les résultats sont présentés ci-dessous.

Pour rappel, les caractéristiques du bassin versant sont les suivantes :

Bassin versant	Surface (km ²)	Temps de concentration (h)	Période de retour	Intensité pluviométrique sur tc (mm/h)	Coefficient de ruissellement
Dumbéa	232	4.2	5 ans	38	0.5
			10 ans	44	0.7
			100 ans	65	1

Tableau 9 : Rappel des caractéristiques du bassin versant de la Dumbéa

Les résultats obtenus par les différentes méthodes utilisées sont présentées dans le tableau et le graphe ci-dessous :

Période de retour	Débits (m ³ /s)					
	Méthode rationnelle	Analyse régionale (DAVAR)	Transposition depuis Dumbéa Nord	Transposition depuis Dumbéa Est (Gumbel)	Transposition depuis Dumbéa Est (GEV)	Transposition depuis Couvelée
5 ans	1226	1341	1360	1528	1515	1035
10 ans	2003	1808	1820	1984	2171	1473
100 ans	4190	3273	3264	3406	5503	2833

Tableau 10 : Débits calculés sur la Dumbéa

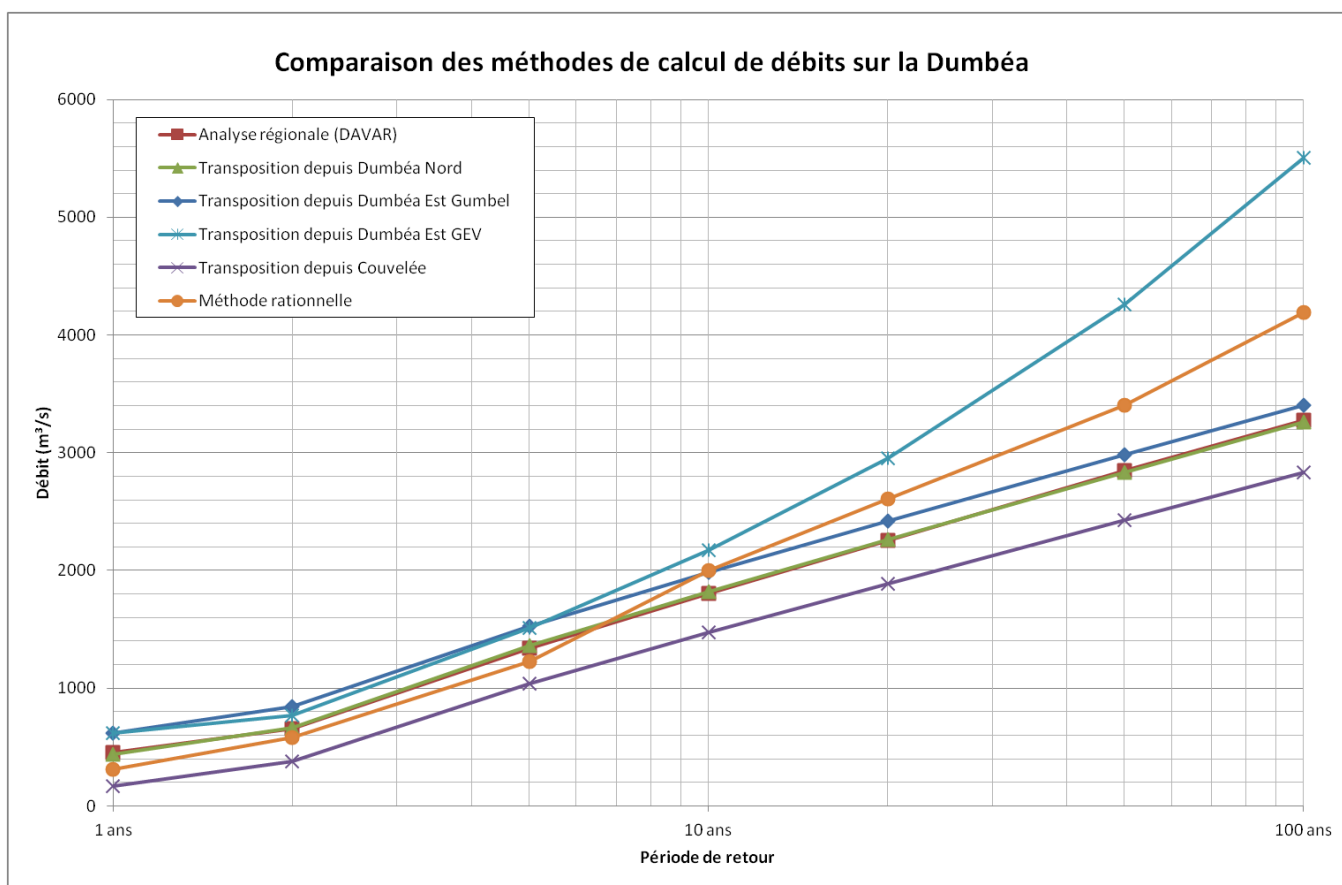


Figure 6 : Débits calculés sur la Dumbéa

IV.3.2. Analyse des résultats

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

- La méthode de transposition depuis La Couvelée aboutit aux résultats les plus faibles. Cette méthode est donc écartée afin de ne pas sous-estimer les débits de crue.
- La méthode d'analyse régionale de la DAVAR ainsi que les méthodes de transposition depuis Dumbéa Nord et Dumbéa Est avec un ajustement de Gumbel fournissent des résultats très similaires. Les résultats issus de la transposition depuis Dumbéa Est avec ajustement de Gumbel sont toutefois légèrement supérieurs aux deux autres.
- La méthode de transposition depuis Dumbéa Est avec des ajustements issus de la loi des extrêmes généralisés (GEV) fournit les débits les plus forts. Les débits résultants de cette méthode semblent être surestimés pour les épisodes les plus rares.
- Pour les périodes de retour supérieures à 10 ans, les débits calculés par la méthode rationnelle (valeurs d'intensités pluviométriques calculées à partir de la station de Montagne des Sources) sont compris entre les valeurs issues de la transposition depuis la Dumbéa Est avec ses différents ajustements (Gumbel et GEV).

Il est donc proposé de retenir les valeurs de débit issues de la méthode rationnelle, afin de rester sécuritaire.

Les débits théoriques du bassin versant de la Dumbéa sont donc les suivants :

Bassin versant	Débit (m³/s)			Débit spécifique (m³/s/km²)		
	T=5 ans	T=10 ans	T=100 ans	T=5 ans	T=10 ans	T=100 ans
Dumbéa	1225	2005	4190	5.3	8.6	18.1

Tableau 11 : Débits théoriques retenus

Les débits des sous bassins versants seront transposés depuis ces débits par l'application de la formule suivante :

$$Q_{SousBV} = \left(\frac{S_{SousBV}}{S_{Exutoire}} \right)^{0.75} \cdot Q_{Exutoire}$$

Cette méthode permet d'avoir une indication sur la valeur du débit de pointe. Cependant, ces valeurs ne seront pas utilisées dans la modélisation puisque celle-ci se fait un régime transitoire. Les hydrogrammes injectés dans le modèle sont issus des QDF calculés sur la station de Dumbéa Est. Les débits de pointe sont comparés aux valeurs présentées ci-dessous afin de vérifier la cohérence des débits injectés.

IV.3.3. Comparaison avec valeurs obtenues dans l'étude HYDREX

Les valeurs de débits pointe calculées sont comparées à celles retenues dans l'étude HYDEX (1995).

Période de retour (ans)	5	10	100
Débit HYDREX au droit du pont de la RT1 (S=218 km²) (m³/s)	1580	2220	4280
Débit HYDREX à l'exutoire (S=232 km²) m³/s)	1655	2340	4485
Débit SOPRONER à l'exutoire	1225	2005	4190

Les débits de pointe issus de l'étude HYDREX sont légèrement supérieurs aux valeurs calculées dans le cadre de cette étude. Ces écarts s'expliquent par la différence de méthodologie appliquée pour le calcul des débits de pointe. De plus, l'étude HYDREX ayant été réalisée en 1995, les stations hydrométriques disposaient de moins d'années de mesure de débit et donc d'échantillons plus faibles pour réaliser les ajustements statistiques.

IV.4. DETERMINATION DES DEBITS DE CRUES HISTORIQUES

L'objectif de cette partie est de fournir une évaluation de la période de retour de différents événements réels (et donc leur débit) pour lesquels des témoignages sont disponibles. Ces événements seront modélisés en vue d'effectuer le calage du modèle hydraulique.

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

- Anne (1988),
- Erica (2003).

La démarche proposée ci après repose sur deux approches différentes :

- **L'analyse de la période de retour de l'évènement considéré aux stations hydrométrique de référence** (La Couvelée, Dumbéa Nord et Dumbéa Est lorsque les données sont disponibles). Les hydrogrammes enregistrés lors de ces événements sont présentés en Annexe 4.
- **L'analyse de la période de retour des événements pluvieux** correspondant sur les stations disposant d'enregistrements, pour des durées encadrant les temps de concentration des bassins versants considérés.

Toutefois cette seconde méthode reste approximative. En effet, la période de retour d'un événement pluvieux n'implique par forcément une période de retour similaire de la crue générée. D'autres paramètres, notamment l'état de saturation du bassin versant, interviennent également. Les hyétogrammes (en cumul horaire) de ces événements aux stations retenues sont présentés en Annexe 4.

Pour le cyclone Anne, seules les données pluviométriques de la station du Mont Mou sont disponibles.

Pour le cyclone Erica, les données pluviométriques des postes suivants sont disponibles :

- Namié 3,
- Mont Mou,
- Ouinné,
- Dumbéa Nord.

IV.4.1. Cyclone Erica (Mars 2003)

Le cyclone Erica atteint son intensité maximale avec des vents moyens estimés à 215 km/h, alors qu'il ne se situe qu'à 160 km au nord-ouest de Koumac. Sa vitesse de progression n'est alors que de 15 km/h. Sa trajectoire s'incurve ensuite vers l'est, le cyclone se dirige plus rapidement vers la cote Ouest. Il touche Koné le 13 mars 2003 et longe ensuite toute la cote ouest avec une vitesse assez rapide (30 à 50 km/h). Il atteint Nouméa à 12h le 13 mars avant de quitter la Grande Terre et de toucher l'île des Pins.

Ce cyclone est principalement caractérisé par la force des vents observés, mais aussi par l'étendue des zones affectées. Les pluies observées ont aussi été très importantes mais le cyclone se déplaçant rapidement, elles ont été de courte durée.

Les dégâts, considérables sur la Grande Terre et l'Île des Pins, ont concerné aussi bien l'agriculture, les routes et bâtiments que les réseaux électriques et télécommunications.

⇒ Analyse hydrométrique

Les débits observés aux stations de référence présentent les périodes de retour suivantes :

Station	Débit observé (m³/s)	Période de retour
Couvelée	346	5 - 10 ans
Dumbéa Nord	543	20 - 50 ans
Dumbéa Est	681	Gumbel : 10-20 ans
		GEV : 5 - 10 ans

Tableau 12 : Analyse hydrométrique pour le cyclone Erica

⇒ Analyse Pluviométrique

Pour rappel, le temps de concentration du bassin versant de la Dumbéa est estimé à environ 4h.

Les périodes de retour des pluies enregistrées lors du cyclone Erica ont été estimées aux valeurs suivantes :

Durée Pluviomètre	1 - 4 h	5 - 9 h
Namié 3	2 - 5 ans	
Mont Mou	2 - 5 ans	
Ouiné	10 - 20 ans	
Dumbéa Nord	10 ans	5 - 10 ans

Tableau 13 : Analyse pluviométrique pour le cyclone Erica

⇒ Synthèse

Les données disponibles sont assez variables d'une station à l'autre.

Il est vraisemblable que ce cyclone présente **une période de retour de l'ordre d'environ 10 ans** sur la Dumbéa. Le débit de pointe pour cet épisode est donc estimé, d'après les ajustements sur la Dumbéa à :

$$Q_{\text{Dumbéa, Erica}} = 2\,000 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ces valeurs restent estimatives.

Les simulations hydrauliques étant réalisées en régime transitoires et les données de débit étant nombreuses sur le secteur d'étude, les hydrogrammes enregistrés au droit des différentes stations seront directement utilisés pour le calage du modèle.

IV.4.2. Cyclone Anne (Janvier 1988)

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 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 130 km/h avec un maximum à 166 km/h) et l'importance des précipitations enregistrées. En effet, entre le 11 et 13 janvier 1988, des quantités journalières significatives ont été observées sur le secteur d'étude avec 911 mm/j sur le poste de Canon, 908 mm/j sur Dumbéa Nord ou encore 478 mm/j à Kongouhaou. Le nord a été beaucoup moins arrosé.

⇒ Analyse hydrométrique

Les débits observés aux stations de référence présentent les périodes de retour suivantes :

Station	Débit observé (m³/s)	Période de retour
Couvelée	680	~50 ans

Tableau 14 : Analyse hydrométrique pour le cyclone Anne

⇒ Analyse Pluviométrique

Les périodes de retour des pluies enregistrées lors du cyclone Anne ont été estimées aux valeurs suivantes :

Durée Pluviomètre	2-3h	4-9h
Mont Mou	20 - 100 ans	> 100 ans

Tableau 15 : Analyse pluviométrique pour le cyclone Anne

⇒ Synthèse

Pour ce cyclone les données disponibles sont peu nombreuses, d'où la difficulté d'estimer de manière fiable la période de retour de cet événement.

Il est vraisemblable que ce cyclone présente **une période de retour comprise entre 50 et 100 ans** sur la Dumbéa.

Pour cet épisode, la station hydrométrique considérée comme la plus fiable est Dumbéa Est, celle-ci disposant d'un seuil. La valeur du débit de pointe enregistré à cette station est donc retenue et transposée au bassin versant global (S=232 km²). La valeur suivante de débit à l'exutoire du secteur d'étude sera donc utilisée pour la modélisation hydraulique :

$$Q_{\text{Dumbéa, Anne}} = 3\,000 \text{ m}^3/\text{s}$$

V. PROGRAMME DES 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.

Le plan des levés topographiques prévus à l'issue de la phase 1 sont présentés en Annexe 5. Les profils relevés présentent une longueur moyenne d'environ 40 m sur la Ouanéoué et la Carigou et une longueur d'environ 100 m sur la Dumbéa et la Couvelée. Les profils sont espacés en moyenne de 300 à 500 m. Cet espacement est fonction des enjeux présents et de la configuration topographique et géomorphologique du cours d'eau.

Les profils en travers en lit majeur sont générés à partir des données topographiques au 1/500^{ème} (source : DDR – Province Sud) disponibles sur l'ensemble du secteur d'étude.

Au final, les levés topographiques représentent :

- **Sur la Dumbéa :**
 - 34 profils en travers,
 - 3 ouvrages de franchissement,
- **Sur la Couvelée :**
 - 8 profils en travers,
 - 1 ouvrage de franchissement,
- **Sur la Ouanéoué :**
 - 20 profils en travers,
 - 6 ouvrages de franchissement,
- **Sur la Carigou :**
 - 19 profils en travers,
 - 4 ouvrages de franchissement,

VI. METHODOLOGIE GENERALE ET HYPOTHESES DE MODELISATION

VI.1. PREAMBULE

Le cours d'eau est modélisé à l'aide de l'outil Infoworks ICM développé par Innovyze. Le modèle constitué repose sur une géométrie « hybride » qui permet un couplage entre de la modélisation 1D et 2D, c'est-à-dire :

- Les lits mineurs des cours d'eau du secteur d'étude sont modélisés au moyen d'objets filaires en 1D, ce qui permet de prendre en compte le fonctionnement des ouvrages hydrauliques de manière fiable.
- L'ensemble du lit majeur et du champ d'expansion des crues de la Dumbéa et de la Couvelée est modélisé en 2D, ce qui permet de prendre en compte de manière fine la topographie et les ouvrages structurants pour les conditions d'écoulement en lit majeur et d'appréhender au mieux les différents phénomènes de stockage, d'écoulement bidirectionnels dans le champ d'expansion.

Ce modèle fait ensuite l'objet d'une étape de « calage » réalisée à partir des données des crues historiques disponibles (laisses de crue, débits de crue, ...) ainsi qu'une analyse de sensibilité spécifique.

Les modélisations hydrauliques sont effectuées en régime transitoire.

VI.2. GEOMETRIE DU MODELE HYDRAULIQUE

Les lits mineurs sont modélisés au moyen d'objets filaires en 1D. Les profils en travers sont issus d'une campagne de levés topographiques réalisés dans le cadre de la présente étude par le cabinet de géomètres Romain BAYLE. Ces levés ont été réalisés au mois de juillet 2014.

Au total, sont modélisés en 1D :

- Profils en travers du lit mineur :
 - L'ensemble des profils levés lors de la campagne de levés topographiques est utilisé,
 - Des profils en travers interpolés ont été ajoutés
- 13 ouvrages ;

Les lits majeurs des cours d'eau étudiés sont modélisés en 2D. Le maillage est réalisé sur la base des données topographiques au 1/500^{ème} (source : Province Sud).

Les routes principales (sauf la VE2), et notamment la RT1, qui sont intégrées dans les données topographiques générales au 1/500^{ème} ont été prises en compte comme des zones spécifiques où le maillage est plus fin que sur l'ensemble de la zone 2D afin de mieux représenter l'altimétrie des voiries.

La VE2 a été modélisée comme une « Base Linear Structure ». Il s'agit d'une ligne à laquelle on a renseigné l'altimétrie de la route, un coefficient de déversement et qui est incluse dans le maillage.

L'ouvrage de la VE2 permettant le franchissement de la Baie Hoff (en rive droite de la Dumbéa) est modélisé comme un « Bridge Linear Structure ». Cet outil, lié à une « Base Linear Structure » (ici la VE2), permet de construire un ouvrage en 2D.

Les caractéristiques suivantes ont été considérées pour la création du maillage, appelé « Zone_2D » dans le modèle :

- Taille minimale d'un élément : 250 m² ;
- Taille maximale d'un triangle : 4 000 m² ;

- Variation maximale de hauteur dans un élément : 30 cm ;
- La condition aux limites appliquée aux bordures du maillage est de type « Mur vertical », les écoulements ne peuvent pas sortir du modèle. Les limites de la zone 2D sont dans tous les cas suffisamment éloignées de la zone inondable. La condition limite « Mur Vertical » ne s'applique pas là où la condition de marée est appliquée, c'est la condition limite aval qui prévaut.

Au global, ce sont 90 000 triangles et 72 500 éléments qui ont été créés.

Le lit mineur (1D) et la zone 2D sont connectés par les berges du lit mineur. Ces « berges » sont considérées d'un point de vue théorique comme des déversoirs sur lesquels sont calculés les échanges entre le lit mineur représenté en 1D et le lit majeur représenté en 2D.

A l'extrémité du 1D, un objet de type « Inline bank » permet de connecter le 1D à la zone 2D. Ainsi, tout ce qui arrive dans le 1D déverse dans la zone 2D à travers l'Inline bank.

Les coefficients de Strickler appliqués en lit mineur et sur la zone 2D ont été ajustés dans la phase de calage, ils sont donc précisés dans le paragraphe VII.3.2.

La géométrie ainsi construite est représentée sur la Planche 4.

→ Cf. Planche 4 : Synoptique du modèle hydraulique

VII. CALAGE DU MODELE

VII.1. METHODOLOGIE

Le calage du modèle a été réalisé en 2 temps :

- Définition des hypothèses hydrologiques (conditions aux limites en débit) : ajustement des paramètres afin de caler les volumes de crue et le débit maximum pour les épisodes enregistrés au droit des stations de la DAVAR;
- Calage du modèle géométrique : ajustement de la rugosité, caractérisée par les coefficients de Strickler, aussi bien en lit mineur que dans le champ d'expansion des crues couvert par le maillage 2D ;

Ces paramètres ont été ajustés de manière itérative afin que les résultats de simulations soient les plus proches des observations effectuées lors d'évènements réels.

Le calage a porté sur les évènements suivants :

- Le cyclone Erica (Mars 2003), qui correspond à un épisode de période de retour d'environ 10 ans (cf. §IV.4.1) ;
- Le cyclone Anne (Janvier 1988), qui correspond à un épisode de période de retour d'environ 50 à 100 ans (cf. § IV.4.2) ;

Le calage des modèles hydrologique et hydraulique s'est limité à ces deux épisodes de crue.

Pour cette phase de calage, les conditions limites aval correspondent à des données précises enregistrées lors des crues au niveau du marégraphe de Ouinné appartenant au SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, Gouvernement de la Nouvelle Calédonie) et qui ont été récupérées auprès du REFMAR (site des réseaux de référence des observations marégraphiques). Pour le cyclone Anne, le niveau de marée maximal enregistré pendant cet épisode (0.62 m NGNC) a été appliqué pendant toute la durée de la crue. De même pour Erica : le niveau maximal enregistré (0.67 m NGNC) a été appliqué pendant toute la durée de la crue.

VII.2. DEFINITION DES HYPOTHESES HYDROLOGIQUES

VII.2.1. Méthodologie

Les simulations hydrauliques sont réalisées en régime transitoire, des hydrogrammes de crue sont donc injectés dans le modèle. Les apports sont répartis en

- 4 points d'injection sur la Dumbéa (en amont, au niveau des jonctions avec le Carigou et la Ouanéoué et en aval de la jonction avec la Ouanéoué) ;
- 1 injection de débit le long d'une ligne au niveau de la Nondoué ;
- 2 points d'injection sur la Couvelée ;
- 3 points d'injection sur le Carigou (2 en amont pour chacun des affluents et un à la confluence Carnot-Carigou amont) ;
- 2 points d'injection sur la Ouanéoué (Un en amont et un sur le linéaire).

Ces différents points sont localisés sur la Planche 4. Les caractéristiques des sous bassins versants sont les suivantes :

Bassin versant	Surface (km ²)	Temps de concentration
BV Dumbéa global	232	250 minutes
BV Couvelée amont	40	85 minutes
BV Carigou	9	60 minutes
BV Ouanéoué	11	80 minutes
BV Nondoué	28	90 minutes

Les temps de transfert théoriques entre les différents points d'injection de débit ont été estimés sur la base d'une vitesse de transfert de 2.2 m/s, valeur correspondant à la vitesse d'écoulement moyenne sur la Dumbéa (cf. §IV.2). Ce temps de transfert permet d'évaluer les décalages à prévoir entre les différents hydrogrammes afin que le débit de pointe reste cohérent en tout point du modèle.

Ces estimations restent théoriques et ne tiennent pas compte des stockages et amortissements qui se produisent du fait de l'expansion des crues en lit majeur mais cette première approche servira de base au calage hydrologique du modèle réalisé.

Pour les crues de calage, les hydrogrammes aux stations limnimétriques de la Couvelée, Dumbéa Nord et Dumbéa Est sont disponibles.

Ces données seront réutilisées pour créer des hydrogrammes pour chacun des sous bassins versants.

La démarche suivie pour définir ces hydrogrammes de crue de calage est la suivante :

- ⇒ Etape 1 : Déterminer le volume global de crue à l'exutoire en utilisant une transposition du volume mesuré au droit de la station sur 24h ;
- ⇒ Etape 2 : Définir les apports en volume pour chacun des sous bassins versants au prorata de la surface du sous bassin versant à partir du volume global déterminé à l'étape 1 ;
- ⇒ Etape 3 : Pour chacun des sous bassins versants, définir un hydrogramme par transposition de l'hydrogramme à la station limnimétrique. Les volumes obtenus par cette simple transposition sont sensiblement plus importants que ceux déterminés à l'étape 2.
- ⇒ Etape 4 : Adapter itérativement les hydrogrammes obtenus à l'étape 3 jusqu'à obtenir le volume de crue recherché pour chaque sous bassin versant. Pour cela, les pas de temps de construction seront artificiellement modifiés ce qui permet notamment de réduire les temps de réponse des petits sous bassins versants. A l'issue de cette étape, les hydrogrammes qui seront injectés en chaque point sont définis.
- ⇒ Etape 5 : Caler dans le temps les différentes injections afin qu'au niveau de chaque jonction les débits de pointe restent cohérents. Pour cela les différents temps de transfert entre les points d'injection sont pris en compte. Cette étape est itérative :
 - En 1^{ère} approche, les débits de pointe théoriques aux jonctions obtenus par transposition depuis le débit de pointe calculé à l'exutoire sont recherchés. La vitesse de transfert est de 2.2 m/s. A l'issue de cette première simulation, il apparaît que les débits aux jonctions sont plus faibles que ceux attendus et les niveaux d'eau calculés en dessous des cotes observées.
 - En 2^{ème} approche, suite aux résultats de la première simulation, les débits aux jonctions ont été artificiellement gonflés en jouant sur le décalage dans le temps des injections. Précisons que les hydrogrammes injectés ne sont pas modifiés, ils sont juste décalés dans le temps. Les injections des débits des bassins versants des affluents (Nondoué, Ouanéoué et Carigou) sont calées dans le temps en fonction du temps de concentration de leur bassins versants par rapport aux temps de concentration des stations Couvelée et Dumbéa Est.

A titre d'exemple : le temps de concentration de la Couvelée est de 85 min, ceux de la Nondoué et de la Ouanéoué sont similaires (respectivement 80 et 84 min). Ainsi, la pointe de crue sur la Couvelée (donnée station) arrive en même temps que les pointes de crue des bassins de la Nondoué et Ouanéoué aux jonctions avec la Dumbéa. Pour le Carigou, qui a un temps de concentration plus faible, la pointe de crue arrive avant à la jonction Carigou/Dumbéa (décalage de 20 min environ par rapport aux autres bassins versants).

VII.2.2. Erica (14 mars 2003) – T= 10 ans

Pour le cyclone Erica, des hydrogrammes ont été enregistrés aux stations de La Couvelée, Dumbéa Nord et Dumbéa Est. Les hydrogrammes des sous bassins versants Couvelée amont et aval sont obtenus par transposition depuis la station de la Couvelée qui est située juste en amont du secteur d'étude. Les autres hydrogrammes sont obtenus par transposition et décalage dans le temps depuis la station de Dumbéa Est. Cette station a été retenue dans la mesure où elle fournit les données les plus fiables.

Pour le cyclone Erica, les différents résultats de la démarche détaillée dans le paragraphe précédent sont les suivants :

Bassin versant	Surface drainée (km ²)	Volume de crue sur Erica(Mm ³)	Débit de pointe (m ³ /s)
Station limnimétrique Dumbéa Est	51	11.1	681
Station limnimétrique Couvelée	40	7.4	341
BV Global	232	34.6	2125
BV Dumbéa amont	109	16.3	1205
BV Couvelée amont	40	7.4	345
SBV Couvelée aval	5	0.7	72
SBV Koé	7	1.0	154
SBV Dumbéa intermédiaire	6	0.9	137
SBV Carnot	3	0.4	81
SBV Carigou amont	4	0.6	93
SBV Carigou aval	2.2	0.3	65
BV Nondoué	28	4.2	435
SBV Ouanéoué amont	6	0.9	137
SBV Ouanéoué aval	5	0.7	120
SBV Dumbéa aval	18	2.7	312

Pour cette crue de calage, à l'issue de l'étape 5, les différents hydrogrammes sont les suivants :

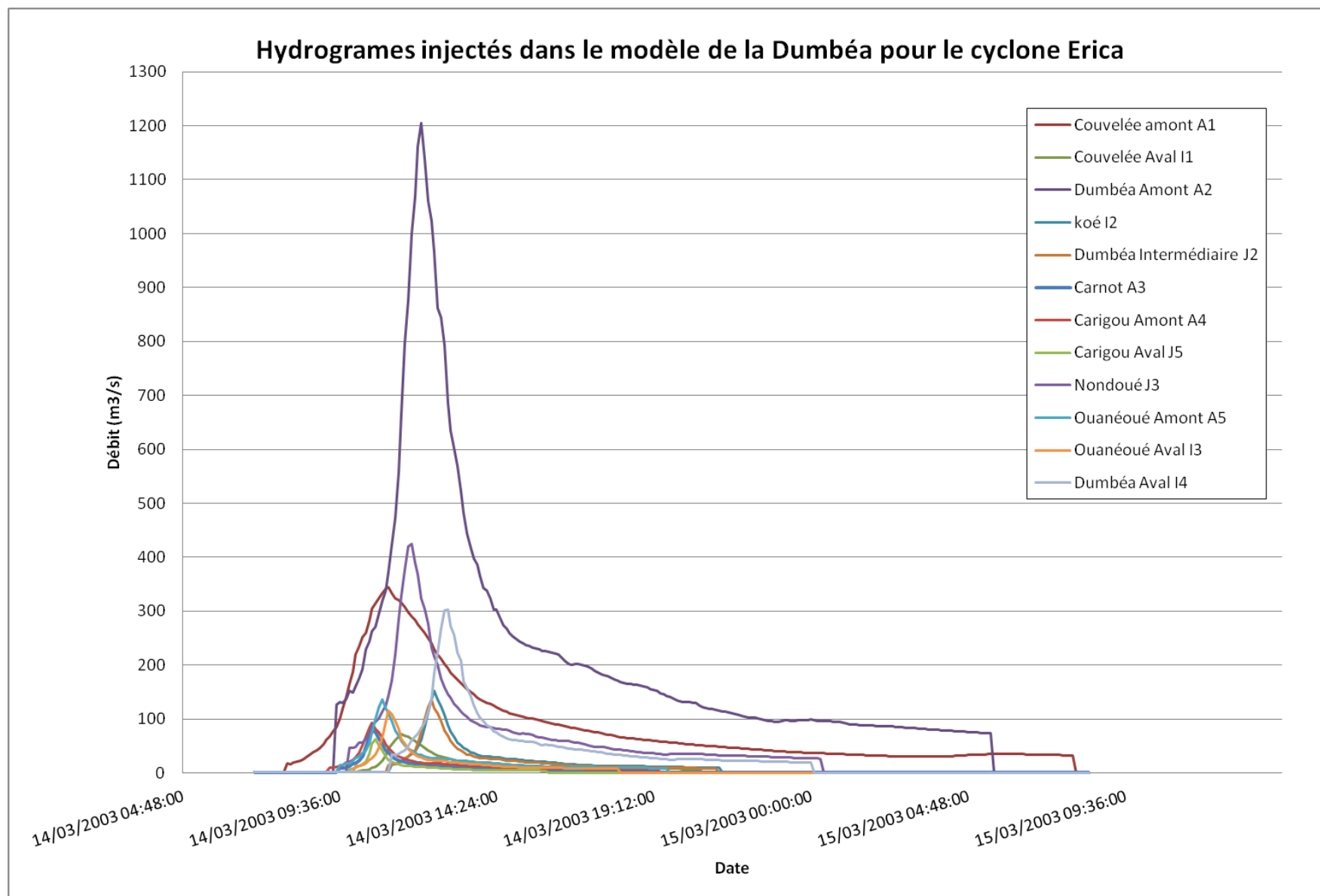


Figure 7 : Hydrogrammes de crue définis pour la crue de calage Erica

VII.2.3. Anne (12 janvier 1988) – T = 50 -100 ans

Pour le cyclone Anne, seule la station de la Couvelée dispose d'un hydrogramme enregistré. La station de Dumbéa Est n'a enregistré qu'un débit de pointe.

L'hydrogramme de crue à l'exutoire est déterminé par transposition depuis la station de la Couvelée. Cependant, le débit de pointe obtenu est inférieur au débit de pointe obtenu par transposition depuis la station de Dumbéa Est (2500 m³/s contre 3000 m³/s). Cette station étant considérée comme la plus fiable, un facteur multiplicatif de 1.18 a été appliqué à l'hydrogramme à l'exutoire afin que le débit de pointe à l'exutoire corresponde au débit de pointe obtenu par transposition depuis Dumbéa Est, soit 3000 m³/s.

Les hydrogrammes des sous bassins versants sont obtenus par transposition depuis l'hydrogramme à l'exutoire, puis la démarche présentée dans le §VII.2.1 est appliquée.

Durant la phase de calage, les débits semblaient sous-estimés (décalage entre les niveaux maximum observés et les niveaux maximums calculés). Il a donc été convenu de majorer les hydrogrammes injectés de 10%. Les débits obtenus suite à cette majoration restent cohérents. Les éléments issus de cette démarche sont les suivants :

Bassin versant	Surface drainée (km ²)	Volume de crue sur Anne (Mm ³)	Débit de pointe (m ³ /s)
Station limnimétrique Dumbéa Est	51	-	1000
Station limnimétrique Couvelée	40	19.7	680
BV Global	232	95.4	3300
BV Dumbéa amont	109	44.8	1870
BV Couvelée amont	40	16.5	880
SBV Couvelée aval	5	2.1	185
SBV Koé	7	2.9	235
SBV Dumbéa intermédiaire	6	2.4	210
SBV Carnot	3	1.3	125
SBV Carigou amont	4	1.4	150
SBV Carigou aval	2.2	0.9	95
BV Nondoué	28	11.5	660
SBV Ouanéoué amont	6	2.4	200
SBV Ouanéoué aval	5	2.1	185
SBV Dumbéa aval	18	7.4	475

Pour cette crue de calage, les différents hydrogrammes sont donc les suivants :

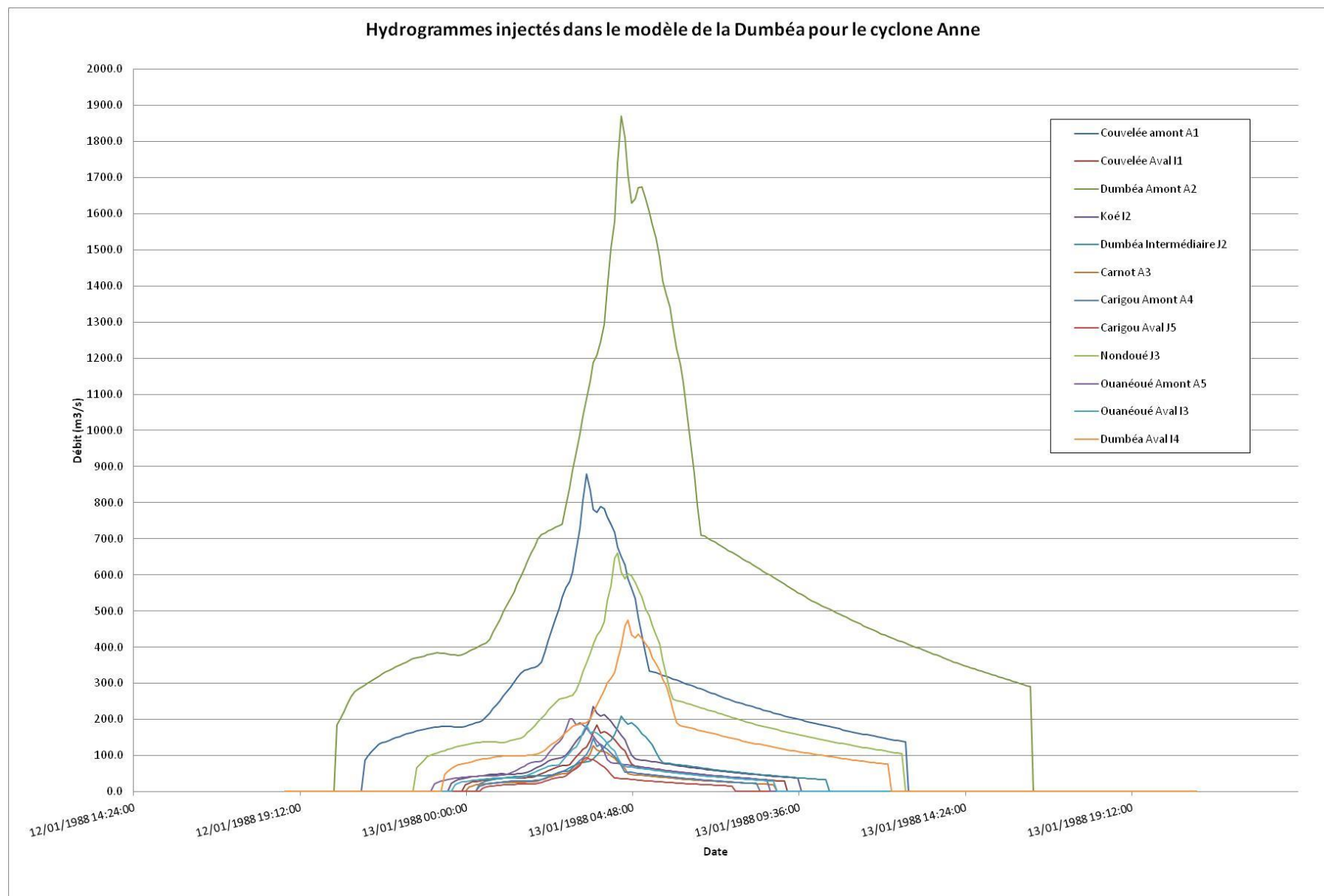


Figure 8 : Hydrogrammes de crue définis pour la crue de calage Anne – Majoration de 10%

Les simulations ont mis en évidence un phénomène d'amortissement important au niveau des plaines du golf de Dumbéa et la Plaine Adam. Le graphique suivant présente un hydrogramme (orange) représentant la somme de tous les débits injectés dans le modèle à un instant t . Au maximum, 4500 m³/s sont injectés au même moment. Les autres courbes représentent les hydrogrammes calculés par le modèle au droit de différentes sections. A l'exutoire, le débit de pointe atteint 2500 m³/s contre 3000 m³/s estimés par transposition depuis la station de Dumbéa Est.

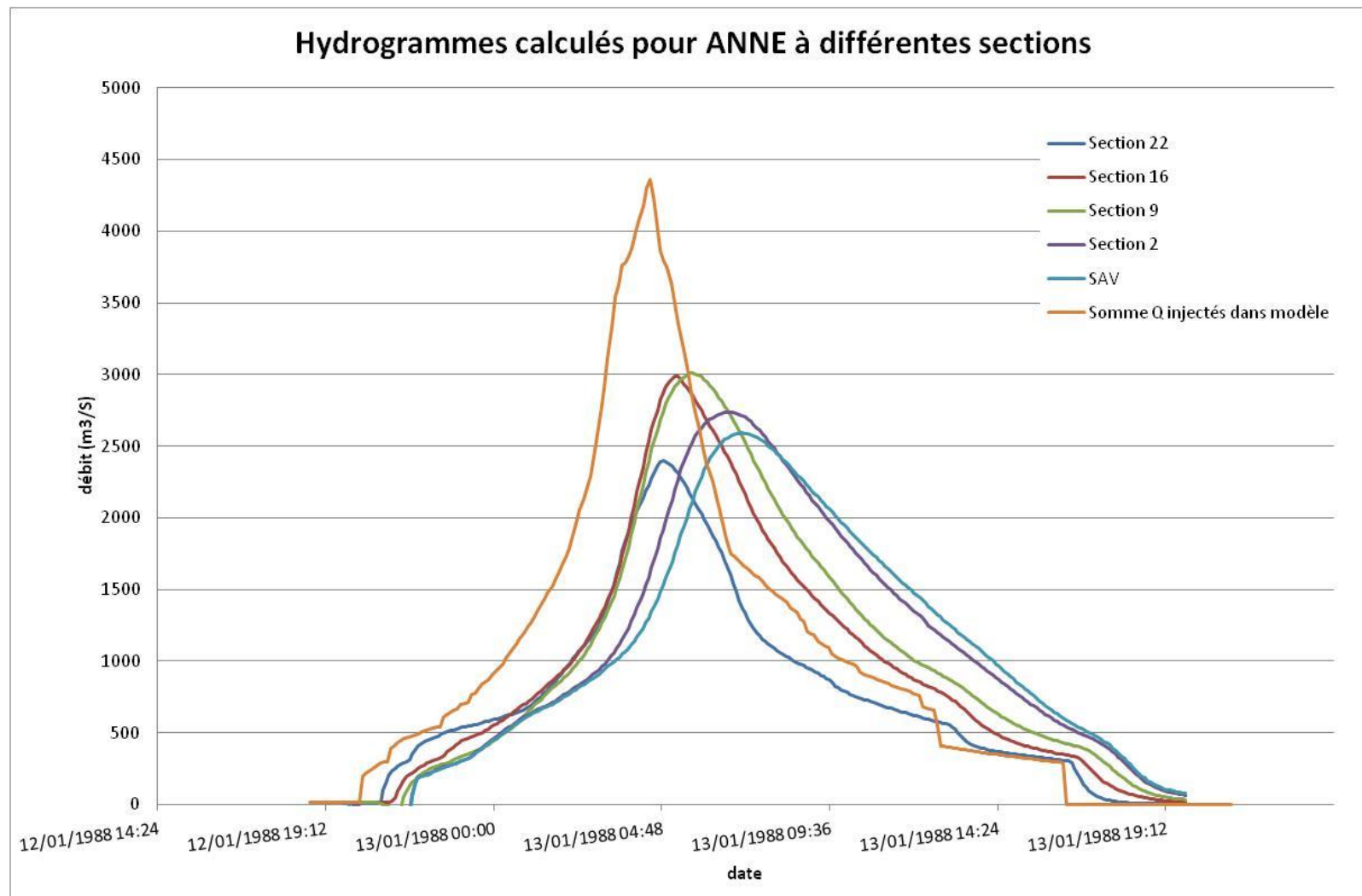


Figure 9 : Hydrogrammes calculés pour Anne

VII.3. CALAGE DU MODELE HYDRAULIQUE – AJUSTEMENT DES COEFFICIENTS DE STRICKLER

VII.3.1. Résultats de calage

La rugosité, caractérisée par les coefficients de Strickler, aussi bien en lit mineur que dans le champ d'expansion des crues couvert par le maillage 2D, a fait l'objet d'un ajustement itératif, afin d'approcher par le calcul les cotes observées pour les cyclones Anne et Erica.

