



**DEPARTEMENT
ENVIRONNEMENT**

Dossier n°A001.08052

**ville du
MONT-DORE**



Etudes Hydrauliques concernant les zones inondables de la commune du Mont-Dore

Secteur Saint-Louis

Indice	Date	Chef de projet	Chargé d'études
1	Mars 2010	YANN COMEAUD	

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



SOMMAIRE

1	<i>Avant-propos</i>	4
2	<i>Généralités</i>	5
2.1	Présentation des bassins versants et des cours d'eau	5
2.1.1	Description du bassin versant	5
2.1.2	Description des cours d'eau	8
2.1.3	Description des aménagements	10
2.2	Climatologie	11
3	<i>Estimation des débits de projet</i>	12
3.1	Méthode Rationnelle	12
3.1.1	Principe de la méthode	12
3.1.2	Temps de concentration	13
3.1.3	Coefficient de ruissellement	13
3.1.4	Débits obtenus par la méthode rationnelle	14
3.2	Analyse régionale	14
3.2.1	Principe de la méthode	14
3.2.2	Analyse et débits obtenus	15
3.3	Méthode des courbes enveloppes (source : DAVAR)	16
3.3.1	Principe de la méthode	16
3.3.2	Débits obtenus	17
3.4	Synthèse et analyse des débits théoriques obtenus	17
3.4.1	Méthode rationnelle	18
3.4.2	Analyse régionale	18
3.4.3	Méthode des courbes enveloppes	19
3.4.4	Conclusion pour le bassin versant de la Thy	19
3.4.5	Conclusion pour les affluents	20
4	<i>Topographie</i>	21
5	<i>Construction du modèle</i>	22
5.1	Intégration des singularités hydrauliques	22
5.1.1	Ouvrages existants	22
5.1.2	Configuration topographique spécifique	23
5.2	Injection des débits dans le modèle	24
5.3	Coefficients de Strickler	25
5.4	Conditions aux limites	25
6	<i>Modélisations des crues 5, 10 et 100 ans</i>	28
6.1	Présentation des hypothèses de calcul	28

6.2	Résultats des simulations	28
6.2.1	Résultats généraux.....	28
6.2.2	Crue de période de retour 100 ans.....	32
6.3	Fonctionnement de la Thy	33
6.4	Analyse de sensibilité aux incertitudes.....	35
6.4.1	Sensibilité aux variations du débit	35
6.4.2	Sensibilité aux lois de pont	35
6.4.3	Sensibilité au coefficient de seuil du déversoir latéral fictif	36
6.4.4	Sensibilité aux variations de la rugosité	36
6.5	Limites du modèle hydraulique.....	37
7	<i>Cartographie de la zone inondable et des aléas.....</i>	39
7.1	Carte des iso-cotes, iso-hauteurs, iso-vitesses	39
7.2	Carte des aléas	39
8	<i>Annexes</i>	40

Table des Planches

Planche 1 :	Bassins versants de la Thy.....	6
Planche 2 :	Zoom sur les bassins versants aval de la Thy	7
Planche 3 :	Plan des profils et ouvrages modélisés	26
Planche 4 :	Synoptique du modèle	27

Dossier de plans joint

Carte des iso-hauteurs, iso-vitesses et iso-cotes
 Carte des aléas

1 AVANT-PROPOS

SOPRONER a été mandaté par la Ville du Mont-Dore pour réaliser l'étude hydraulique simplifiée de la rivière Thy et de ses affluents sur le secteur de Saint-Louis. L'objectif de ces études est la délimitation des zones inondables et l'établissement des cartes d'aléas.

Les études à réaliser sont du type « hydraulique simplifiée », dont la mise en œuvre se distingue des études hydrauliques classiques par :

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

L'étude se déroulera en trois phases :

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

2 GENERALITES

2.1 PRESENTATION DES BASSINS VERSANTS ET DES COURS D'EAU

2.1.1 Description du bassin versant

Le bassin versant de la Thy est situé sur la commune du Mont Dore. Il est représenté sur les planches 1 et 2 avec ses sous-bassins versants.

La particularité majeure de la zone d'étude est la séparation de la Thy en deux bras (bras principal et bras de décharge) dans sa partie aval au niveau d'un déversoir latéral.

Parallèlement à ces deux bras de la Thy, un fossé (bassins versants T11 et T4) draine une partie des eaux du secteur habité de la tribu.

Deux affluents sont plus particulièrement à noter dans la mesure où ils seront modélisés :

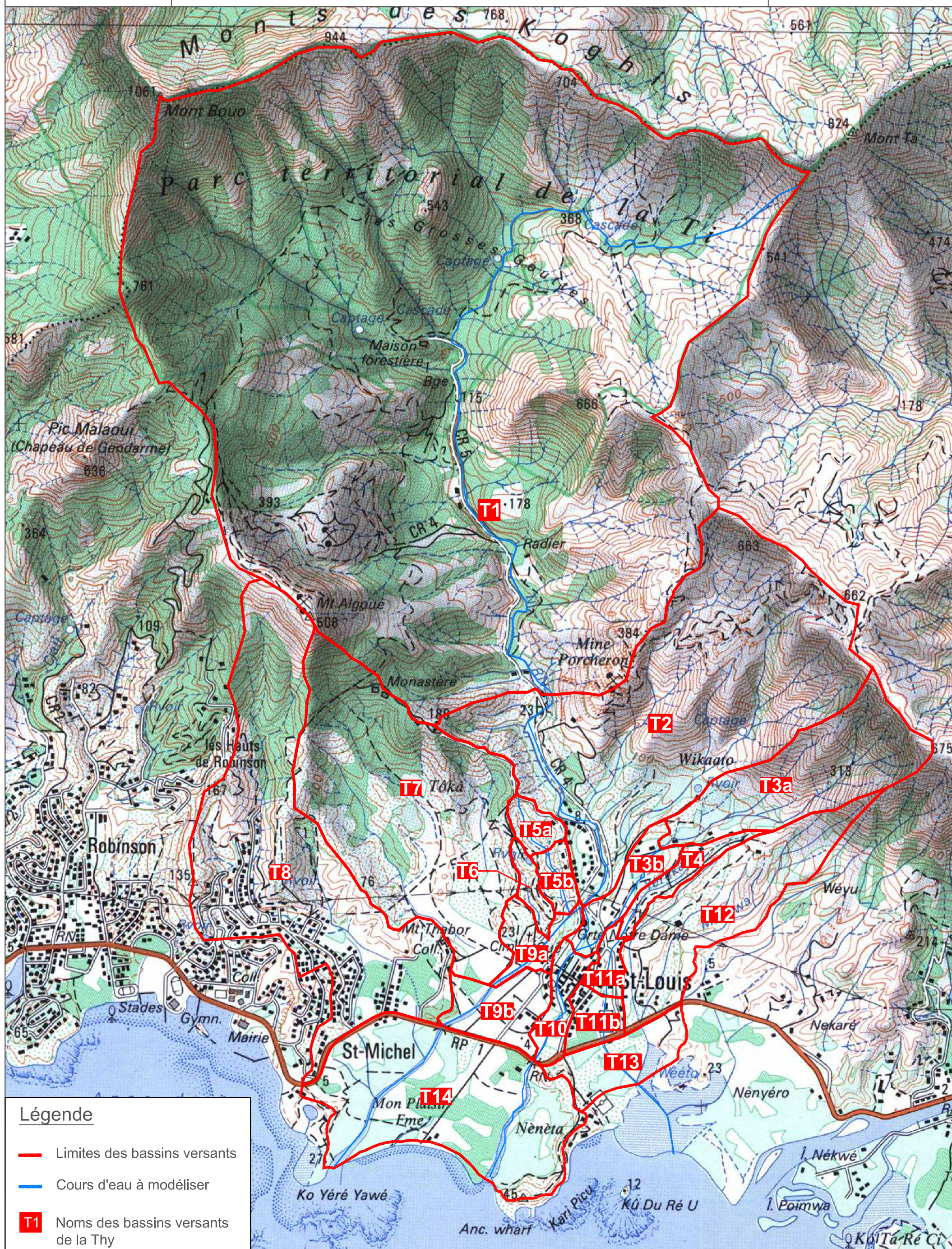
- ✓ Un affluent sur le bras principal (affluent n°1) de la Thy (bassin versant T3).
- ✓ Un affluent sur le bras de décharge (affluent n°2) de la Thy (bassin versant T5).

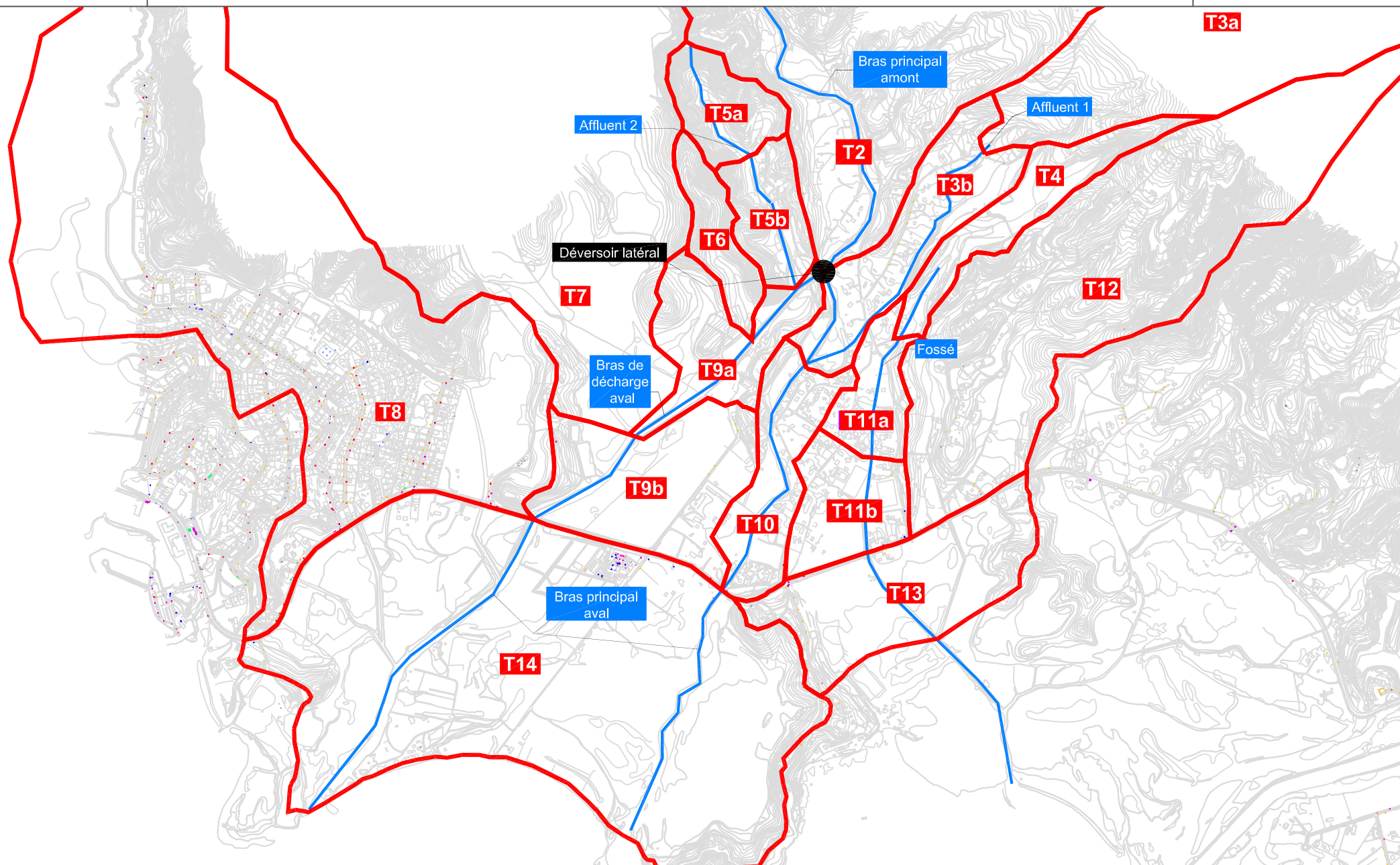
Le bassin versant de la Thy (bras naturel et bras de décharge) draine une superficie de 29.79 km² avec un débouché en mer sur la baie de Boulari.