Les comparaisons entre les laisses de crue observées et les cotes calculées par modélisation hydraulique sont présentées sur les tableaux suivants, la Planche 5 et la Planche 6.

Sur ces 2 tableaux, la symbolologie adoptée est la suivante :

- Valeur colorées en rouge : Ecart négatifs supérieurs à 30 cm - La valeur calculée est beaucoup plus faible que celle observée ;
- Valeur colorées en vert : Ecart entre valeurs observées et calculées compris entre -30 cm et 30 cm - Les valeurs modélisées sont proches de celles observées ;
- Valeur colorées en bleu : Ecart positifs supérieurs à 30 cm - La valeur calculée est beaucoup plus importante que celle observée ;

Laisse	Source	Niveau observé (m NGNC)	Niveau calculé (m NGNC)	Δ calculé-observé
A1	Echelle	3.23	3.46	0.23
A2	Laisse	2.59	2.78	0.19
A3	Laisse	2.52	2.51	-0.01
A4	Laisse	3.71	3.57	-0.14
A5	Laisse	3.94	3.81	-0.13
A6	Echelle	5.6	5.14	-0.46
A7	Equete	16.1	17.6	1.5
A8	Laisse	6.69	6.91	0.22
A9	Laisse	6.71	6.87	0.16
A10	Laisse	7.54	7.33	-0.21
A11	Laisse	6.74	7.06	0.32
A12	Laisse	6.77	7.07	0.3
A13	Laisse	7.93	7.88	-0.05
A15	Laisse	7.99	8.05	0.06
A16	Laisse	8.49	8.53	0.04
A17	Laisse	8.82	8.85	0.03
A18	Laisse	13.05	12.77	-0.28
A19	Laisse	12.95	13.15	0.2
A20	Enquete	17.5	17.48	-0.02
A22	Equete Soproner	8.54	8.62	0.08
A23	Enquete Soproner	12.33	11.27	-1.06
Moyenne des valeurs absolues				0.3
Ecart max (m)				1.5
Ecart min (m)				0.01

Laisse	Source	Niveau observé (m NGNC)	Niveau calculé (m NGNC)	Δ calculé-observé
E1	Echelle	1.59	1.47	-0.12
E2	Echelle	1.95	1.74	-0.21
E3	Echelle	3.57	3.58	0.01
E4	Echelle	4.78	4.75	-0.03
E5	Echelle	5.97	5.88	-0.09
E6	Echelle	5.81	5.88	0.07
E7	Echelle	5.75	5.86	0.11
E8	Echelle	5.73	5.86	0.13
E9	Echelle	6.24	6.3	0.06
E10	Echelle	7.28	6.98	-0.3
E11	Echelle	6.6	6.47	-0.13
E12	Enquete	9.82	9.52	-0.3
E13	Enquete Soproner	47.6	47.66	0.06
Moyenne des valeurs absolues				0.1
Ecart max (m)				0.3
Ecart min (m)				0.01

Tableau 16 : Résultats de calage pour le cyclone Erica

D'une manière générale, pour les crues observées lors des cyclones Anne et Erica, les valeurs calculées présentent des écarts inférieurs à 30 cm en moyenne par rapport aux cotes observées.

Les résultats de calage sont présentés sur la Planche 5 de l'atlas cartographique joint au présent rapport.

→ **Cf. Planche 5 : Résultats de calage ANNE et Planche 6 : Résultats de calage ERICA**

Pour la crue Anne, l'écart maximal se situe au niveau des laisses A23 et A7. Ces laisses sont issues d'une enquête de terrain. Les niveaux levés restent approximatifs dans ces cas là.

Pour Erica, l'écart maximal est de 30 cm au niveau des laisses E12 et A9. La laisse A12 est issue d'une enquête de terrain réalisée par SOPRONER. Les niveaux levés restent approximatifs dans ces cas là.

Ces écarts restent toutefois très localisés.

VII.3.2. Paramètres retenus à l'issue du calage

Les coefficients de Strickler suivants ont été retenus à l'issue du calage :

- En lit mineur :
 - Sur la Dumbéa :
 - 17 sur l'amont jusqu'à la confluence avec la Couvelée
 - 18 entre les confluences avec la Couvelée et le Carigou
 - 22 sur la partie intermédiaire en aval de la confluence avec le Carigou jusqu'au parc Fayard
 - 27 sur la partie aval
 - Sur les affluents de la Dumbéa
 - 20 sur la Couvelée
 - 18 sur le Carigou
 - 18-22 sur la Ouanéoué
- En lit majeur : 6 sur la totalité de la zone 2D sauf au niveau de la baie de Hoff où $K=15$ et dans la mer en aval de l'ouvrage de franchissement de la SAV où $K=27$

A titre de comparaison, les coefficients retenus lors de l'étude HYDREX étaient les suivants :

- 27 à 30 en lit mineur pour la Dumbéa,
- 17 à 20 en lit mineur pour la Nondoué,
- 8 dans la mangrove,
- 10 à 14 en lit majeur.

VIII. MODELISATION DES CRUES DE REFERENCE

Les crues de référence de périodes de retour 5, 10 et 100 ans ont été simulées sur la base du modèle hydraulique calé sur les crues Anne et Erica.

VIII.1. HYPOTHESES

VIII.1.1. Condition limite amont

Pour rappel, les simulations hydrauliques sont réalisées en régime transitoire, des hydrogrammes de crue sont donc injectés dans le modèle. Les apports sont répartis en :

- 4 points d'injection sur la Dumbéa (en amont et au niveau des jonctions avec le Carigou et la Ouanéoué);
- 1 injection de débit le long d'une ligne au niveau de la Nondoué ;
- 2 points d'injection sur la Couvelée ;
- 3 points d'injection sur le Carigou (2 en amont pour chacun des affluents et un à la confluence Carnot-Carigou amont) ;
- 2 points d'injection sur la Ouanéoué (un en amont et un sur le linéaire).

Ces hydrogrammes de crue, sont construits dans le but d'obtenir des hydrogrammes conformes aux données Débit-Durée-Fréquence (QDF, fournies par la DAVAR) au droit de la station hydrométrique de Dumbéa Est.

Durée (mn)	Période de Retour T (année)							Paramètres de Gumbel			Observations	
	1	2	5	10	20	50	100	Gd	P0	R²	Valeur Max	Durée(ans)
15	187	253	457	592	722	889	1015	180	187	0.991	905	37.00
30	185	246	433	557	676	830	945	165	185	0.991	892	37.00
60	175	233	414	533	648	796	907	159	175	0.991	846	37.00
90	167	224	399	515	626	770	878	155	167	0.990	799	37.00
120	160	214	381	492	598	736	839	148	160	0.987	748	37.00
180	150	199	351	451	547	672	766	134	150	0.982	654	37.00
360	130	173	304	392	475	584	665	116	130	0.982	560	37.00
1440	68	92	166	215	262	322	368	65	68	0.954	269	37.00
2880	35	50	98	129	159	198	227	42	35	0.921	156	37.00
5760	18	27	54	73	90	113	129	24	18	0.941	93	37.00

Figure 10 : QDF de la station de Dumbéa Est, source DAVAR

Pour chacune des durées, le volume de crue est conservé. La pointe de crue a légèrement été élargie (durée de la pointe = 15 min).

L'hydrogramme à la station de Dumbéa Est pour la crue centennale obtenu avec cette méthode est présenté sur la figure suivante. Les hydrogrammes théoriques à la station pour les crues de périodes de retour 5 et 10 ans sont obtenus de la même manière.

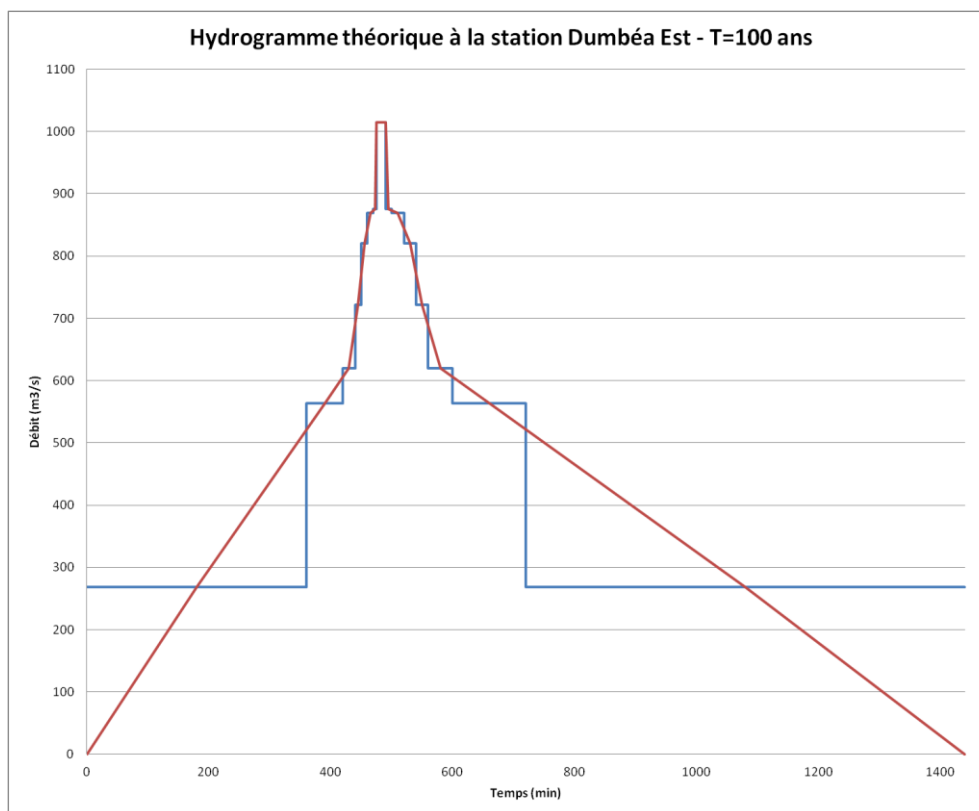


Figure 11 : Hydrogramme de crue synthétique au droit de la station hydrométrique de Dumbéa Est – T=100 ans

Les hydrogrammes des différents sous bassins versants injectés dans le modèle hydraulique sont construits à partir des hydrogrammes à la station en suivant la même méthode que celle pour les crues de calage décrite dans le § VII.2.1 Méthodologie). Les décalages temporels pour les injections de différents hydrogrammes sont identiques aux injections des crues de calage.

Afin de rester sécuritaire et de ne pas sous estimer les débits, comme pour la crue de calage Anne, l'ensemble des hydrogrammes injectés a été majoré de 10%.

A titre d'exemple, les hydrogrammes injectés en amont de la Dumbéa sont présentés sur la figure suivante :

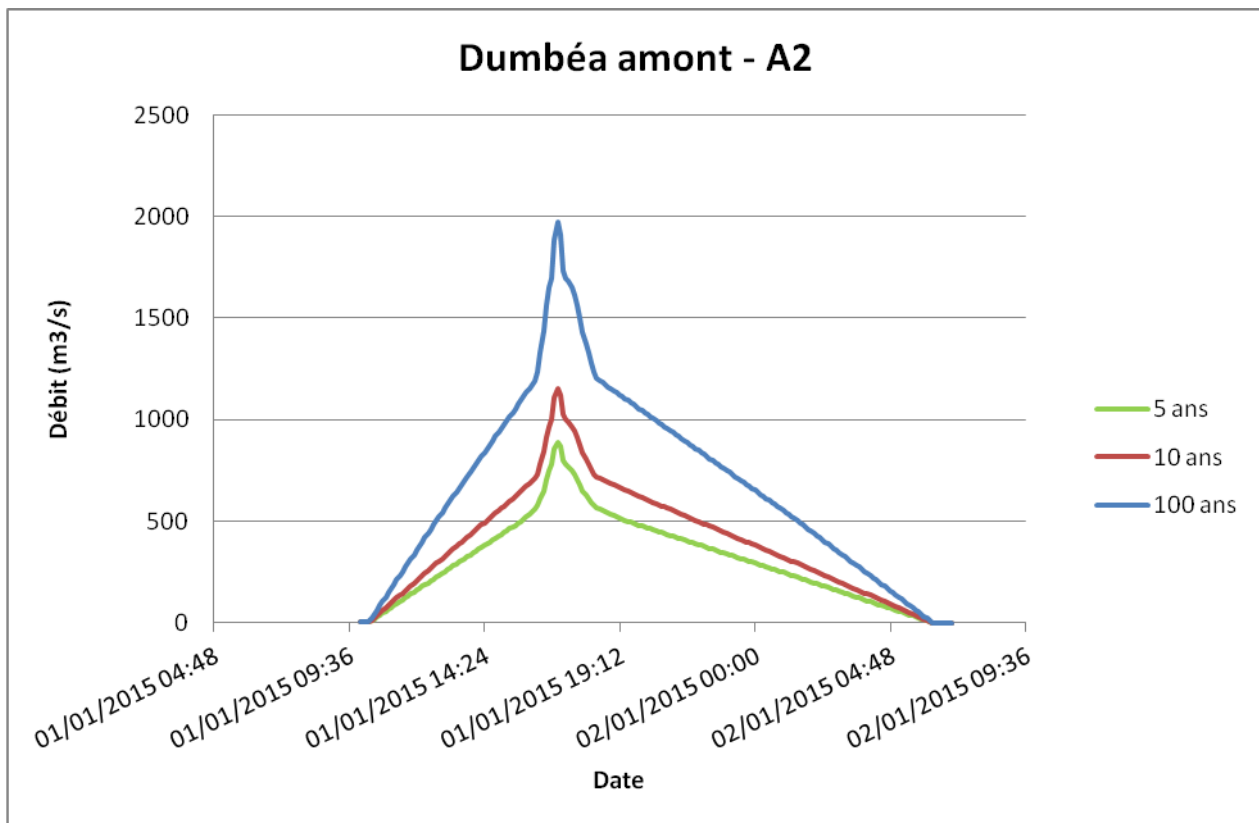


Figure 12 : Débits de crue théoriques injectés au niveau de Dumbéa amont

Les hydrogrammes théoriques injectés sont présentés en Annexe 6 ainsi que sur la Planche 4 : Synoptique du modèle hydraulique. A noter que tous les hydrogrammes injectés ne sont pas présentés dans le synoptique pour des raisons de lisibilité et de place. Seuls les hydrogrammes en amont de chaque bief sont présentés.

→ Cf. Planche 4 : Synoptique du modèle hydraulique

VIII.1.2. Condition limite aval

La condition limite aval intervient sous la forme d'une « Limite 2D » sous forme de ligne qui permet d'appliquer une condition limite en aval de la zone 2D. A noter qu'il n'y a pas de condition limite aval appliquée à l'extrémité du 1D dans la mesure où tout ce qui arrive à l'extrémité du 2D déverse à travers « l'inline bank ».

Pour les simulations des crues de référence de période de retour 5, 10 et 100 ans, un niveau fixe dans le temps a été appliqué. Il s'apparente aux valeurs usuellement utilisées dans les études hydrauliques en Nouvelle Calédonie et correspond à une valeur de marée haute majorée par une surcote cyclonique, à savoir :

- 1,1 m NGNC pour les crues de période de retour 5 et 10 ans ;
- 1,4 m NGNC pour les crues de période de retour 100 ans.

L'influence de la condition limite aval a fait l'objet d'une analyse de sensibilité dans un chapitre suivant.

VIII.2. ANALYSE GENERALE DES CRUES

VIII.2.1. Fonctionnement hydraulique général – Chenaux d'écoulement et points de débordements

Cette partie présente l'analyse générale des écoulements dans la Dumbéa et ses affluents, l'identification des chenaux secondaires et les points de débordements pour les crues de périodes de retour 5, 10 et 100 ans. Les ouvrages et les enjeux impactés sont détaillés dans les paragraphes suivants.

- **Crue centennale**
- **Cf. Planche 7 : Analyse des écoulements Q100**

La crue centennale est largement débordante sur l'ensemble du secteur d'étude. Les hauteurs d'eau sont supérieures à 1.50 m sur la grande majorité de l'emprise inondée. Les vitesses en lit majeur sont de l'ordre de 0.5 à 0.8 m/s. Elles peuvent être supérieures à 1m/s localement.

Sur la partie amont de la Dumbéa, la plaine de Koé en rive gauche est inondée. La majorité du débit transite en lit mineur.

Les débordements du Carigou sont assez restreints. Les hauteurs d'eau sont de l'ordre de 1.50 m.

Sur la partie intermédiaire du secteur d'étude (aval confluence avec la Couvelée – Golf – parc Fayard), les hauteurs d'eau sont supérieures à 1.5 m. Des chenaux d'écoulement secondaires se créent le long des voiries (RM2 en rive droite et RM4 en rive gauche). Les écoulements se déversent le long de la RT1. Presque la moitié des écoulements transite en lit majeur sur ce tronçon.

La RT1 est submergée au niveau de la confluence Dumbéa Ouanéoué et au niveau de la Pépinière sur la Ouanéoué. La RM4 et la RM2 sont largement submergées avec des hauteurs d'eau de plus de 4 m (Cf. § Voiries).

Sur le tronçon en aval de la confluence avec la Ouanéoué, l'emprise de la zone inondée est plus réduite en raison de la topographie du site (Section 9) qui agit comme un goulet d'étranglement. 85% du débit de crue transite en lit mineur.

Dans la plaine Adam, les hauteurs d'eau sont supérieures à 1.50 m mais les vitesses d'écoulement en lit majeur restent faibles (<0.5 m/s). La majorité du débit passe en lit mineur (60%).

Au droit de la SAV, la quasi-totalité du débit passe en lit mineur sous l'ouvrage. (Cf. § Voiries)

La plaine du golf de la Dumbéa et la plaine Adam engendrent un amortissement important de la crue. Sur un volume de crue à l'exutoire de 100 Millions m³, 9Mm³ sont stockés dans la plaine du Golf et 11Mm³ sont stockés dans la plaine Adam, soit un stockage de 20% du volume engendré par la crue centennale.

Les hydrogrammes calculés au droit des sections 22, 16, 9, 2 et au droit de la SAV sont présentés sur la figure suivante. Ces hydrogrammes mettent bien en évidence les phénomènes d'amortissement qui se produisent dans les plaines du golf de la Dumbéa et la plaine Adam.

A l'exutoire, le débit de pointe atteint 3100 m³/s, contre 3400 m³/s estimés par transposition depuis la station de Dumbéa Est (ajustement de Gumbel).

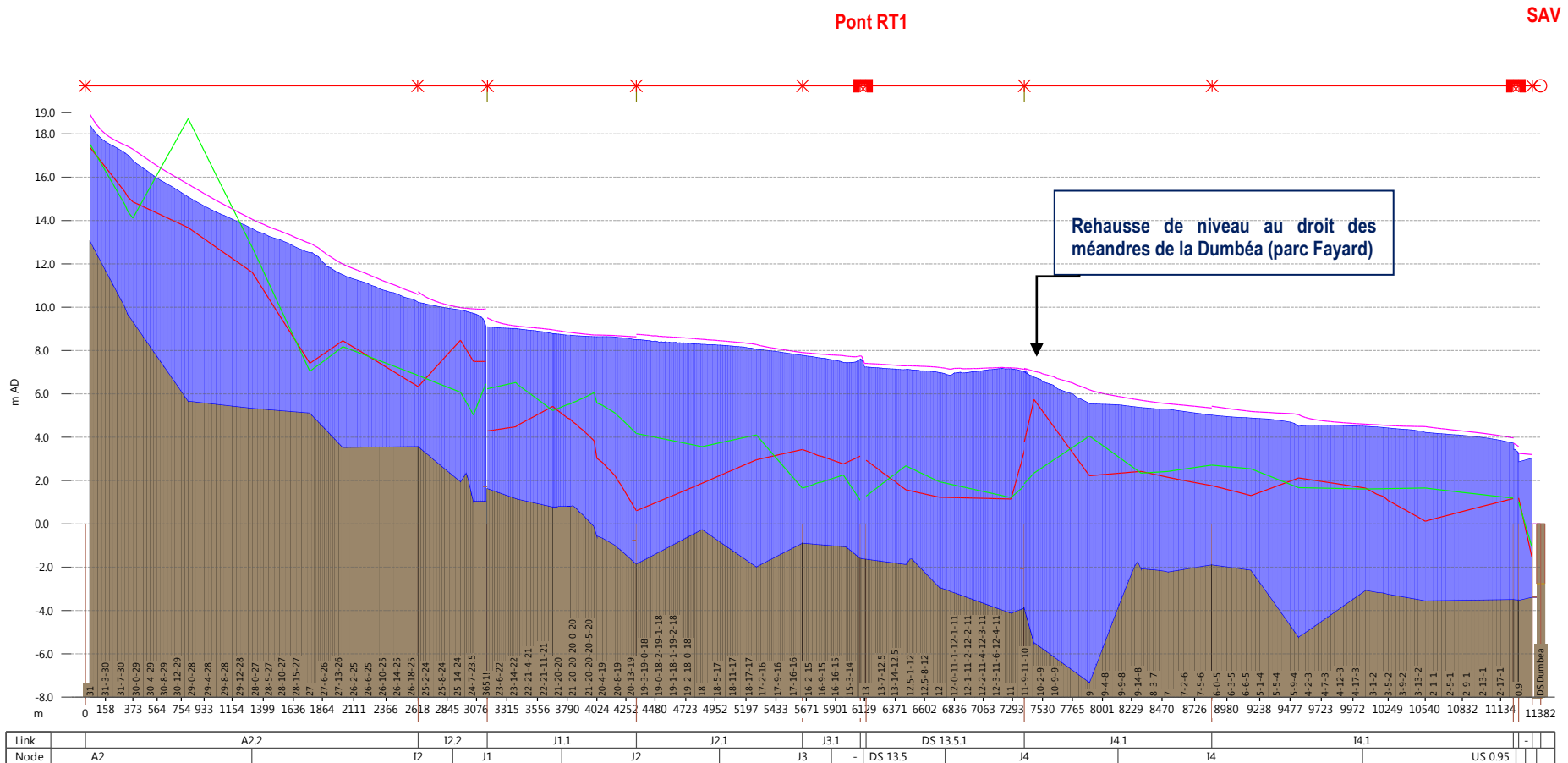


Figure 13 : Profil en long Dumbéa – T=100 ans

La Dumbéa est largement débordante pour la crue centennale.

Les profils en long des biefs Ouanéoué, Carigou et Couvelée sont présentés en Annexe.

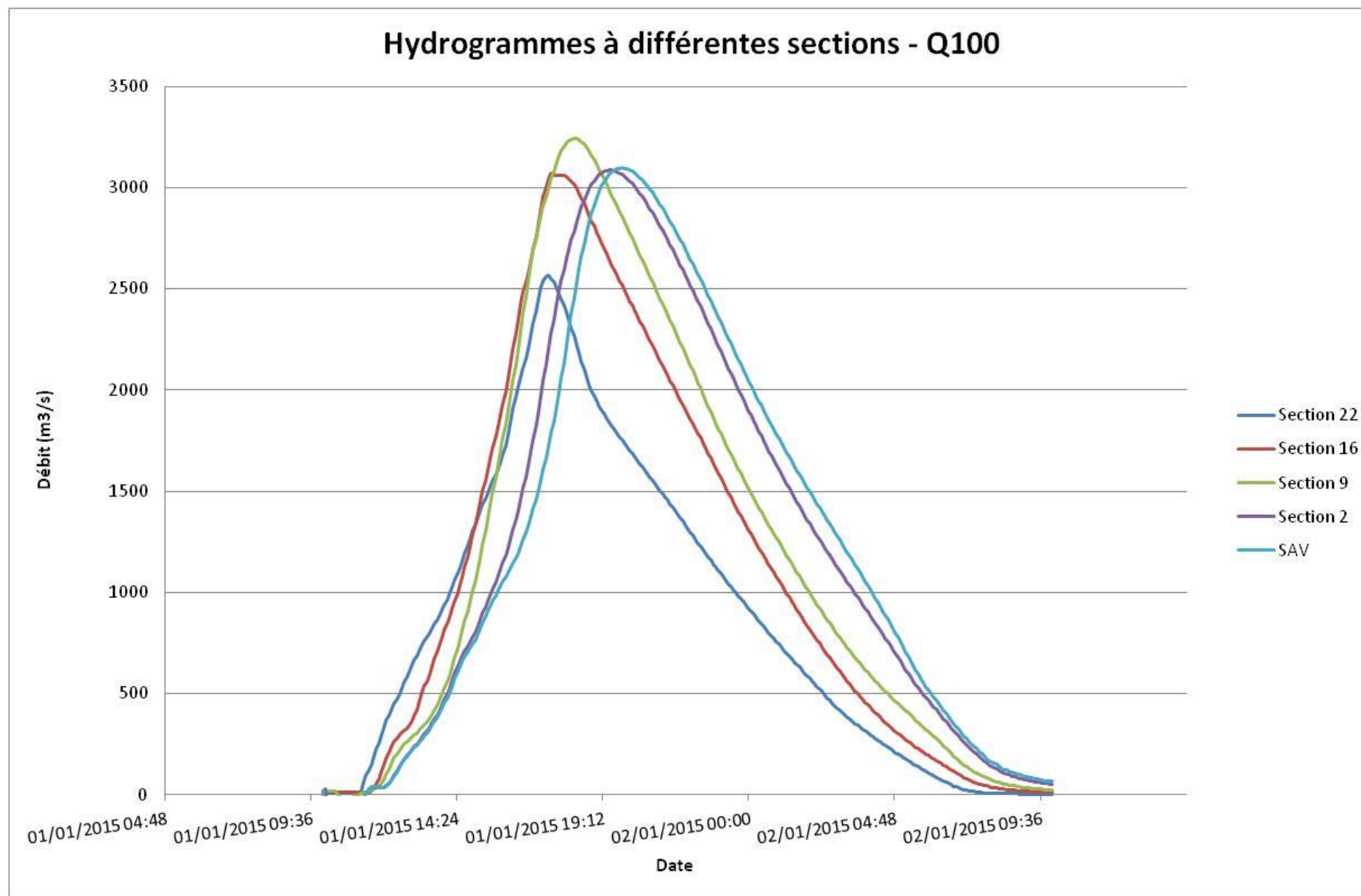


Figure 14 : Hydrogrammes calculés au droit de différentes sections – T=100 ans

- **Crue décennale**

- ➔ **Cf. Planche 8 : Analyse des écoulements Q10**

La crue décennale est largement débordante sur l'ensemble du secteur d'étude. Les hauteurs d'eau sont supérieures à 1.50 m sur la grande majorité de l'emprise inondée, en aval de la confluence avec la Nondoué. Les vitesses en lit majeur sont de l'ordre de 0.4 à 0.7 m/s.

Sur la partie amont de la Dumbéa, la plaine de Koé en rive gauche est inondée mais les hauteurs d'eau restent inférieures à 1m. Les vitesses en lit majeur sont faibles. La majorité du débit transite en lit mineur.

L'emprise de la zone inondée par le Carigou est assez réduite en raison de la topographie du site. Les hauteurs d'eau sont généralement inférieures à 1m.

Sur la partie intermédiaire du secteur d'étude (aval confluence avec la Couvelée – Golf – parc Fayard), les hauteurs d'eau sont supérieures à 1.5 m. Des chenaux d'écoulement secondaires se créent le long des voiries (RM2 en rive droite et RM4 en rive gauche). Des déversements importants se produisent le long de la RT1 entre les ouvrages de franchissements de la Dumbéa et de la Ouanéoué. 65% du débit total transite en lit mineur.

La RT1 est submergée au niveau de la confluence Dumbéa Ouanéoué et au niveau de la Pépinière sur la Ouanéoué. La RM4 et la RM2 sont largement submergées avec des hauteurs d'eau de plus de 3 m (Cf. § Voiries). Les eaux déversent par-dessus la RT1.

Sur le tronçon en aval de la confluence avec la Ouanéoué, l'emprise de la zone inondée est plus réduite en raison de la topographie du site (Section 9) créant un goulet d'étranglement.

Dans la plaine Adam, les hauteurs d'eau sont supérieures à 1.50 m mais les vitesses d'écoulement en lit majeur restent faibles (<0.3 m/s). La majorité du débit passe en lit mineur (70%).

Au droit de la SAV, la quasi-totalité du débit passe en lit mineur sous l'ouvrage (Cf. § Voiries).

La plaine du golf de la Dumbéa et la plaine Adam engendrent un amortissement important de la crue. Sur un volume de crue à l'exutoire de 60 Millions m³, 5Mm³ sont stockés dans la plaine du Golf et 7Mm³ sont stockés dans la plaine Adam, soit un stockage de 20% du volume engendré par la crue décennale.

Les hydrogrammes calculés au droit des sections 22, 16, 9, 2 et au droit de la SAV sont présentés sur la figure suivante. Ces hydrogrammes mettent bien en évidence les phénomènes d'amortissement qui se produisent dans les plaines du golf de la Dumbéa et la plaine Adam.

A l'exutoire, le débit de pointe atteint 1700 m³/s, contre 1980 m³/s estimés par transposition depuis la station de Dumbéa Est (ajustement de Gumbel).

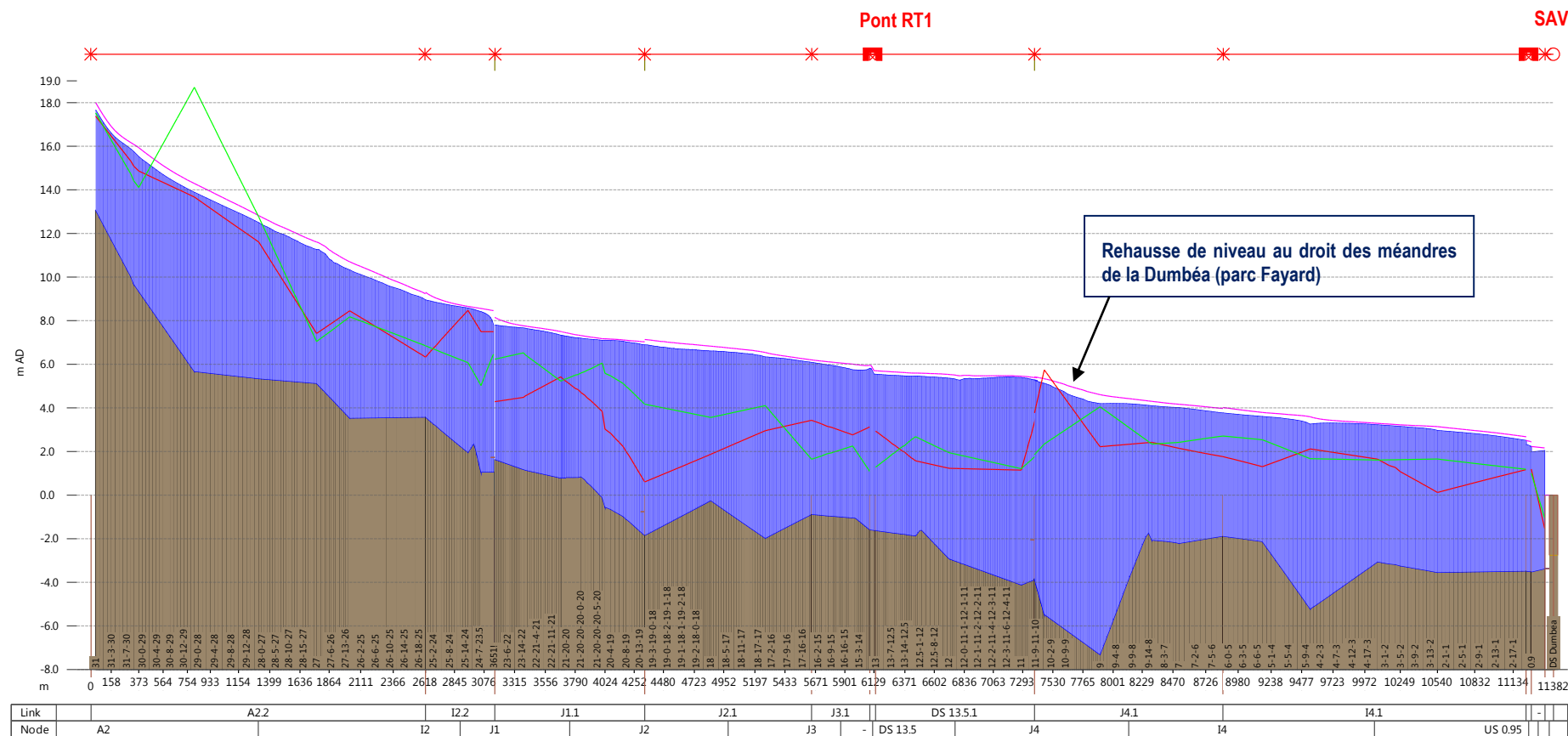


Figure 15 : Profil en long Dumbéa – T=10 ans

La Dumbéa est largement débordante pour la crue décennale.

Les profils en long des biefs Ouanéoué, Carigou et Couvelée sont présentés en Annexe.

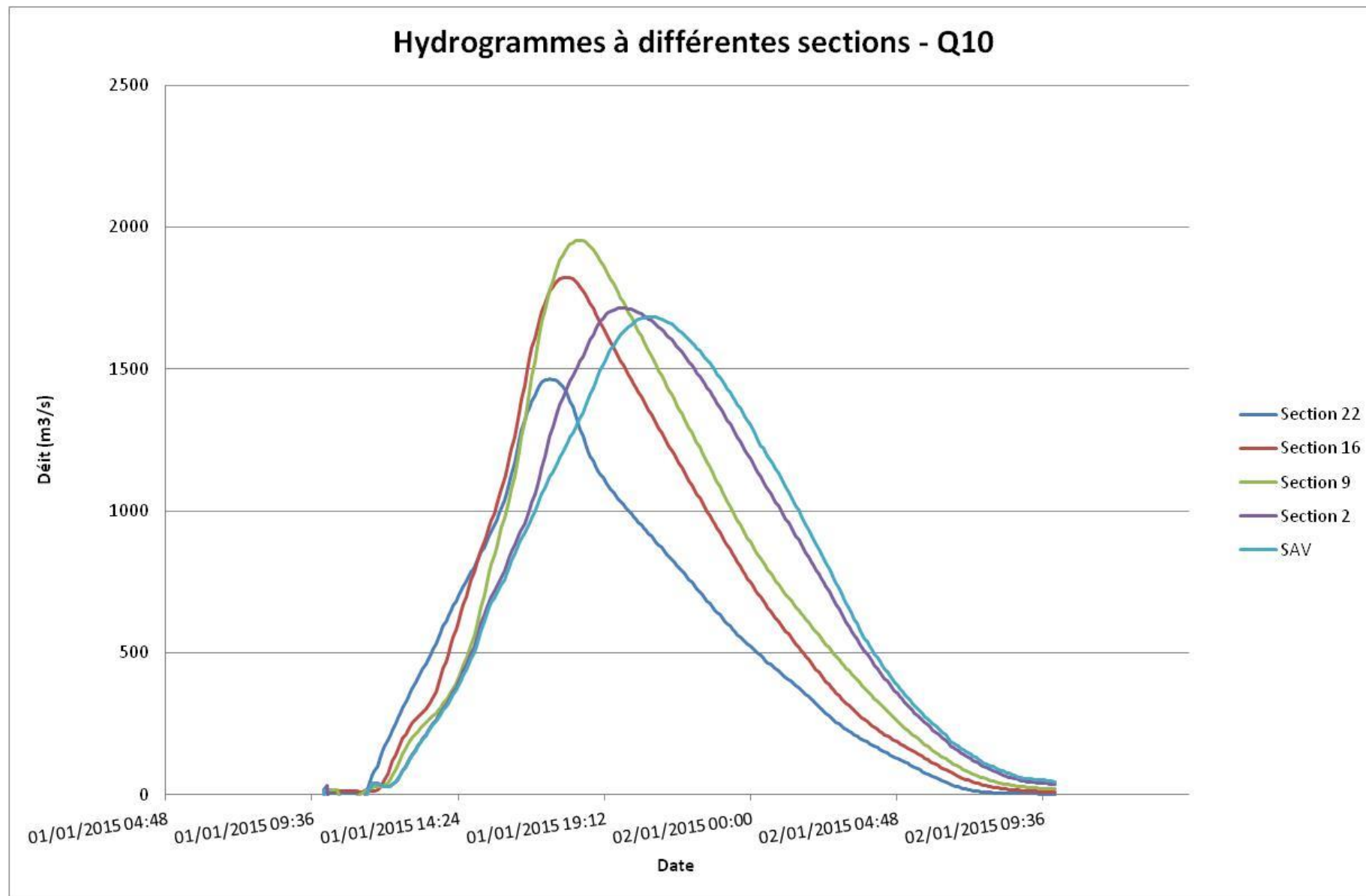


Figure 16 : Hydrogrammes calculés au droit de différentes sections – T=10 ans

- **Crue quinquennale**

➔ **Cf. Planche 9 : Analyse des écoulements Q5**

Des débordements importants se produisent pour la crue quinquennale sur une grande partie du secteur d'étude, notamment au droit du parc Fayard et de la plaine Adam. Les vitesses en lit majeur sont de l'ordre de 0.3 à 0.5 m/s.

Sur la partie amont de la Dumbéa, les débordements sont quasi inexistantes. La Plaine de Koé n'est pas inondée.

L'emprise de la zone inondée par le Carigou est assez réduite en raison de la topographie du site. Les hauteurs d'eau sont généralement inférieures à 0.5m en lit majeur.

Sur la partie intermédiaire du secteur d'étude (Golf – parc Fayard), les hauteurs d'eau sont supérieures à 1.5 m. Des chenaux d'écoulement secondaires se créent le long des voiries (RM2 en rive droite et RM4 en rive gauche). Des déversements importants se produisent le long de la RT1 entre les ouvrages de franchissements de la Dumbéa et de la Ouanéoué. La majorité des écoulements se fait en lit mineur puisque 70% du débit total transite en lit mineur.

La RT1 est submergée au niveau de la confluence Dumbéa Ouanéoué et au niveau de la Pépinière sur la Ouanéoué. La RM4 et la RM2 sont largement submergées avec des hauteurs d'eau de plus de 2.5 m (Cf. § Voiries). Les eaux déversent par-dessus la RT1.

Sur le tronçon en aval de la confluence avec la Ouanéoué, l'emprise de la zone inondée est plus réduite en raison de la topographie du site (Section 9) créant un goulet d'étranglement. La quasi-totalité du débit passe en lit mineur.

Dans la plaine Adam, les hauteurs d'eau sont supérieures à 1 m (voire supérieures à 1.50m localement) mais les vitesses d'écoulement en lit majeur restent faibles (<0.2 m/s). La majorité du débit passe en lit mineur (>70%).

Au droit de la SAV, la quasi-totalité du débit passe en lit mineur sous l'ouvrage.

La plaine du golf de la Dumbéa et la plaine Adam engendrent un amortissement important de la crue. Sur un volume de crue à l'exutoire de 50 Millions m³, 4Mm³ sont stockés dans la plaine du Golf et 5Mm³ sont stockés dans la plaine Adam, soit un stockage de 18% du volume engendré par la crue quinquennale.

Les hydrogrammes calculés au droit des sections 22, 16, 9, 2 et au droit de la SAV sont présentés sur la figure suivante. Ces hydrogrammes mettent bien en évidence les phénomènes d'amortissement qui se produisent dans les plaines du golf de la Dumbéa et la plaine Adam.

A l'exutoire, le débit de pointe atteint 1300 m³/s, contre 1530 m³/s estimés par transposition depuis la station de Dumbéa Est (ajustement de Gumbel).

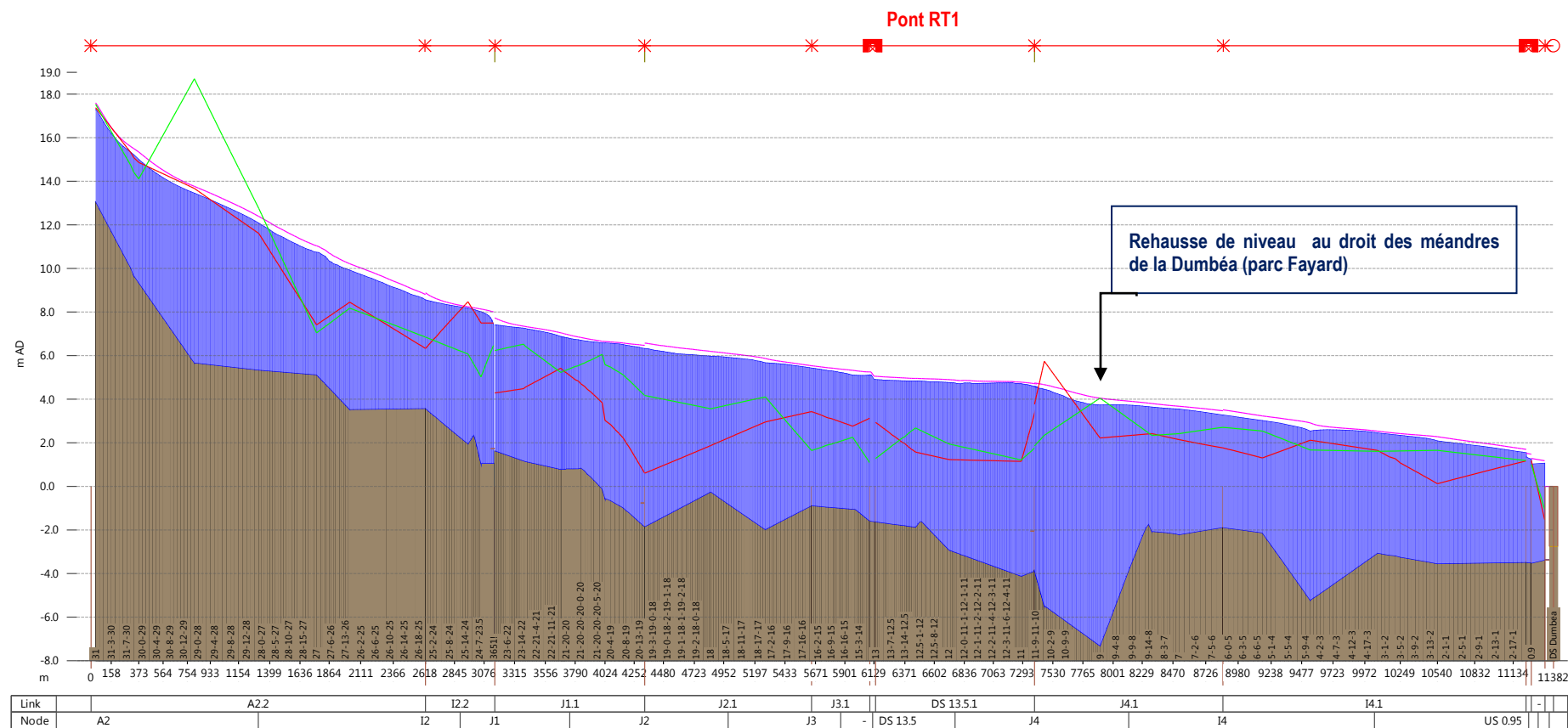


Figure 17 : Profil en long – Dumbéa – T=5 ans

Les profils en long des biefs Ouanéoué, Carigou et Couvelée sont présentés en Annexe.

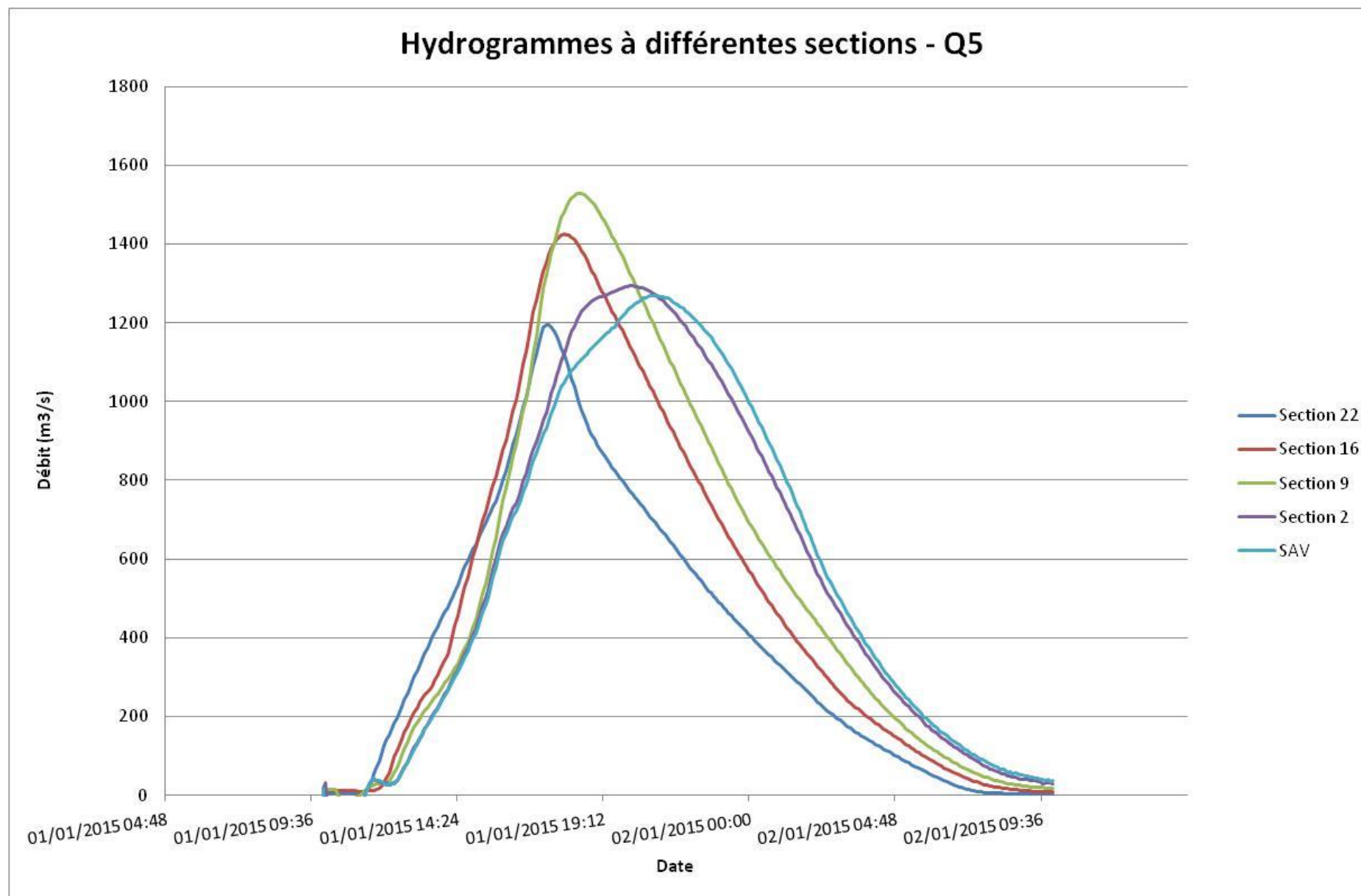
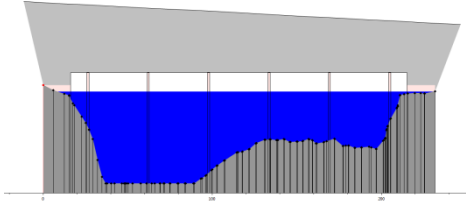
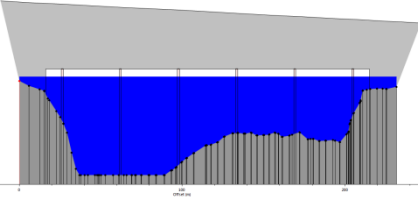
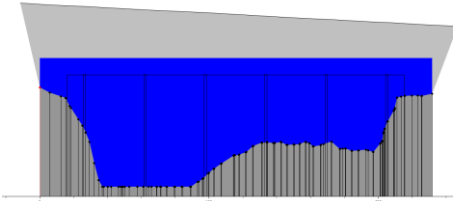
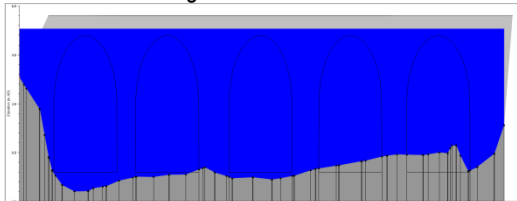
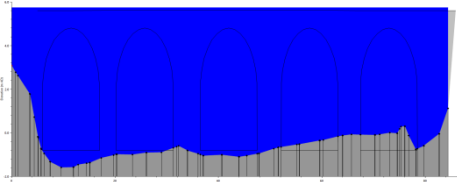
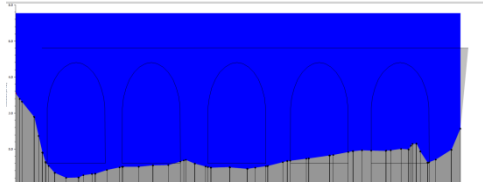

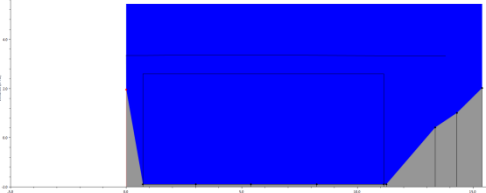
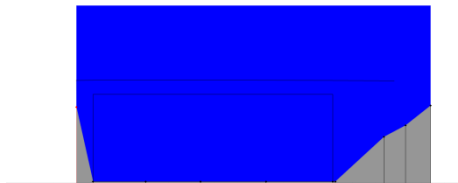
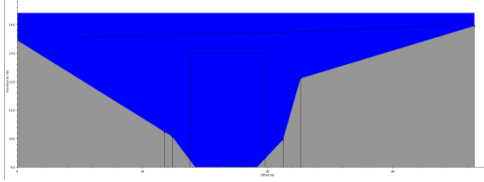
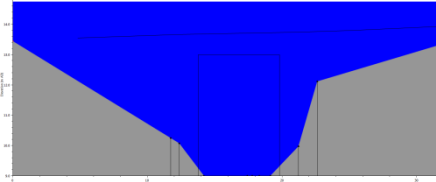
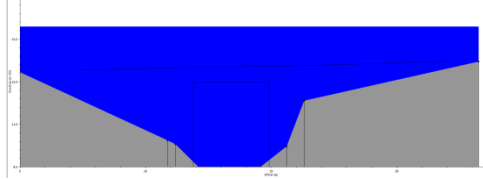
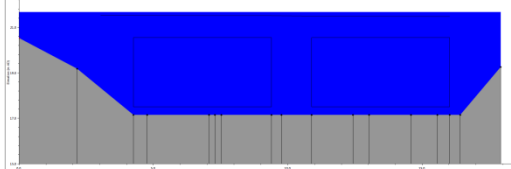
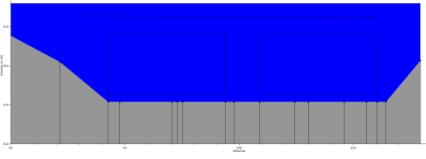
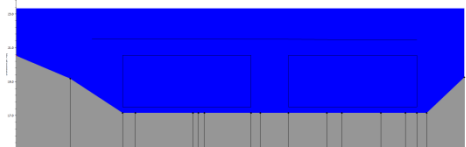
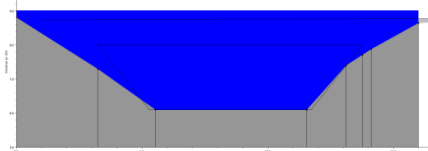
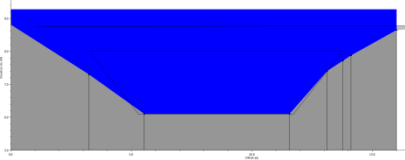
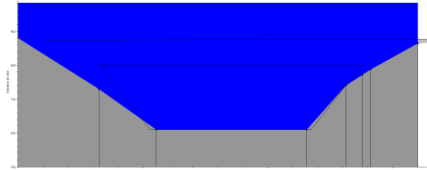
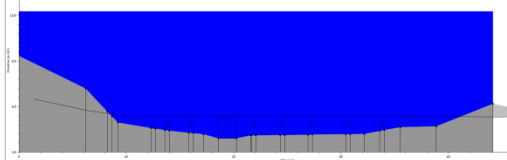
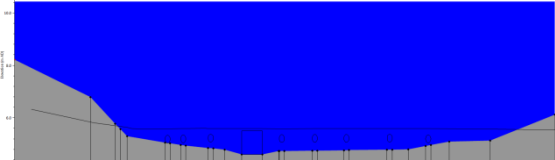
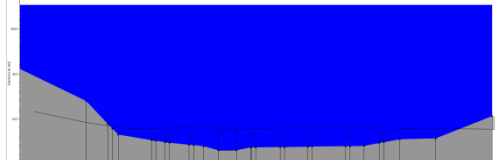
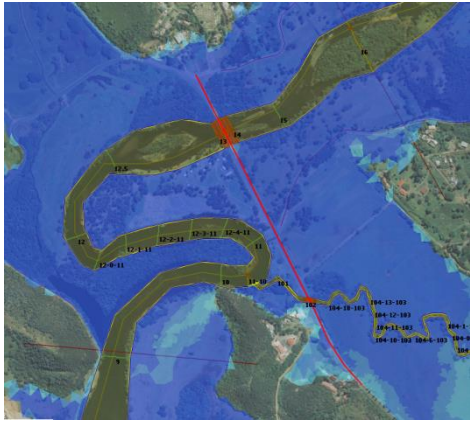

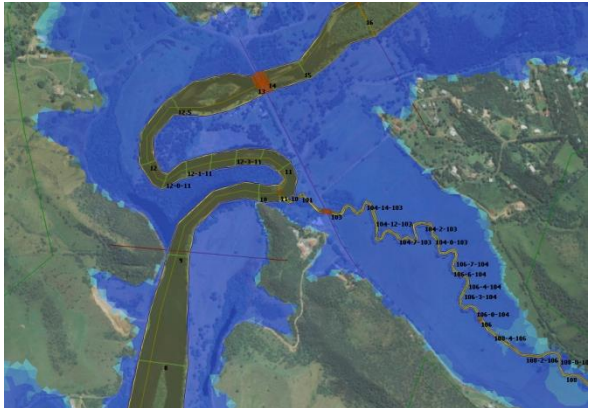
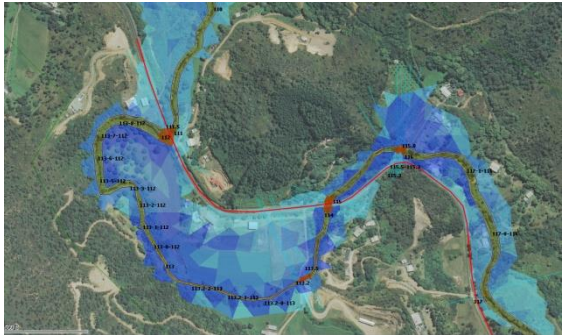
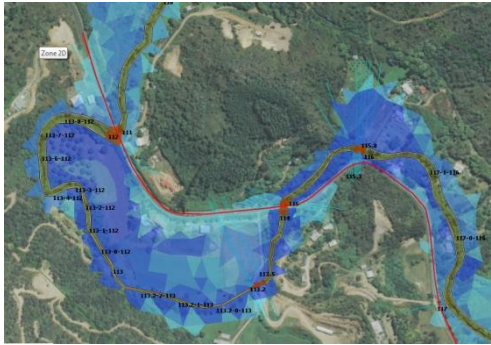
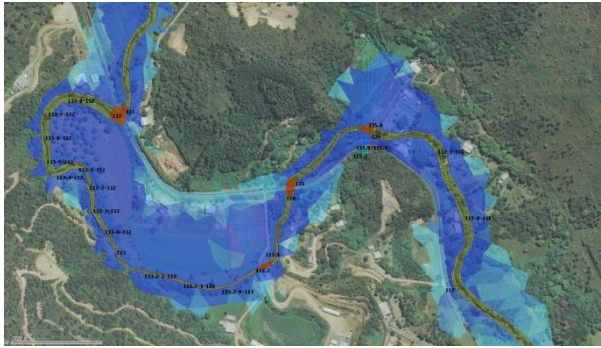
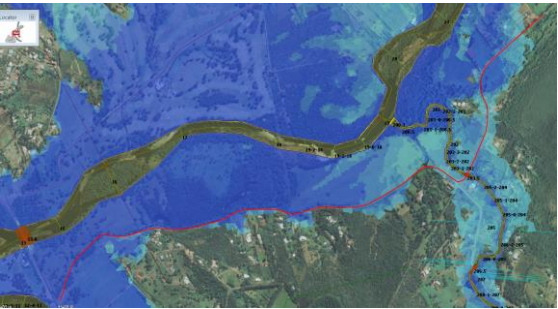


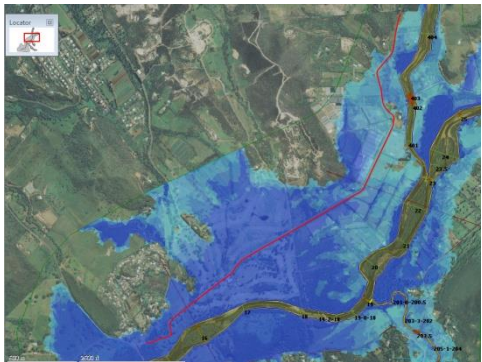




Figure 18 : Hydrogrammes calculés au droit de différentes sections – T= 5 ans

VIII.2.2. Ouvrages de franchissement

Ouvrage	T=5 ans	T=10 ans	T=100 ans
SAV Dumbéa	<p>→ Ouvrage non submergé Débit dans ouvrage = 1250 m3/s Vitesse dans ouvrage = 2 m/s</p> 	<p>→ Ouvrage non submergé Débit dans ouvrage = 1660 m3/s Vitesse dans ouvrage = 2 m/s</p> 	<p>→ Ouvrage non submergé mais en charge Débit dans ouvrage = 2520 m3/s Vitesse dans ouvrage = 2.9 m/s</p> 
SAV Baie Hoff	<p>→ Ouvrage en charge mais voiries non submergés Débit dans ouvrage = 15 m3/s Vitesse dans ouvrage = 0.4 m/s</p>	<p>→ Ouvrage et voiries submergés localement Débit dans ouvrage = 23 m3/s Vitesse dans ouvrage = 0.8 m/s Voirie submergée au droit de cet ouvrage sur 150 ml. Hauteurs d'eau faibles (<10 cm)</p>	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 20 m3/s Vitesse dans ouvrage = 0.85 m/s Voirie submergée au droit de cet ouvrage sur 500 ml. Hauteurs d'eau de l'ordre de 1 m</p>
RT1 Dumbéa	<p>→ Ouvrage en charge mais non submergé Débit dans ouvrage = 820 m3/s Vitesse dans ouvrage = 3.5 m/s</p>  <p>Voirie non submergée au droit du pont.</p>	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 940 m3/s Vitesse dans ouvrage = 4 m/s Débit déversé sur tablier = 4 m3/s Hauteur d'eau max sur tablier = 0.2 m</p> 	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 1130 m3/s Vitesse dans ouvrage = 4.5 m/s Débit déversé sur tablier = 135 m3/s Hauteur d'eau max sur tablier = 2 m</p> 
RT1 Ouanéoué – Confluence Dumbéa	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 50 m3/s Vitesse dans ouvrage = 1.4 m/s Débit déversé sur tablier = 5 m3/s Hauteur d'eau max sur tablier =1.4 m</p> 	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 50 m3/s Vitesse dans ouvrage = 1.3 m/s Débit déversé sur tablier = 7 m3/s Hauteur d'eau max sur tablier =2.1 m</p> 	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 50 m3/s Vitesse dans ouvrage = 1.3 m/s Débit déversé sur tablier = 13 m3/s Hauteur d'eau max sur tablier =3.9 m</p> 
RT1 Ouanéoué – Pépinière aval	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 125 m3/s Vitesse dans ouvrage = 5.4 m/s Débit déversé sur tablier = 13 m3/s Hauteur d'eau max sur tablier =0.85 m</p> 	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 133 m3/s Vitesse dans ouvrage = 5.7 m/s Débit déversé sur tablier = 25 m3/s Hauteur d'eau max sur tablier =1.2 m</p> 	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 144 m3/s Vitesse dans ouvrage = 6.2 m/s Débit déversé sur tablier = 60 m3/s Hauteur d'eau max sur tablier =2 m</p> 
RT1 Ouanéoué – Pépinière amont	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 170 m3/s Vitesse dans ouvrage = 5.5 m/s Débit déversé sur tablier = 0.8 m3/s Hauteur d'eau max sur tablier = 0.20 m</p> 	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 180 m3/s Vitesse dans ouvrage = 5.5 m/s Débit déversé sur tablier = 7 m3/s Hauteur d'eau max sur tablier = 0.70 m</p> 	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 190 m3/s Vitesse dans ouvrage = 5.5 m/s Débit déversé sur tablier = 30 m3/s Hauteur d'eau max sur tablier =1.8 m</p> 
RM4 Carigou	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 50 m3/s Vitesse dans ouvrage = 3.3 m/s Débit déversé sur tablier = 2 m3/s Hauteur d'eau max sur tablier =0.30 m</p> 	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 53 m3/s Vitesse dans ouvrage = 3.5 m/s Débit déversé sur tablier = 6 m3/s Hauteur d'eau max sur tablier =0.60 m</p> 	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Débit dans ouvrage = 58 m3/s Vitesse dans ouvrage = 3.7 m/s Débit déversé sur tablier = 20 m3/s Hauteur d'eau max sur tablier =1.1 m</p> 
Franchissement Couvelée	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Hauteur d'eau max = 4.6 m</p> 	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Hauteur d'eau max = 5 m</p> 	<p>→ Ouvrage et voiries submergés Hauteur d'eau max = 5.5 m</p> 

VIII.2.3. Voiries

Voirie	T=5 ans	T=10 ans	T=100 ans
SAV	<p>➔ Pas de submersion en théorie</p>	<p>➔ Voirie submergée en rive droite au niveau du point bas</p> <p>Heau max = 40 cm Durée submersion = 6h Pas de submersion au niveau de l'ouvrage sur la Dumbéa. Submersion au niveau de l'ouvrage Baie Hoff sur 150 ml</p>	<p>➔ Voirie submergée en rive droite au niveau du point bas</p> <p>Heau max = 1m Durée submersion = 9.5h Débit déversé par-dessus la voirie = 600 m3/s Pas de submersion au niveau de l'ouvrage sur la Dumbéa. Submersion au niveau de l'ouvrage Baie Hoff sur 500 ml</p>
RT1 – Dumbéa – Confluence Ouanéoué	<p>➔ Voirie submergée</p> <p>Heau max = 2.8 m Durée submersion = 13h Débit déversé par-dessus la voirie = 580 m3/s Vitesse max = 0.65 m/s</p>  <p>Linéaire touché = 1 km</p>	<p>➔ Voirie submergée</p> <p>Heau max = 3.4 m Durée submersion = 13h Débit déversé par-dessus la voirie = 840 m3/s Vitesse max = 0.75 m/s</p>  <p>Linéaire touché = 1.2 km</p>	<p>➔ Voirie submergée</p> <p>Heau max = 5 m Durée submersion = 18h Débit déversé par-dessus la voirie = 1700 m3/s Vitesse max = 1 m/s</p>  <p>Linéaire touché = 1.5 km</p>
RT1 Ouanéoué - Pépinière	<p>➔ Voirie submergée</p> <p>Heau max = 1.3 m Durée submersion = 4h Vitesse max = 0.8 m/s</p>  <p>Linéaire touché = 700 m</p>	<p>➔ Voirie submergée</p> <p>Heau max = 1.8 m Durée submersion = 5h Vitesse max = 1 m/s</p>  <p>Linéaire touché = 800 m</p>	<p>➔ Voirie submergée</p> <p>Heau max = 3 m Durée submersion = 7h Vitesse max = 1.7 m/s</p>  <p>Linéaire touché = 1 km</p>
RM4	<p>➔ Voirie submergée</p> <p>Heau max = 2.5 m Durée submersion = 15h Vitesse max = 0.8 m/s</p>  <p>Linéaire touché = 2.8 km</p>	<p>➔ Voirie submergée</p> <p>Heau max = 3.1 m Durée submersion = 15h Vitesse max = 0.9 m/s</p>  <p>Linéaire touché = 2.8 km</p>	<p>➔ Voirie submergée</p> <p>Heau max = 5 m Durée submersion = 17h Vitesse max = 1.1 m/s</p>  <p>Linéaire touché = 2.9 km</p>
RM2	<p>➔ Voirie submergée</p> <p>Heau max = 3.2 m Durée submersion = 12h Vitesse max = 0.8 m/s à proximité de la RT1</p>  <p>Linéaire touché = 3.5 km</p>	<p>➔ Voirie submergée</p> <p>Heau max = 3.8 m Durée submersion = 12h Vitesse max = 0.9 m/s à proximité de la RT1</p>  <p>Linéaire touché = 3.5 km</p>	<p>➔ Voirie submergée</p> <p>Heau max = 5.5 m Durée submersion = 18h Vitesse max = 1.1 m/s à proximité de la RT1</p>  <p>Linéaire touché = 3.5 km</p>

VIII.2.4. Enjeux – Habitations

→ Cf. Planche 10 : Enjeux impactés

Les enjeux sur ce secteur sont nombreux et sont de type : habitations, commerces, bâtiments agricoles, voiries et accès.

Le secteur d'étude est découpé en 4 zones :

- Dumbéa aval, de la SAV jusqu'au parc Fayard
- Dumbéa intermédiaire, du parc Fayard jusqu'à la confluence avec la Couvelée
- Dumbéa amont, comprenant la plaine de Koé et la Couvelée
- Ouanéoué amont

Les enjeux impactés sont identifiés sur la Planche 10 en fonction de la fréquence pour laquelle ils sont touchés par les inondations.

• Dumbéa aval – Carte 1

Pas d'habitation sur secteur. Les installations de karting et la piste ULM sont impactées dès la crue quinquennale. La ZAC Panda n'est pas impactée.

• Dumbéa intermédiaire – Carte 2

Les enjeux principaux sur cette zone sont de type habitations et voiries. La RT1, la RM4 en rive gauche et la RM2 en rive droite sont largement submergées dès la crue quinquennale.

Les habitations les plus proches du cours d'eau sont impactées dès la crue quinquennale avec des hauteurs d'eau importantes (supérieures à 3 m). Cependant, la majorité des habitations sont situées en hauteur et ne sont pas impactées. En rive gauche, l'emprise de la zone inondable ne s'étend pas au-delà de la RM4.

Le long du Carigou, les habitations les plus proches du cours d'eau sont impactées dès la crue quinquennale mais les hauteurs d'eau restent faibles (inférieures à 50 cm).

• Dumbéa amont – Carte 3

Les habitations dans la plaine de Koé sont impactées à partir de la crue décennale.

En rive droite de la Couvelée, les bâtiments agricoles et les habitations sont touchés dès la crue de période de retour 5 ans. Les hauteurs d'eau sont supérieures à 1.50m dans cette zone pour la crue quinquennale.

Dans la zone de confluence Couvelée-Dumbéa, les habitations sont également impactées dès la crue quinquennale.

• Ouanéoué amont – Carte 4

Les habitations en rive gauche les plus proches du cours d'eau sont impactées dès la crue quinquennale. La RT1 est également impactée au niveau de la Pépinière et dans la zone de confluence avec la Dumbéa.

L'ensemble des résultats pour les crues théoriques est reporté en Annexe 7 de ce document.

VIII.3. COMPARAISON DES RESULTATS AVEC L'ETUDE HYDREX POUR LA CRUE CENTENNALE

Les résultats obtenus pour la crue centennale ont été comparés à ceux obtenus au cours de l'étude réalisée par HYDREX.

Les positions des profils HYDREX et des profils SOPRONER sont repérées sur la Planche 11.

Le tableau suivant donne les cotes d'inondation atteintes pour les 2 études :

Profil HYDREX	Niveau HYDREX (mNGNC)	Q100 (mNGNC)	delta (Hydrex- Soproner)
D18	17.8	16.05	1.75
D17	14	13.6	0.4
D16	12	11.75	0.25
D15	9.8	9.7	0.1
D14	9.45	9.05	0.4
D13	9	8.75	0.25
D12	8.4	8.3	0.1
D11	8.3	8	0.3
D10b	8.05	7.55	0.5
D10	7.75	7.55	0.2
D9	7.3	5.6	1.7
D8	6.35	5.3	1.05
D7	5.85	5	0.85
D6	5.2	4.48	0.72
D5	4.5	4.2	0.3
D4	3.75	3.7	0.05
N1	8.5	8.3	0.2
C3	16.5	15.35	1.15
C2	12.4	11.7	0.7
C1	10.3	11.2	-0.9

Tableau 17 : Comparaison Etude HYDREX

Suite à ces comparaisons, il apparaît que les cotes atteintes dans l'étude HYDREX sont supérieures à celles atteintes dans l'étude SOPRONER.

En moyenne, les écarts sont inférieurs à 50 cm sauf au droit des profils D6 à D9 en aval de la confluence avec la Ouanéoué où les écarts sont supérieurs à 1 m.

Au droit de la RT1 et de la SAV, les niveaux calculés sont similaires.

Au droit de la jonction avec la Nondoué (profil HYDREX D12), la cote d'inondation calculée par HYDREX est de 8.40 m NGNC et la cote calculée dans le cadre de cette étude est de 8.30 m NGNC.

La cote calculée par HYDREX au droit du profil D12 a été utilisée dans le cadre de l'étude des zones inondables sur la Nondoué réalisée par SOPRONER en 2008 comme condition limite aval. Au vu de la différence entre la cote calculée par HYDREX et la cote calculée dans le cadre de cette étude au droit de ce profil qui est de 10 cm, il est convenu avec la DDR que cet écart n'est pas significatif et ne nécessite pas de reprendre la modélisation de la Nondoué. Les résultats de l'étude SOPRONER de 2008 sont donc conservés. La cartographie des zones inondables sera uniquement consolidée. La DDR a procédé à une vérification de cette hypothèse en calculant l'incidence d'une rehausse de la condition au limite sur le modèle HEC RAS de la Nondoué. On calcul une rehausse de la ligne d'eau de +7 cm à 550 m en amont, et une incidence nulle à partir de 800 m en amont. L'incidence reste donc limitée dans l'emprise du golf.

Les différences de niveaux calculés s'expliquent en raison des débits plus élevés utilisés dans l'étude HYDREX. De plus, la méthode de modélisation diffère entre les deux études (simulation en régime transitoire permettant de prendre en compte le laminage de la crue pour la présente étude, contre une modélisation unidimensionnelle en régime permanent pour l'étude HYDREX). La présente étude est également basée sur une topographie plus fine.

IX. ANALYSE DE SENSIBILITE

IX.1. METHODOLOGIE

Différentes simulations ont été menées afin de déterminer l'incidence des paramètres et des hypothèses retenus sur les résultats. L'analyse a porté sur la crue enregistrée pour le cyclone Anne dont la période de retour est estimée entre 50 et 100 ans.

Les paramètres étudiés sont les suivants :

- ⇒ Sensibilité à la variation du débit, pour cela les hydrogrammes injectés sont modifiés de +/- 20% ;
- ⇒ Sensibilité à la variation des coefficients de rugosité, pour cela les coefficients de Strickler retenus à l'issue du calage sont modifiés de +/- 20% ;
- ⇒ Sensibilité à la variation de la condition limite aval, pour cela, une simulation est effectuée en appliquant une marée forte fixe à la cote 1.40mNGNC qui correspond au niveau de plus haute marée pour un épisode centennal

Les comparaisons avec la simulation de référence sont établies à partir de l'analyse des indicateurs suivants :

- Profil en long du lit mineur de la Dumbéa,
- Emprise de la zone inondable,
- Cartographie des différences des niveaux maximum atteints pour les scénarios étudiés et le scénario de référence,
- Evolution des niveaux d'eau au droit de 7 points de contrôle localisés sur l'ensemble du secteur d'étude sur les zones à enjeux (Cf. Figure suivante).

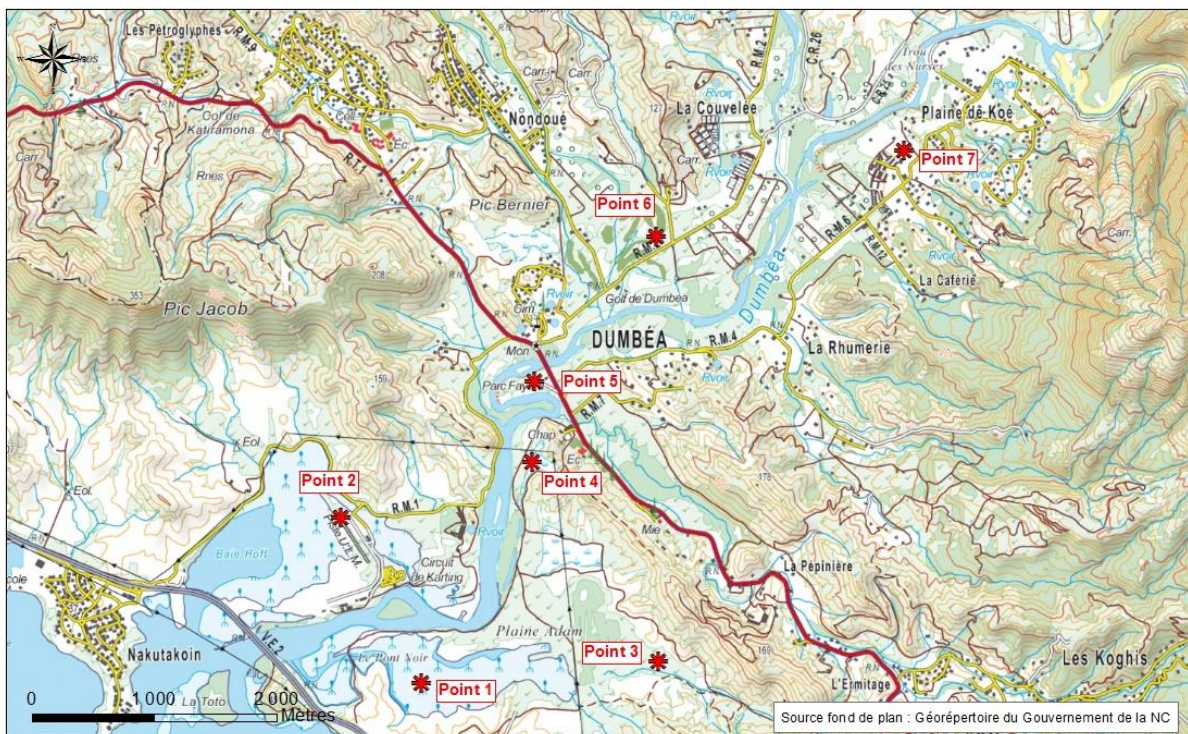


Figure 19 : Localisation des points de contrôle en lit majeur – Analyse de sensibilité

Les résultats de l'analyse de sensibilité sont présentés en Annexe 8.

IX.2. ANALYSE DE SENSIBILITE AUX VARIATIONS DE DEBIT

Une variation de +/-20% des hydrogrammes injectés (Volume+débit de pointe) a été testée.

Suite aux simulations, il apparaît que :

- En lit majeur, les cotes maximales atteintes varient de +/-50 à 80 cm environ par rapport à la simulation de référence. Les cartes des différences sont présentées en annexe.
- En lit mineur, une variation moyenne de +/-55 à 75 cm est constatée par rapport à la simulation de référence.

Les cotes d'inondation maximales pour les différentes conditions de débit ont été comparées au droit des points de contrôle en lit majeur. Les résultats sont les suivants :

	Pt1		Pt2		Pt3		Pt4		Pt5		Pt6		Pt7	
	Cote atteinte (m NGNC)	Δ scénario-ref	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence
Référence	4.21	-	3.81	-	4.42	-	5.27	-	6.81	-	8.08	-	14.17	-
Q+20%	4.7	0.49	4.28	0.47	4.93	0.51	5.87	0.6	7.52	0.71	8.8	0.72	14.63	0.46
Q-20%	3.64	-0.57	3.27	-0.54	3.84	-0.58	4.66	-0.61	6.08	-0.73	7.35	-0.73	13.63	-0.54

Tableau 18 : Résultats de l'analyse de sensibilité aux variations de débit au droit des différents points de contrôle

Remarque : les lignes d'eau en lit mineur n'ont pas été représentées pour des raisons de lisibilité. Toutefois, les cotes maximales atteintes au droit des profils lit mineur dans la Dumbéa pour chaque scénario sont présentées en annexe de ce document.

IX.3. ANALYSE DE SENSIBILITE A LA CONDITION LIMITE AVAL

Deux scénarios de marée ont été testés pour cette analyse de sensibilité pour la crue d'Octobre 2001 :

- Scénario 1 : marée « faible » qui correspond au niveau maximal enregistré lors de l'épisode Anne par un marégraphe (marée fixe à la cote 0.62 m NGNC). Ce scénario correspond au scénario de référence.
- Scénario 2 : marée « forte » avec un niveau fixe à 1.40 m NGNC.

Suite aux simulations, il apparaît que l'influence de la marée est perceptible jusqu'au niveau du profil P10, en aval du parc Fayard, soit 4 km en amont.

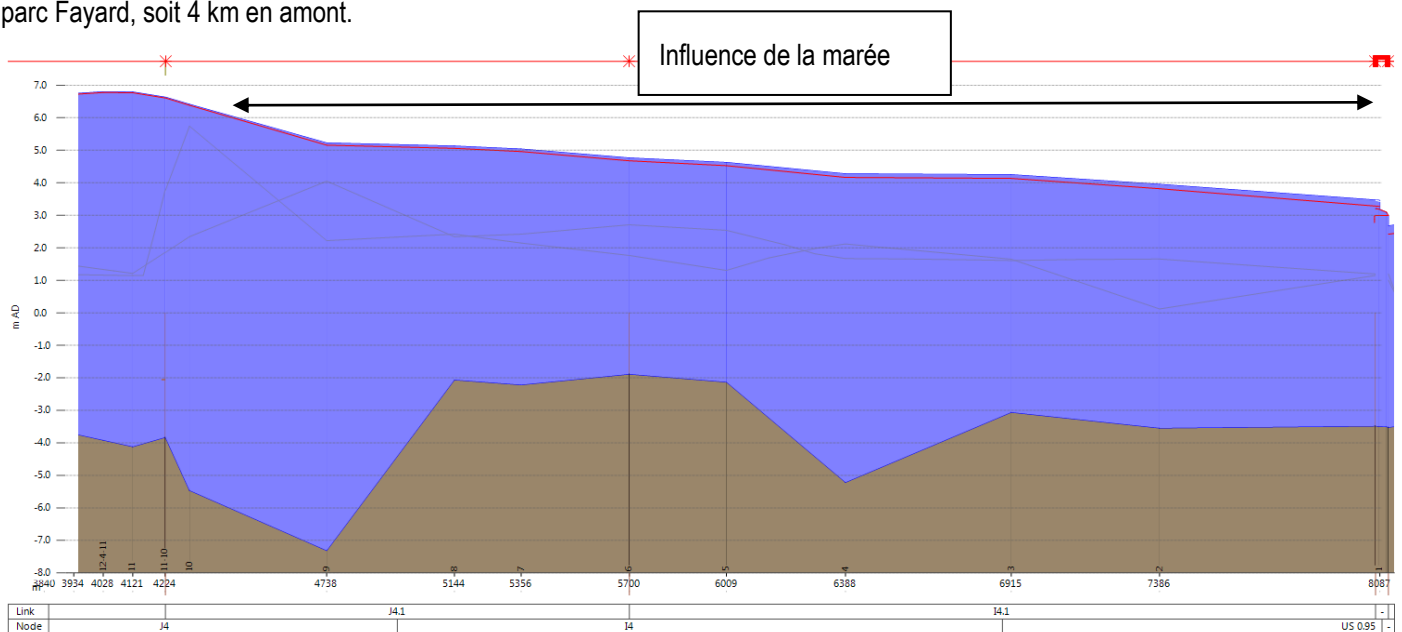


Figure 20 : Influence de la marée (en rouge ligne d'eau de référence et en bleu ligne d'eau avec CL à 1.40 m NGNC)

L'influence de la marée reste toutefois d'une importance limitée puisque les différences de niveaux entre les 2 scénarios sont au maximum de 20 cm.

De plus, le resserrement au droit du profil P9 (en aval du parc Fayard) agit comme une section de contrôle sur les niveaux amont.

Les cotes d'inondation maximales pour les différentes conditions limites aval ont été comparées au droit des points de contrôle en lit majeur. Les résultats sont les suivants :

	Pt1		Pt2		Pt3		Pt4		Pt5		Pt6		Pt7	
	Cote atteinte (m NGNC)	Δ scénario-ref	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence
Référence	4.21	-	3.81	-	4.42	-	5.27	-	6.81	-	8.08	-	14.17	-
Marée haute	4.32	0.11	3.94	0.13	4.52	0.1	5.34	0.07	6.83	0.02	8.09	0.01	14.17	0

Tableau 19 : Résultats de l'analyse de sensibilité à la condition limite aval au droit des différents points de contrôle

Une cartographie des différences des niveaux maximum atteints pour les 2 scénarios a également été produite. Elle est présentée en annexe de ce document.

IX.4. ANALYSE DE SENSIBILITE AUX VARIATIONS DE RUGOSITE

Une variation de 20% des coefficients de Strickler traduisant la rugosité et donc les pertes de charges linéaires par frottement a été testée. Les résultats sont les suivants :

- En lit majeur, les cotes maximales atteintes varient de +/-40 à 50 cm par rapport à la situation de référence sur les parties amont et intermédiaire (golf, parc Fayard) et d'environ 20 cm sur la partie aval. A l'exutoire, la variation des coefficients de rugosité a peu d'influence dans la mesure où les niveaux sont contrôlés par les niveaux de marée. La cartographie des différences des niveaux maximum atteints pour les 2 scénarios est présentée en annexe de ce document.
- En lit mineur, une variation moyenne de 30 à 50 cm est constatée par rapport à la simulation de référence.