La tête de bassin versant est relativement pentue (supérieur à 15 %) jusqu'à l'amont des premières habitations. En aval, notamment dans la zone la plus habitée, la pente est très faible jusqu'au débouché en mer. Il est important de noter la présence de la RP1, en contre-haut des terrains environnants, qui forme un élément anthropique structurant d'un point de vue hydraulique (digue).

Les caractéristiques du bassin versant de la Thy sont les suivantes :

- Plus long cheminement hydraulique : 11.7 km
- Dénivelé maximal : 740 m
- Pente moyenne calculée suivant ce cheminement : 6,3 %
- Pente pondérée calculée suivant ce cheminement : 1.7 %





2.1.2 Description des cours d'eau

L'ensemble des cours d'eau a été parcouru, l'annexe 1 présente un reportage photographique du secteur d'étude.

⇒ *Bras naturel*

Le bras naturel de la Thy parcourt l'ensemble du bassin versant dans des environnements différents :

- ✓ Très en amont, la rivière présente un lit mineur étroit et pentu avec la présence de seuils naturels rocheux (blocs décimétriques en fond de cours d'eau).
- ✓ En amont de tribu, la pente diminue sensiblement et le lit mineur s'élargit. Le lit majeur est constitué de végétation dense (arbres, herbes hautes).
- ✓ Dans la traversée de la tribu, le lit mineur est relativement rectiligne et bien entretenu. Les berges sont végétalisées et le fond du lit est constitué de galets. Le lit majeur se caractérise par de l'habitat épars et une végétation dense.
- ✓ En aval de la RP1 et jusqu'à l'embouchure, le lit de la Thy est très large avec un fond vaseux. Le lit majeur alterne entre herbes hautes et mangroves.



La Thy à l'amont de la tribu



La Thy en aval

⇒ *Bras de décharge*

Le bras de décharge a été créé avec la mise en place du déversoir sur le bras principal de la Thy afin de limiter les problématiques d'inondations de la tribu.

Son lit mineur, caractérisé par une granulométrie grossière en amont et fine en aval, est moins entretenu (en amont de la RP1) que le lit mineur de la Thy.

Le lit majeur de ce bras est similaire à celui de la Thy.



Bras de décharge en amont de la jonction



Bras de décharge en aval

⇒ Fossé

Ce fossé ne présente pas d'écoulements pérennes.

En amont de la RP1, ce fossé qui draine les eaux d'une partie des habitations de la tribu, s'apparente à une noue végétalisée (peu profond et large).

Plus en aval, le lit est plus marqué et fortement encombré par la végétation.



Fossé en amont



Fossé en aval

2.1.3 Description des aménagements

D'une manière générale, l'urbanisation dans le lit majeur de la Thy étant relativement éparse et quasi exclusivement limitée en amont de la RP1, peu d'aménagements y sont présents.

Un petit nombre de ponts de faibles tirants d'eau (radiers) franchissent la Thy sur l'amont du bassin versant, le fossé et le bras de décharge. Ces ouvrages n'ont pas été modélisés dans la mesure où leur impact sur les crues conséquentes (10 ans et 100 ans) reste très vraisemblablement minime.

A contrario, deux ponts en aval, situés sur la RP1, ont été levés et intégrés dans la modélisation de par leur intérêt hydraulique important.

Par ailleurs, un déversoir est à noter sur le bras principal de la Thy, créant le bras de décharge décrit précédemment.



Déversoir sur la Thy



Vue générale du déversoir

Historiquement, ce déversoir a été réalisé par les services du département génie rural, dans les années 1980, pour protéger la tribu de Saint Louis des inondations de la Thy.

Des aménagements pour améliorer les conditions d'écoulements de la Thy (curage, suppression de certains virages de la Thy, ...) ont été réalisés dans à la même époque que ce déversoir, au niveau de la tribu, et dans la zone marécageuse en aval, avant le débouché en mer.

Des travaux de curage du canal de décharge ont été réalisés en fin d'année 2009. D'autres actions d'entretien et de confortement de berges ont été réalisées en 2005, 2006 et 2007 par la DENV.

3 ESTIMATION DES DEBITS DE PROJET

Les débits de projets ont été estimés par le biais de plusieurs méthodes :

- une méthode d'analyse régionale qui consiste à la transposition au secteur d'étude des débits mesurés aux stations hydrométriques voisines,
- une méthode d'ajustement des précipitations mesurées aux stations pluviométriques : la méthode rationnelle,
- l'utilisation des courbes enveloppes établies par la DAVAR sur le quart Sud-Ouest.

3.1 METHODE RATIONNELLE

3.1.1 Principe de la méthode

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 généralement rattaché au degré d'imperméabilisation du bassin versant. Il varie également en fonction de sa superficie, de sa pente et de l'intensité des précipitations.

Cette méthode est adaptée aux petits bassins versants (superficie < 5 km²).

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	- coefficient de ruissellement
	i (tc)	- intensité pluviométrique associée à la période de retour de l'événement pluvieux et au temps de concentration du bassin (mm/h)
	A	- superficie du bassin versant (km ²)
	Q	- débit de pointe (m ³ /s)

Afin de prendre en compte, la différence d'intensité pluviométrique entre les deux stations évoquées précédemment, il a été retenu :

- Pour la Thy et l'affluent 1 (BV 03a) : utilisation de la valeur moyenne entre l'intensité pluviométrique de Namié et de Montagne des Sources,
- Pour l'affluent 2 qui présente un bassin versant de basse altitude, utilisation de la station de Namié.

3.1.2 Temps de concentration

Dans la note technique rédigée par la DAVAR sur les 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 sera nommée par la suite « Evaluation par les vitesses de transfert ».

Cette méthode d'estimation du temps de concentration est privilégiée ici à la différence des autres méthodes empiriques dans la mesure où elle a pu être vérifiée localement ce qui n'est pas le cas des autres méthodes.

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Bassin versant	Surface en ha	Temps concentration en h (méthode des vitesses de transfert)
La Thy	2979	1,43
Affluent 1 : T3a	102	0,17
Affluent 2 : T5	23,51	0,14

Calcul du temps de concentration selon la méthode des vitesses de transfert

3.1.3 Coefficient de ruissellement

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

Le coefficient de ruissellement varie en fonction de l'intensité de la pluie, de la pente du bassin versant, de sa texture et de l'occupation des sols. A l'image des reliefs de la chaîne, le bassin versant étudié se caractérise par un massif de péridotites pour les altitudes proches de 1000 m et par des terrains essentiellement sédimentaires en partie basse.

La végétation est relativement dense en altitude et laisse place à des espaces plus clairsemés au niveau de la plaine. L'urbanisation est relativement peu développée (tribus) sur le bassin de la Thy.

Comme préconisé dans la note technique de la DAVAR de février 2006 « Courbes enveloppes des débits spécifiques maximaux de crues pour le quart Sud Ouest de la Nouvelle Calédonie La Foa – La Coulée », le coefficient de ruissellement pour une crue centennale est pris égal à 1 (saturation instantanée quasi-totale dans terrains naturels pour les petits bassins versants).

Les coefficients retenus pour la méthode rationnelle sont les suivants :

- C=0.5 pour les débits quinquennaux ;
- C=0.7 pour les débits décennaux ;
- C=1.0 pour les débits centennaux.

3.1.4 Débits obtenus par la méthode rationnelle

Les débits de pointe et débits spécifiques obtenus pour les différentes périodes de retour sont donc les suivantes :

Bassin versant	Surface (en km ²)	Débits	Période de retour		
			5 ans	10 ans	100 ans
La Thy	29.8	Q (m ³ /s)	255	414	861
		q (m ³ /s/km ²)	8.6	13.9	28.9
Affluent 2 : T5	0,24	Q (m ³ /s)	5	7	15
		q (m ³ /s/km ²)	19,6	31,3	62,9
Affluent 1 : T3a	1,02	Q (m ³ /s)	16	25	41
		q (m ³ /s/km ²)	15,7	24,7	40,2

Débits obtenus par la méthode rationnelle

3.2 ANALYSE REGIONALE

3.2.1 Principe de la méthode

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) :

$$Q_1 = \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^{0.75} \cdot Q_2$$

Le coefficient de transposition 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.

3.2.2 Analyse et débits obtenus

Les trois stations hydrométriques retenues pour l'application de l'analyse régionale sont celles de :

- Dumbéa Nord,
- Dumbéa Est,
- La Coulée.

Les bassins versants de ces stations sont proches du bassin versant de la Thy en terme de localisation et de taille ce qui légitime l'application de cette méthode sur ces stations.

De plus, les stations hydrométriques choisies disposent toutes de séries de mesures relativement longues pour valider les ajustements statistiques. La station hydrométrique de Namié, la plus proche en terme de distance de la zone d'étude, n'a pas été retenue dans l'ajustement de la DAVAR compte tenu des résultats hasardeux et du faible nombre de données (5 ans de données contre 20 ans pour les autres stations).