Les cotes d'inondation maximales pour les différentes conditions limites aval ont été comparées au droit des points de contrôle en lit majeur. Les résultats sont les suivants :

	Pt1		Pt2		Pt3		Pt4		Pt5		Pt6		Pt7	
	Cote atteinte (m NGNC)	Δ scénario-ref	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence	Cote atteinte (m NGNC)	Δ par rapport à référence
base	4.23		3.83		4.45		5.32		6.89		8.07		14.16	
K fort	4.03	-0.2	3.74	-0.09	4.19	-0.26	4.85	-0.47	6.57	-0.32	7.62	-0.45	13.64	-0.52
K faible	4.38	0.15	3.93	0.1	4.63	0.18	5.67	0.35	7.15	0.26	8.31	0.24	14.52	0.36

Tableau 20 : Résultats de l'analyse de sensibilité aux coefficients de rugosité au droit des différents points de contrôle

Les lignes d'eau en lit mineur n'ont pas été représentées pour des raisons de lisibilité. Toutefois, les cotes maximales atteintes au droit des profils lit mineur dans la Dumbéa pour chaque scénario sont présentées en annexe de ce document.

IX.5. SYNTHESE DE L'ANALYSE DE SENSIBILITE

Pour les études de zones inondables, il est important d'évaluer correctement les cotes d'inondation ainsi que l'emprise de la zone inondable.

Sur le modèle de la Dumbéa, l'analyse de sensibilité a montré :

- La condition limite aval a une incidence qui remonte jusqu'au parc Fayard, soit environ 4 km en amont mais son influence reste modérée sur les niveaux d'eau (moins de 20 cm).
- Le débit de pointe a une influence très importante sur les niveaux maximums atteints en crue. Une variation de 20% du débit de pointe engendre une variation des niveaux d'eau pouvant aller jusqu'à 80 cm.
- Les coefficients de Strickler ont une influence sur les cotes d'inondation de 30 à 50 cm, soit 10-15% de la hauteur d'eau en lit majeur. A l'exutoire, les niveaux sont imposés par la marée, les coefficients de rugosité ont peu d'influence.

X. CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDABLES

X.1. CARTE DES ISO-COTES, ISO-HAUTEURS, ISO-VITESSES

Lors de la modélisation de la crue centennale, les vitesses et cotes ont été calculées en lit mineur et majeur par Infoworks ICM.

Les iso-hauteurs (qui représentent les classes de hauteur d'eau par incrément de 0,5 m) et iso-vitesse (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 isocotes sont également reportées sur cette cartographie et représentent le niveau d'inondation atteint pour la crue centennale.

Pour rappel, il a été convenu avec la DDR de ne pas reprendre la modélisation sur la Nondoué au vu des résultats de la présente étude. La cartographie des hauteurs d'eau et des aléas inondation de la Nondouée réalisée par SOPRONER en 2008 est réutilisée sans modification. La cartographie globale de la Dumbéa vient se raccorder dessus, par un décalage latéral de quelques mètres, au niveau de la jonction, des classes de hauteurs d'eau.

→ Cf. Carte 1 – Carte des hauteurs d'eau

X.2. CARTE DES ALEAS

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	Forte à très forte
	$\leq 1\text{m/s}$	$> 1\text{m/s}$
$H \leq 1\text{ m}$	Moyen	Fort
$1 < H \leq 1,5\text{ m}$	Fort	Très fort
$H > 1,5\text{ m}$	Très fort	

Une zone de protection des berges et des thalwegs est également représentée. Cette zone est définie par une bande de 6 m de part et d'autre des berges des thalwegs et cours d'eau.

Les cours d'eau étudiés y sont également reportés, pour bien les distinguer des affluents qui n'ont pas été étudiés et qui pourraient être soumis à des aléas.

➔ Cf. Carte 2 – Carte des aléas inondation

XI. LISTE DES PLANCHES

Planche 1 : Localisation du secteur d'étude

Planche 2 : Localisation du bassin versant

Planche 3 : Localisation des enjeux

Planche 4 : Synoptique du modèle hydraulique

Planche 5 : Résultats de calage ANNE

Planche 6 : Résultats de calage ERICA

Planche 7 : Analyse des écoulements Q100

Planche 8 : Analyse des écoulements Q10

Planche 9 : Analyse des écoulements Q5

Planche 10 : Enjeux impactés

Planche 11 : Comparaison HYDREX

XII. LISTE DES CARTES

Carte 1 – Carte des hauteurs d'eau

Carte 2 – Carte des aléas inondation

XIII. ANNEXES

Annexe 1 : Cartographie des zones inondables - Etude Hydrex - 1995

Annexe 2 : Calcul des temps de concentration

Annexe 3 : Caractéristiques des stations hydrométriques de référence

Annexe 4 : Hyétogrammes et hydrogrammes des épisodes réels

Annexe 5 : Plan des levés topographiques projetés

Annexe 6 : Débits théoriques injectés

Annexe 7 : Résultats crues théoriques

Annexe 8 : Résultats analyse de sensibilité

Annexe 1 : Cartographie des zones inondables - Etude Hydrex - 1995

Annexe 2 : Calcul des temps de concentration

Annexe 2 : 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.

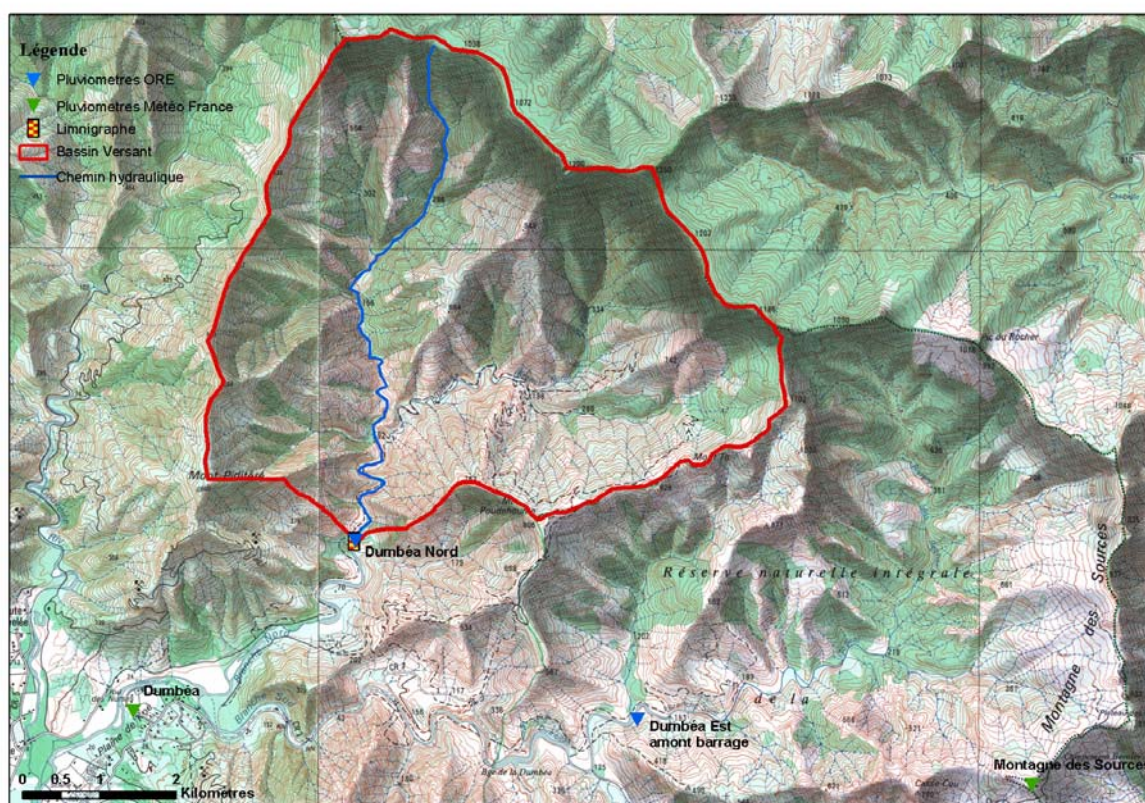
Annexe 3 : Caractéristiques des stations hydrométriques de référence

6. Dumbéa Nord

Localisation et durée des observations

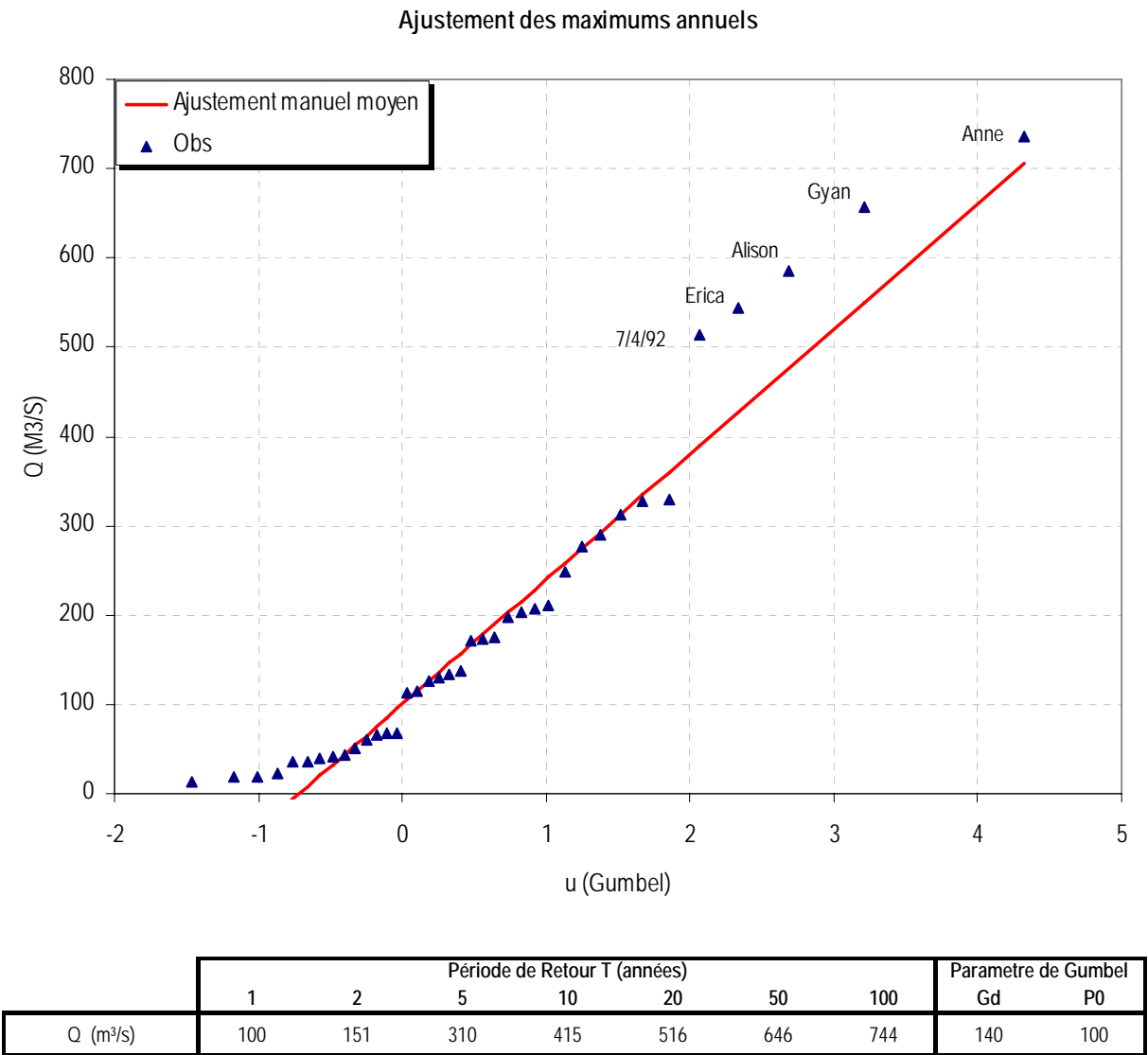
CODE	STATION	LOCALISATION			BV (km ²)
		Coordonnées Lambert (m) X	Y	Z	
5700500201	Dumbéa Nord Station B. Cote 80	452 385	231 833	80	32.31

OBSERVATIONS						
Début	Fin	Durée Eff.(ans)	Qmin (m ³ /s)		Qmax (m ³ /s)	
			Jaugé	Évalué	Jaugé	Évalué
08/01/63	28/05/09	38.0	0.132	0.032	32.8	735

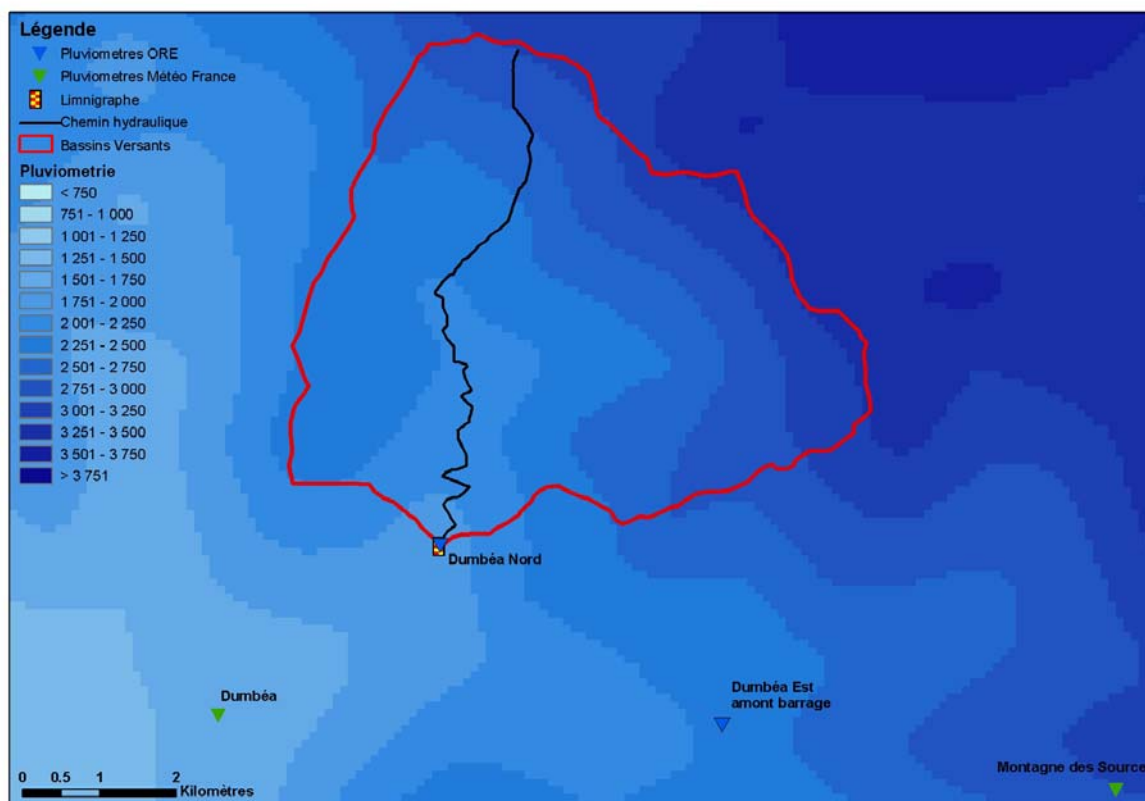


(Source : DTSI, IGN 1/50000)

Débits maximums de crues

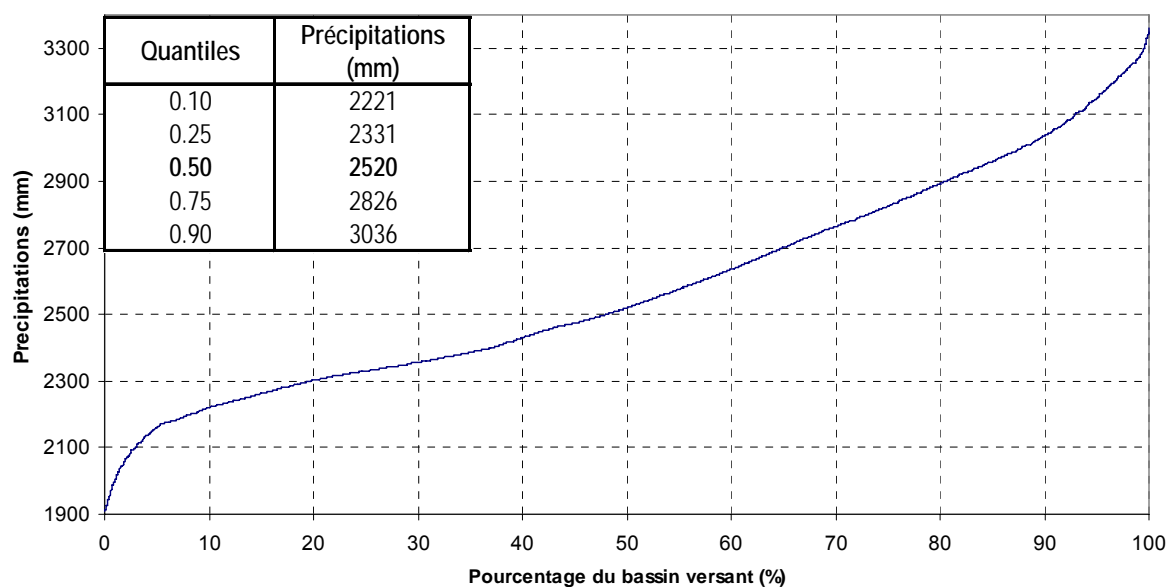


Pluviométrie



(Source : MétéoFrance, DAVAR)

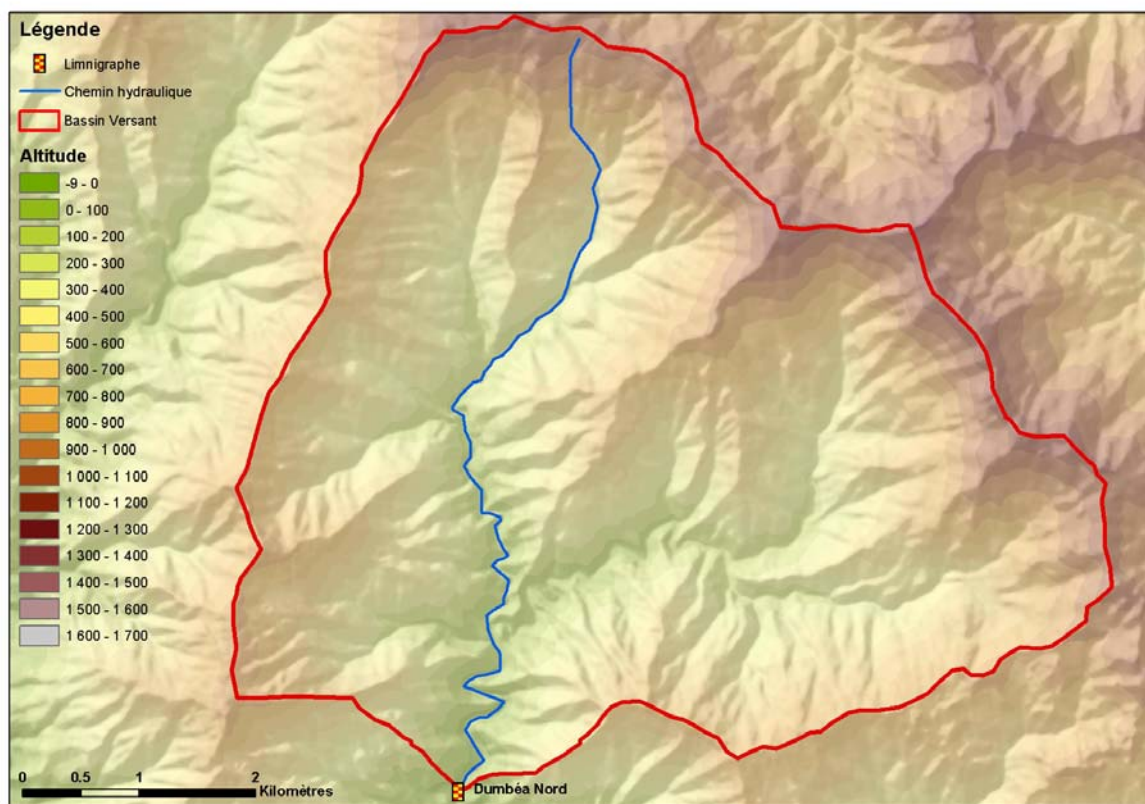
Courbe pluviométrique du bassin de Dumbéa Nord



Précipitation moyenne : $P_{\text{moy}} = 2581\text{mm}$
 Précipitation minimum : $P_{\text{min}} = 1909\text{mm}$
 Précipitation maximum : $P_{\text{max}} = 3362\text{mm}$

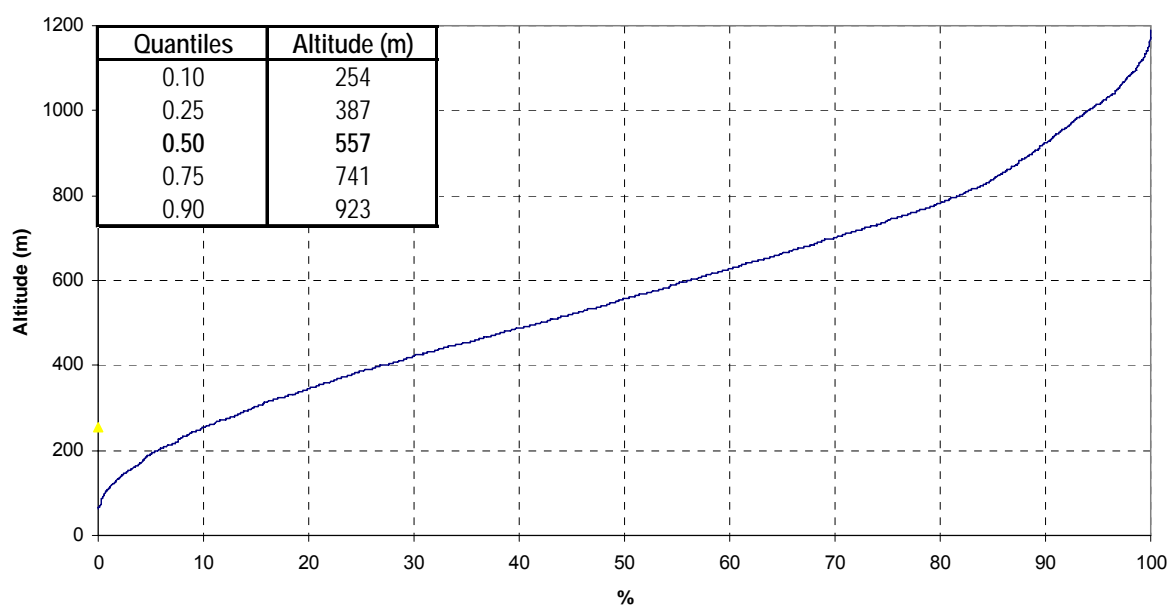
Caractéristiques Physiques

Altitudes



(Source : DTSl, MNT au pas de 10m)

Courbe hypsometrique du bassin de Dumbéa Nord

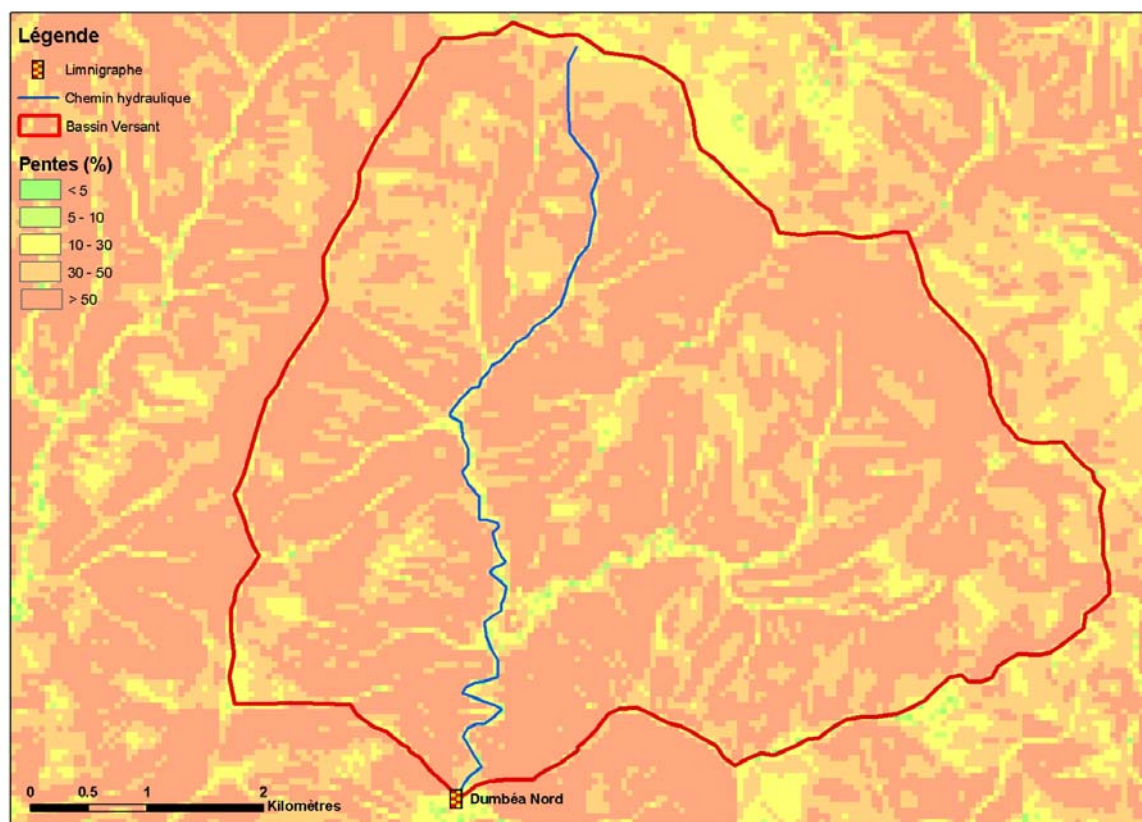


$$Z_{\text{moy}} = 570.9\text{m}$$

$$Z_{\text{min}} = 64\text{m}$$

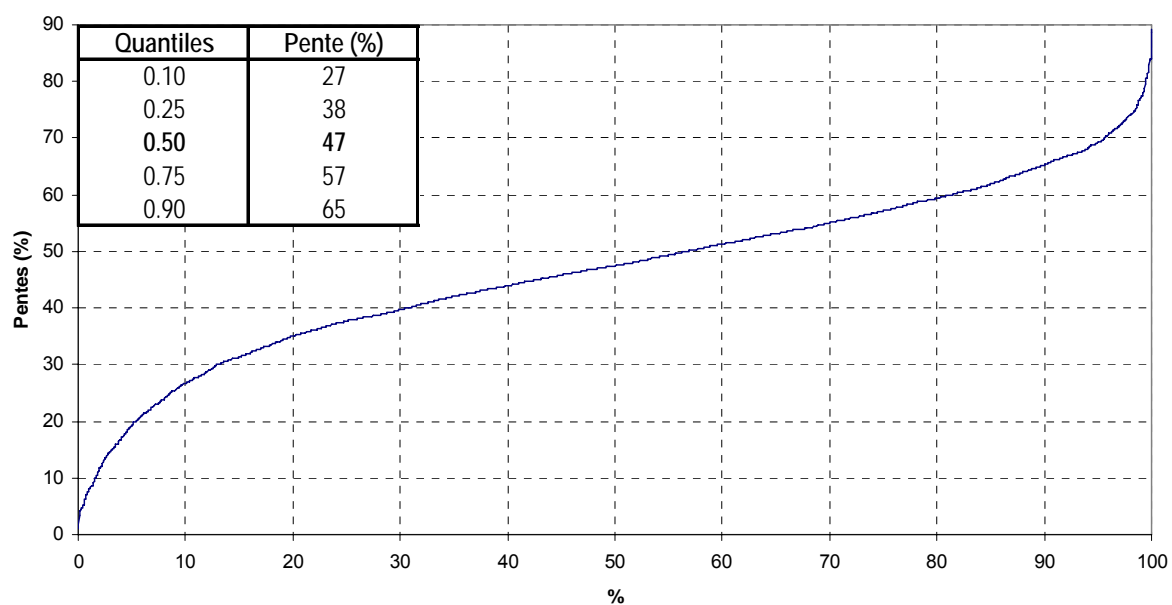
$$Z_{\text{max}} = 1188\text{m}$$

Pentes



(Source : d'après DTSI, MNT au pas de 10m)

Pentes du bassin de Dumbéa Nord



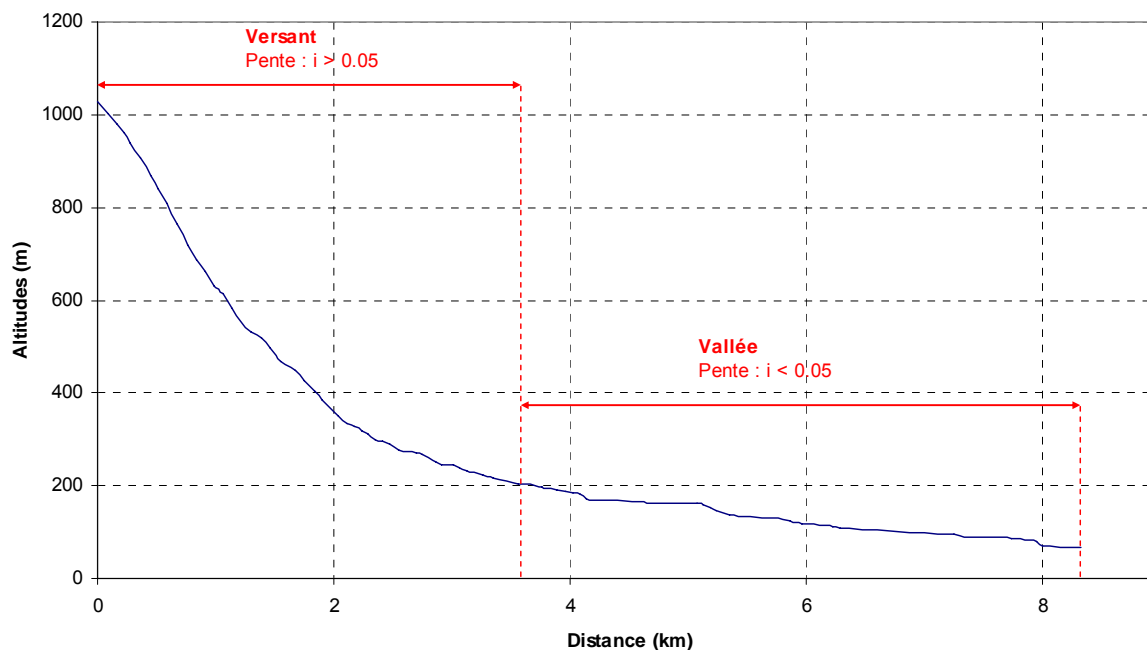
Pente moyenne : $i_{\text{moy}} = 46.7\%$

Pente minimum : $i_{\text{min}} = 1.06\%$

Pente maximum : $i_{\text{max}} = 89.3\%$

Chemin Hydraulique

Profil suivant le chemin hydraulique



Quantiles	Pente (%)
0.10	0.72
0.25	1.29
0.50	4.01
0.75	16.2
0.90	35.9

Longueur du chemin hydraulique : $L = 8.377$ km

Pente moyenne : $i_{ch} = 11.5\%$

Pente à l'exutoire : $i_e = 0,90\%$

54% du chemin hydraulique présente une pente inférieure à 5%

Temps de Concentration : $T_c = 1.5$ h [1.43 ; 2.18]

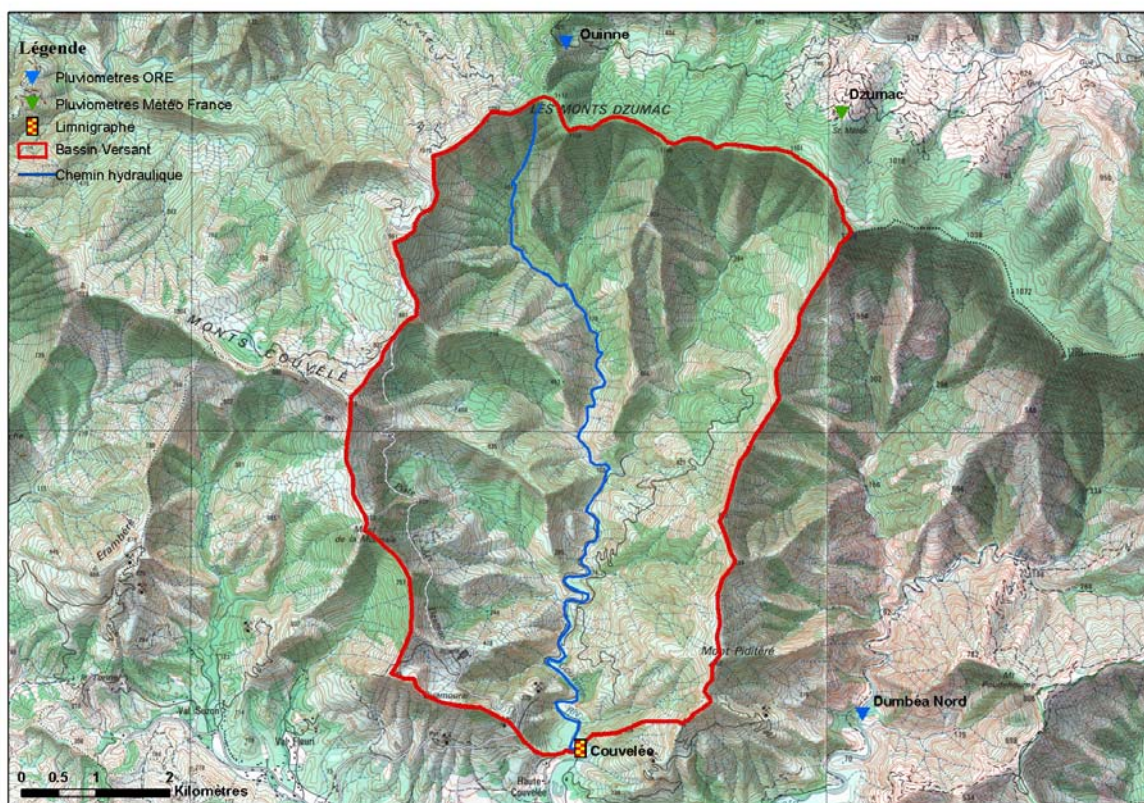
Vitesse Moyenne de Transfert : $V = L / T_c = 1.6$ m.s⁻¹

7. Couvelée

Localisation et durée des observations

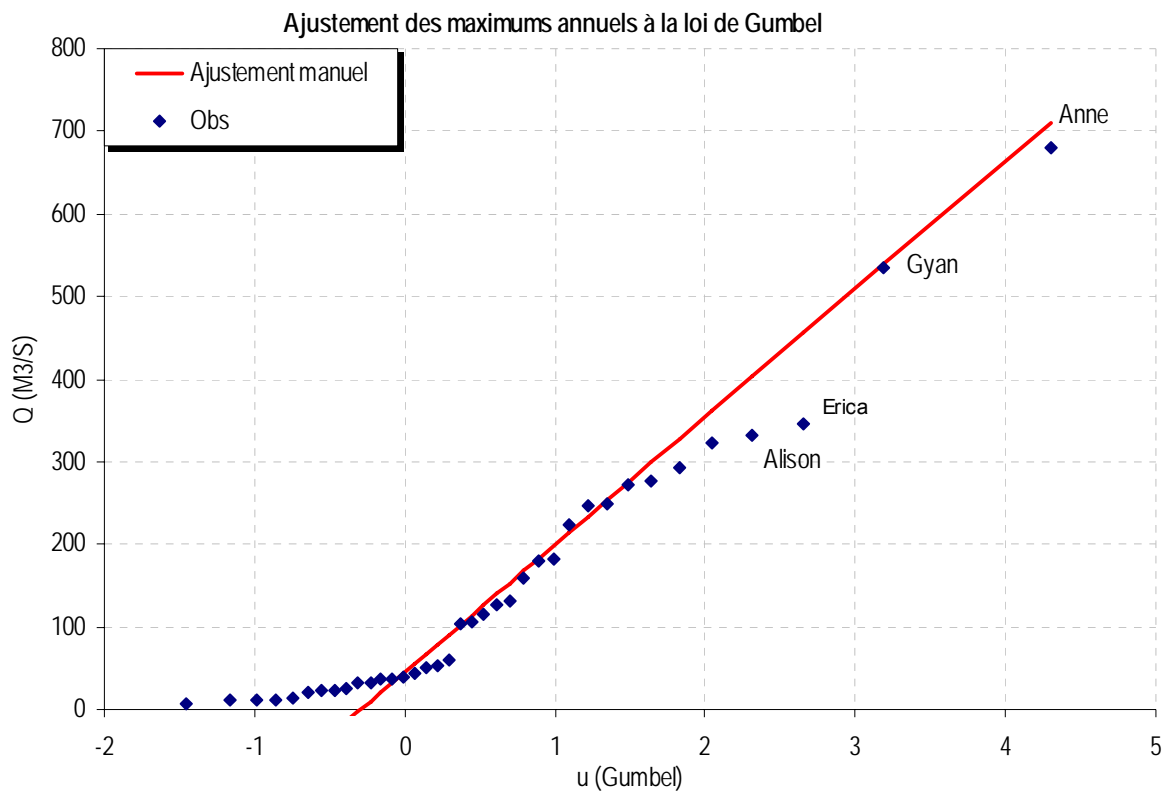
CODE	STATION	LOCALISATION			
		Coordonnées Lambert (m)			BV (km²)
		X	Y	Z	
5700500301	Couvelee Haute couvelee. Cote 30	448 602	231 372	30	40

OBSERVATIONS						
Début	Fin	Durée Eff.(ans)	Qmin (M3/S)		Qmax (M3/S)	
			Jaugé	Évalué	Jaugé	Évalué
01/01/67	16/05/08	38.6	0.112	0.080	232.0	679.963



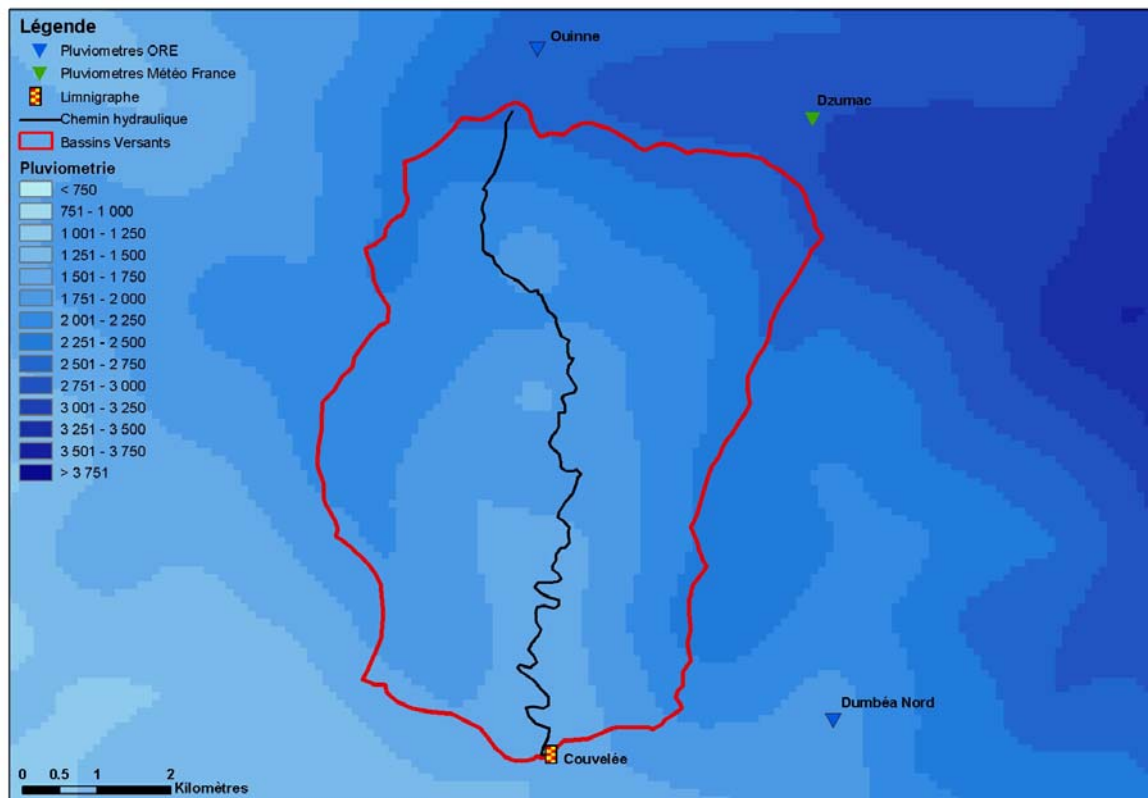
(Source : DTSI, IGN 1/50000)