Cette méthode a été appliquée uniquement au bassin versant de la Thy et non pas aux petits affluents car les stations utilisées présentent des bassins versants de quelques dizaines de km² ce qui ne permet pas l'extrapolation à des bassins versants inférieurs ou de l'ordre de 1 km²

Les résultats de l'analyse régionale sont fournis dans le tableau ci-après :

			Débit (m3/s)			Débit spécifique (m³/s/km²)		
			T=5ans	T=10ans	T=100ans	T=5ans	T=10ans	T=100ans
Station	Surface (km2)							
Dumbéa Nord	32,2		315	414	722	9,8	12,9	22,4
Dumbéa Est	56,8		624	797	1340	10,9	14,0	23,6
La Coulée	43,8		440	590	1060	10,0	13,0	24,2
Bassin versant total de la Thy	analyse régionale depuis Dumbéa Nord	29.8	297	391	681	10,0	13,1	22,9
	analyse régionale depuis Dumbéa Est	29.8	385	491	826	12,9	16,5	27,7
	analyse régionale depuis la Coulée	29.8	330	442	794	11,1	14,8	26,7

Calcul des débits de pointe selon la méthode régionale

3.3 METHODE DES COURBES ENVELOPPES (SOURCE : DAVAR)

3.3.1 Principe de la méthode

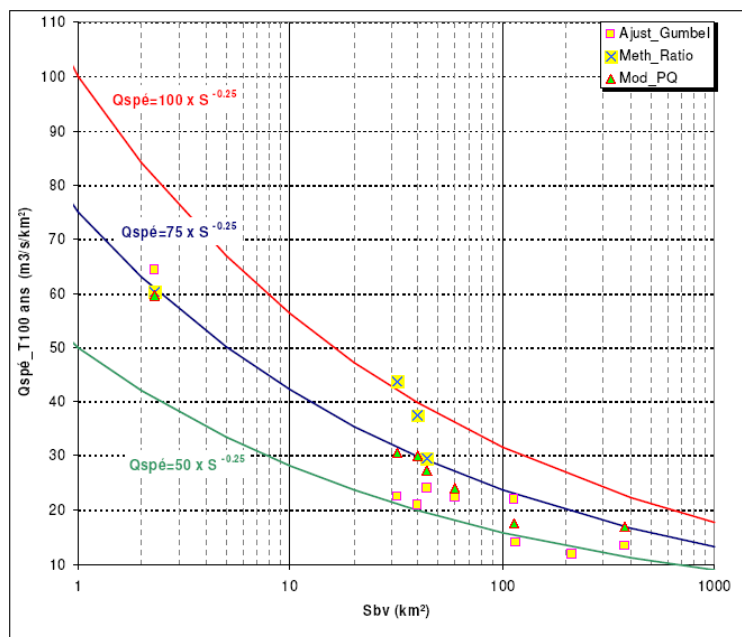
La DAVAR (Direction des Affaires Vétérinaires Alimentaires et Rurales) a établi un certain nombre de fiches techniques relatives aux caractéristiques de stations hydrométriques dont elle a la gestion. A l'aide des mesures réalisées sur ces stations hydrométriques et de l'application de méthodes de transformation de la pluie en débit, des courbes enveloppes des débits spécifiques maximaux de crue ont été établies pour le quart sud-ouest de la Nouvelle Calédonie.

Trois méthodes ont été utilisées pour déterminer les débits de crue et trois courbes enveloppes ont été réalisées :

- Ajustement de Gumbel sur les débits évalués à partir des hauteurs d'eau mesurées (C50);
- Méthode rationnelle de calcul des débits de pointe en fonction des caractéristiques du bassin versant et des pluies locales (C75);
- Modèle pluie-débit spatialement distribué (Moatha, Wotling, 2000) de calcul des débits de pointe en fonction des caractéristiques du bassin versant et des pluies locales (C100).

Les formules d'ajustement obtenues sont données ci-dessous (S=surface du bassin versant en km²) :

- Ajustement de Gumbel: $q_{100 \text{ ans}} (\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2) = 50 \times S^{-0.25}$
- Modèle Pluie-débit spatialement distribué : $q_{T100 \text{ ans}} (\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2) = 75 \times S^{-0.25}$
- Méthode rationnelle : $q_{100 \text{ ans}} (\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2) = 100 \times S^{-0.25}$



Courbes enveloppes pour les bassins versants de Nouvelle Calédonie (DAVAR 2006)

Les débits caractéristiques de crues pour des périodes de retour décennales peuvent se déduire facilement via des coefficients de proportionnalité relativement stables à l'échelle de la Nouvelle - Calédonie :

$$Q_{10} = \frac{Q_{100}}{1,81} \text{ et } Q_5 = \frac{Q_{100}}{2,44}$$

3.3.2 Débits obtenus

L'application de cette méthode au bassin versant de la Thy conduit aux résultats suivants :

	Débit (m3/s)			Débit spécifique (m3/s/km ²)		
	T=5ans	T=10ans	T=100ans	T=5ans	T=10ans	T=100ans
C50	261	352	638	8,8	11,8	21,4
C75	392	528	956	13,2	17,7	32,1
C100	523	704	1275	17,5	23,6	42,8

3.4 SYNTHÈSE ET ANALYSE DES DÉBITS THÉORIQUES OBTENUS

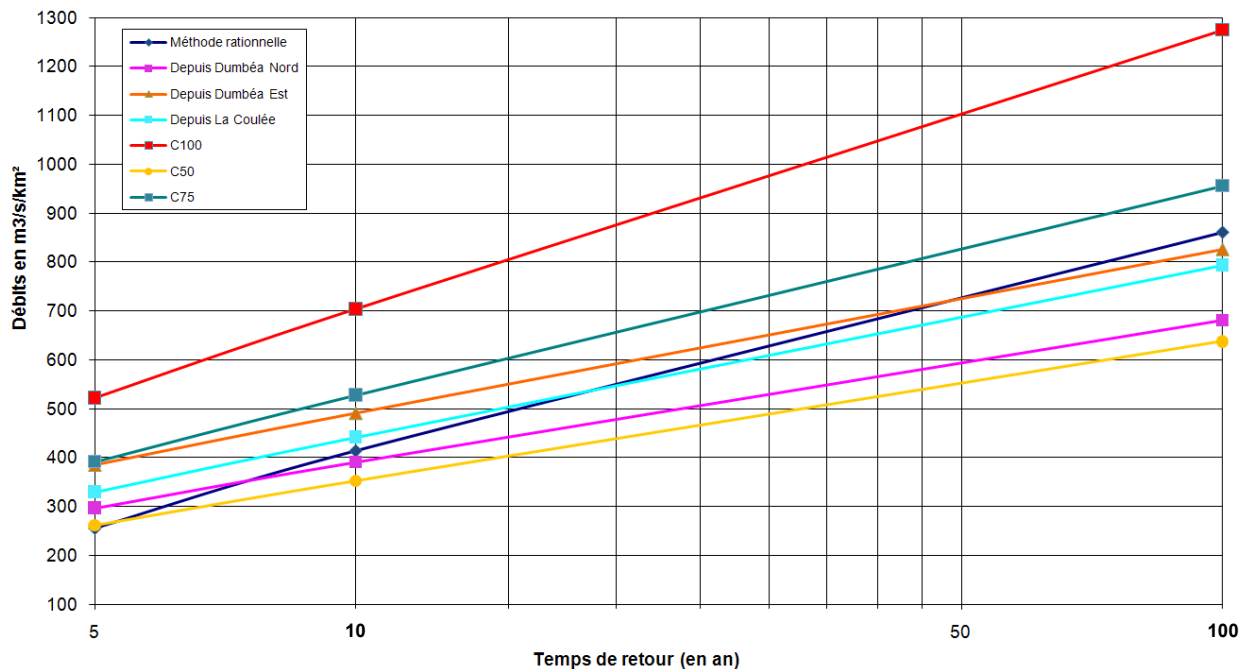
Les tableaux ci-après présentent les valeurs des débits pour le bassin versant total de la Thy et les petits bassins versants associés au fossé et affluents de la Thy :

		Débit de pointe (m3/s)			Débit spécifique (m3/s/km ²)		
		T=5 ans	T=10 ans	T=100 ans	T=5 ans	T=10 ans	T=100 ans
Méthode rationnelle		255	414	861	8.6	13.9	28.9
Analyse régionale	depuis Dumbéa Nord	297	391	681	10,0	13,1	22,9
	depuis Dumbéa Est	385	491	826	12,9	16,5	27,7
	Depuis La Coulée	330	442	794	11,1	14,8	26,7
Méthodes des courbes enveloppes	C50	261	352	638	8,8	11,8	21,4
	C75	392	528	956	13,2	17,7	32,1
	C100	523	705	1275	17,5	23,6	42,8

Comparaison des débits de pointe théoriques obtenus par les trois différentes méthodes sur le bassin versant total de la Thy

	Débit de pointe (m3/s)			Débit spécifique (m3/s/km ²)		
	T=5 ans	T=10 ans	T=100 ans	T=5 ans	T=10 ans	T=100 ans
Bassin versant T3a (S=1.02 km ²)	16	25	41	15,7	24,7	40,2
Bassin versant T5 (S=0,24 km ²)	5	7	15	19,6	31,3	62,9

Tableau de synthèse pour les débits obtenus sur les petits bassins versants



Comparaison graphique des débits de pointe obtenus par les différentes méthodes sur le bassin versant total de la Thy

Chacune des méthodes présente les domaines d'application et limites d'utilisation rappelés ci-dessous.

3.4.1 Méthode rationnelle

Cette méthode est affectée par de grandes incertitudes sur les coefficients de ruissellement (C) et sur les temps de concentration (T_c) à retenir.

Généralement adaptée à des bassins versants de taille inférieure à 5 km^2 , son application sur le bassin versant de la Thy conduit à des résultats sensiblement différents des autres méthodes

3.4.2 Analyse régionale

Les résultats de l'analyse régionale donnent vraisemblablement des résultats cohérents pour le bassin versant total de la Thy, les bassins utilisés comme références étant de taille et de pluviométrie proches de celles de la rivière étudiée. L'extrapolation à partir de la station de Dumbéa Nord conduit à des débits plus faibles que ceux obtenus à partir des deux autres stations.

Les bassins versants de la Coulée et de Dumbéa Est encadrant géographiquement le bassin de la Thy, il semble pertinent d'utiliser ces deux stations pour l'extrapolation au bassin versant étudié.

L'utilisation de l'analyse régionale aux affluents et fossés présentant des bassins versants de petites tailles n'est pas recommandée au vu de la différence de superficie des bassins versants de référence et de ceux étudiés.

3.4.3 Méthode des courbes enveloppes

Cette méthode développée par la DAVAR synthétise les débits maximaux de crues à l'aide de stations hydrométriques calédoniennes. Compte tenu des approches maximaliste et minimaliste des méthodes introduites, les débits obtenus avec ces relations pourraient constituer un encadrement des débits de projets choisis.

3.4.4 Conclusion pour le bassin versant de la Thy

Au vu de ces méthodes et de leurs résultats, il paraît pertinent et légitime d'utiliser l'analyse régionale sur la base des stations de la Coulée et de Dumbéa Est (cette méthode repose en effet sur des données enregistrées et, qui plus est, sur les bassins versants adjacents à celui de la Thy).

La valeur médiane des résultats obtenus à partir de ces deux stations a été retenue par la suite, avec comme encadrement inférieur la courbe enveloppe C50 et comme encadrement supérieur C75.

Les débits retenus sont alors les suivants :

<p>Q5 = 358 m³/s (de 261 à 392 m³/s)</p> <p>Q10 = 467 m³/s (de 352 à 528 m³/s)</p> <p>Q100 = 810 m³/s (de 638 à 956 m³/s)</p>
--

Le débit en un point « x » de ce bassin versant (ainsi que la fourchette haute et basse) sera déterminé par l'application des formulations suivantes qui permettent de prendre en compte l'amortissement des pointes de crues quand la taille du bassin versant augmente (à la différence d'une méthode basée uniquement au prorata du débit spécifique) :

$21 \cdot S_x^{0.75} < Q_{x5} = 28 \cdot S_x^{0.75} < 31 \cdot S_x^{0.75}$ $28 \cdot S_x^{0.75} < Q_{x10} = 37 \cdot S_x^{0.75} < 41 \cdot S_x^{0.75}$ $50 \cdot S_x^{0.75} < Q_{x100} = 64 \cdot S_x^{0.75} < 75 \cdot S_x^{0.75}$

En moyenne, les fourchettes d'encadrement des débits (valeurs haute et basse) se résument à environ $\pm 20\%$ de la valeur retenue du débit pour une période de retour considérée.

3.4.5 Conclusion pour les affluents

Seule la méthode rationnelle présente un degré de validité satisfaisant pour la détermination des débits de crues des bassins versants de faible superficie.

Celle-ci sera donc retenue pour ces quelques cas. Les débits de projet calculés à partir de cette méthode sont alors les suivants :

	Débit de pointe (m ³ /s)		
	T=5 ans	T=10 ans	T=100 ans
Bassin versant T3a (S=1.02 km ²)	16	25	41
Bassin versant T5 (S=0,24 km ²)	5	7	15

Tableau des débits de projet retenus pour les petits bassins versants

L'encadrement utilisé pour les débits de ces bassins versants résidera sur l'application de la fourchette moyenne de $\pm 20\%$ de manière à rester en cohérence avec les débits calculés précédemment.

Les valeurs des débits (et de leur fourchette d'incertitude) injectés aux différents nœuds du modèle sont présentés en annexe 2.

4 TOPOGRAPHIE

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 programme de levés ainsi établi a été transmis au maître d'ouvrage puis validé par le comité de pilotage.

A noter que des données topographiques existantes (Province Sud pour le fuseau autour de la RP1, Ville du Mont-Dore pour les travaux d'assainissement de Saint Louis), ont également été utilisées pour limiter les levés à réaliser.

Le plan des levés topographiques est fourni en annexe 3.

Ces levés ont été réalisés par les cabinets de géomètres De Condinguy et Delvar.

Ces levés concernent essentiellement le lit mineur et moyen ainsi que les ouvrages principaux présents sur le secteur. Les profils ont été complétés par extrapolation sur la base du fond 3D ainsi que des levés réalisés dans le cadre des travaux d'assainissement de la tribu de Saint-Louis.

Les profils de la RP1 ont été réalisés sur la base des plans de récolement de la Province Sud.

Au final, il a été levé :

- Environ 4.5 km de linéaire de profil en travers,
- 5 ouvrages.

5 CONSTRUCTION DU MODELE

Le modèle hydraulique a été réalisé sur le logiciel filaire unidimensionnel HEC-RAS 4.0, en régime permanent.

Pour cette étude, un modèle principal et un « sous-modèle » ont été construits :

- ✓ ***Le modèle principal de la Thy***
- ✓ ***Le modèle de l'affluent n°1***

Ce modèle, dépendant d'une condition aval régie par le premier modèle, permet d'appréhender le fonctionnement hydraulique de ce petit cours d'eau. Il a en effet été nécessaire de créer ce deuxième « sous-modèle » car la présence du déversoir latéral empêchait, sous ce logiciel, la création d'une jonction au droit de cet ouvrage.

Les modèles hydrauliques ont été élaborés sur la base de la topographie disponible et levée dans le cadre de cette étude (cf. paragraphe précédent).

Les profils en travers et ouvrages modélisés sont localisés sur la planche 3.

Le synoptique qui schématise les modèles ainsi construits est présenté sur la planche 4.

5.1 INTEGRATION DES SINGULARITES HYDRAULIQUES

La configuration topographique particulière du site étudié ainsi que les ouvrages présents (RP1 et ses ouvrages de franchissement, déversoir de décharge) ont un rôle primordial dans le fonctionnement hydraulique de ce secteur.

5.1.1 Ouvrages existants

La RP1 qui traverse l'ensemble des cours d'eau du secteur sur la partie aval présente une altimétrie de l'ordre de 1.5 à 3 m supérieure à celle des terrains environnants.

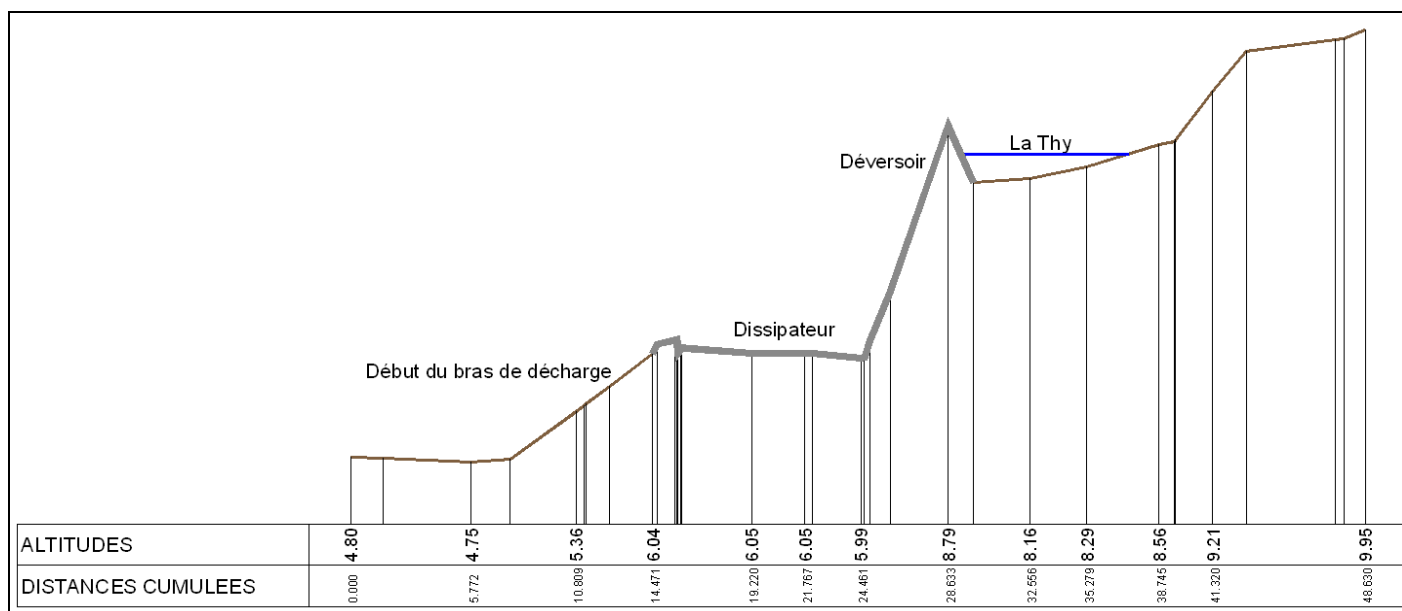
Cette route constituera donc vraisemblablement un obstacle majeur aux écoulements.

Elle a donc été intégrée au modèle ainsi que ses ouvrages de franchissements en tant que « Bridge/Culvert ».

L'ouvrage de décharge sur le bras naturel a également été intégré par le biais de l'outil « Lateral Weir (déversoir latéral) ».

Une vue en plan de cet ouvrage avec la localisation des profils modélisés est présentée en annexe 4.

Le profil en long suivant représente ce déversoir en liaison avec le lit mineur de la Thy et le bras décharge.



Coupe du seuil déversant existant

Ce profil met en évidence que le déversement dans le bras de décharge s'opère dès une légère montée des eaux (environ 0.80 à 1 m d'eau dans la Thy). Le fond du lit mineur de la Thy au droit du déversoir est en effet compris entre 7.80 et 8.20 m NGNC alors que la crête du déversoir est à la cote 8.85 m NGNC environ.

Il est intéressant de noter également que la hauteur de chute de ce seuil déversant latéral, quasi parallèle au sens d'écoulement, est de l'ordre de 3 m.

Une analyse sur les différentes lois hydrauliques qui peuvent être utilisées sur ces ouvrages sera menée ultérieurement afin de tester la sensibilité du modèle à ces paramètres.

5.1.2 Configuration topographique spécifique

La présence en amont de la RP1 de trois cours d'eau (fossé, bras naturel et bras de décharge), avec des altimétries du lit mineur sensiblement différentes ne permet pas d'envisager l'intégration dans le modèle de ces cours d'eau sur un seul et même profil.

Cette différence d'altitude est notamment majeure entre le bras naturel et le bras de décharge avec environ 1,5 m à 2 m de différentiel entre les dessus de berges.

Cette configuration entraîne un fonctionnement, en temps de crues, par déversement du bras principal (naturel) vers le bras de décharge. Le profil en travers ci après (profil 5) témoigne de cette configuration.