Débits maximums de crues



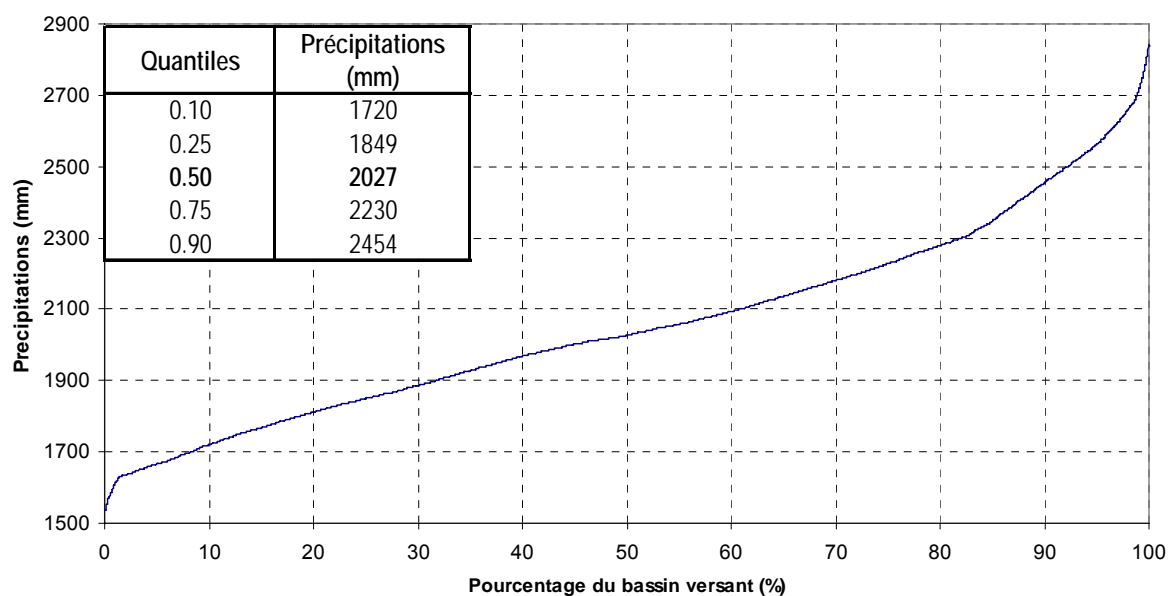
	Période de Retour T (années)							Paramètre loi	
	1	2	5	10	20	50	100	Gd	P0
Q (m³/s)	45	102	277	394	505	650	758	155	45

Pluviométrie



(Source : MétéoFrance, DAVAR)

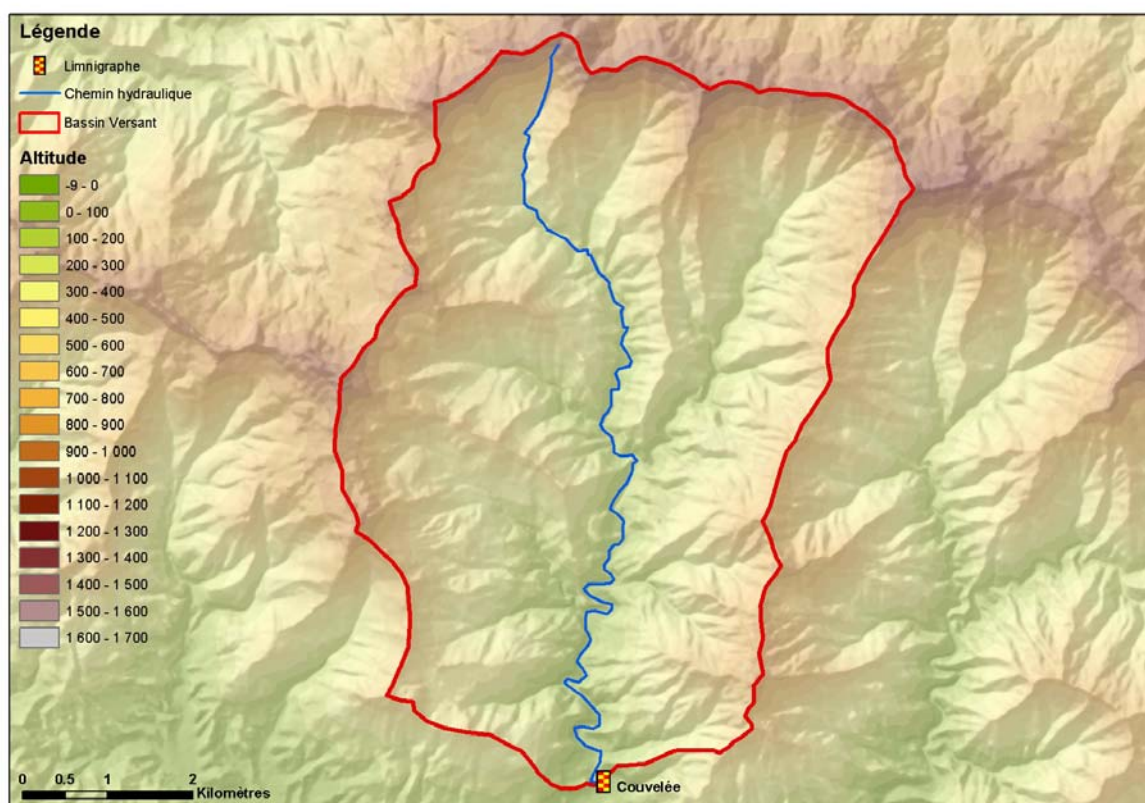
Courbe pluviométrique du bassin de la Couvelée



Précipitation moyenne : $P_{\text{moy}} = 2057\text{mm}$
 Précipitation minimum : $P_{\text{min}} = 1535\text{mm}$
 Précipitation maximum : $P_{\text{max}} = 2844\text{mm}$

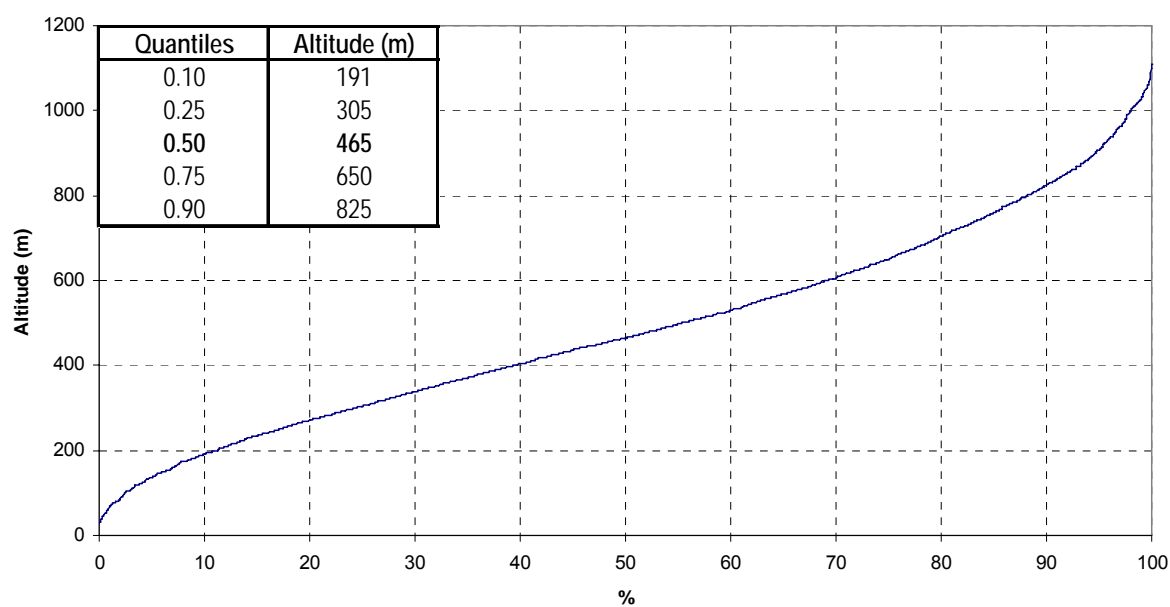
Caractéristiques Physiques

Altitudes



(Source : DTSI, MNT au pas de 10m)

Courbe hypsometrique du bassin de la Couvelée

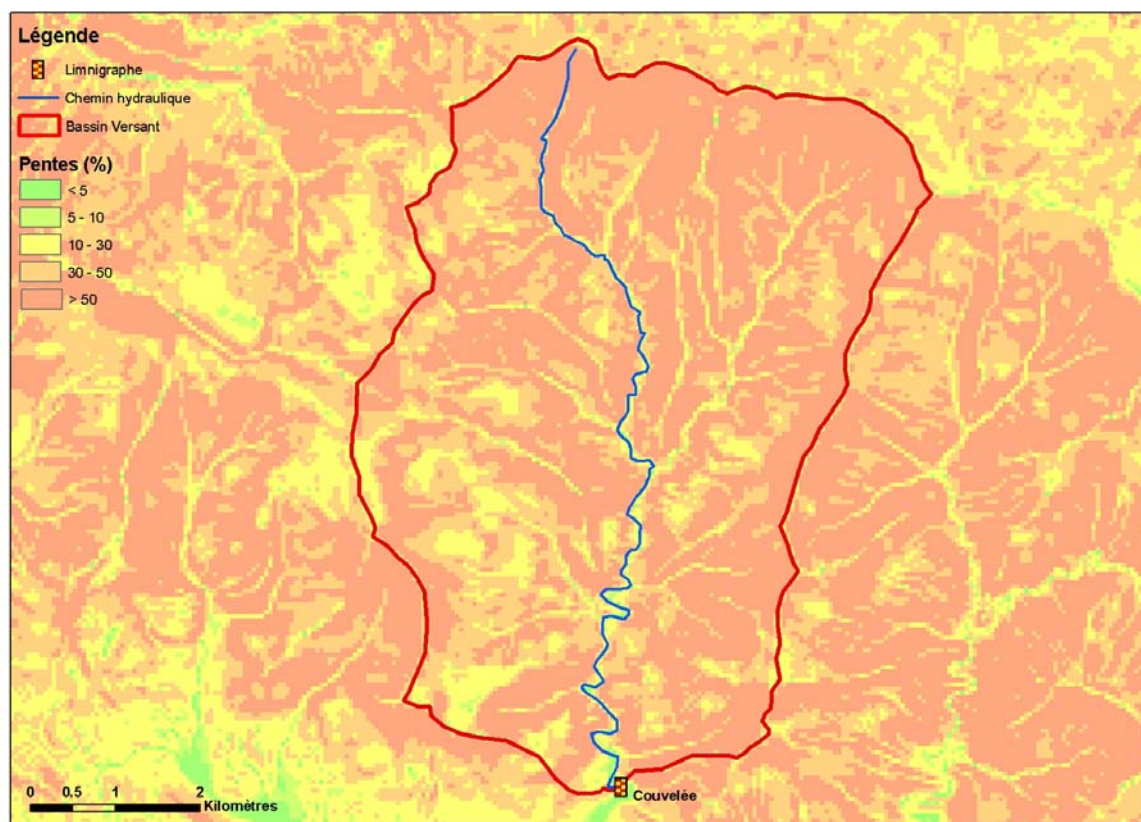


$Z_{\text{moy}} = 488.0\text{m}$

$Z_{\text{min}} = 29\text{m}$

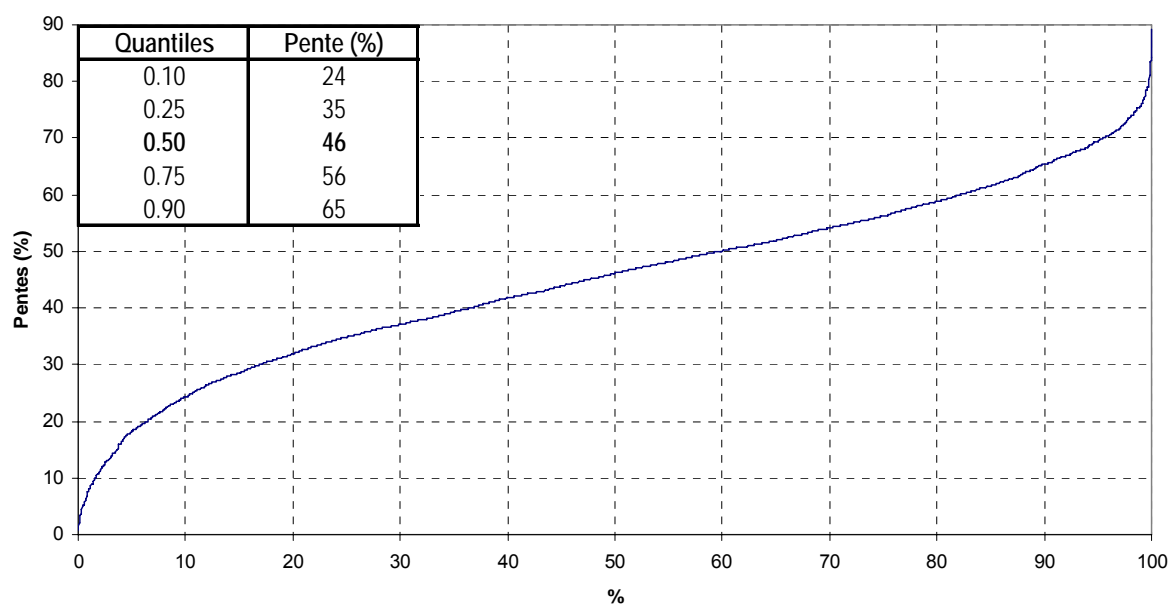
$Z_{\text{max}} = 1111\text{m}$

Pentes



(Source : d'après DTSI, MNT au pas de 50m)

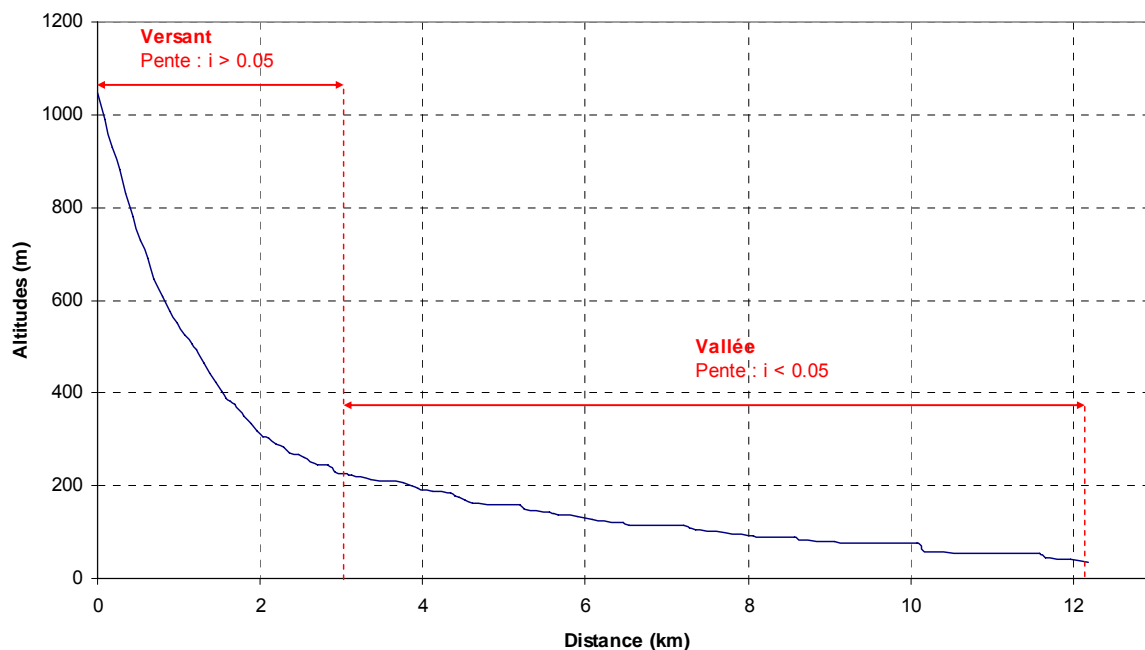
Pentes du bassin de la Couvelée



Pente moyenne : $i_{\text{moy}} = 45.2\%$
Pente minimum : $i_{\text{min}} = 0.88\%$
Pente maximum : $i_{\text{max}} = 89.3\%$

Chemin Hydraulique

Profil suivant le chemin hydraulique



Quantiles	Pente (%)
0.10	0.22
0.25	0.36
0.50	1.72
0.75	8.3
0.90	28.3

Longueur du chemin hydraulique : $L = 12.391$ km

Pente moyenne : $i_{ch} = 8.3\%$

Pente à l'exutoire : $i_e = 2\%$

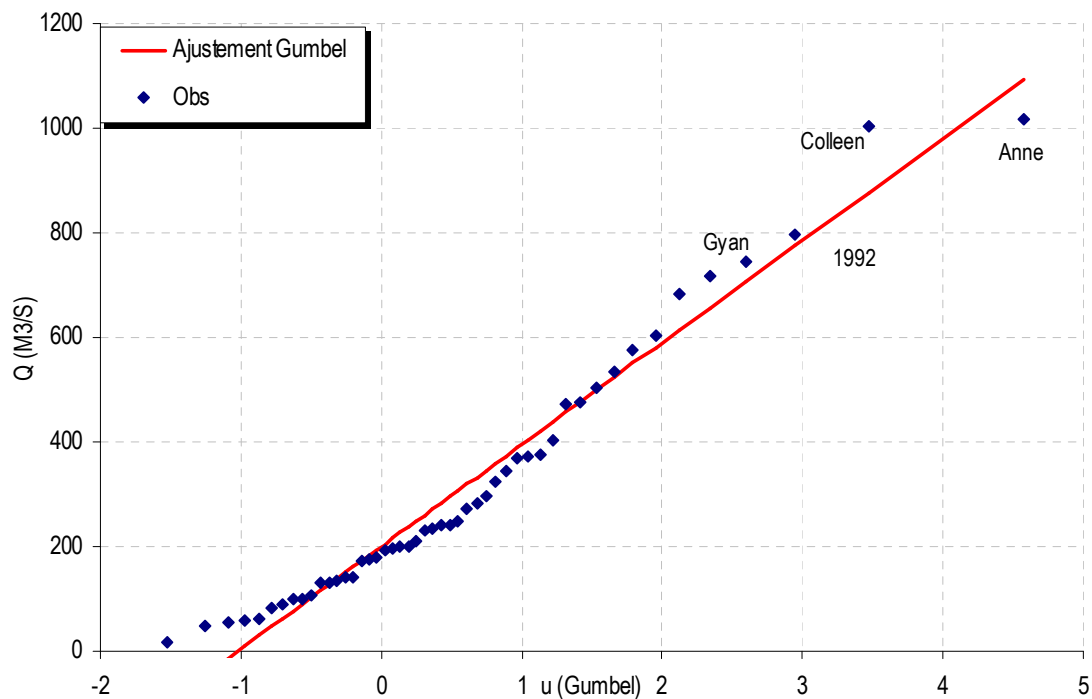
69% du chemin hydraulique présente une pente inférieure à 5%

Temps de Concentration : $T_c = 1.7$ h [1.71 ; 2.90]

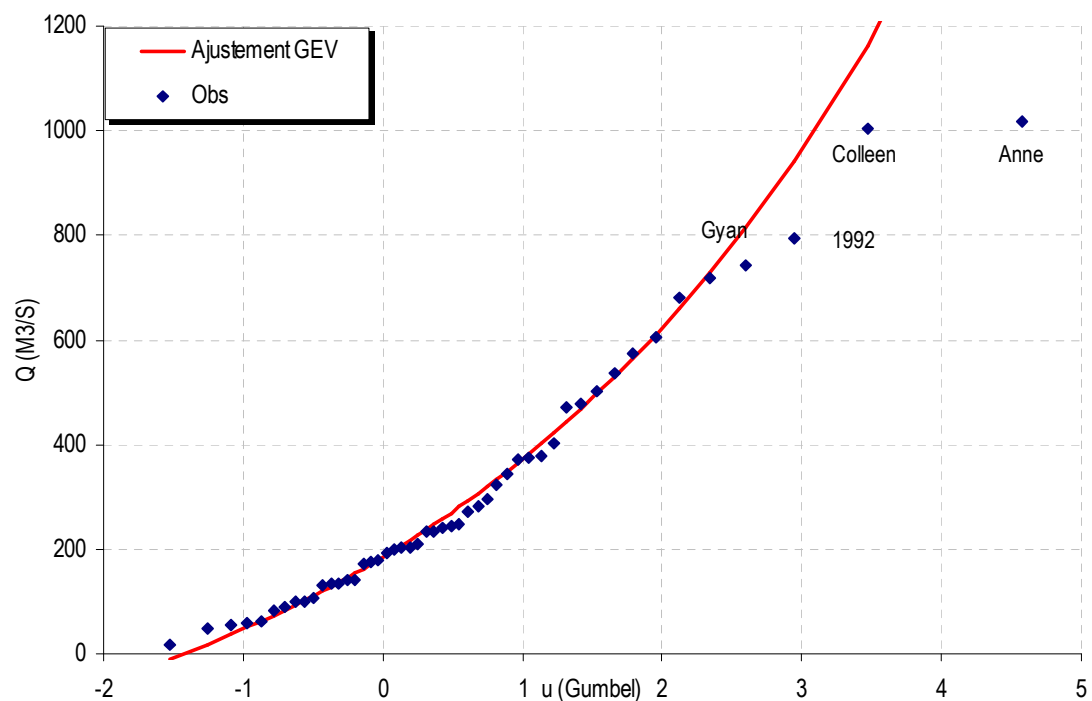
Vitesse Moyenne de Transfert : $V = L / T_c = 2.0$ m.s⁻¹

5700500107 Dumbea Est Amont retenue (station H)

Ajustement des 49 maximums annuels à la loi de Gumbel



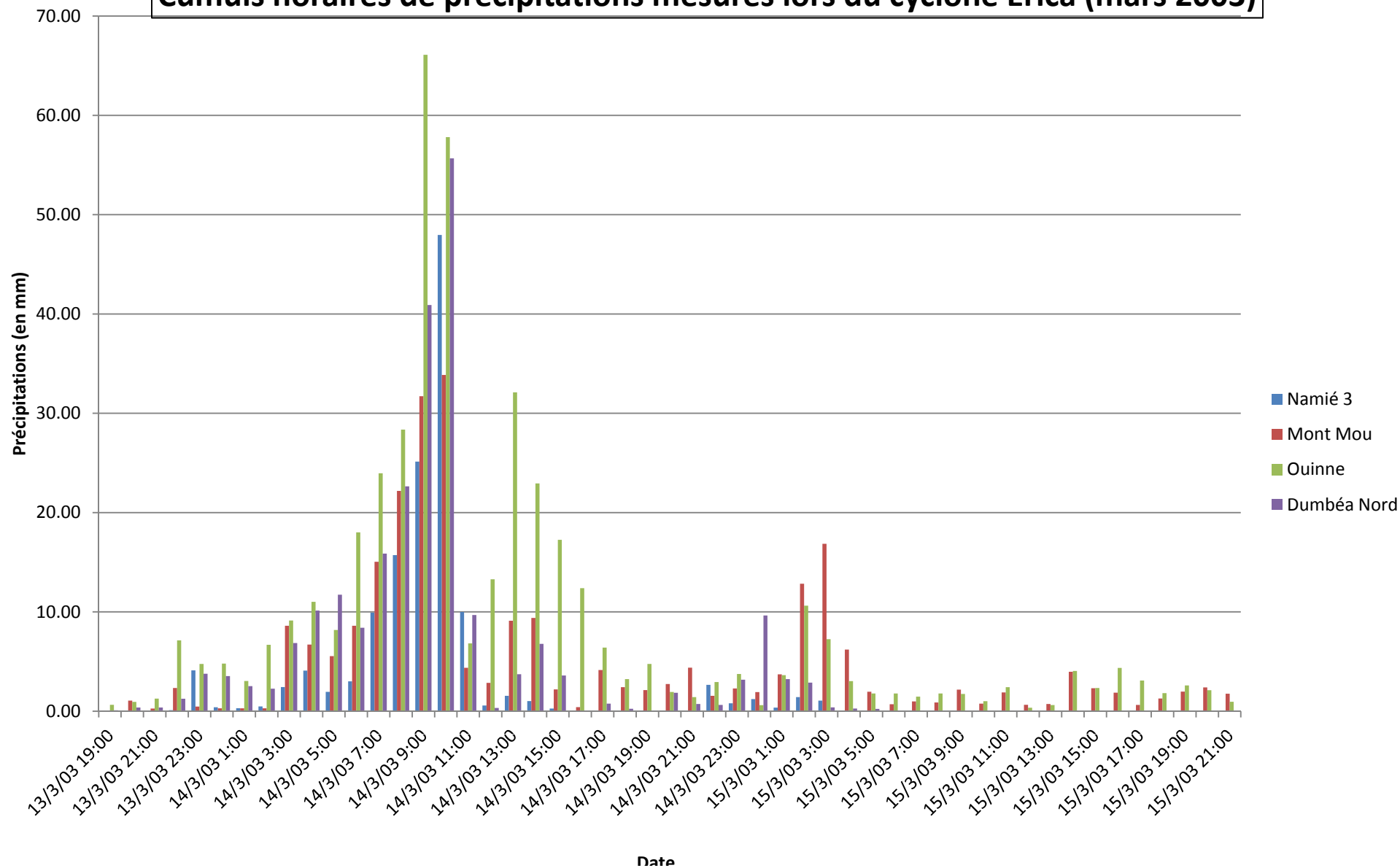
Ajustement des 49 maximums annuels à la loi GEV



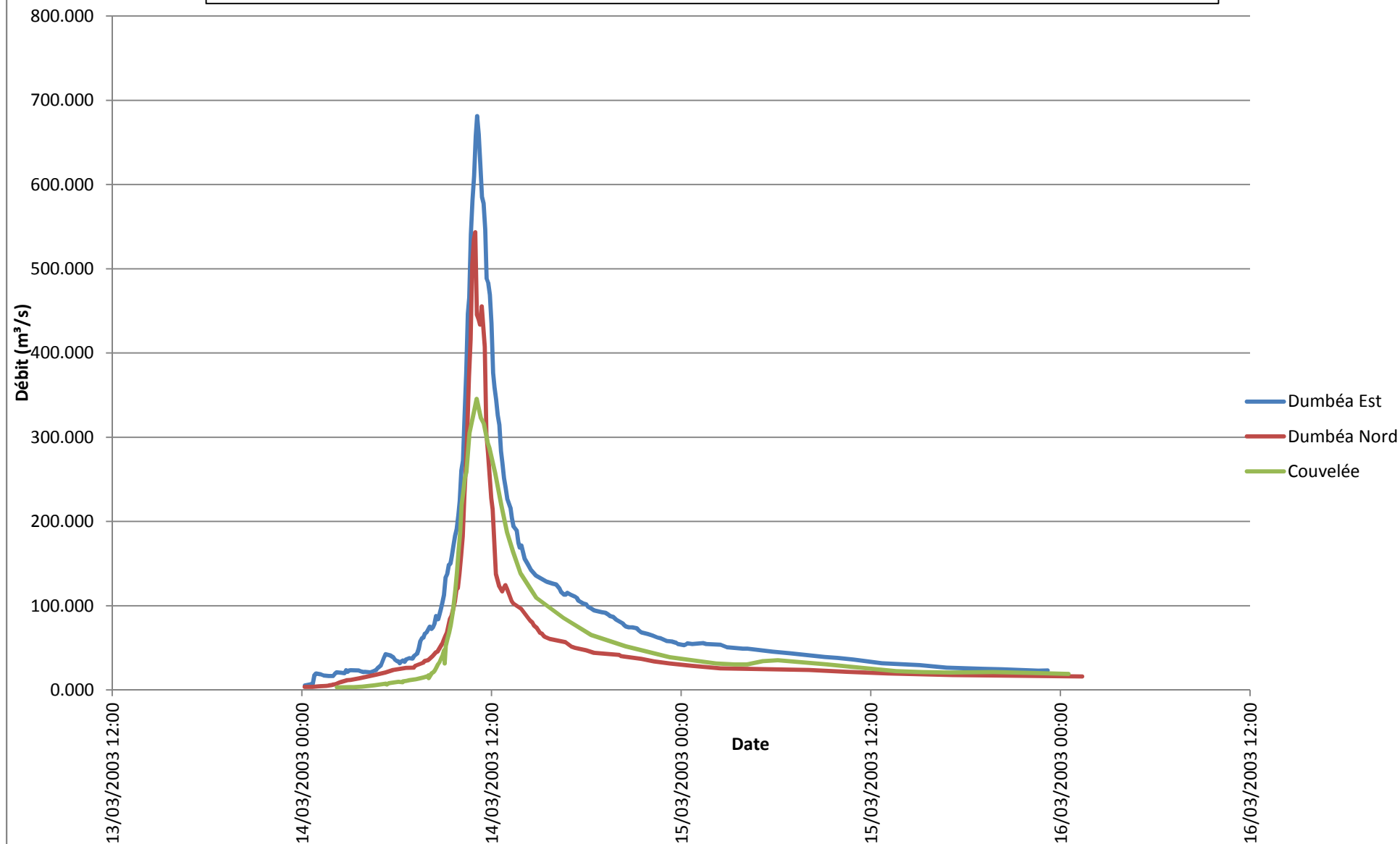
	Période de Retour T (années)							Parametre loi	
	1	2	5	10	20	50	100	Gd	P0
Qmax (m³/s) Gumbel	200	271	492	639	779	961	1097	195	200
Qmax (m³/s) GEV	200	247	488	699	952	1371	1772	200	-0.20

Annexe 4 : Hyétogrammes et hydrogrammes des épisodes réels

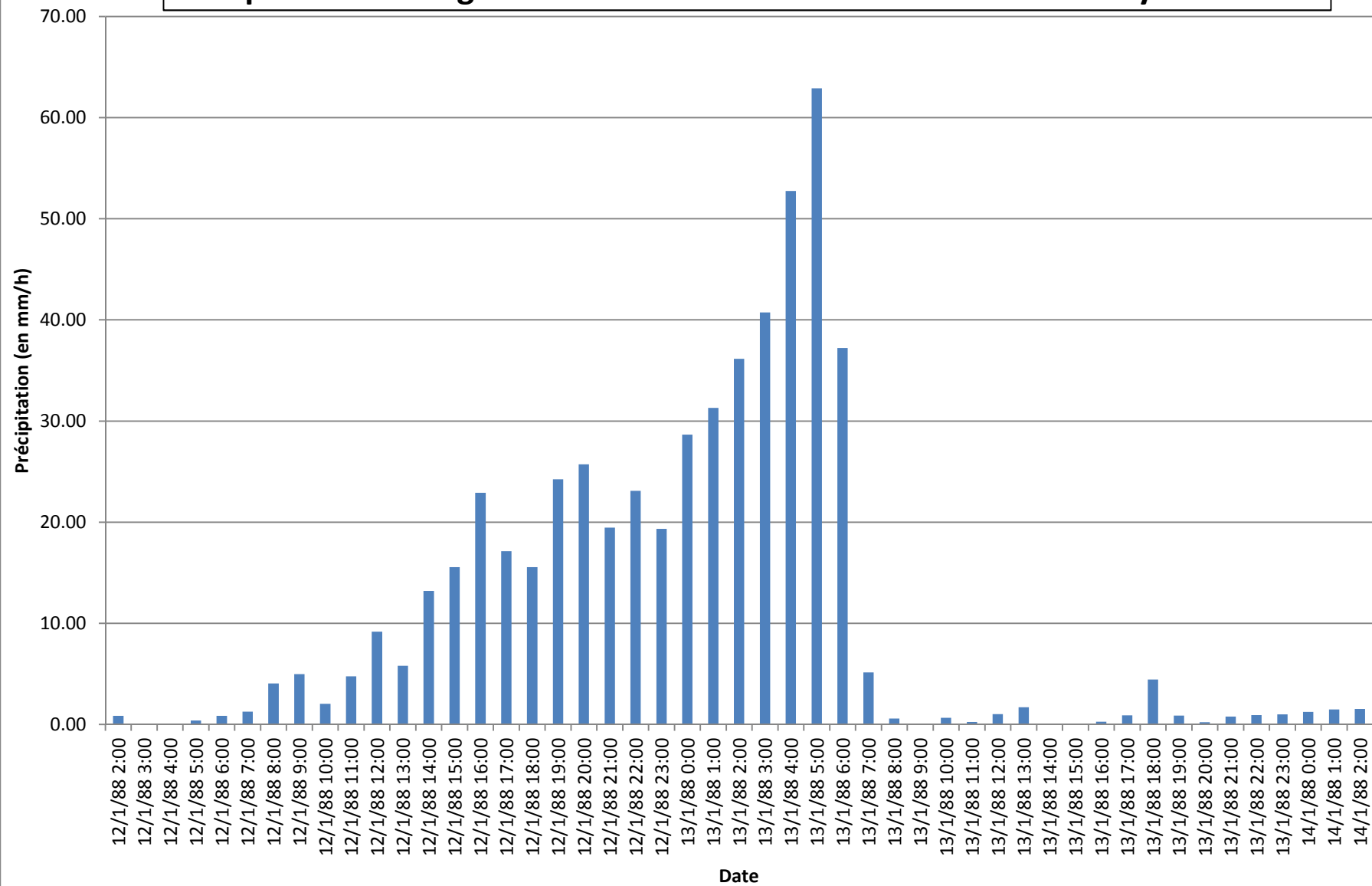
Cumuls horaires de précipitations mesurés lors du cyclone Erica (mars 2003)



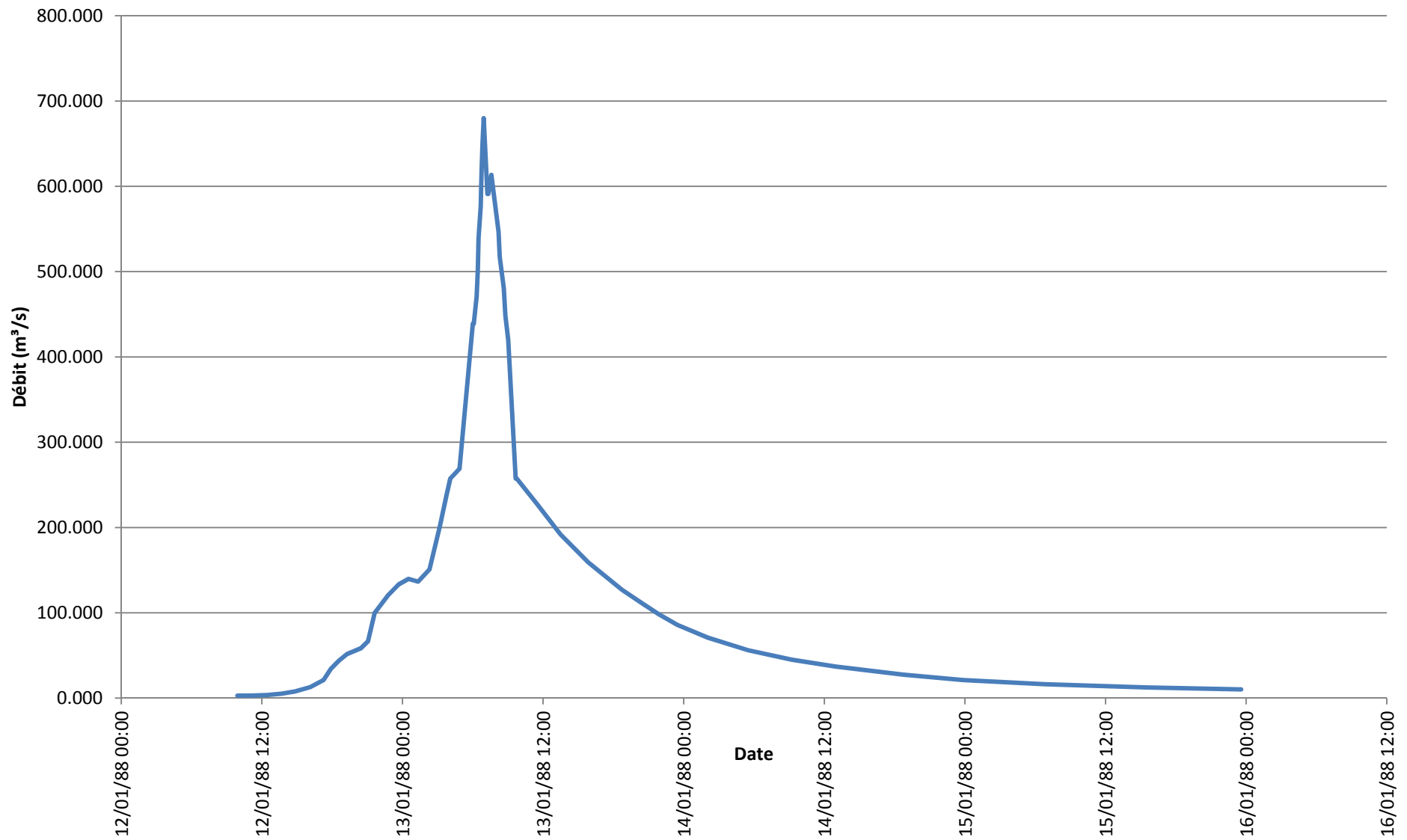
Débits enregistrés sur les différentes stations lors du cyclone Erica (mars 2003)



Précipitations enregistrées sur la station du Mont Mou lors du cyclone Anne



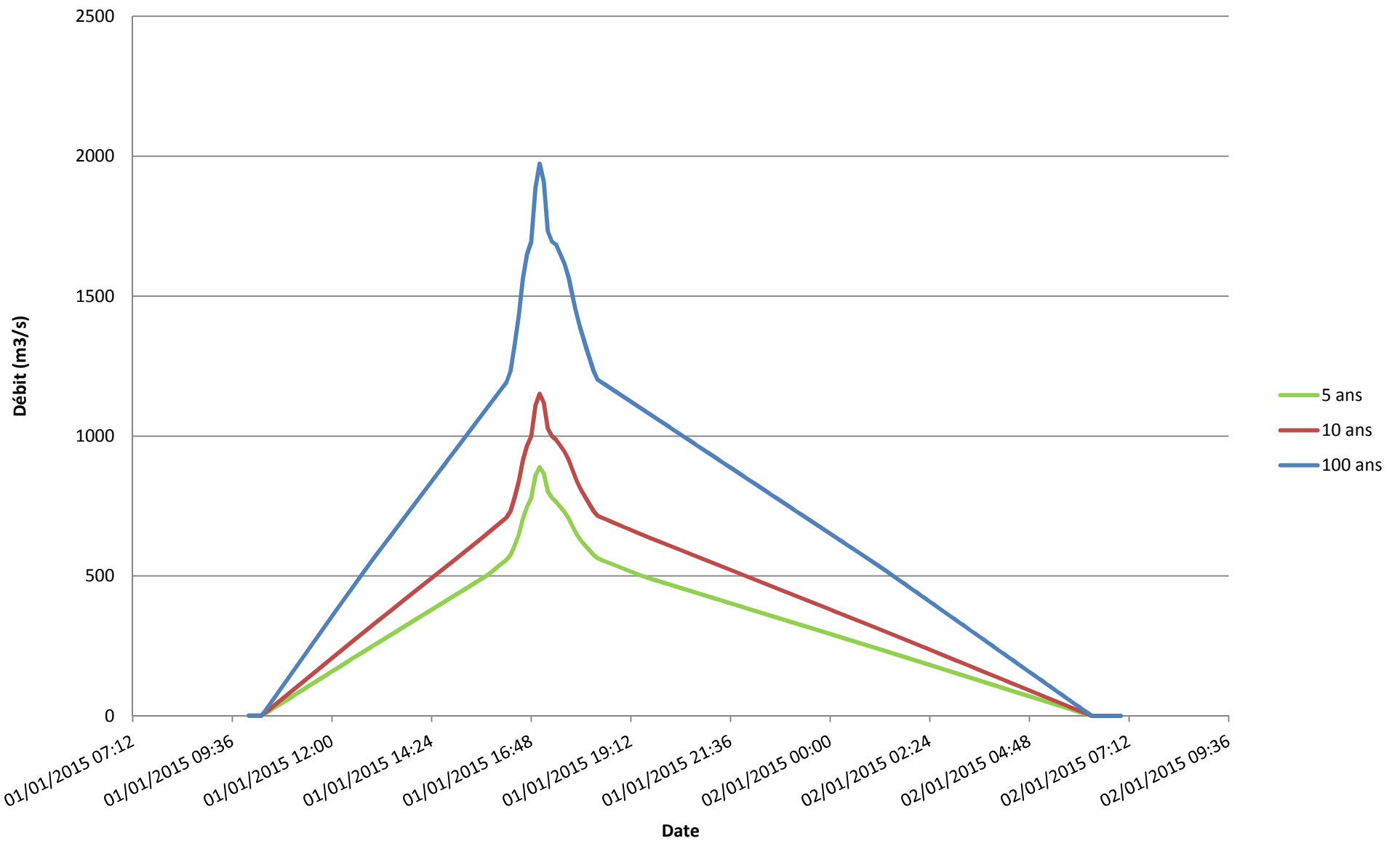
Débit enregistré sur la station de la Couvelée lors du cyclone Anne