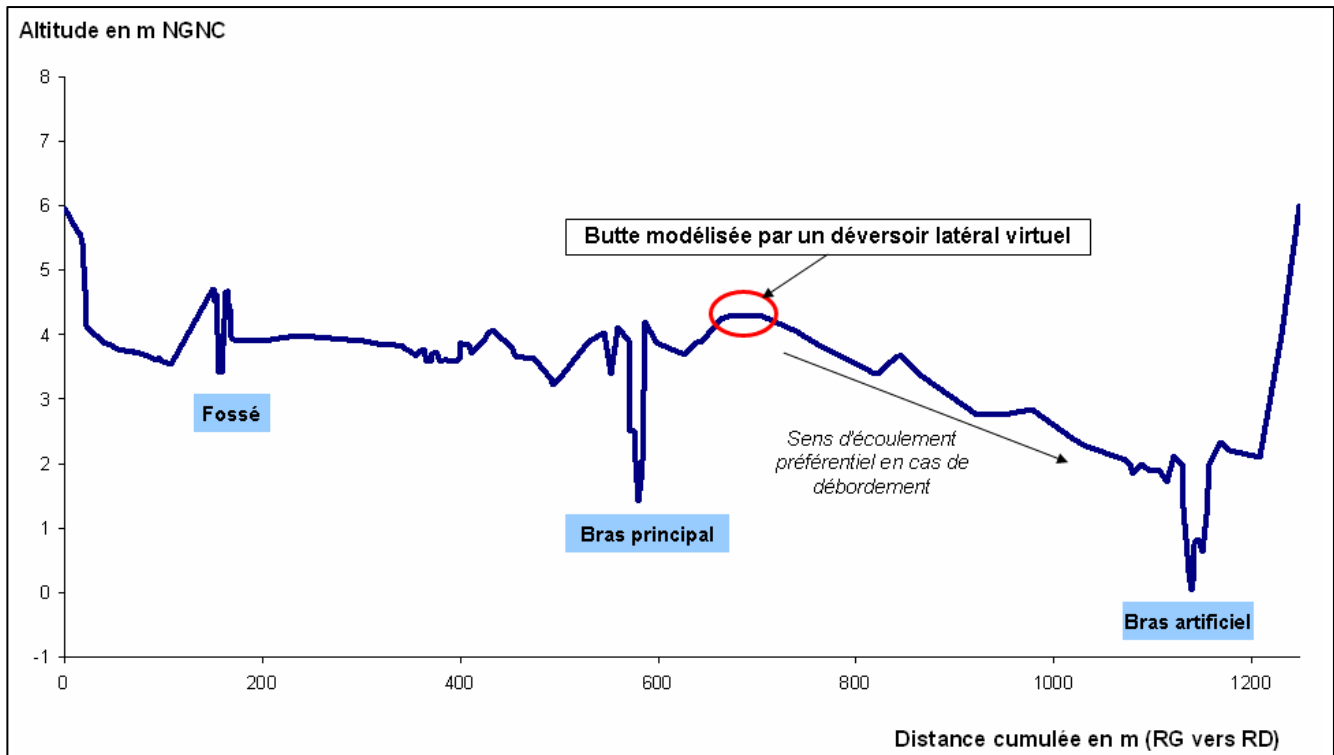


Illustration de la topographie aval du site avec le profil n°5

Afin de reproduire au mieux le fonctionnement de ce secteur, un déversoir latéral, situé entre les profils 6b et 4b, a donc été créé, connecté aux profils 6a à 4a du bras artificiel (de décharge).

Une approche similaire avait été envisagée entre le fossé et le bras naturel, mais le logiciel utilisé ne permettait pas l'intégration de deux déversoirs latéraux (un sur chaque rive).

D'autre part, la configuration topographique en aval de la RP1 conduit à ce que les écoulements dans le lit mineur et majeur du fossé sont isolés de ceux de la Thy. Le modèle proposé initialement n'apportait pas cette distinction dans la mesure où le profil était global pour les 3 cours d'eau (profils 3.2 à 1). Des tests ont permis de mettre en évidence la nécessité de modéliser séparément le fossé en aval de la RP1 sur la base des débits déversés sur la route au droit de ce cours et de ceux évacués par les ouvrages existants. Ce fossé en aval de la route provinciale dispose donc d'un sous-modèle séparé.

5.2 INJECTION DES DEBITS DANS LE MODELE

Le bassin versant de la Thy a été divisé en 18 sous-bassins versants.

Les débits de ces bassins versants ont été injectés dans le modèle hydraulique soit directement au nœud qui représente physiquement l'exutoire de ce sous-bassin, soit au profil correspondant au centre de gravité du sous bassin versant.

Les points d'injection des débits de ces sous-bassins sont présentés sur le synoptique.

5.3 COEFFICIENTS DE STRICKLER

De manière générale, pour ce type de cours d'eau, le coefficient de Strickler est considéré entre 15 et 30 en lit mineur et entre 5 et 10 en lit majeur.

En l'absence de laisses de crues et de témoignages permettant un calage du modèle, la définition de ces coefficients a été basée sur notre expérience de modélisation de cours d'eau calédoniens.

En ce qui concerne le lit majeur des cours d'eau modélisés, il est, d'une manière générale, relativement encombré (végétation haute, habitats épars, ...). Un coefficient de Strickler de 8 a donc été retenu globalement.

Pour les lits mineurs, les distinctions suivantes sont à noter :

⇒ **Pour la Thy :**

- En amont, (profil 23b à 14b sur le bras principal et 13a à 9a sur le bras de décharge), un coefficient de 20 a été appliqué pour prendre compte la végétation rivulaire importante et la présence de micro seuils et de blocs décimétriques dans le lit.
- En aval, (à partir du profil 11b sur le bras principal et du profil 8a sur le bras de décharge), la granulométrie plus fine du fond du lit et le tracé plus rectiligne de ces cours d'eau justifient l'application d'un coefficient de 25.

⇒ **Pour l'affluent n°1 :**

Un coefficient égal à 15 a été considéré du fait de la configuration accidentée du lit mineur.

Pour l'affluent 2 et le fossé, leur lit mineur relativement rectiligne et propre (mais végétalisé toutefois), ont justifié l'application d'un coefficient de 20.

5.4 CONDITIONS AUX LIMITES

Les conditions limites aval sont définies conformément au cahier des charges à savoir :

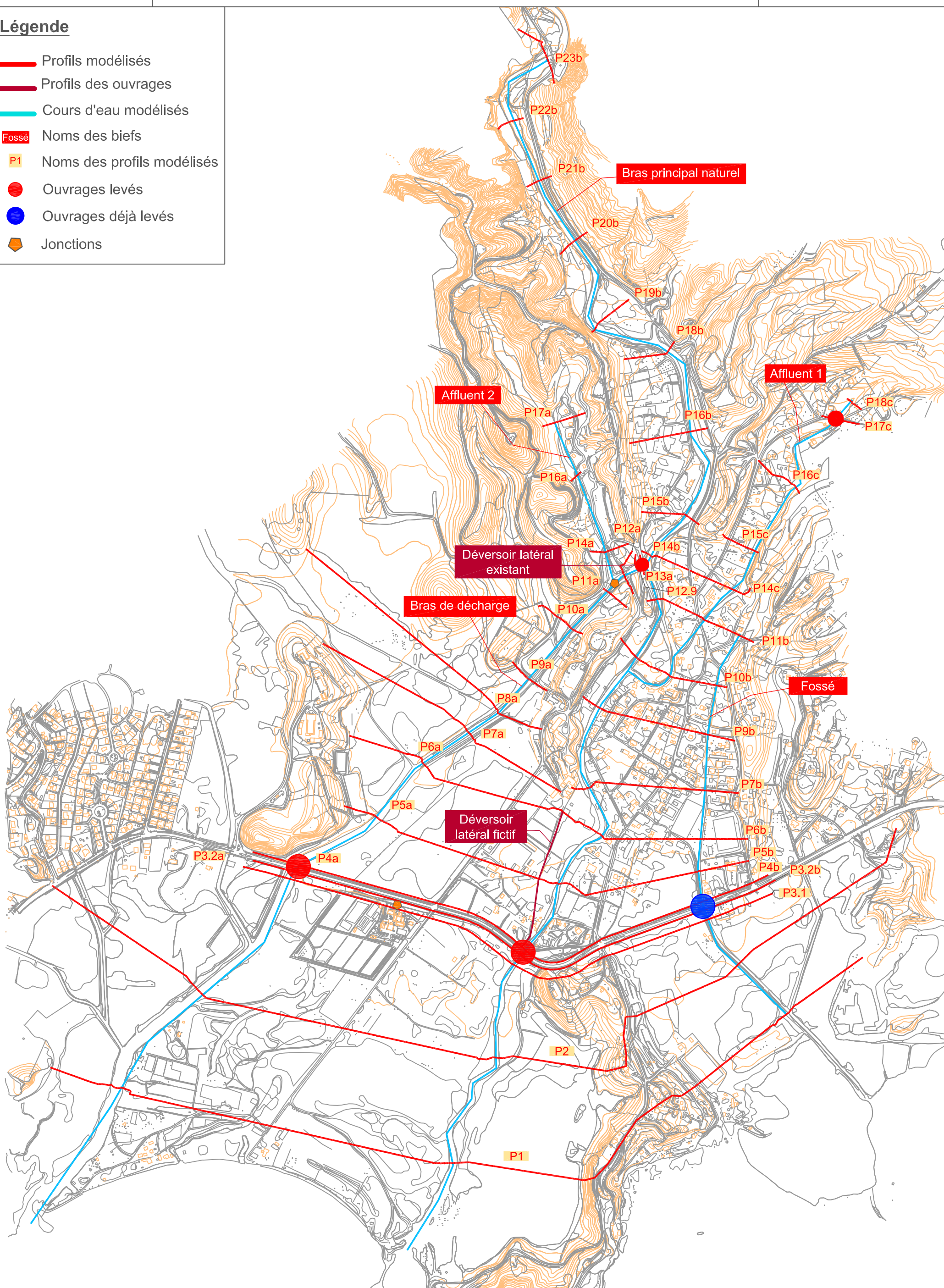
- ✓ 1,10 m NGNC pour les occurrences 5 et 10 ans.
- ✓ 1,40 m NGNC pour l'occurrence 100 ans.

Ces cotes ont été appliquées au profil fictif 0.5 positionné sur le bord de mer.

Pour la condition limite aval de l'affluent n°1, elle a été fixée à la hauteur d'eau obtenue avec le modèle principal au profil 11b (cote appliquée au profil fictif 11c du sous-modèle).