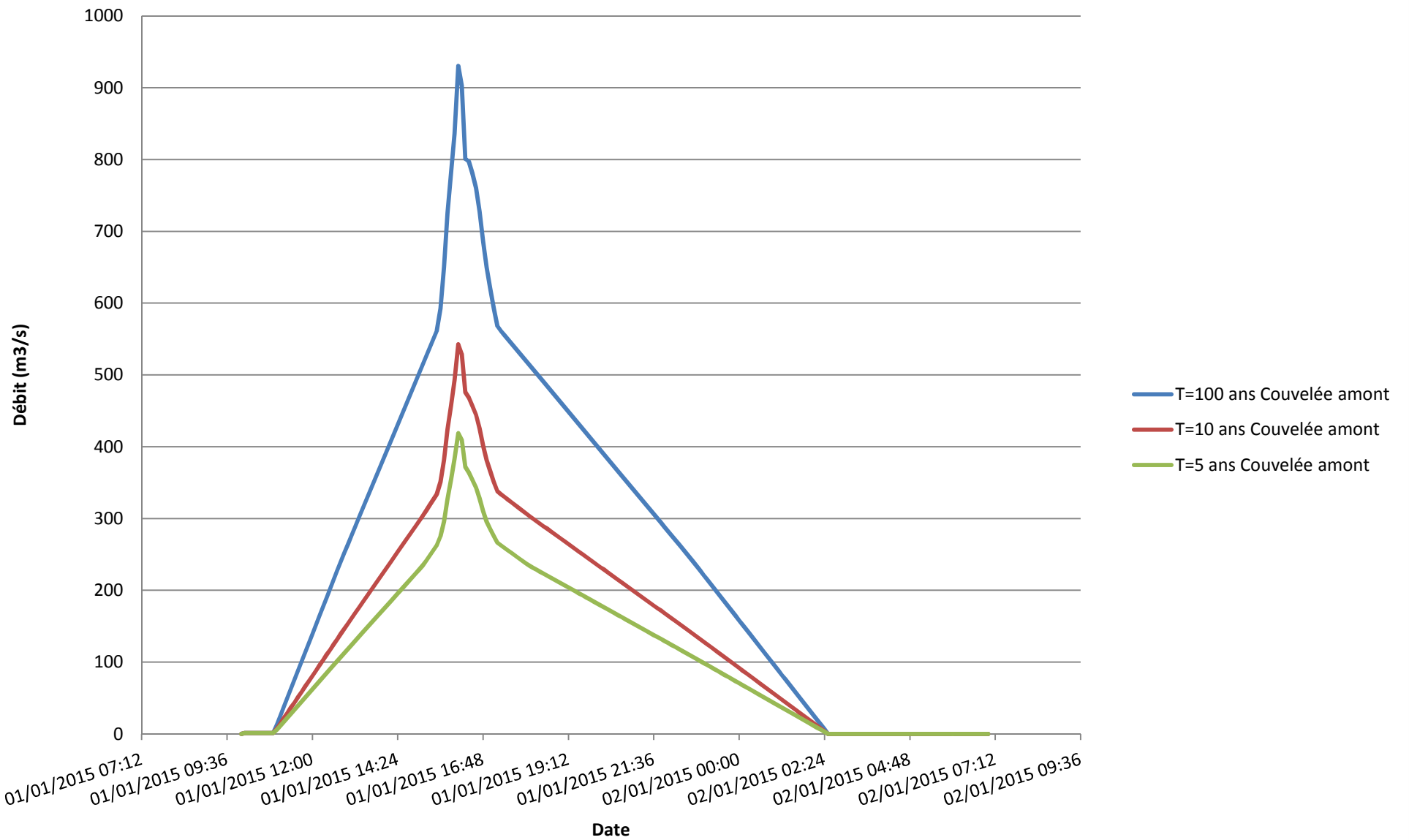
Annexe 5 : Plan des levés topographiques projetés

Annexe 6 : Débits théoriques injectés

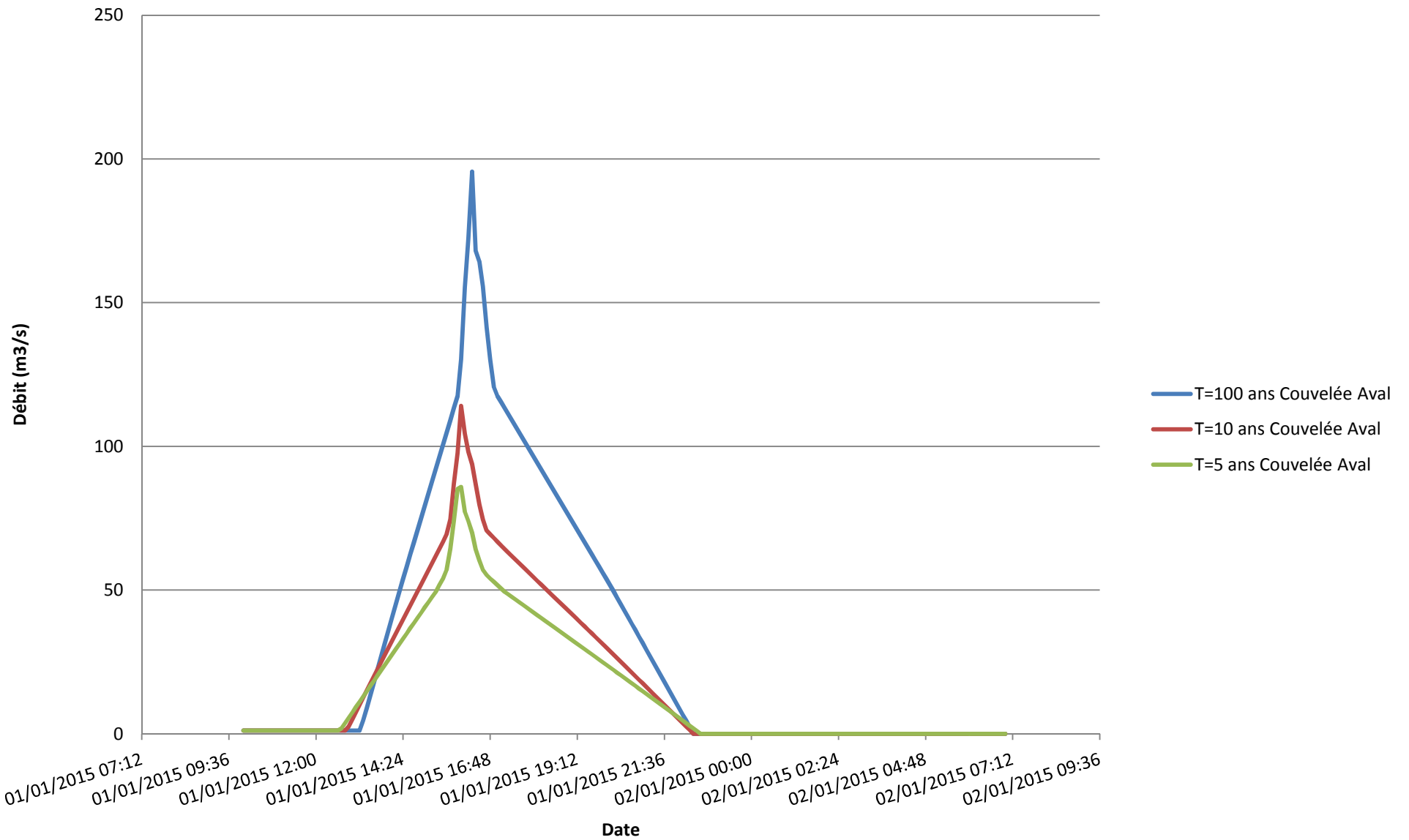
Dumbéa amont - A2



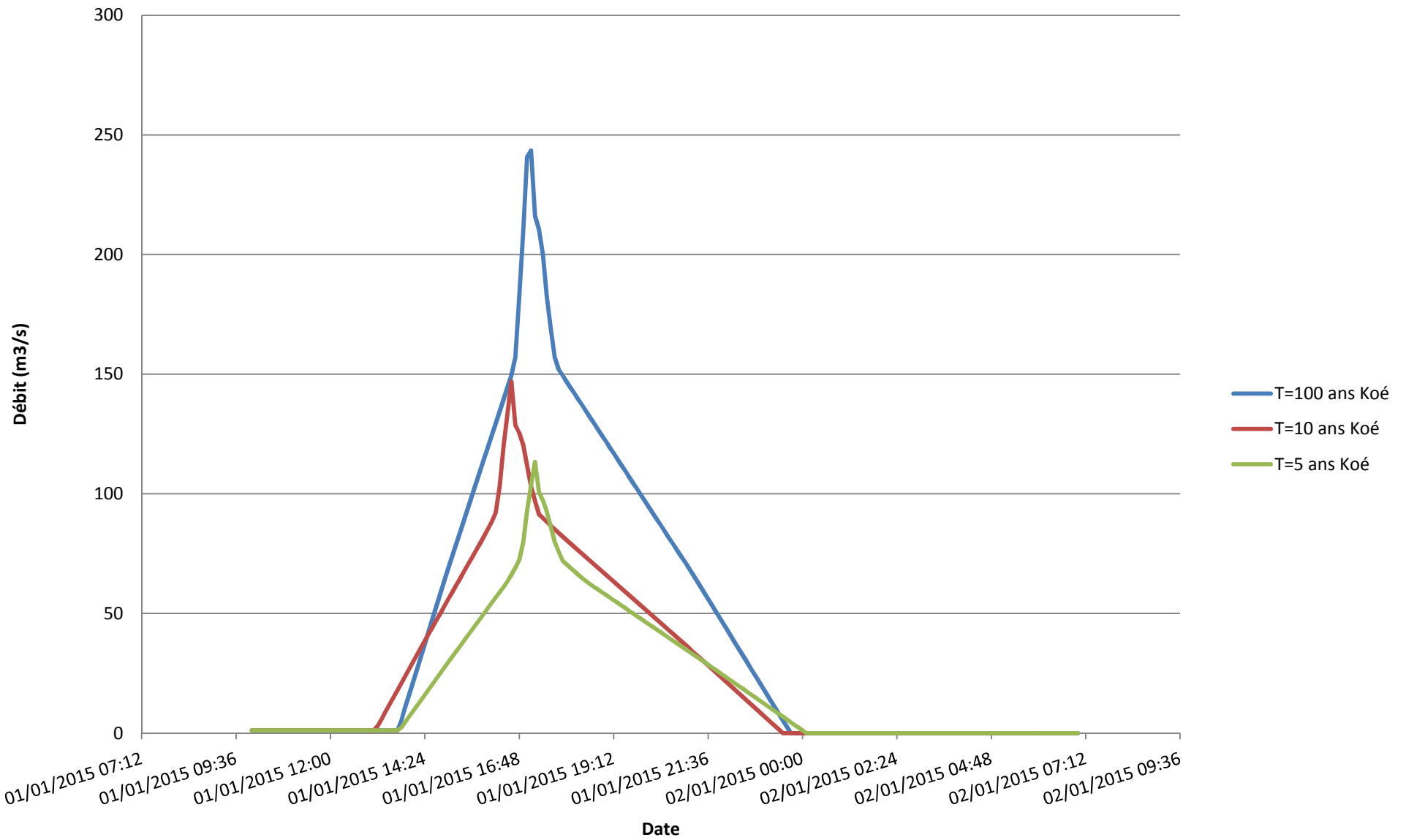
Couvelée amont - A1



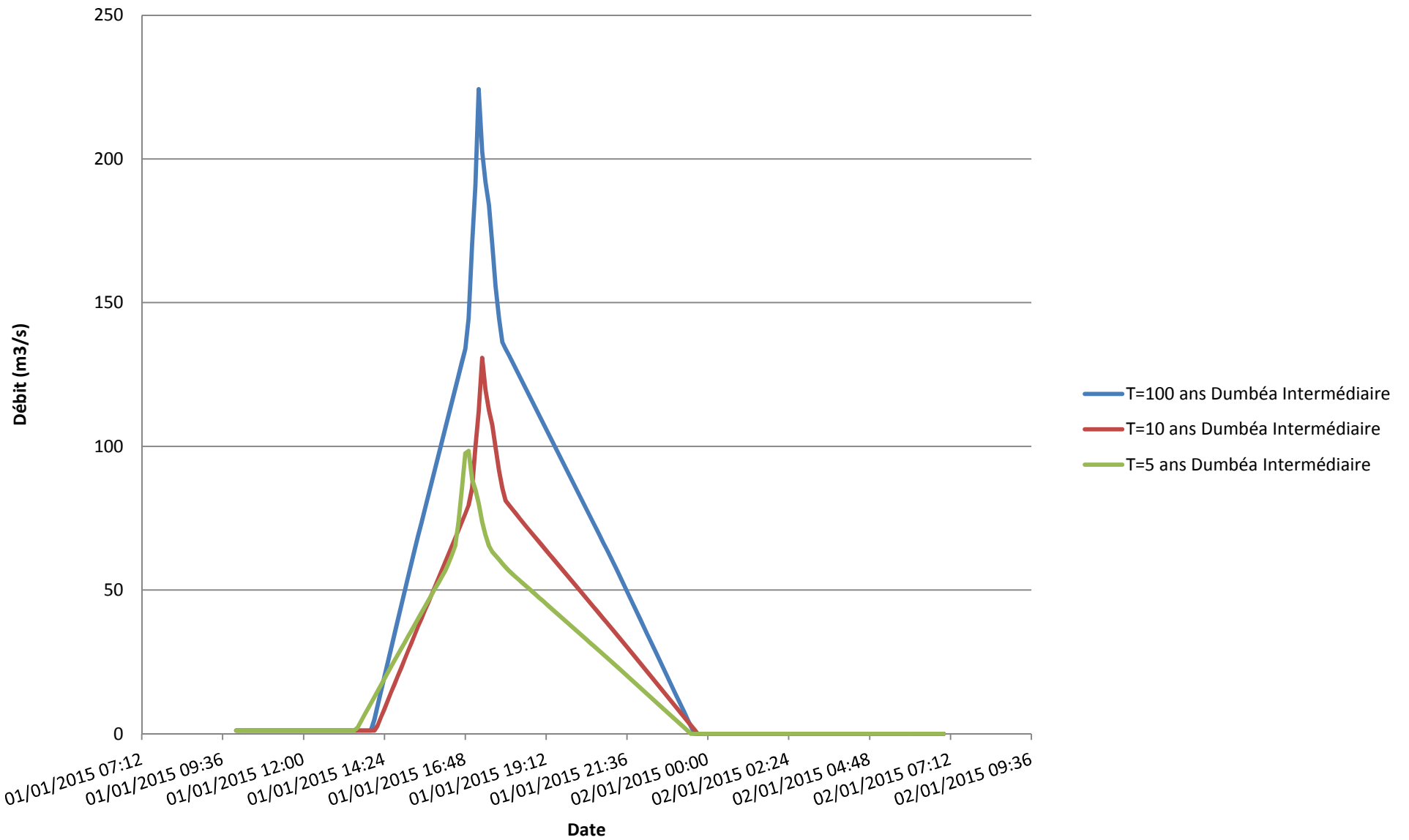
Couvelée aval- I1



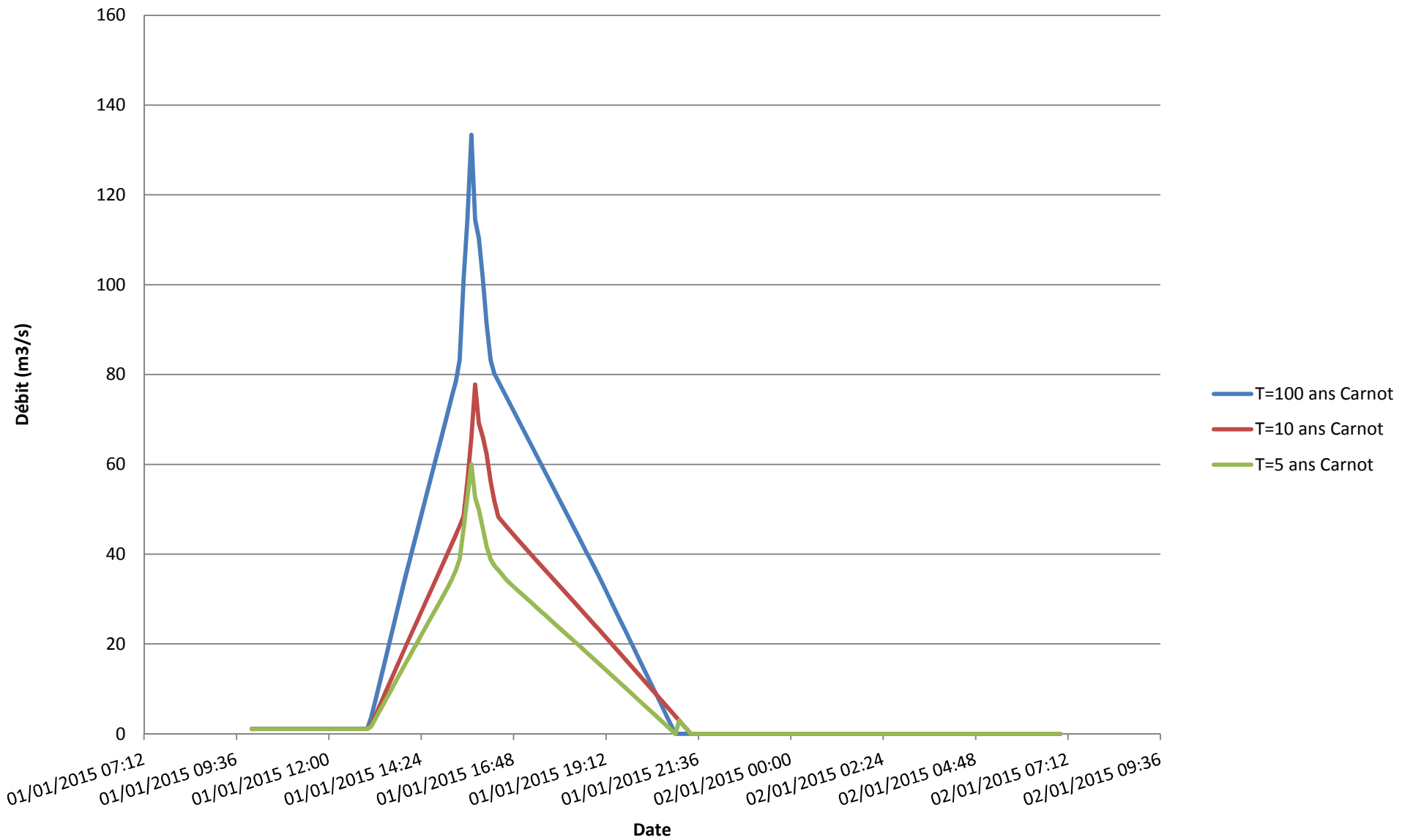
Koé- I2



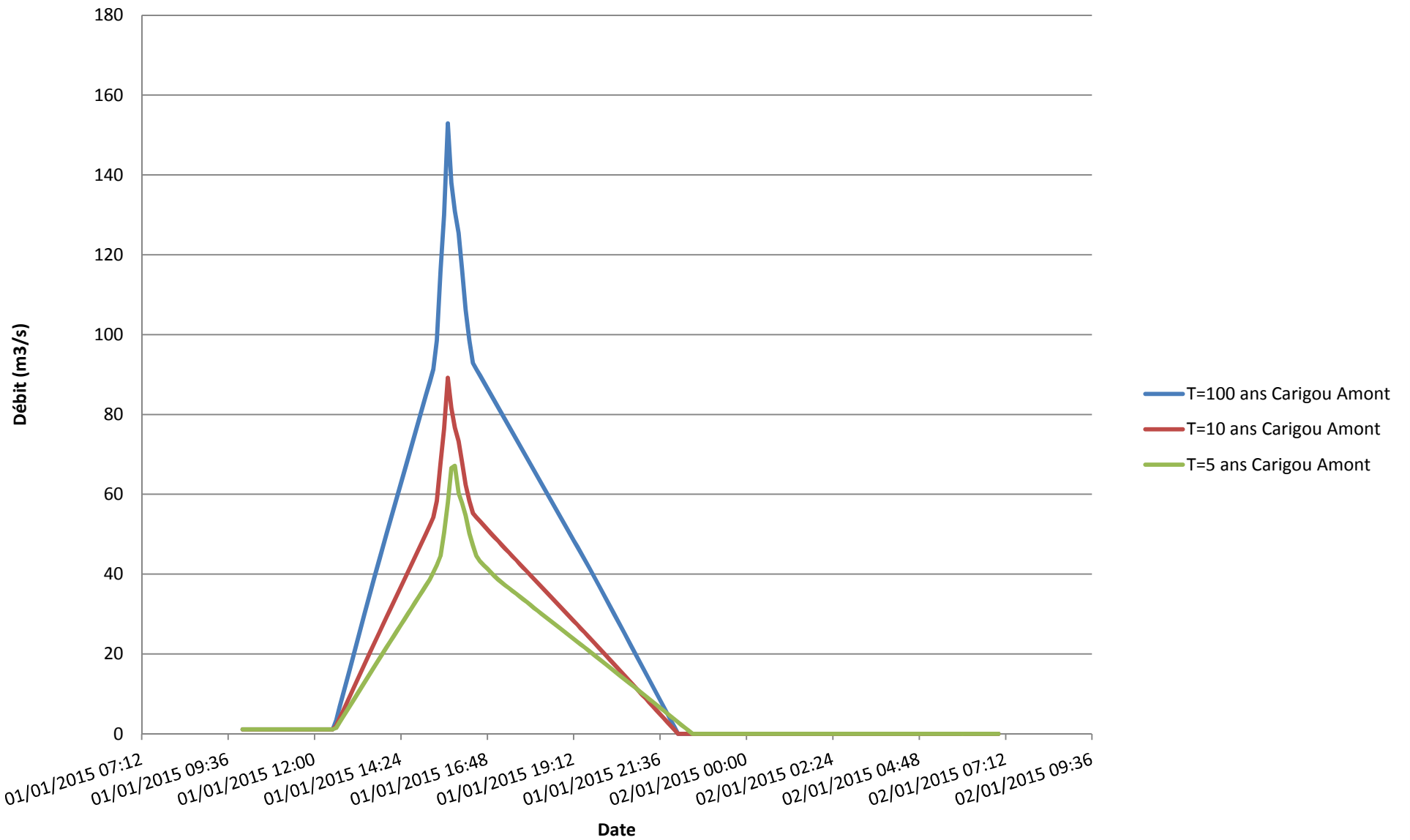
Dumbéa intermédiaire - J2



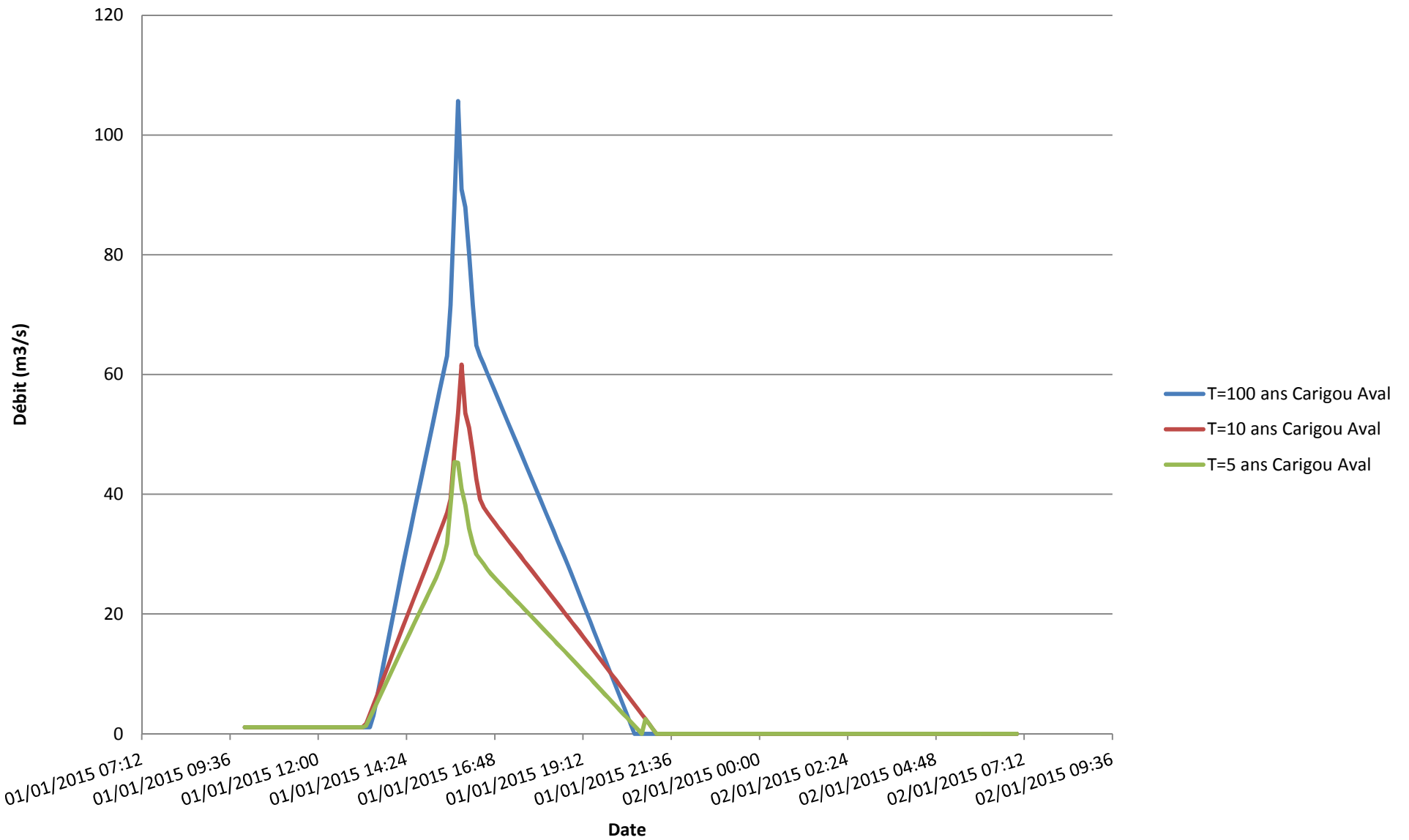
Carnot - A3



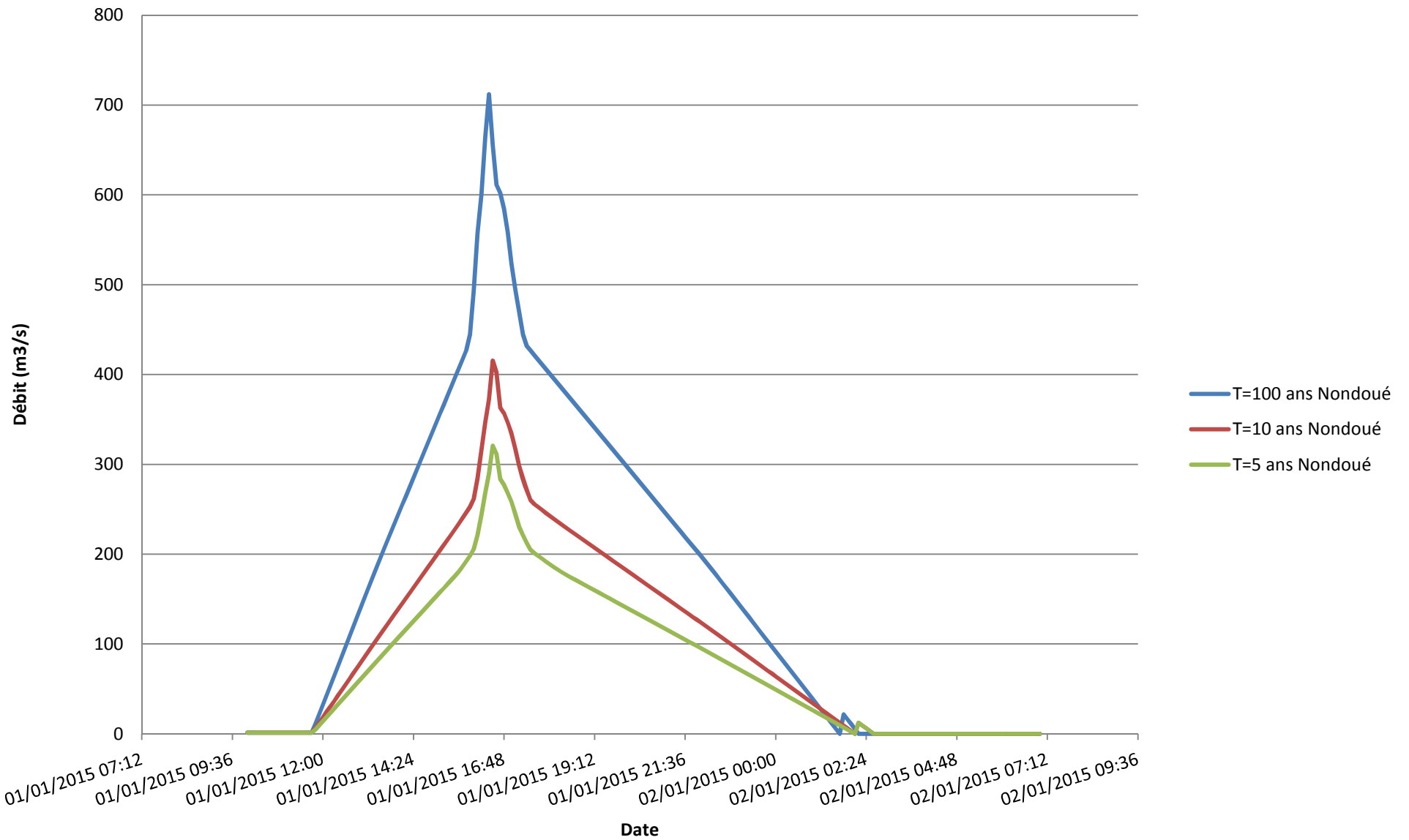
Carigou amont - A4



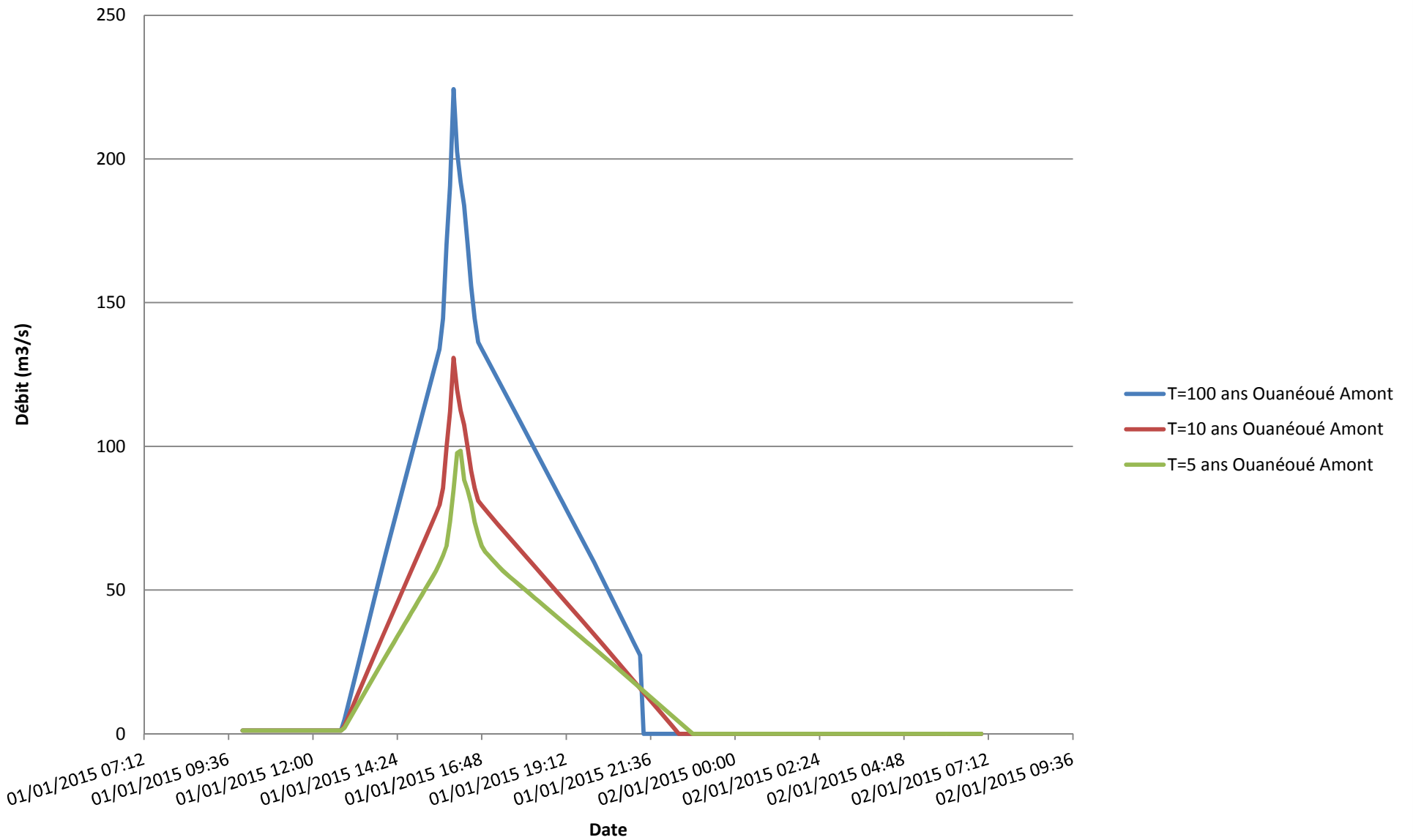
Carigou aval - J5



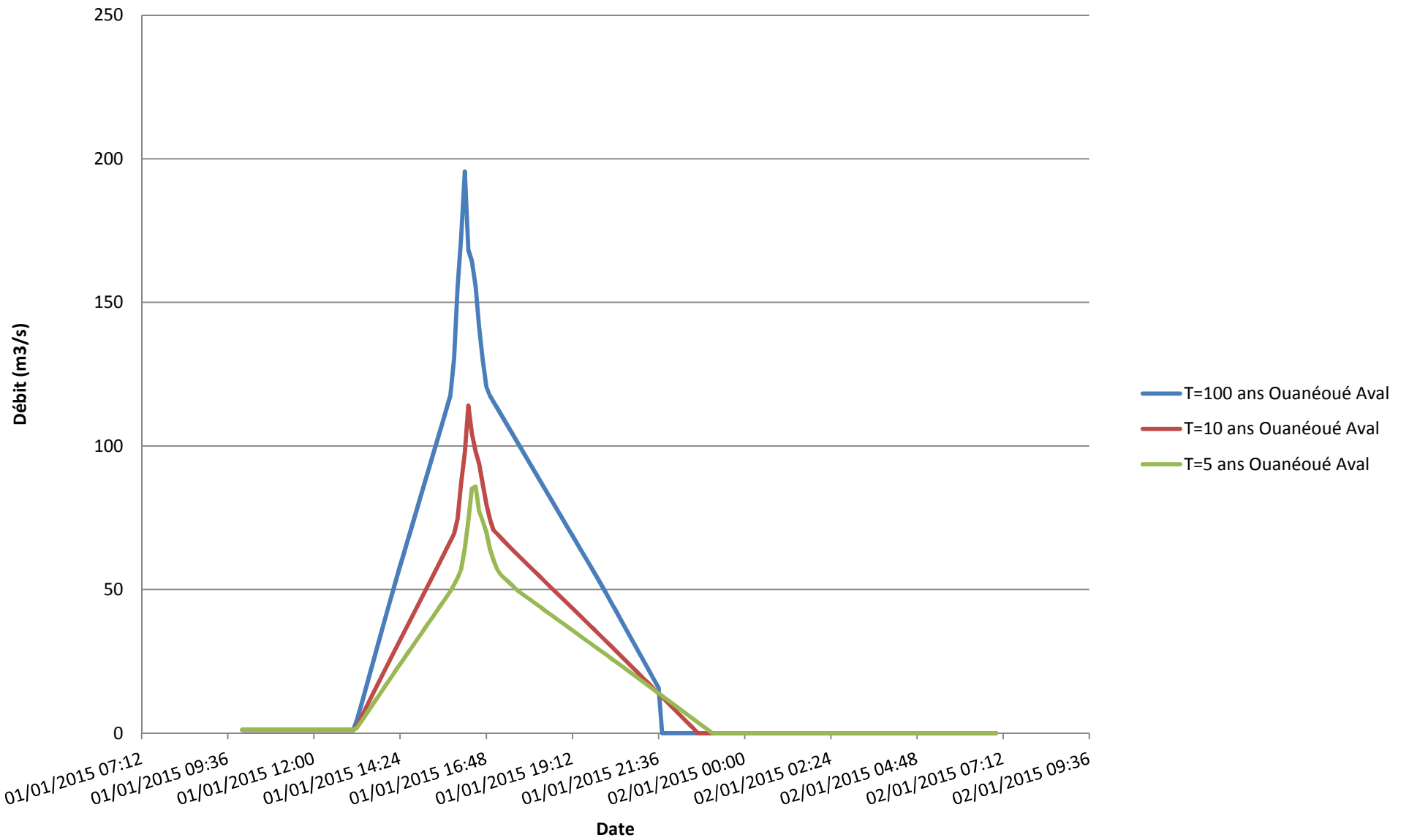
Nondoué - J3



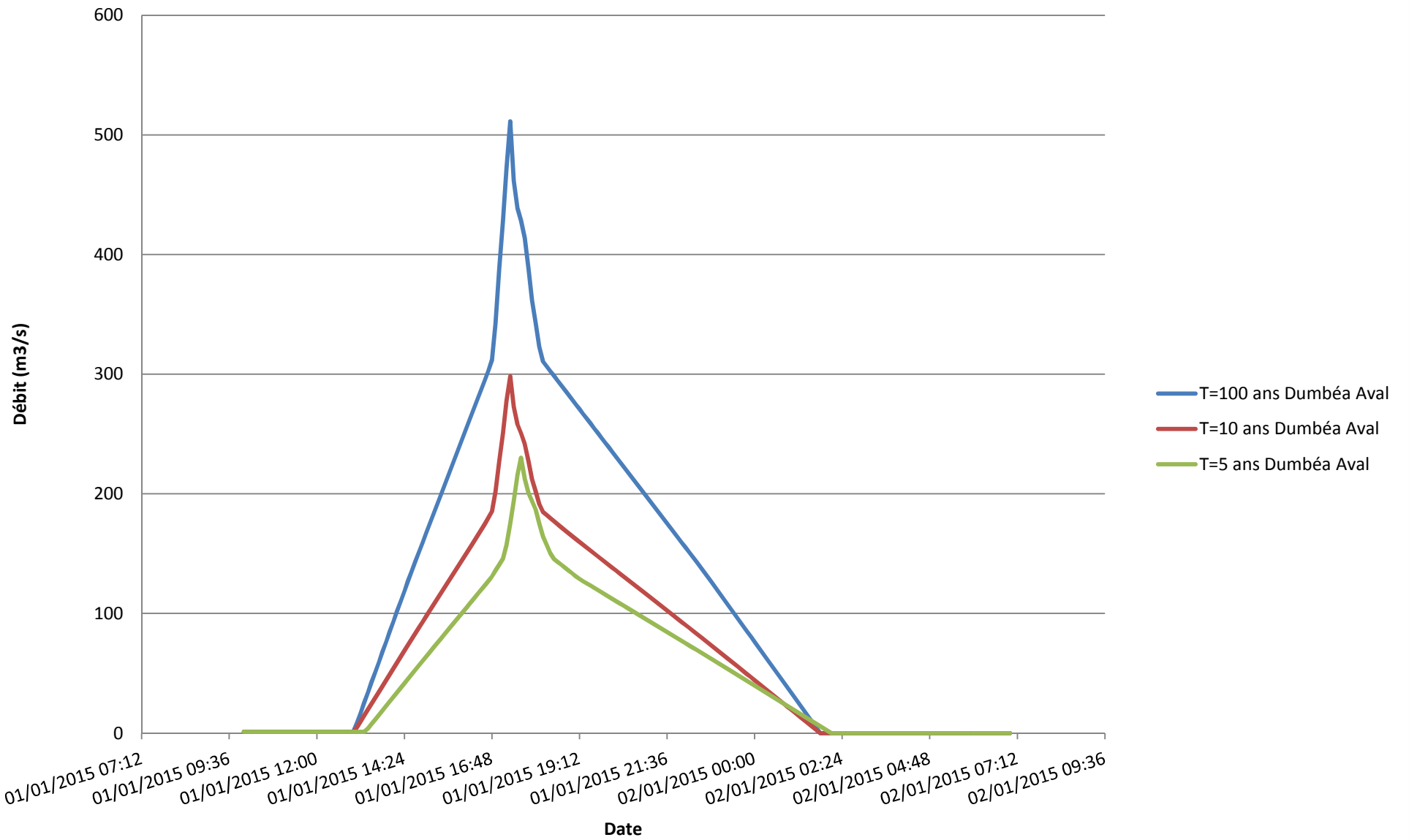
Ouanéoué amont - A5



Ouanéoué aval - I3



Dumbéa aval - I4

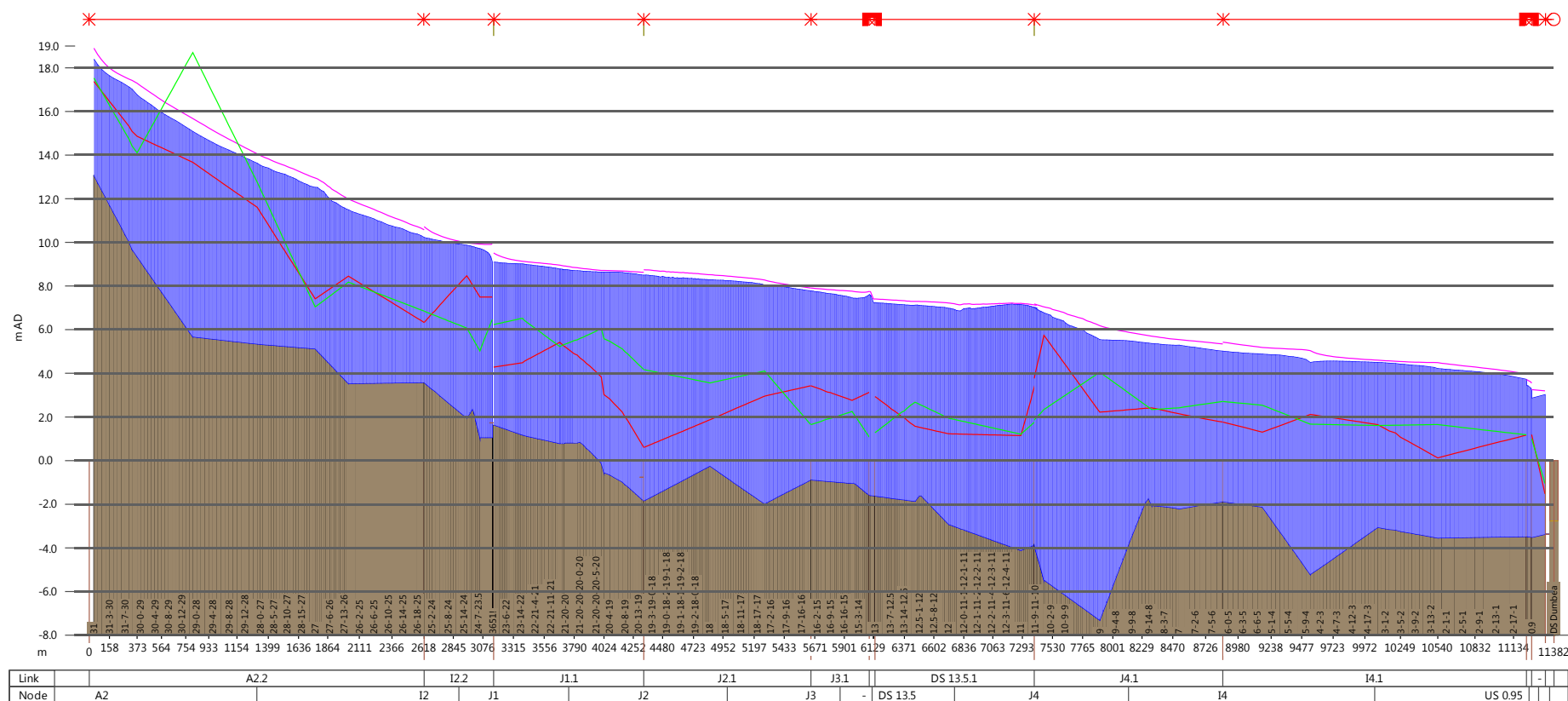


Annexe 7 : Résultats crues théoriques

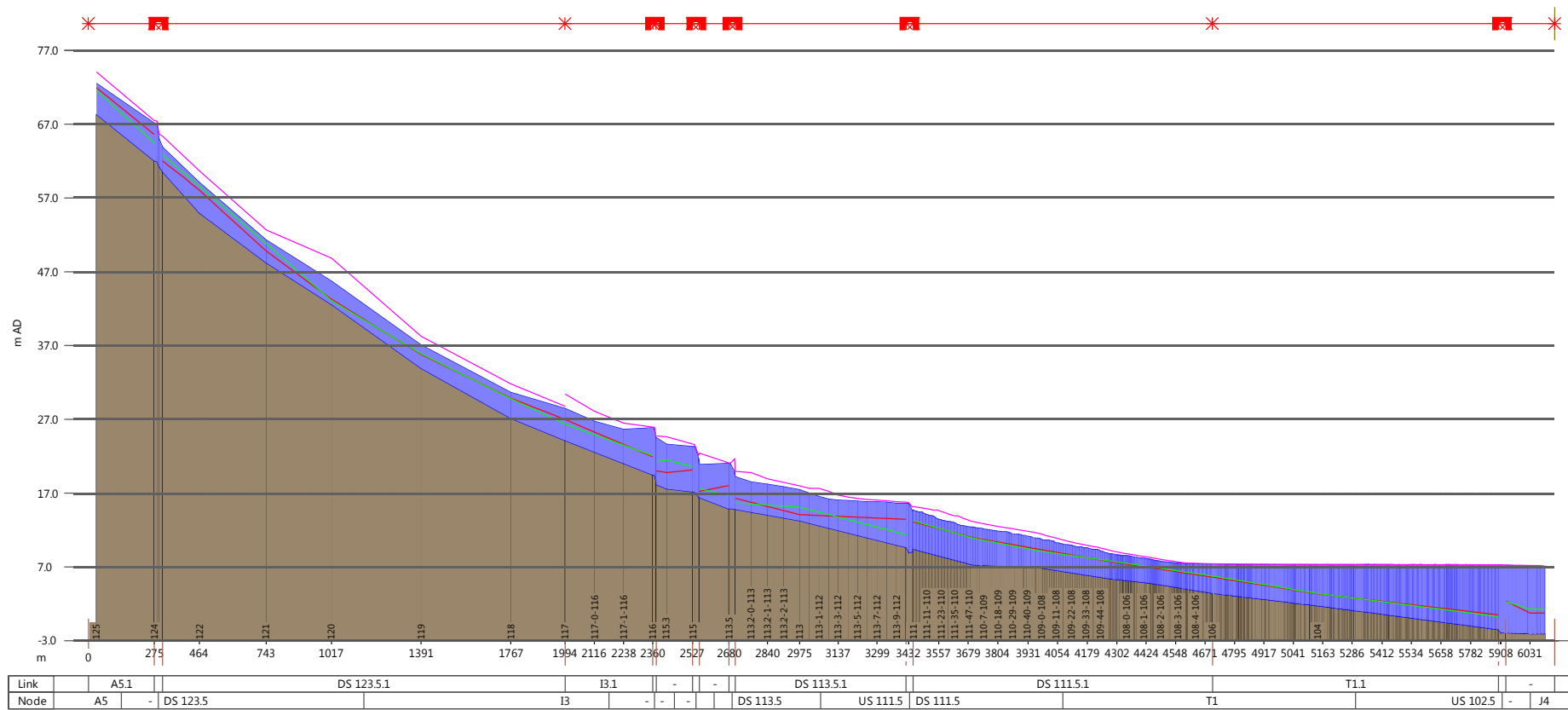
Annexe 7 : Résultats Dumbéa, Carigou, Ouanéoué et Couvelée – T=5, 10 et 100 ans

Sur chaque figure, la ligne rose représente la ligne de charge et les lignes rouges et vertes les lignes de berges.