Légende

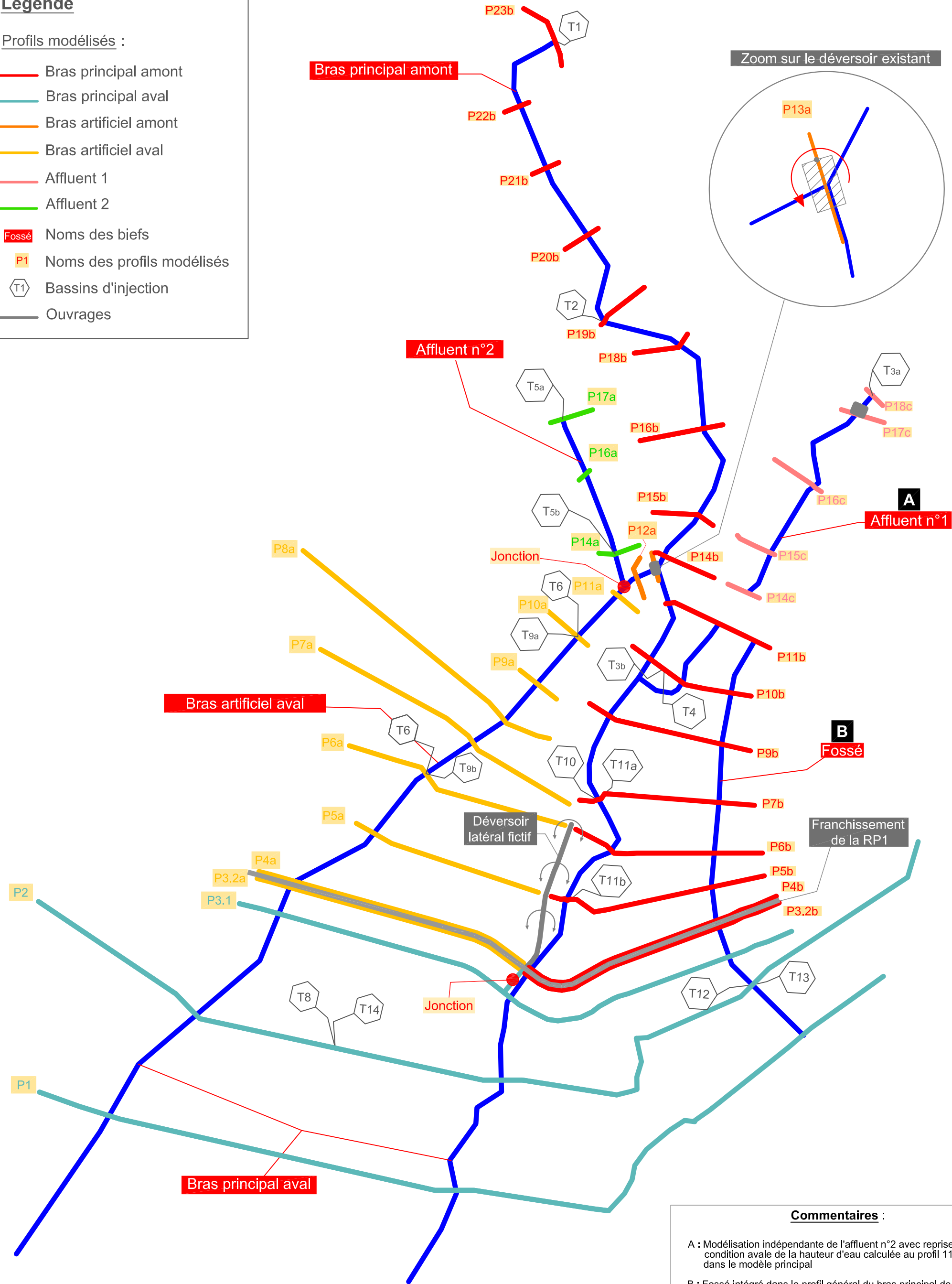
- Profils modélisés
- Profils des ouvrages
- Cours d'eau modélisés
- Fossé Noms des biefs
- P1 Noms des profils modélisés
- Ouvrages levés
- Ouvrages déjà levés
- Jonctions



Légende

Profils modélisés :

- Bras principal amont
- Bras principal aval
- Bras artificiel amont
- Bras artificiel aval
- Affluent 1
- Affluent 2
- Fossé Noms des biefs
- P1 Noms des profils modélisés
- T1 Bassins d'injection
- Ouvrages



Commentaires :

- A : Modélisation indépendante de l'affluent n°2 avec reprise en condition aval de la hauteur d'eau calculée au profil 11b dans le modèle principal
- B : Fossé intégré dans le profil général du bras principal de la Thy

6 MODELISATIONS DES CRUES 5,10 ET 100 ANS

6.1 PRESENTATION DES HYPOTHESES DE CALCUL

D'un point de vue général, le régime d'écoulement considéré pour les simulations est le régime fluvial.

Le modèle utilise les lois de calculs et les hypothèses suivantes au droit des ouvrages :

⇒ **Pour les déversoirs latéraux**, l'équation classique du déversoir est utilisée, à savoir :

$$Q = C * L * H^{\frac{3}{2}}$$

Avec : H = Hauteur d'eau au-dessus du seuil

L = Longueur du seuil

C = Coefficient du déversoir

En ce qui concerne les coefficients de débits utilisés, pour le déversoir de décharge (déversoir 13.5), ce coefficient est fixé à la valeur par défaut proposée par le logiciel (C=1.1) et pour le déversoir latéral fictif (déversoir 5.99), ce coefficient doit nécessairement être plus faible que la valeur par défaut dans la mesure où ce déversement en lit majeur (relativement encombré) génère plus de pertes de charges qu'un ouvrage artificiel. Une valeur de 0.9 a été retenue.

⇒ **Pour les ponts** :

Pour les faibles débits, la loi par défaut (basée sur le calcul de la ligne d'énergie) est utilisée. Dès que l'ouvrage se met en charge ou surverse, une loi d'orifice et/ou de déversoir est utilisée. Les valeurs proposées par défaut par le logiciel ont été retenues. Une analyse de sensibilité du modèle sur les coefficients et les lois utilisées sera proposée par la suite.

6.2 RESULTATS DES SIMULATIONS

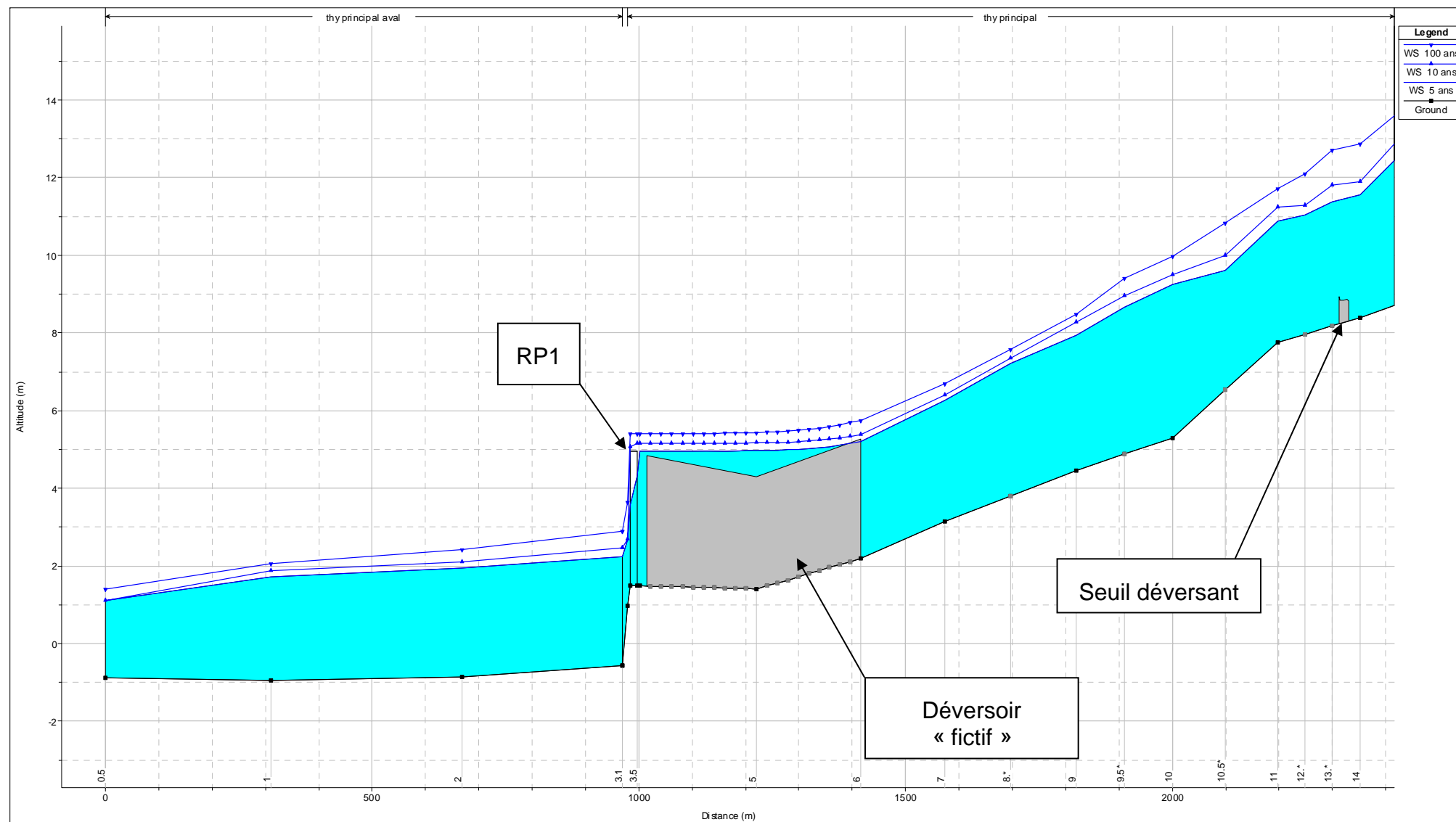
Les résultats des simulations sont présentés en annexe 5.