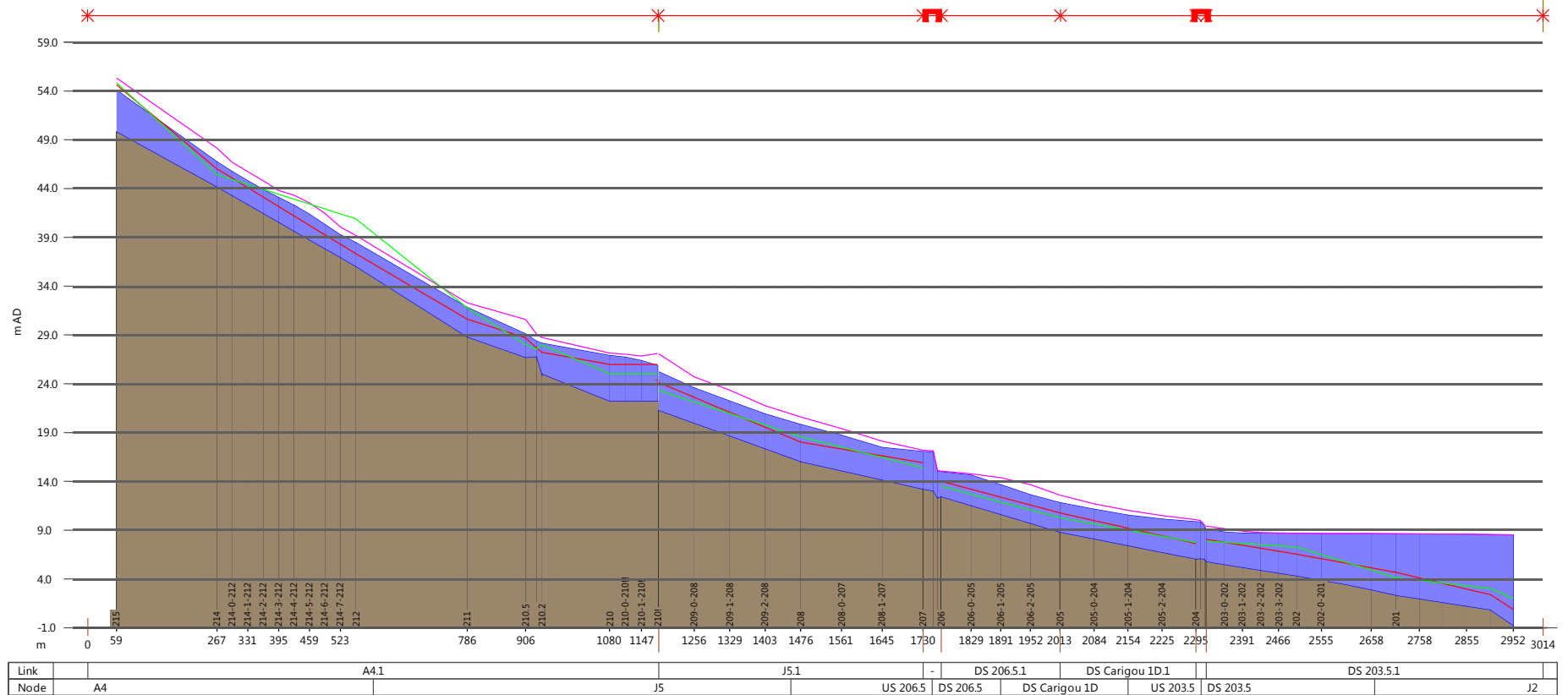
- **T=100 ans**



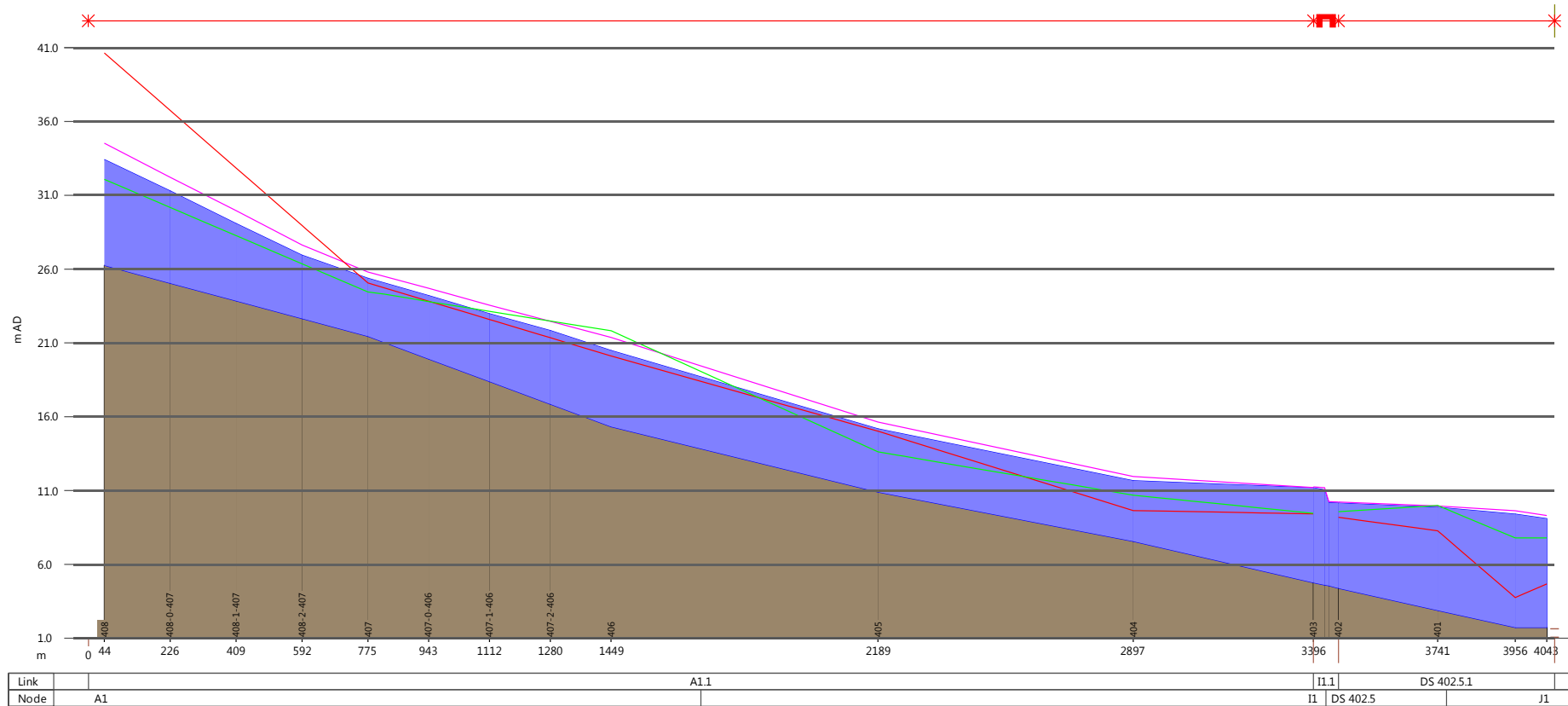
Profil en long – Dumbéa – T= 100 ans



Profil en long – Ouanéoué – T= 100 ans

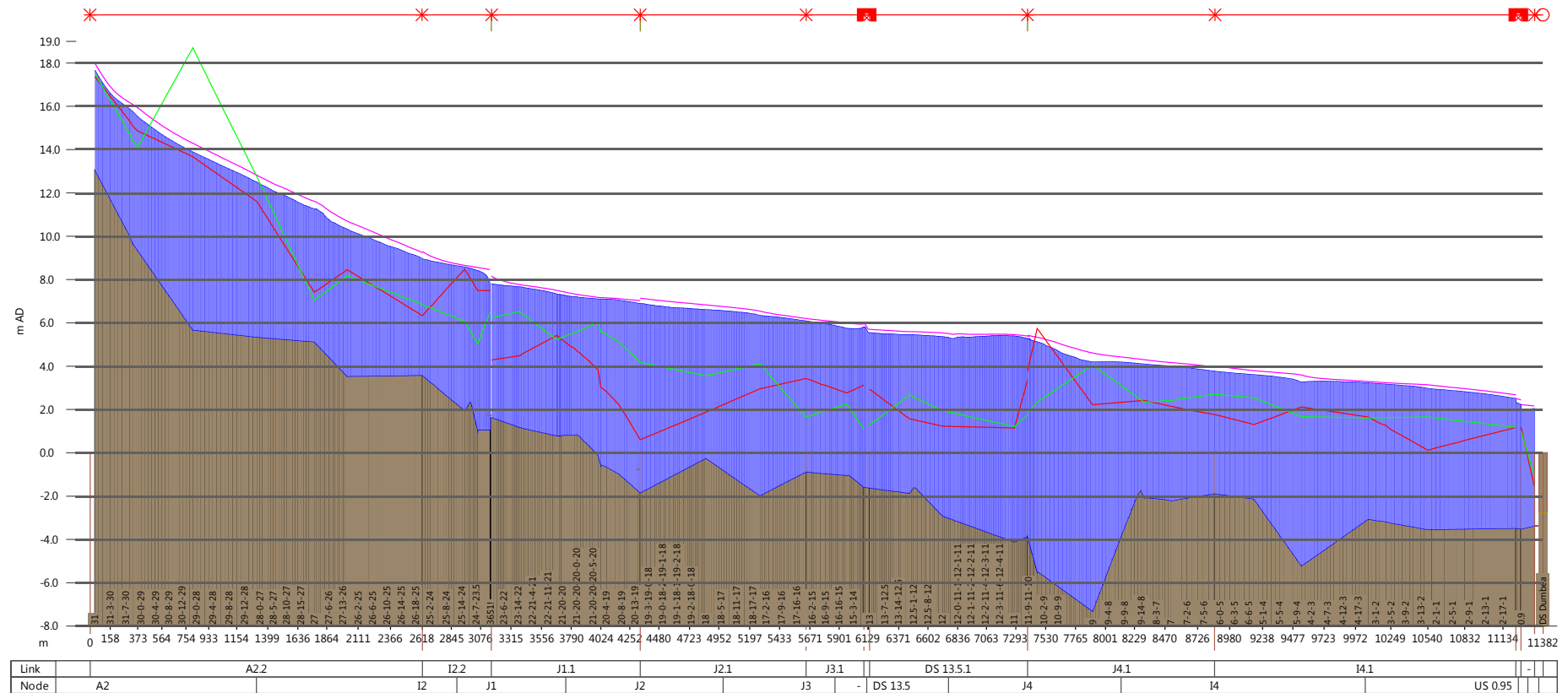


Profil en long – Carigou – T= 100 ans

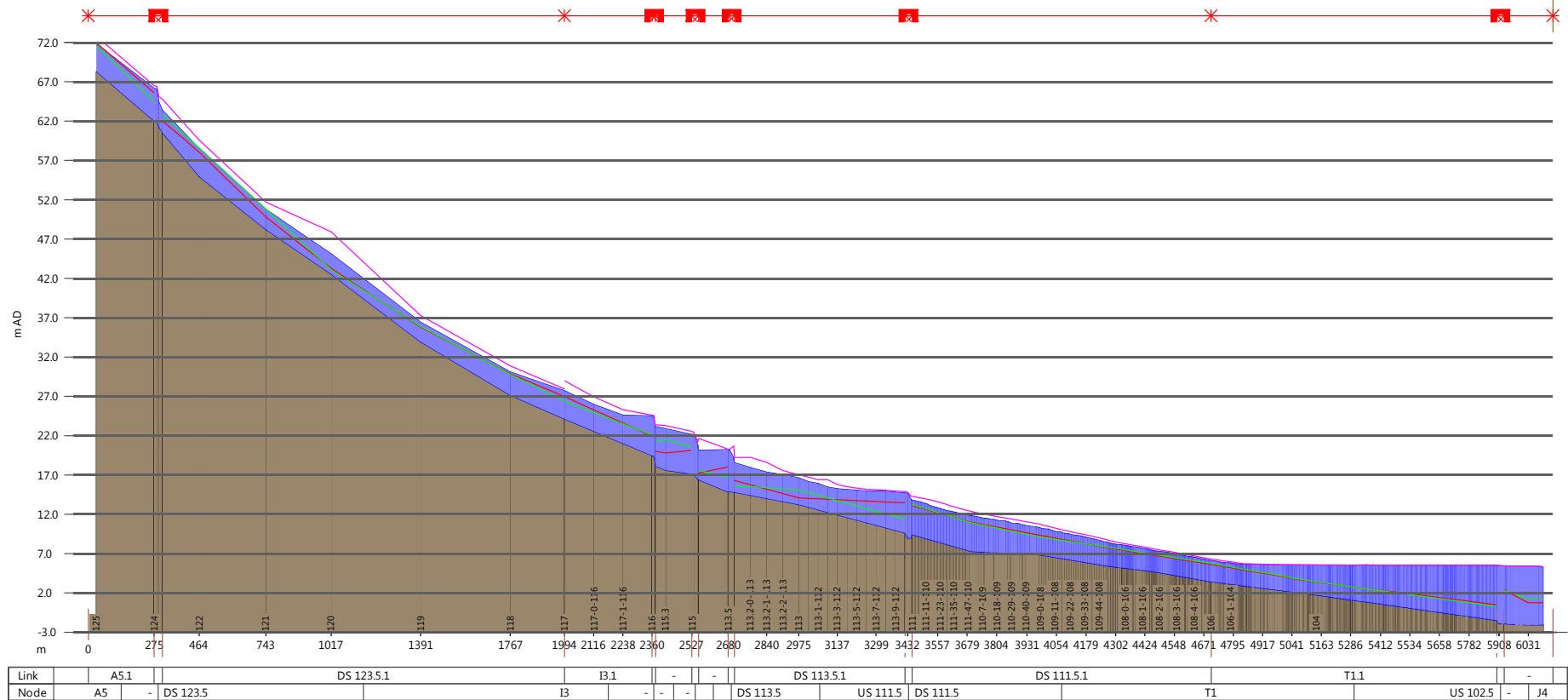


Profil en long – Couvelée – T= 100 ans

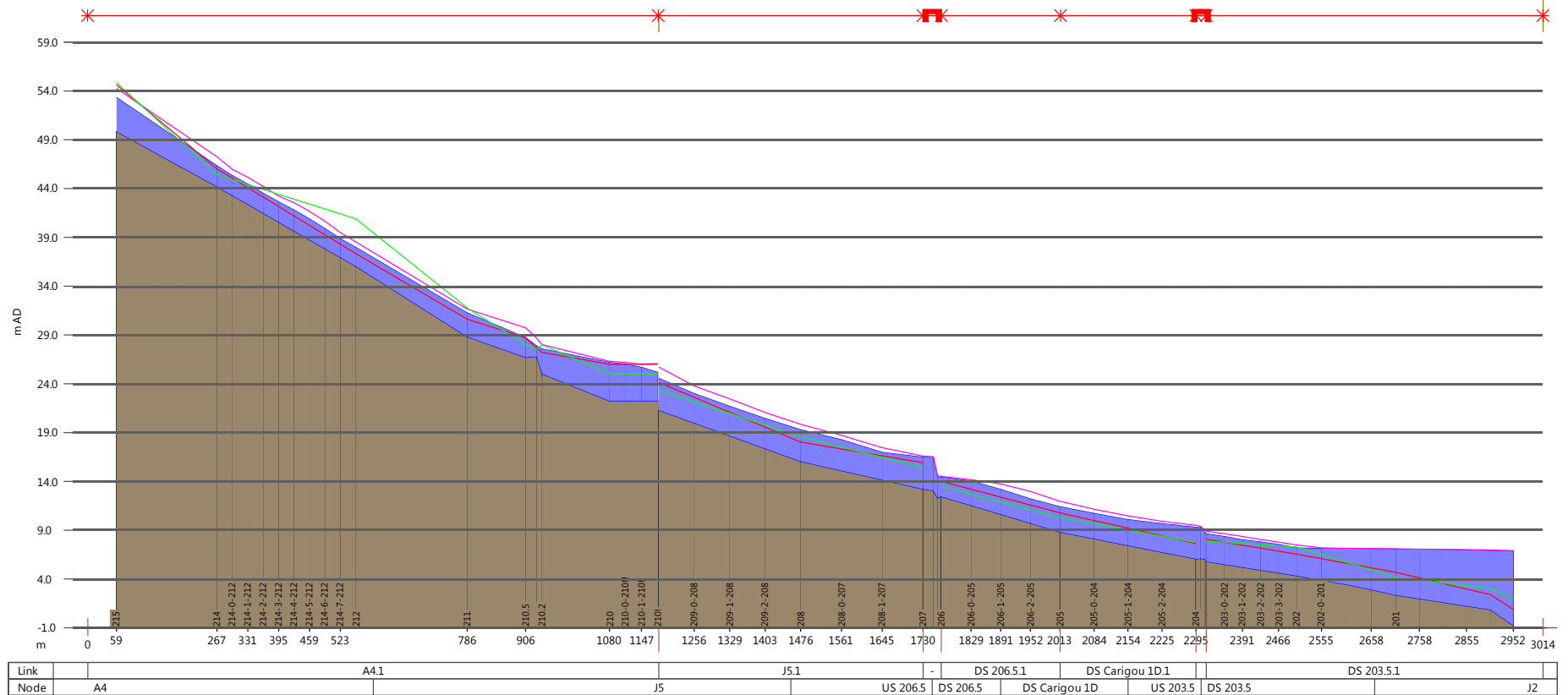
- T=10 ans



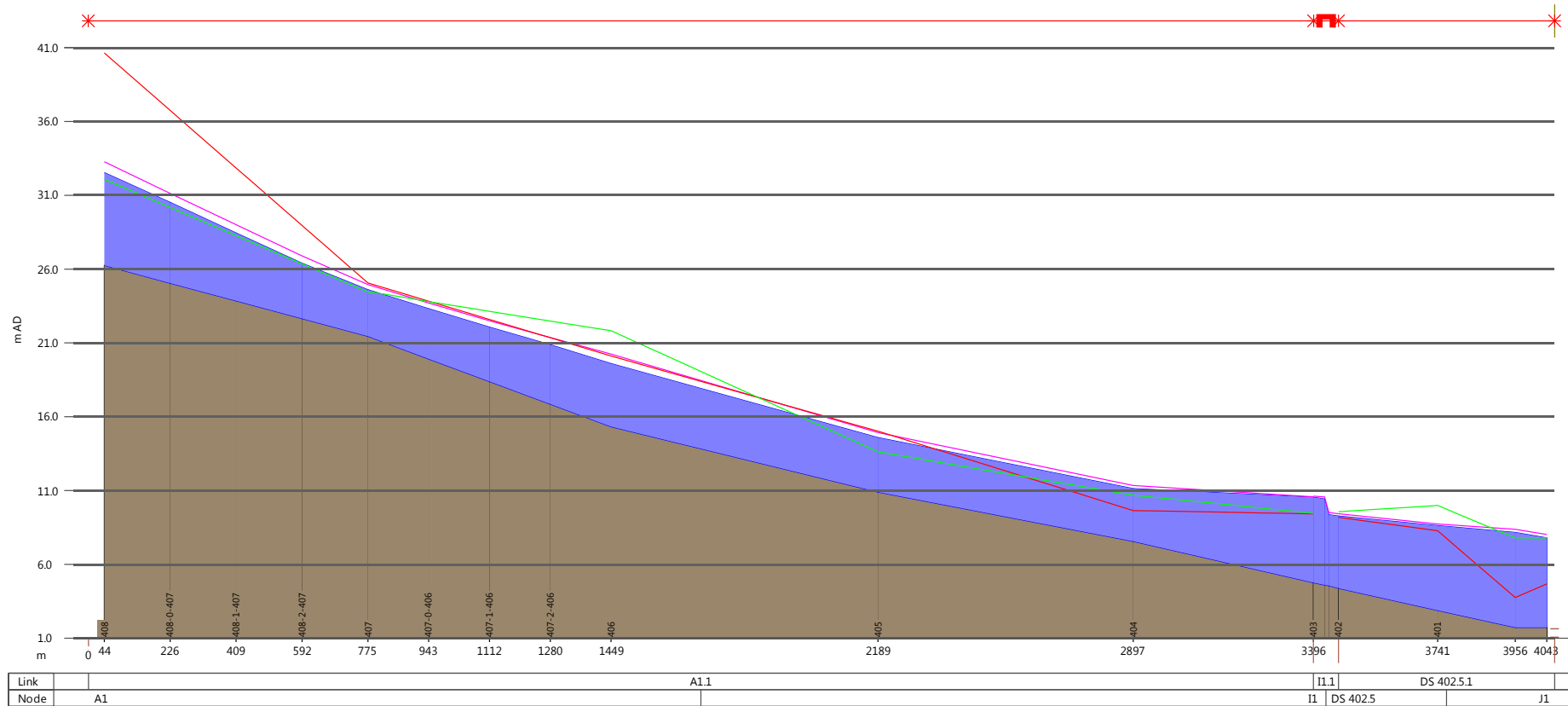
Profil en long – Dumbéa – T= 10 ans



Profil en long – Ouanéoué – T= 10 ans

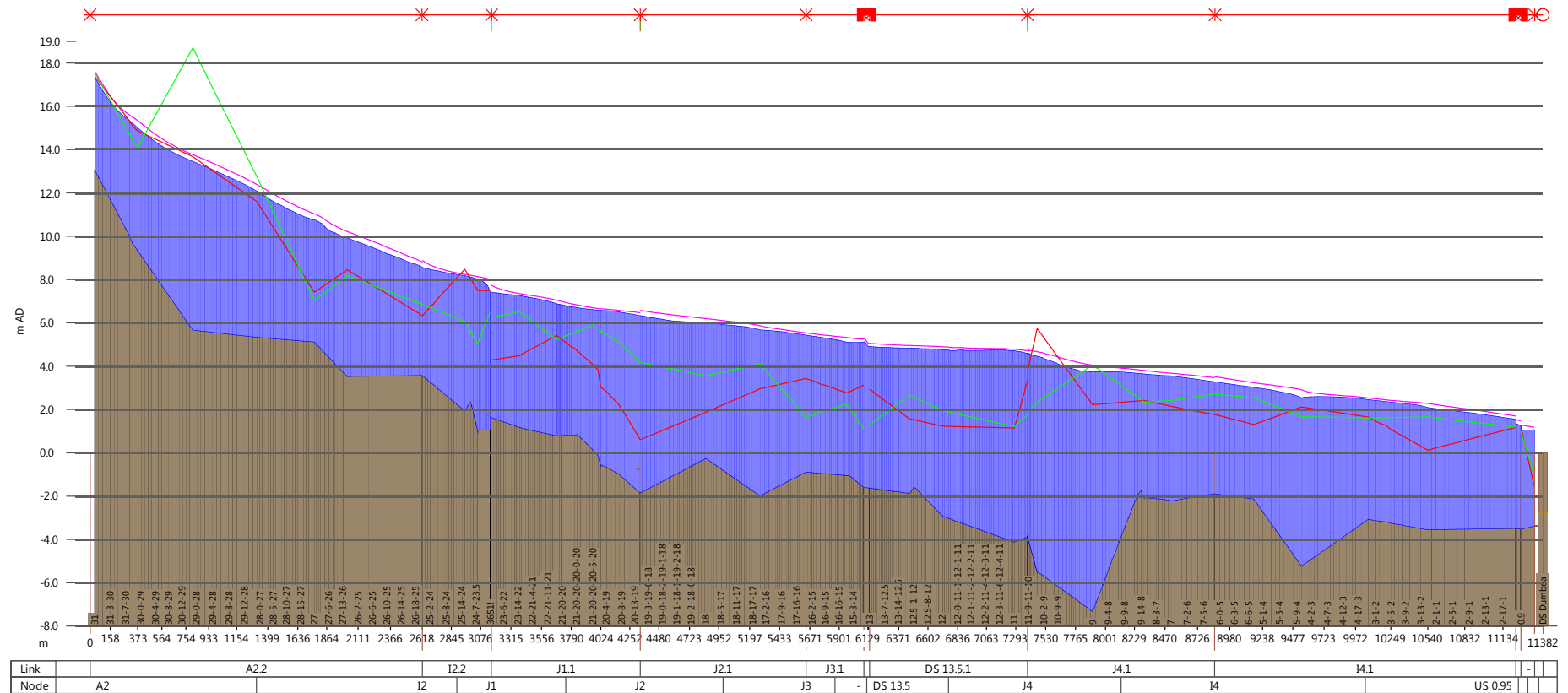


Profil en long – Carigou – T= 10 ans

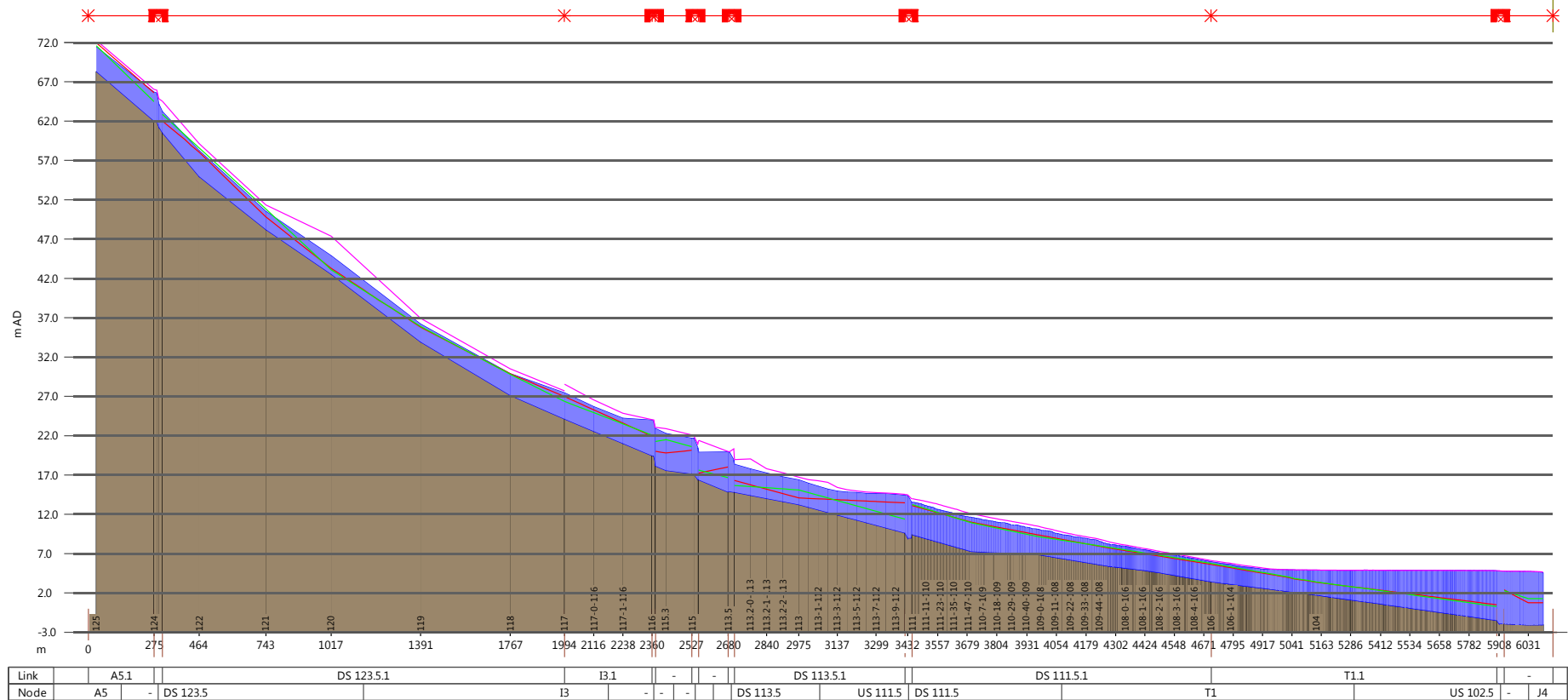


Profil en long – Couvelée – T= 10 ans

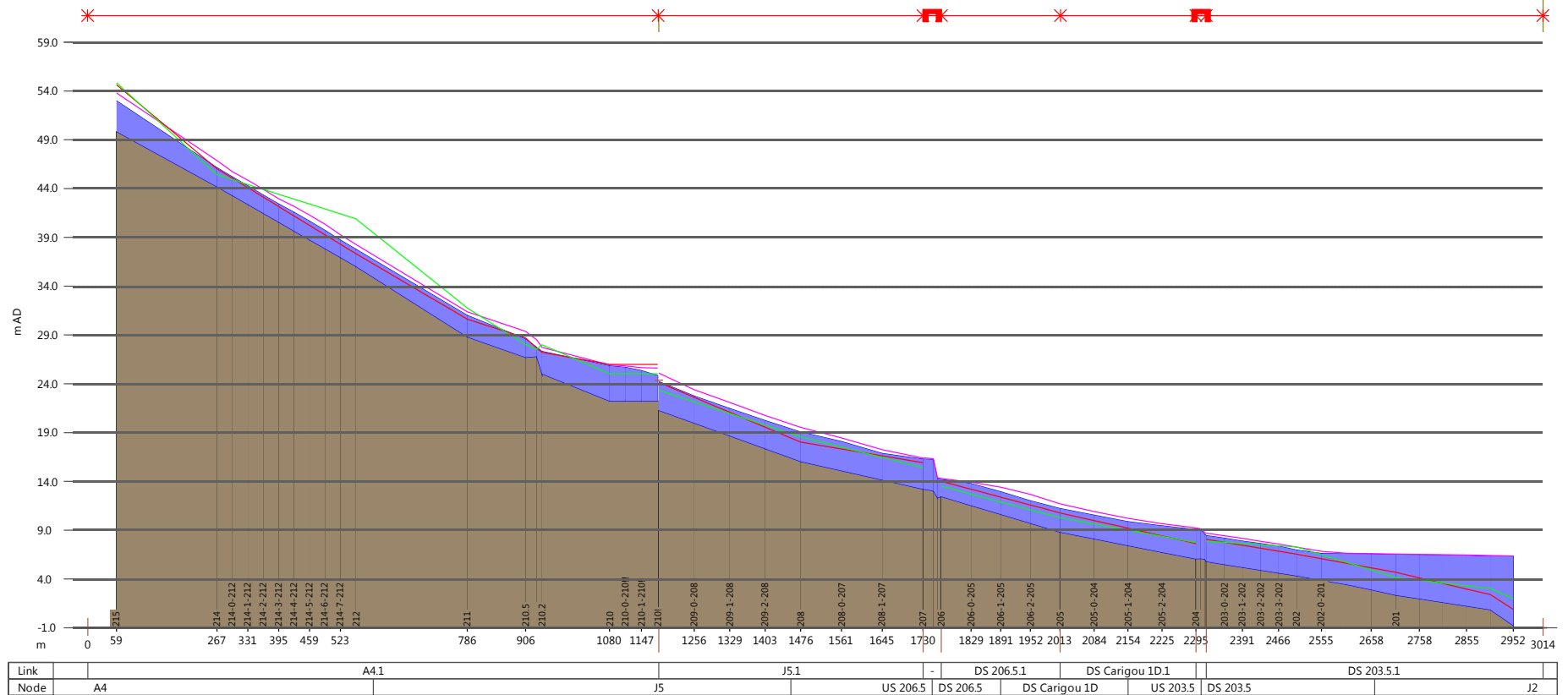
- T=5 ans



Profil en long – Dumbéa – T=5 ans



Profil en long – Ouanéou – T=5 ans



Profil en long – Carigou – T=5 ans

Dumbéa - T=100 ans

Section key	Section depth (m)	Section flow (m3/s)	Section Froude number	Section level (m AD)	Section velocity (m/s)
31	5.31	1974	0.64	18.39	3.16
30	7.41	1603	0.52	16.76	3.27
29	9.40	1533	0.43	15.08	3.47
28	8.28	1363	0.40	13.62	2.98
27	7.39	1033	0.50	12.52	2.99
26	7.96	1360	0.39	11.49	3.22
25	6.64	1160	0.39	10.22	2.68
25	6.64	1371	0.43	10.22	3.17
24	7.91	1710	0.42	9.87	1.53
23.5	8.65	1394	0.29	9.71	2.09
3651!	8.03	1129	0.59	9.09	4.20
23	7.45	1758	0.40	9.09	3.03
22	7.83	1805	0.29	9.01	1.70
21	7.99	1406	0.31	8.77	2.07
20	8.74	1339	0.50	8.63	1.55
19	10.34	1056	0.25	8.49	1.99
19	10.34	1458	0.31	8.49	2.60
18	8.52	1055	0.40	8.28	2.53
17	10.02	1008	0.35	8.04	2.39
16	8.65	1768	0.34	7.77	1.80
16	8.65	1768	0.34	7.77	1.80
15	8.48	1534	0.39	7.44	2.65
14	9.18	1254	0.30	7.60	1.94
13	8.85	1254	0.32	7.23	2.07
12.5	8.98	1253	0.26	7.12	2.01
12	9.89	1163	0.30	6.97	2.29
11	11.27	600	0.30	7.15	1.98
10	12.23	1354	0.30	6.76	2.39
9	12.85	2716	0.41	5.54	3.71
8	7.42	3006	0.37	5.36	2.74
7	7.50	2905	0.32	5.28	2.41
6	6.89	2588	0.38	5.01	2.80
6	6.89	2906	0.46	5.01	3.31
5	7.00	2573	0.58	4.87	2.95
4	9.71	2060	0.54	4.49	4.02
3	7.55	2344	0.32	4.49	1.65
2	7.75	1833	0.34	4.21	2.46
1	7.20	2525	0.30	3.72	2.22
0.9	6.37	2528	0.46	2.85	2.81
0.85	6.40	2185	0.32	3.02	1.88

Ouanéoué - T=100 ans

Section key	Section depth (m)	Section flow (m3/s)	Section Froude number	Section level (m AD)	Section velocity (m/s)
125	4.20	225	1.07	72.52	5.52
124	5.14	131	0.59	67.15	2.65
123	3.34	134	1.21	63.87	5.43
122	4.13	165	1.08	59.09	5.56
121	3.09	157	1.11	51.29	5.20
120	3.16	147	1.50	45.71	7.84
119	3.14	171	0.94	37.07	4.83
118	3.50	198	0.97	30.64	4.81
117	4.34	124	0.65	28.47	2.50
117	4.34	317	1.08	28.47	6.20
116	6.40	122	0.39	25.86	1.58
115.5	6.37	123	1.26	24.52	2.87
115.3	6.05	190	0.64	23.63	4.45
115	6.15	228	0.65	23.31	2.92
114	4.48	228	0.99	20.88	5.58
113.5	6.21	51	0.16	21.04	1.06
113.2	4.41	52	0.61	19.22	3.83
113	4.22	64	0.54	17.47	3.17
112	5.96	202	0.95	15.60	1.92
111	5.27	203	0.59	14.69	3.16
110	5.12	199	0.70	12.39	3.87
109	3.95	138	0.66	10.82	3.67
108	3.37	90	0.62	8.80	3.12
106	3.94	61	0.47	7.37	2.03
106	3.94	61	0.47	7.37	2.04
104	5.57	48	0.43	7.31	1.47
103	8.76	61	0.24	7.27	0.68
102	9.15	61	0.38	7.23	1.16
101	9.23	98	0.28	7.18	0.89
101!	9.05	178	0.42	7.00	1.53

Carigou - T=100 ans

Section key	Section depth (m)	Section flow (m ³ /s)	Section Froude number	Section level (m AD)	Section velocity (m/s)
215	4.22	153	1.09	54.07	4.95
214	2.55	136	1.20	46.74	5.24
212	2.43	94	0.95	38.46	3.80
211	3.00	118	0.78	31.81	3.08
210.5	2.41	132	1.32	29.11	5.39
210.3	1.56	133	1.77	28.35	3.98
210.2	3.12	131	0.78	28.15	3.41
210	4.66	135	0.39	26.90	2.21
210!	3.62	193	1.00	25.86	4.94
209	3.93	334	1.11	25.22	6.03
208	3.78	139	0.81	19.82	3.94
207	3.85	63	0.39	17.06	1.61
206	2.53	64	0.62	14.97	1.78
205	3.00	128	0.82	11.81	3.91
205	3.00	128	0.82	11.81	3.91
204	3.81	76	0.52	9.86	2.08
203	3.31	77	0.53	9.10	2.46
202	4.32	97	0.62	8.64	2.57
201	6.27	110	0.44	8.62	1.72
200.5	7.66	142	0.96	8.52	1.79
200.1	9.25	234	0.12	8.49	0.98

Couvelée - T=100 ans

Section key	Section depth (m)	Section flow (m3/s)	Section Froude number	Section level (m AD)	Section velocity (m/s)
408	7.17	931	0.85	33.42	4.67
407	3.93	853	0.61	25.38	2.90
406	5.16	832	0.72	20.48	4.18
405	4.28	762	0.57	15.18	3.04
404	4.11	688	0.54	11.67	2.37
403	6.43	203	0.30	11.19	1.26
402	5.78	308	0.46	10.16	1.84
401	6.98	274	0.45	9.86	2.22
400	7.67	401	0.31	9.40	2.29
3671!	7.36	630	0.36	9.09	2.28

Dumbéa - T=10 ans

Section key	Section depth (m)	Section flow (m3/s)	Section Froude number	Section level (m AD)	Section velocity (m/s)
31	4.58	1151	0.60	17.66	2.58
30	6.17	1077	0.51	15.52	2.89
29	8.21	1045	0.38	13.88	2.84
28	7.14	959	0.40	12.49	2.62
27	6.14	738	0.49	11.26	2.63
26	6.79	978	0.35	10.32	2.73
25	5.37	803	0.37	8.95	2.40
25	5.37	892	0.41	8.95	2.67
24	6.62	1022	0.40	8.58	1.24
23.5	7.35	890	0.27	8.41	1.75
3651!	6.74	758	0.57	7.80	3.65
23	6.16	1240	0.39	7.80	2.66
22	6.48	1199	0.29	7.66	1.46
21	6.54	1002	0.30	7.33	1.90
20	7.20	919	0.47	7.09	1.42
19	8.73	833	0.24	6.88	1.89
19	8.73	1128	0.31	6.88	2.48
18	6.85	766	0.38	6.60	2.46
17	8.30	738	0.32	6.33	2.24
16	6.96	1180	0.33	6.08	1.64
16	6.96	1180	0.33	6.08	1.64
15	6.78	1066	0.34	5.74	2.37
14	7.39	937	0.29	5.81	1.86
13	7.16	938	0.31	5.54	1.97
12.5	7.32	875	0.26	5.45	1.75
12	8.27	783	0.30	5.35	1.92
11	9.51	575	0.30	5.39	1.97
10	10.58	966	0.30	5.12	2.23
9	11.50	1842	0.34	4.19	2.94
8	6.15	1852	0.31	4.09	2.12
7	6.22	1790	0.28	4.01	1.87
6	5.65	1657	0.34	3.76	2.25
6	5.65	1837	0.38	3.76	2.52
5	5.73	1675	0.58	3.60	2.34
4	8.46	1458	0.48	3.25	3.33
3	6.27	1424	0.33	3.22	1.56
2	6.50	1222	0.33	2.96	2.14
1	5.98	1658	0.28	2.50	1.85
0.9	5.49	1660	0.46	1.97	2.27
0.85	5.42	1535	0.32	2.04	1.56

Ouanéoué - T=10 ans

Section key	Section depth (m)	Section flow (m3/s)	Section Froude number	Section level (m AD)	Section velocity (m/s)
125	3.49	132	0.98	71.82	4.37
124	4.16	102	0.59	66.17	2.65
123	2.85	105	1.21	63.39	5.24
122	3.55	106	1.01	58.51	4.59
121	2.56	100	1.04	50.76	4.30
120	2.57	112	1.52	45.12	7.41
119	2.51	110	0.92	36.44	4.07
118	2.96	127	0.89	30.10	3.94
117	3.58	88	0.64	27.71	2.32
117	3.58	198	0.99	27.71	5.00
116	5.05	94	0.39	24.51	1.59
115.5	5.02	95	0.85	23.16	2.93
115.3	5.29	104	0.59	22.87	2.82
115	4.98	186	0.65	22.14	2.92
114	3.73	186	0.99	20.13	5.50
113.5	5.39	41	0.16	20.22	1.00
113.2	3.75	41	0.62	18.56	3.62
113	3.39	44	0.54	16.63	2.80
112	5.08	154	0.94	14.72	1.78
111	4.37	154	0.60	13.79	3.11
110	4.53	136	0.65	11.81	3.25
109	3.46	93	0.58	10.33	2.95
108	2.98	63	0.54	8.41	2.55
106	2.69	43	0.46	6.12	1.92
106	2.69	43	0.46	6.12	1.92
104	3.81	34	0.43	5.55	1.47
103	6.98	55	0.24	5.49	0.73
102	7.36	55	0.38	5.44	1.16
101	7.46	71	0.28	5.40	0.89
101!	7.31	125	0.42	5.26	1.44

Carigou - T=10 ans

Section key	Section depth (m)	Section flow (m3/s)	Section Froude number	Section level (m AD)	Section velocity (m/s)
215	3.48	90	1.05	53.33	4.29
214	2.14	87	1.11	46.33	4.28
212	1.92	59	0.95	37.96	3.34
211	2.43	76	0.78	31.24	2.85
210.5	2.04	85	1.23	28.73	4.43
210.3	1.07	84	1.77	27.86	3.99
210.2	2.53	83	0.78	27.56	3.00
210	3.93	80	0.35	26.17	1.71
210!	2.93	119	1.00	25.16	4.23
209	3.27	206	1.00	24.55	4.77
208	3.23	91	0.79	19.28	3.35
207	3.27	46	0.39	16.48	1.51
206	1.98	48	0.62	14.42	1.77
205	2.58	90	0.77	11.39	3.37
205	2.58	90	0.77	11.39	3.37
204	3.24	59	0.52	9.30	1.95
203	2.83	60	0.53	8.62	2.35
202	2.86	72	0.65	7.18	2.55
201	4.70	83	0.44	7.05	1.67
200.5	6.03	113	0.96	6.89	1.75
200.1	7.65	191	0.12	6.88	0.94

Couvelée - T=10 ans

Section key	Section depth (m)	Section flow (m3/s)	Section Froude number	Section level (m AD)	Section velocity (m/s)
408	6.28	543	0.84	32.53	3.87
407	3.15	534	0.61	24.59	2.63
406	4.27	535	0.66	19.60	3.57
405	3.69	524	0.53	14.59	2.61
404	3.58	480	0.50	11.13	2.05
403	5.79	174	0.29	10.55	1.22
402	4.89	258	0.43	9.27	1.86
401	5.74	256	0.47	8.63	2.33
400	6.44	308	0.31	8.16	2.18
3671!	6.07	482	0.35	7.80	2.23

Dumbéa - T=5 ans

Section key	Section depth (m)	Section flow (m3/s)	Section Froude number	Section level (m AD)	Section velocity (m/s)
31	4.23	889	0.56	17.31	2.41
30	5.64	852	0.51	14.99	2.63
29	7.77	853	0.34	13.45	2.51
28	6.73	837	0.39	12.07	2.49
27	5.61	621	0.48	10.74	2.47
26	6.39	809	0.32	9.92	2.42
25	4.97	684	0.36	8.55	2.24
25	4.97	793	0.42	8.55	2.61
24	6.22	843	0.39	8.17	1.16
23.5	6.94	753	0.27	8.00	1.64
3651!	6.35	656	0.58	7.41	3.50
23	5.77	1095	0.39	7.41	2.57
22	6.08	1040	0.28	7.25	1.40
21	6.09	909	0.29	6.87	1.89
20	6.68	827	0.46	6.57	1.38
19	8.16	791	0.23	6.32	1.82
19	8.16	1020	0.30	6.32	2.38
18	6.21	686	0.37	5.96	2.44
17	7.64	656	0.31	5.66	2.18
16	6.30	975	0.34	5.42	1.58
16	6.30	975	0.34	5.42	1.58
15	6.14	876	0.34	5.10	2.20
14	6.70	816	0.29	5.11	1.80
13	6.51	817	0.32	4.89	1.90
12.5	6.70	728	0.27	4.83	1.62
12	7.68	631	0.33	4.76	1.85
11	8.82	566	0.31	4.71	1.98
10	9.91	868	0.31	4.45	2.26
9	11.04	1492	0.30	3.73	2.52
8	5.69	1468	0.29	3.63	1.84
7	5.75	1425	0.25	3.54	1.63
6	5.15	1341	0.31	3.27	1.98
6	5.15	1492	0.35	3.27	2.21
5	5.14	1386	0.65	3.01	2.11
4	7.74	1279	0.46	2.53	3.12
3	5.50	1221	0.54	2.45	-1.71
2	5.62	1082	0.35	2.08	2.21
1	5.02	1255	0.45	1.54	1.78
0.9	4.53	1257	0.97	1.01	2.30
0.85	4.43	1225	0.55	1.06	1.53

Ouanéoué - T=5 ans

Section key	Section depth (m)	Section flow (m3/s)	Section Froude number	Section level (m AD)	Section velocity (m/s)
125	3.09	99	0.93	71.42	4.05
124	3.65	90	0.59	65.67	2.65
123	2.66	93	1.21	63.19	5.11
122	3.27	85	0.97	58.24	4.21
121	2.29	80	1.05	50.49	4.08
120	2.32	95	1.51	44.87	7.00
119	2.26	91	0.92	36.19	3.80
118	2.73	101	0.85	29.88	3.52
117	3.31	81	0.64	27.43	2.36
117	3.31	165	0.98	27.43	4.66
116	4.50	74	0.39	23.96	1.57
115.5	4.76	74	0.84	22.90	2.84
115.3	4.69	114	0.63	22.27	3.56
115	4.50	171	0.65	21.66	2.92
114	3.48	171	0.99	19.88	5.45
113.5	5.09	37	0.16	19.93	0.97
113.2	3.55	37	0.60	18.36	3.46
113	3.14	37	0.53	16.38	2.58
112	4.76	135	0.95	14.40	1.70
111	4.11	136	0.59	13.53	3.02
110	4.32	118	0.64	11.60	3.06
109	3.20	80	0.57	10.07	2.78
108	2.79	58	0.56	8.22	2.55
106	2.52	37	0.46	5.95	1.82
106	2.52	37	0.46	5.95	1.83
104	3.15	30	0.42	4.89	1.46
103	6.30	55	0.23	4.81	0.81
102	6.67	55	0.32	4.75	1.06
101	6.77	65	0.18	4.71	0.83
101!	6.62	113	0.21	4.56	1.43

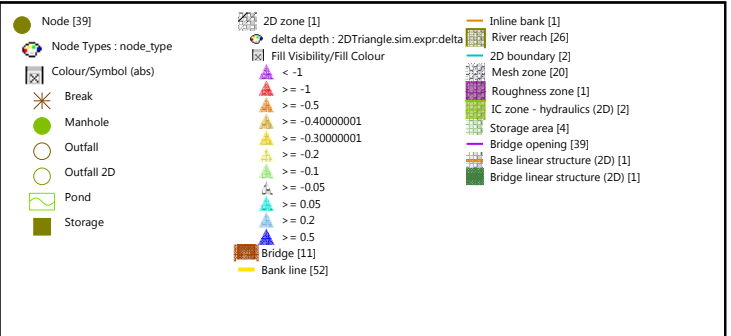
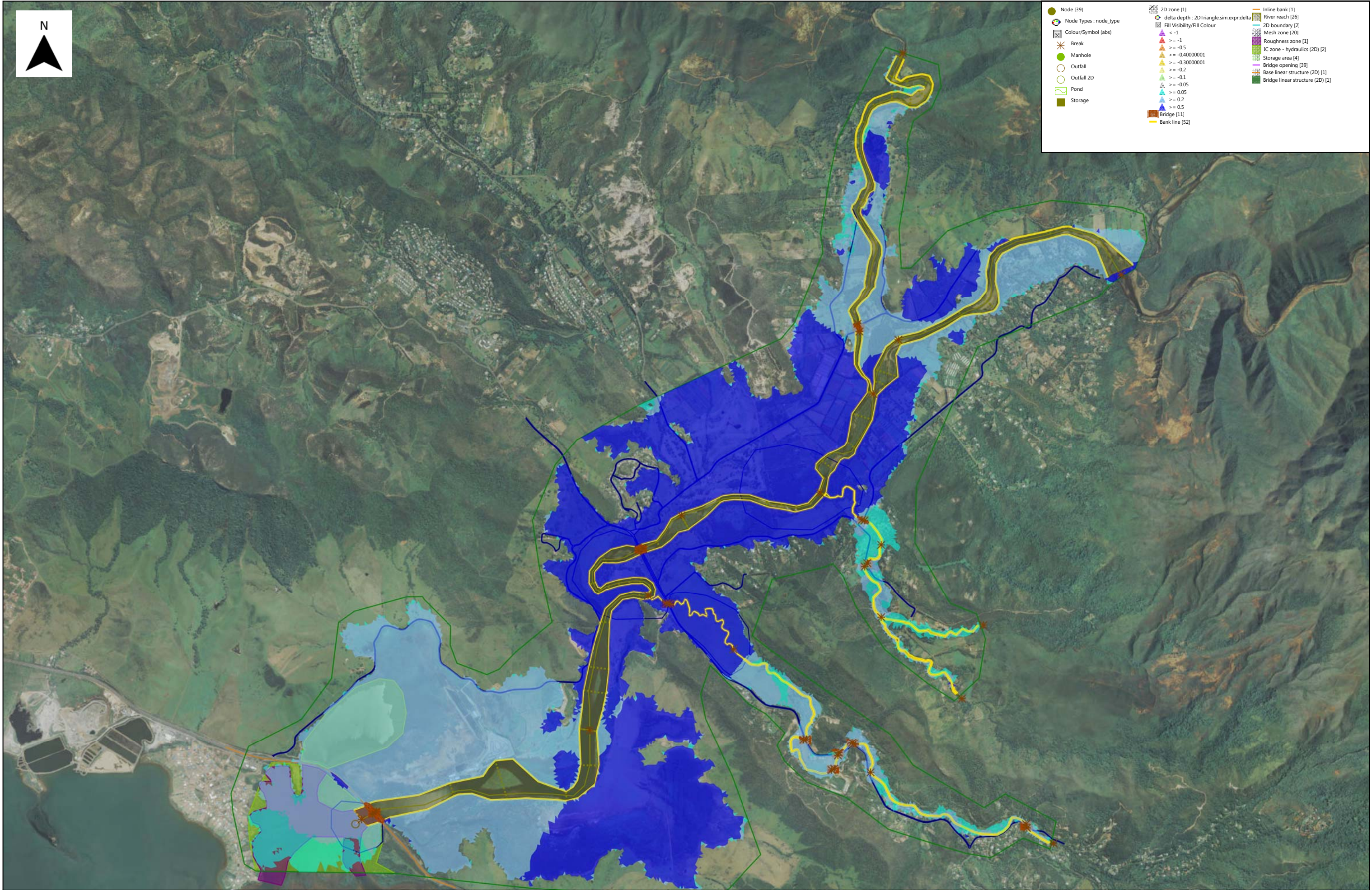
Carigou - T=5 ans

Section key	Section depth (m)	Section flow (m3/s)	Section Froude number	Section level (m AD)	Section velocity (m/s)
215	3.13	67	1.04	52.97	4.02
214	1.95	67	1.05	46.14	3.77
212	1.75	48	0.95	37.79	3.13
211	2.19	62	0.78	31.01	2.74
210.5	1.87	67	1.16	28.57	3.95
210.3	0.92	67	1.77	27.72	3.95
210.2	2.29	66	0.78	27.32	2.83
210	3.59	63	0.33	25.83	1.53
210!	2.59	90	1.00	24.83	3.91
209	2.94	153	0.94	24.22	4.14
208	3.00	74	0.77	19.05	3.08
207	3.07	41	0.39	16.28	1.47
206	1.75	42	0.62	14.19	1.77
205	2.40	76	0.75	11.21	3.10
205	2.40	76	0.75	11.21	3.11
204	2.99	52	0.52	9.05	1.90
203	2.65	53	0.53	8.44	2.26
202	2.63	64	0.66	6.95	2.50
201	4.16	72	0.44	6.51	1.65
200.5	5.46	97	0.96	6.33	1.75
200.1	7.08	167	0.11	6.32	0.86

Couvelée - T=5 ans

Section key	Section depth (m)	Section flow (m3/s)	Section Froude number	Section level (m AD)	Section velocity (m/s)
408	5.70	419	0.82	31.95	3.87
407	2.84	416	0.60	24.28	2.45
406	3.82	414	0.64	19.14	3.24
405	3.35	407	0.52	14.24	2.35
404	3.35	386	0.48	10.91	1.82
403	5.51	172	0.29	10.27	1.19
402	4.64	238	0.42	9.02	1.87
401	5.38	238	0.48	8.27	2.38
400	6.05	285	0.31	7.78	2.08
3671!	5.68	439	0.34	7.41	2.17

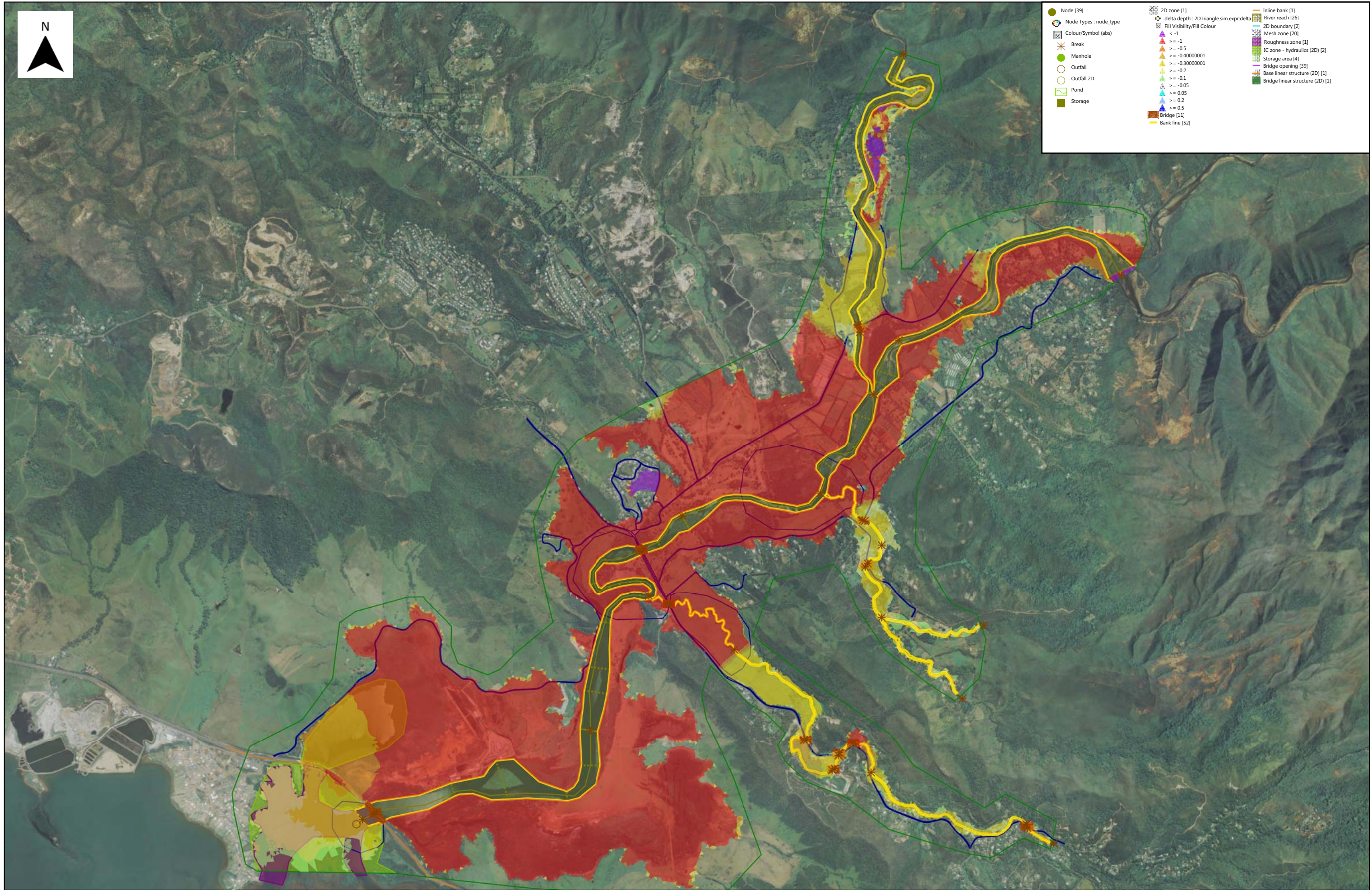
Annexe 8 : Résultats analyse de sensibilité



Geometrie : 13057_V5 (version 1)
Simulation : ANNE V5 +20%>DWF

Etude des zones inondables de la Dumbéa - Analyse de sensibilité aux variations de débit
Q+20%- Reference - ANNE





● Node [39]	2D zone [1]	Inline bank [1]
● Node Types : node_type	delta depth : 2DTriangle.sim.expr.delta	River reach [26]
Colour/Symbol (abs)	Fill Visibility/Fill Colour	2D boundary [2]
✱ Break	< -1	Mesh zone [20]
● Manhole	>= -1	Roughness zone [1]
○ Outfall	>= -0.5	IC zone - hydraulics (2D) [2]
○ Outfall 2D	>= -0.40000001	Storage area [4]
⬮ Pond	>= -0.2	Bridge opening [39]
■ Storage	>= -0.1	Base linear structure (2D) [1]
	>= -0.05	Bridge linear structure (2D) [1]
	>= 0.05	
	>= 0.2	
	>= 0.5	
	Bridge [11]	
	Bank line [52]	



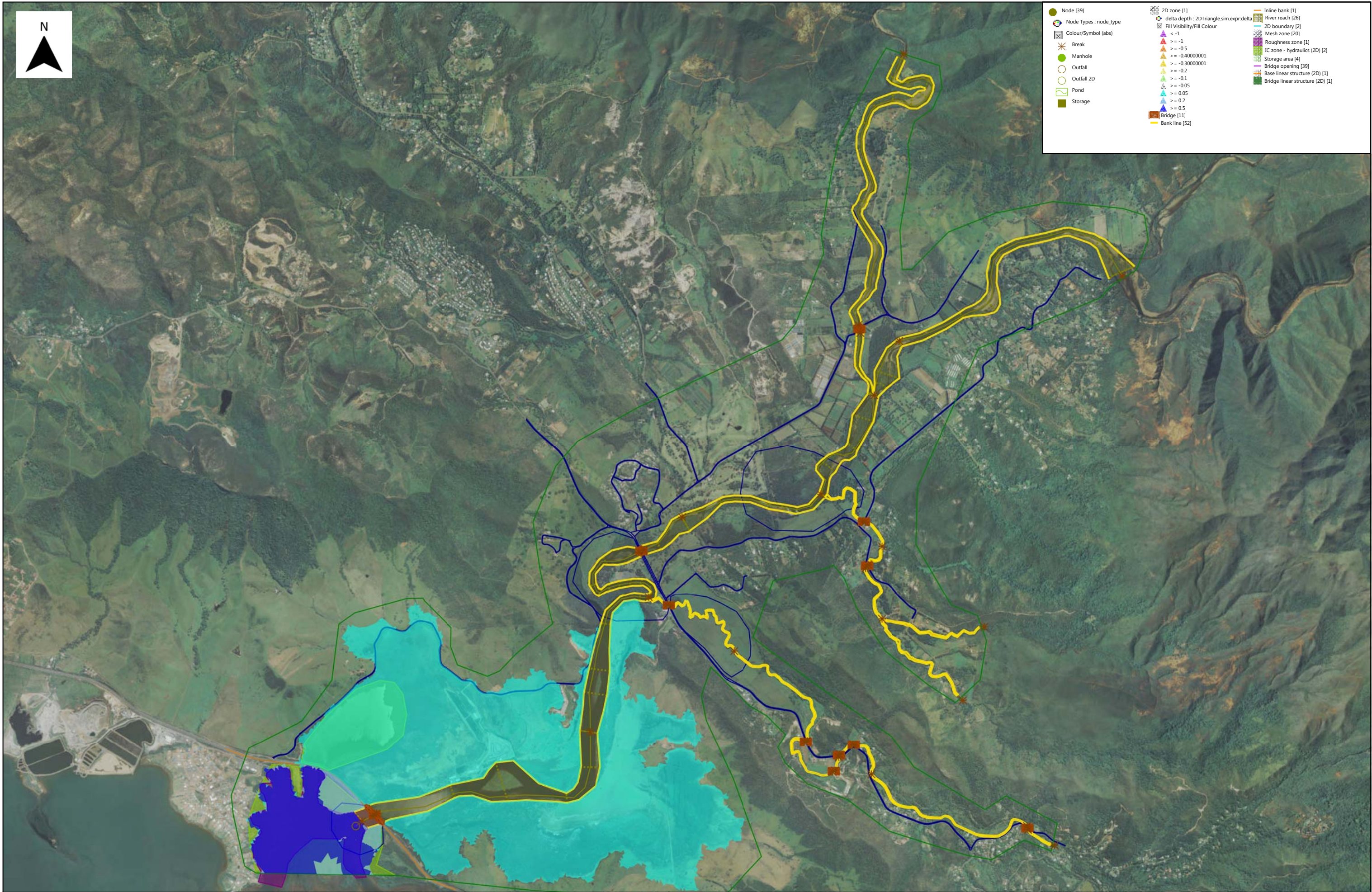
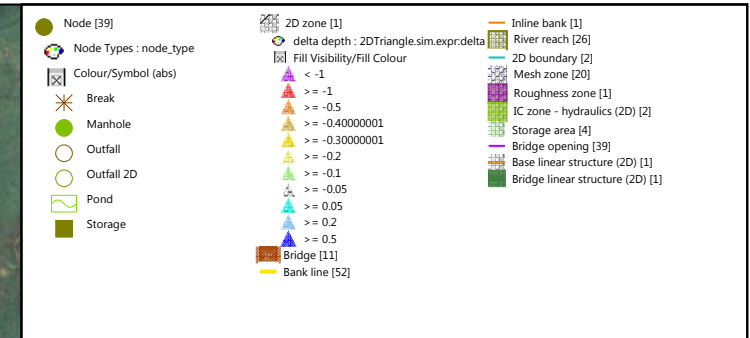
Geometrie : 13057_V5 (version 1)
Simulation : ANNE V5 -20%>DWF

Etude des zones inondables de la Dumbéa - Analyse de sensibilité aux variations de débit
Q-20%- Reference - ANNE



Analyse de sensibilité aux variations de débit en lit mineur

	Niveau (mNGNC)				
Profil	Reference	Q+20%	delta Q+20%- ref	Q-20%	delta Q-20%- ref
31	18.38	18.69	0.31	18.05	-0.33
30	16.48	16.96	0.48	15.94	-0.54
29	14.84	15.30	0.46	14.32	-0.52
28	12.85	13.28	0.43	12.35	-0.50
27	12.09	12.56	0.47	11.56	-0.52
26	11.32	11.80	0.48	10.83	-0.49
25	10.08	10.56	0.48	9.54	-0.54
25	10.08	10.56	0.48	9.54	-0.54
24	9.62	10.15	0.52	9.06	-0.56
23.5	9.47	10.02	0.55	8.90	-0.57
3651!	8.90	9.49	0.59	8.32	-0.58
23	8.90	9.49	0.59	8.32	-0.58
22	8.81	9.41	0.60	8.20	-0.60
21	8.56	9.20	0.65	7.91	-0.65
20	8.39	9.07	0.67	7.71	-0.68
19	8.24	8.94	0.70	7.54	-0.70
19	8.24	8.94	0.70	7.54	-0.70
18	8.01	8.73	0.72	7.29	-0.72
17	7.76	8.49	0.73	7.02	-0.74
16	7.45	8.17	0.72	6.73	-0.73
16	7.45	8.17	0.72	6.73	-0.73
15	7.08	7.80	0.72	6.36	-0.73
14	7.25	8.01	0.76	6.48	-0.77
13	6.88	7.61	0.73	6.15	-0.73
12.5	6.74	7.44	0.71	6.03	-0.71
12	6.63	7.32	0.69	5.93	-0.70
11	6.77	7.50	0.73	6.02	-0.75
10	6.38	7.05	0.67	5.69	-0.69
9	5.16	5.72	0.56	4.57	-0.59
8	5.06	5.57	0.51	4.51	-0.55
7	4.96	5.47	0.51	4.41	-0.55
6	4.68	5.17	0.49	4.13	-0.55
6	4.68	5.17	0.49	4.13	-0.55
5	4.53	5.03	0.51	3.96	-0.57
4	4.17	4.65	0.49	3.61	-0.56
3	4.13	4.63	0.50	3.57	-0.57
2	3.82	4.31	0.49	3.25	-0.57
1	3.27	3.76	0.49	2.72	-0.56
0.9	2.42	2.77	0.35	2.02	-0.40
0.85	2.55	2.95	0.40	2.11	-0.44



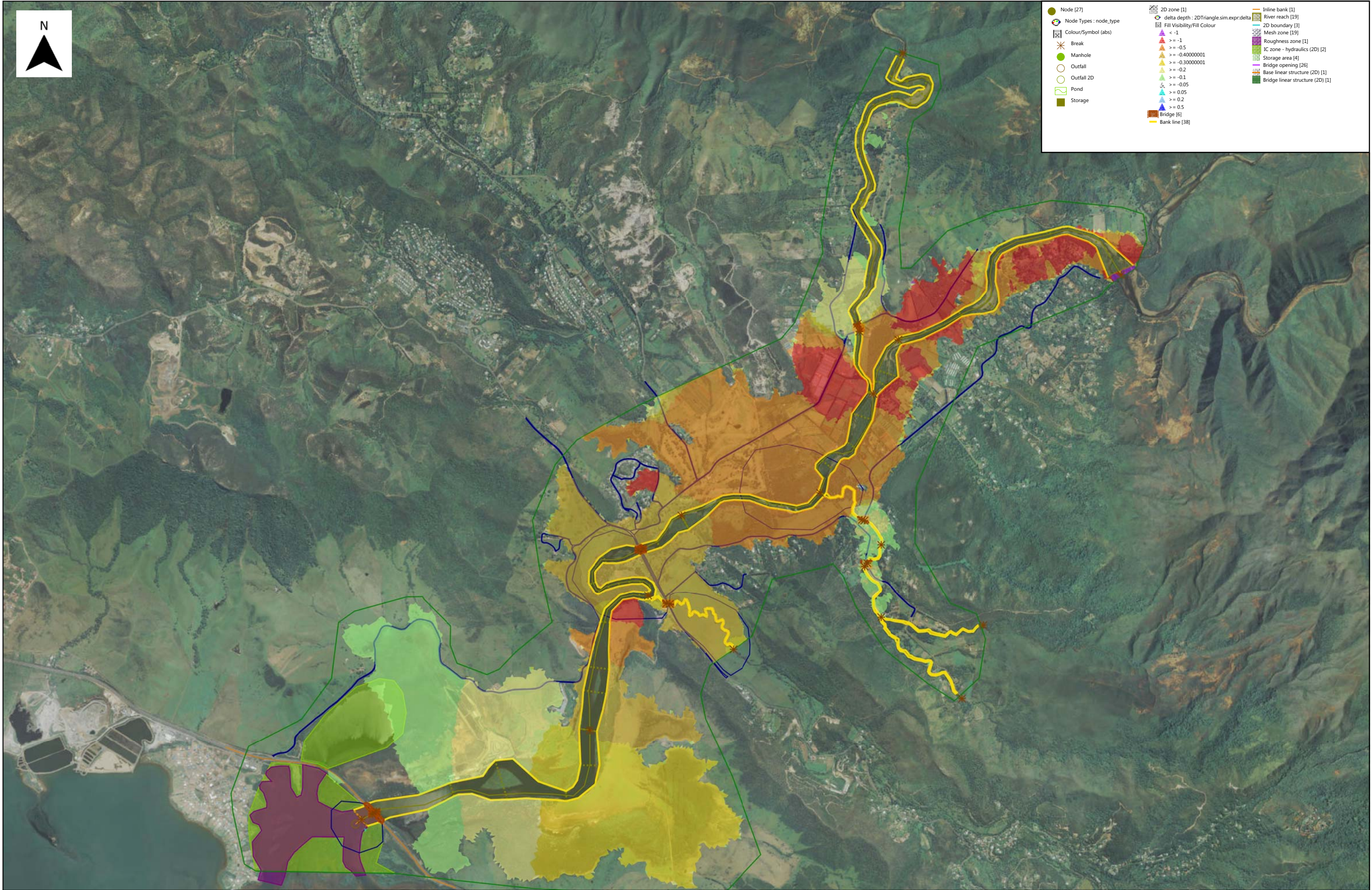
Geometrie : 13057_V5 (version 1)
Simulation : ANNE V5 mare 1.40 fixe>DWF

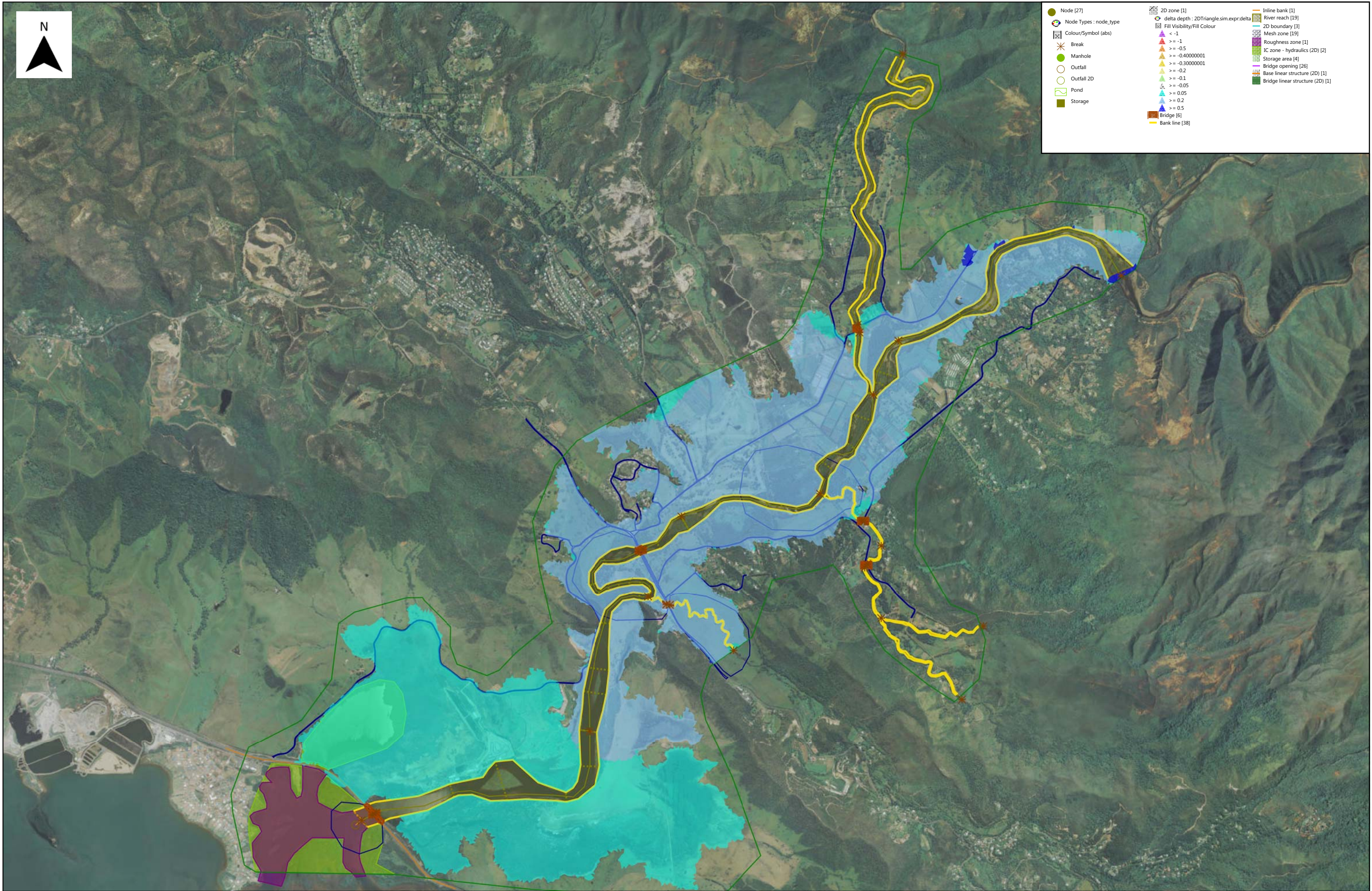
Etude des zones inondables de la Dumbéa - Analyse de sensibilité à la condition limite aval
CL aval à 1.40 m NGNC - Reference - ANNE

0 1 km

Analyse de sensibilité à la condition limite aval

	Niveau (mNGNC)		
Profil	Reference	Marée haute	delta marée haute-ref
31	18.38	18.38	0.00
30	16.48	16.48	0.00
29	14.84	14.84	0.00
28	12.85	12.85	0.00
27	12.09	12.09	0.00
26	11.32	11.32	0.00
25	10.08	10.08	0.00
25	10.08	10.08	0.00
24	9.62	9.62	0.00
23.5	9.47	9.47	0.00
3651!	8.90	8.90	0.00
23	8.90	8.90	0.00
22	8.81	8.81	0.00
21	8.56	8.56	0.00
20	8.39	8.40	0.00
19	8.24	8.24	0.01
19	8.24	8.24	0.01
18	8.01	8.02	0.01
17	7.76	7.77	0.01
16	7.45	7.47	0.01
16	7.45	7.47	0.01
15	7.08	7.10	0.02
14	7.25	7.27	0.02
13	6.88	6.90	0.02
12.5	6.74	6.76	0.02
12	6.63	6.65	0.03
11	6.77	6.79	0.02
10	6.38	6.41	0.03
9	5.16	5.22	0.07
8	5.06	5.13	0.07
7	4.96	5.04	0.08
6	4.68	4.76	0.09
6	4.68	4.76	0.09
5	4.53	4.63	0.10
4	4.17	4.28	0.11
3	4.13	4.25	0.12
2	3.82	3.95	0.13
1	3.27	3.46	0.19
0.9	2.42	2.67	0.26
0.85	2.55	2.82	0.27





Analyse de sensibilité aux coefficients de rugosité

	Niveau (mNGNC)				
Profil	Reference	K+20%	delta K+20%- ref	K-20%	delta K-20%- ref
31	18.38	18.06	-0.32	18.66	0.28
30	16.48	15.96	-0.52	16.86	0.38
29	14.85	14.35	-0.50	15.20	0.35
28	12.85	12.33	-0.51	13.21	0.37
27	12.08	11.68	-0.40	12.35	0.27
26	11.32	10.83	-0.50	11.65	0.32
25	10.07	9.57	-0.50	10.34	0.27
25	10.07	9.57	-0.50	10.34	0.27
24	9.61	9.15	-0.46	9.82	0.21
23.5	9.46	8.95	-0.51	9.67	0.21
3651l	8.89	8.35	-0.54	9.16	0.27
23	8.89	8.35	-0.54	9.16	0.27
22	8.79	8.32	-0.47	9.01	0.22
21	8.54	8.07	-0.47	8.76	0.22
20	8.38	7.93	-0.45	8.59	0.21
19	8.24	7.78	-0.45	8.46	0.23
19	8.24	7.78	-0.45	8.46	0.23
18	8.01	7.56	-0.45	8.25	0.23
17	7.77	7.35	-0.43	8.02	0.25
16	7.49	7.11	-0.38	7.73	0.24
16	7.49	7.11	-0.38	7.73	0.24
15	7.16	6.81	-0.35	7.40	0.24
14	7.31	6.99	-0.32	7.51	0.20
13	6.97	6.64	-0.33	7.23	0.25
12.5	6.82	6.50	-0.32	7.09	0.27
12	6.70	6.39	-0.32	6.98	0.28
11	6.87	6.58	-0.29	7.10	0.23
10	6.46	6.13	-0.33	6.74	0.28
9	5.20	4.68	-0.51	5.59	0.39
8	5.09	4.71	-0.39	5.38	0.28
7	4.99	4.64	-0.35	5.24	0.25
6	4.70	4.39	-0.31	4.93	0.22
6	4.70	4.39	-0.31	4.93	0.22
5	4.55	4.28	-0.27	4.74	0.19
4	4.19	3.93	-0.26	4.40	0.21
3	4.16	4.00	-0.16	4.28	0.12
2	3.84	3.75	-0.09	3.94	0.10
1	3.30	3.32	0.02	3.28	-0.02
0.9	2.44	2.43	-0.01	2.45	0.01
0.85	2.58	2.62	0.05	2.53	-0.04