6.2.1 Résultats généraux

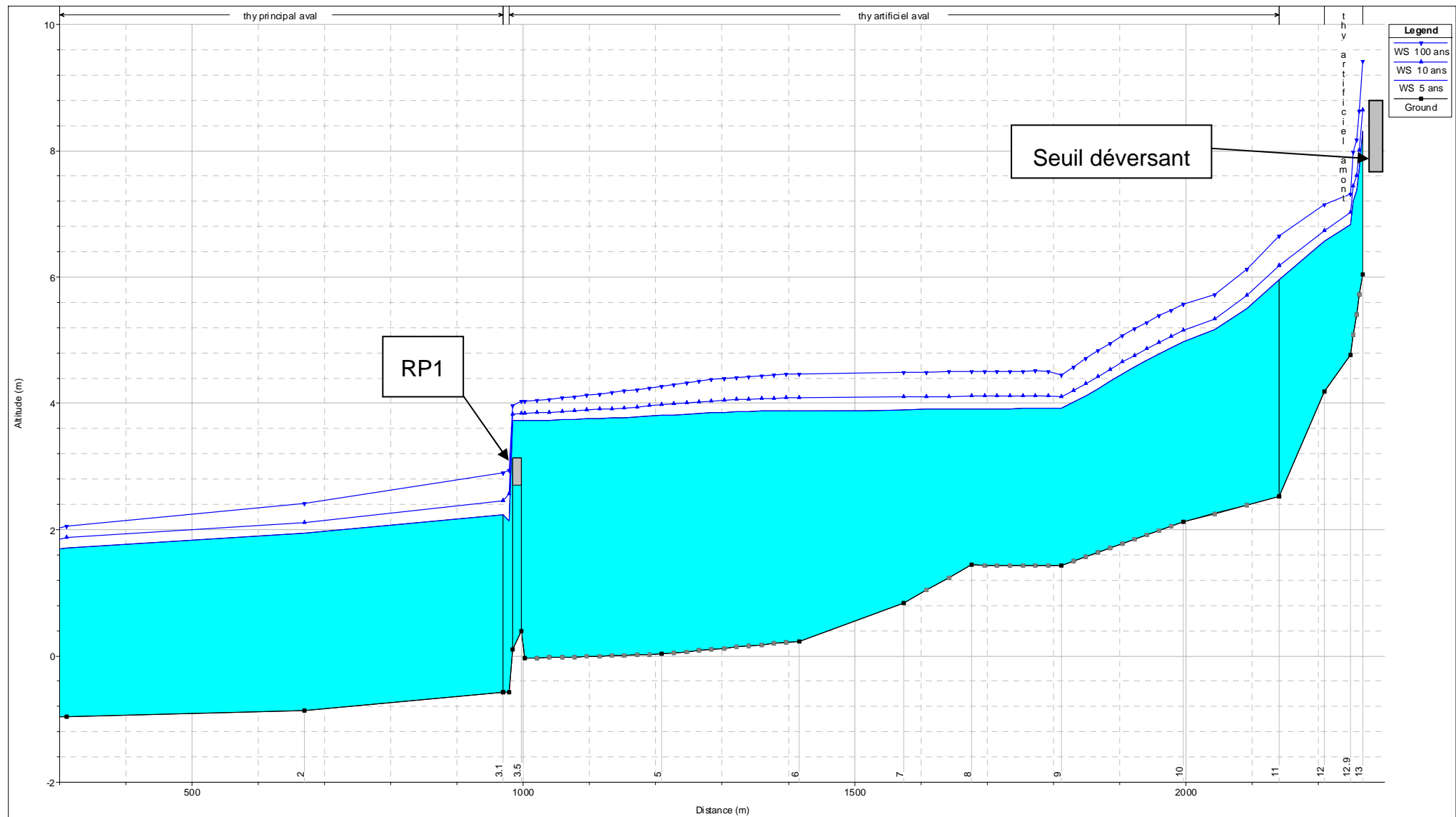
Les profils en long ci-après présentent les lignes d'eau obtenues pour chaque occurrence sur les différents biefs modélisés. Ces lignes d'eau seront commentées au paragraphe 6.3.

D'une manière générale, les différences de hauteurs d'eau entre les occurrences de crue modélisées sont les suivantes :

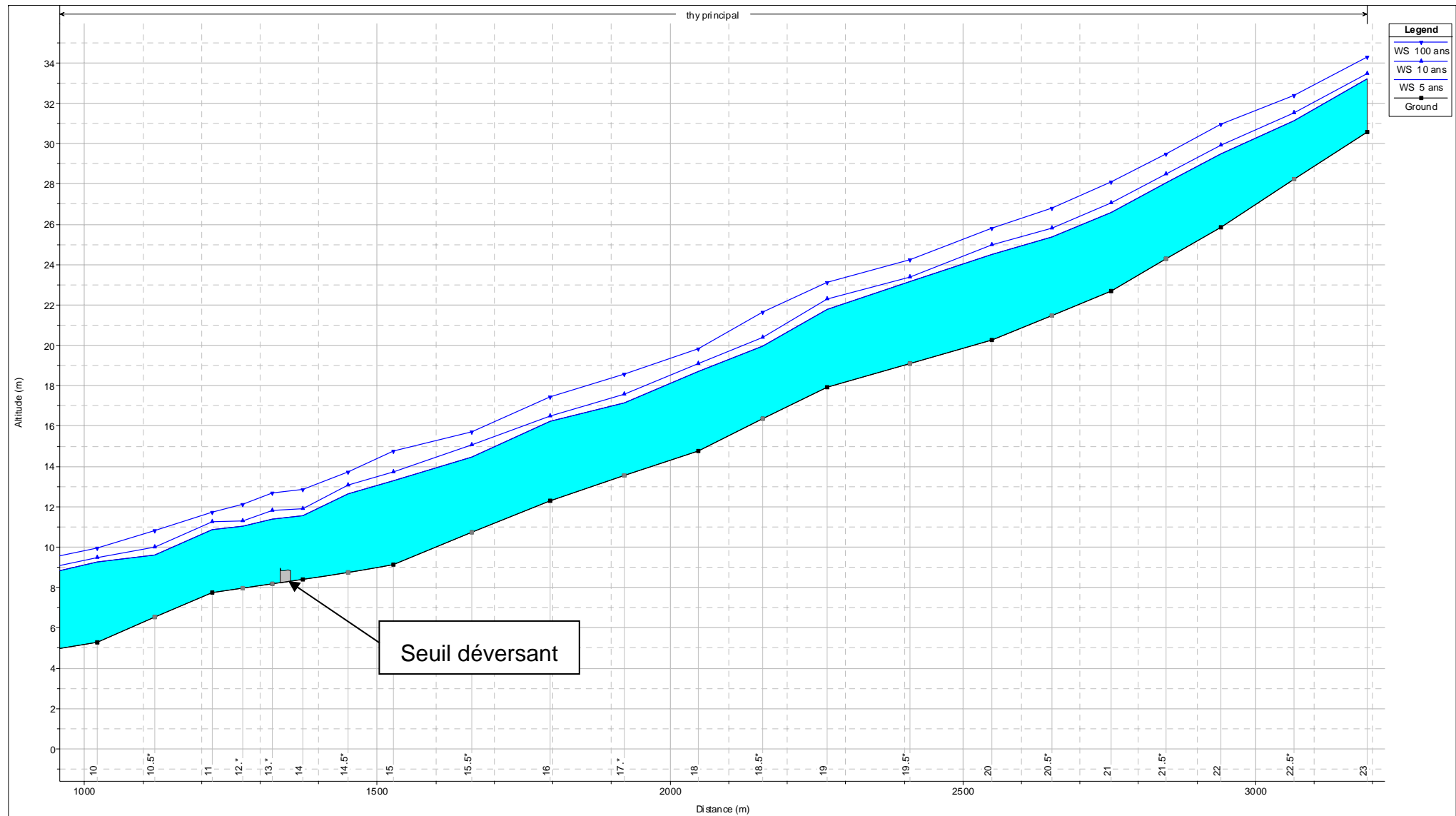
Positionnement	Différentiel de hauteur d'eau entre T=5 ans et T=10 ans	Différentiel de hauteur d'eau entre T=10 ans et T=100 ans
Amont (du déversoir de décharge)	40 à 50 cm	80 cm à 1 m
Aval	20 à 30 cm	30 à 40 cm



Lignes d'eau au niveau du bras naturel de la Thy en amont et en aval de la RP1



Lignes d'eau au niveau du bras artificiel de la Thy en amont et en aval de la RP1



Lignes d'eau au niveau du bras naturel de la Thy en amont du seuil déversant existant

6.2.2 Crue de période de retour 100 ans

Le tableau ci-dessous présente les principales cotes de la crue centennale au droit des différents profils sur la Thy, bras principal et artificiel (l'ensemble des résultats est présenté en annexe 5) :

Thy principal (amont et aval)					
Bief	Profil	Ligne d'eau en m NGNC	Bief	Profil	Ligne d'eau en m NGNC
Principal	23	34.28	Principal	14	12.86
	22.5*	32.39		13.*	12.7
	22	30.95		12.*	12.1
	21.5*	29.5		11	11.73
	21	28.09		10.5*	10.82
	20.5*	26.79		10	9.97
	20	25.83		9	8.49
	19.5*	24.27		7	6.69
	19	23.12		6	5.74
	18.5*	21.64		5	5.44
	18	19.85		4	5.4
	17.*	18.58		3.2	3.63
	16	17.43	Principal aval	3.1	2.9
	15.5*	15.71		2	2.42
	15	14.77		1	2.05
	14.5*	13.74		0.5	1.4
Thy artificiel (amont et aval)					
Bief	Profil	Ligne d'eau en m NGNC			
Artificiel amont	13	9.42			
	12.9	7.32			
	12	7.15			
Artificiel aval	11	6.65			
	10	5.57			
	9.5*	5.07			
	9	4.45			
	8	4.50			
	7	4.49			
	6	4.47			
	5	4.27			
	4	4.03			
	3.2	2.94			
Fossé en aval de la RP1					
Bief	Profil	Ligne d'eau en m NGNC			
Fossé aval RP1	3.2	3.82			
	2	2.36			
	1	2.02			

NB : Les profils marqués d'une étoile sont des profils interpolés sous HEC-RAS.

6.3 FONCTIONNEMENT DE LA THY

Les différentes simulations permettent de mettre en évidence les constats suivants, notamment en ce qui concerne les mises en charges (et/ou submersion) des ouvrages présents mais également pour les fonctionnements particuliers.

Rq : Les résultats de la modélisation sont à relativiser en l'absence d'éléments de calage du modèle.

Ø Ponts et ouvrages de franchissements de cours d'eau

La route provinciale n°1 (RP1) et ses ouvrages de franchissement des différents cours d'eau génèrent un fonctionnement hydraulique particulier. La route constitue en effet un important obstacle à l'écoulement des eaux, en période de crue, avec un différentiel entre la ligne d'eau amont et aval de la route de l'ordre de :

- 2,50 m à 2,70 m (selon les occurrences) sur le bras naturel et le fossé
- 1,10 m à 1,50 m sur le bras de décharge.

L'incidence hydraulique de cette infrastructure sur les terrains amont est donc très marquée et participe à l'aggravation des risques d'inondations sur ces zones où les enjeux sont bien présents (tribu de Saint-Louis).

Au niveau des ouvrages du bras naturel et du fossé, la mise en charge s'effectue dès la crue quinquennale et la cote obtenue en amont de ces ouvrages conduit à une situation à la limite du débordement sur la route.

Pour l'occurrence décennale et centennale, les déversements sur la voirie ont lieu au niveau du fossé (altimétrie plus basse de la route sur ce secteur), avec des hauteurs d'eau moyennes sur voirie respectives de 15 et 40 cm.

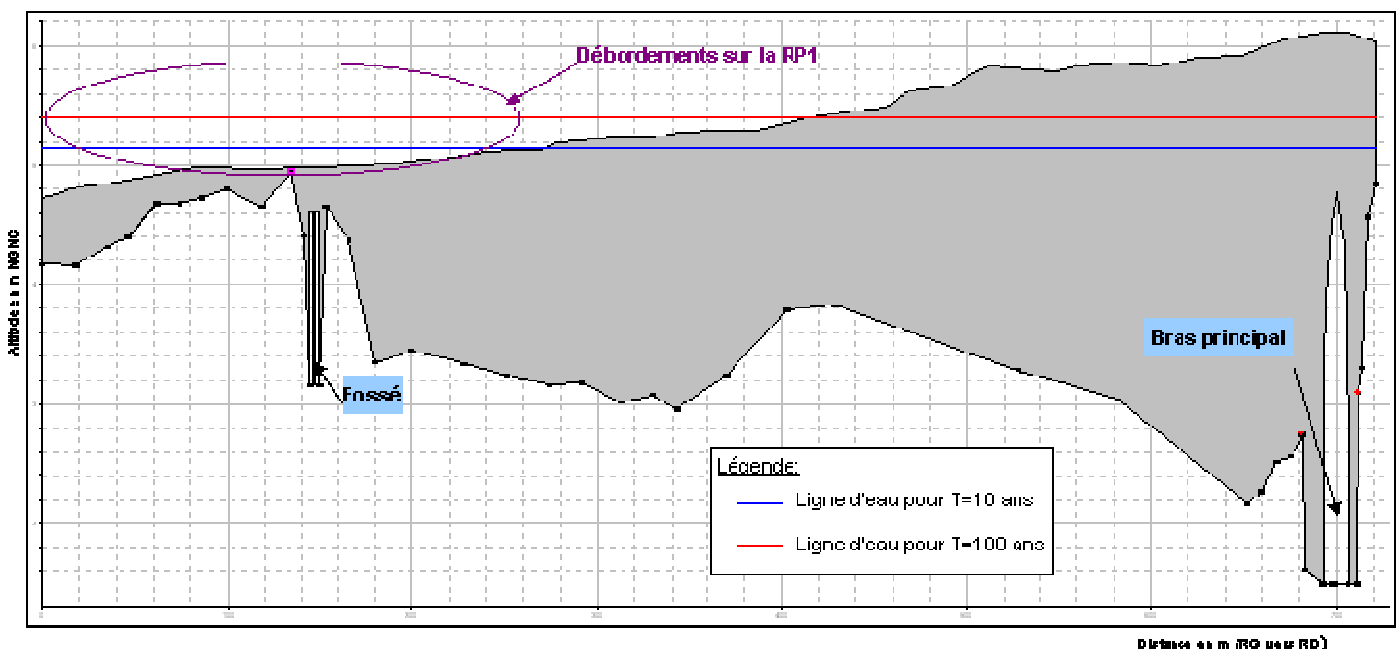


Illustration des débordements sur la RP1 pour les occurrences 10 et 100 ans obtenue sous HEC-RAS

La quantification de ces débits déversés en rive gauche ainsi que ceux qui transitent via l'ouvrage de franchissement du fossé par le modèle a permis de définir les débits transités dans le modèle spécifique au fossé en aval de la RP1.

Ces débits sont les suivants :

	Débit (m ³ /s)		
	T=5 ans	T=10 ans	T=100 ans
Fossé en aval direct de la RP1 (profil 3.2)	8	35	121

Au niveau de l'ouvrage de franchissement du bras de décharge, les débordements sur la voirie sont déjà importants dès l'occurrence quinquennale avec des hauteurs d'eau maximales sur la route de 60, 70 et 90 cm (respectivement pour les crues 5, 10 et 100 ans).

Ø Autres singularités hydrauliques

Les déversements latéraux présents (ouvrage de décharge existant + zone de déversement) conduisent à des échanges de débit importants entre le bras naturel et le bras de décharge. Le tableau ci-dessous présente les débits déversés et ceux en amont de l'ouvrage (fictif ou non) :

Ouvrage	Occurrence	Débit amont (m ³ /s)	Débit déversé (m ³ /s)
Ouvrage de décharge (13.50)	5 ans	271	83
	10 ans	359	103
	100 ans	621	154
Déversoir latéral fictif (5.99)	5 ans	206	80
	10 ans	280	148
	100 ans	509	273

Débits remarquables au niveau des déversoirs latéraux

En ce qui concerne le **déversoir existant (13.5)**, environ 25 à 30 % du débit en amont de l'ouvrage est déversé dans le bras de décharge. Rappelons que cet ouvrage est conçu dans l'optique de limiter les débits en aval, sur un secteur où les enjeux sont fortement présents.

Une perte de charge de l'ordre de 3 m à 3.4 m (selon les occurrences) est à noter entre la ligne d'eau du bras naturel de la Thy et la ligne d'eau dans le bras de décharge en aval de ce déversoir. Cette perte de charge s'explique par la hauteur de chute de ce déversoir, de l'ordre de 3 m et également par la débitance limitée de cet ouvrage latéral, dans la mesure où ce dernier est quasi parallèle à l'écoulement.

Pour les déversements en rive droite du bras naturel vers le bras de décharge (déversoir latéral fictif 5.99 entre les profils 6 et 4), entre 40 et 55 % du débit du bras naturel de la Thy est déversé dans le bras de décharge. Rappelons que ce déversement est lié à la configuration topographique du terrain naturel et à la différence d'altimétrie entre ces deux lits.

L'importance de cet échange de débit s'explique en partie par la présence de la RP1, qui provoque par la mise en charge de ses ouvrages, et son altimétrie, l'augmentation de la ligne d'eau amont.

Ce rehaussement favorise la mise en fonctionnement de ce « déversoir latéral naturel » alors que ces déversements seraient plus limités sans la présence de cette infrastructure.

Cette zone de déversement représente potentiellement une zone où les vitesses ponctuelles peuvent être importantes. A signaler également que ce déversement limite les hauteurs d'eau sur le secteur de la tribu, les remblais seraient donc à proscrire sur cette zone, afin d'éviter des impacts notables sur les enjeux environnants.

6.4 ANALYSE DE SENSIBILITE AUX INCERTITUDES

Les lignes d'eau modélisées sont présentées en annexe 6.

6.4.1 Sensibilité aux variations du débit

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

Il ressort de cette comparaison des variations moyennes des lignes d'eau par rapport à la ligne d'eau de référence de la crue 100 ans selon le bras considéré :

Bras	Positionnement	Variations de hauteur d'eau en cm
De décharge	Au niveau du déversoir fictif (P4 à P6)	± 13
	A l'amont du déversoir (P6 à P11)	± 17
	Sur le bras de décharge amont	± 1
Naturel	En aval (A partir de P3.1)	± 16
	Au niveau du déversoir fictif (P4 à P9)	± 11
	Entre les deux déversoirs (P9 à P11)	± 21
	En amont	± 38

Sensibilité aux variations du débit pour la crue centennale

Cette sensibilité du modèle aux variations de débit reste d'une manière générale relativement minime sur l'aval (± 10 à 20 cm) mais non négligeable en amont de la zone d'étude.

Cependant, sur ces terrains amont les enjeux restent plutôt limités.

6.4.2 Sensibilité aux lois de pont

La sensibilité du modèle aux lois qui peuvent être utilisées via le logiciel au niveau des ponts sur les lignes d'eau a été testée.

Le modèle de référence étant basé, pour les forts débits (avec mise en charge des ouvrages et déversement), sur une loi d'orifice et de seuil, une simulation avec un calcul « classique » basé sur l'énergie a été conduite.

D'une manière générale, les lignes d'eau sont modifiées uniquement en amont de ces ouvrages entre les profils 3.1 et 10 pour le bras de décharge et entre 3.1 et 7 pour le bras principal.

Le calcul basé sur la loi d'énergie induit des lignes d'eau légèrement supérieures à celles calculées avec la loi orifice et /ou déversoir (+20 cm pour la crue centennale).

Le choix de l'une ou de l'autre des lois de pont n'influence donc pas sensiblement les lignes d'eau amont.

6.4.3 Sensibilité au coefficient de seuil du déversoir latéral fictif

L'intégration dans le modèle du déversement latéral qui se produit au niveau des profils 6 et 4 entre le bras naturel et le bras de décharge dépend du coefficient de débit du déversoir fictif. En l'absence de calage du modèle et à la différence d'un ouvrage artificiel où ce coefficient peut être appréhendé d'après la bibliographie, le choix de ce coefficient est donc très subjectif.

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

Les simulations ont été générées pour deux coefficients ($C=1.1$ et $C=0.7$), le premier étant la valeur par défaut d'un déversoir latéral à crête épaisse, le second semble être, d'après la bibliographie, une des valeurs les plus pessimistes qui puissent être atteintes.

Au final, pour la crue centennale, il ressort de cette comparaison une variation de ± 6 cm de la ligne d'eau entre les profils P4 et P6 du bras naturel. Sur le bras de décharge, cette différence est de ± 4 cm entre les profils P4 et P9.

L'influence de ce coefficient est donc relativement minime.

6.4.4 Sensibilité aux variations de la rugosité

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

Le tableau ci-dessous reprend les variations des hauteurs d'eau observées sur les deux bras :

Bras	Positionnement	Variations de hauteur d'eau en cm
De décharge	Au niveau du déversoir fictif (P4 à P9)	± 15
	A l'amont du déversement (P9 à P11)	± 25
Naturel	En aval (A partir de P3.1)	± 10
	Au niveau du déversoir fictif (P4 à P9)	± 2
	Entre les deux déversoirs (P9 à P11)	$+ 10$ et $- 3$
	En amont	$+ 20$ et $- 10$

Sensibilité aux variations du coefficient de Manning pour la crue centennale

Les variations les plus importantes concernent les lignes d'eau amont car l'écoulement n'est pas contrôlé sur ces secteurs amont par des ouvrages.

6.5 LIMITES DU MODELE HYDRAULIQUE

Le modèle hydraulique de cette zone d'étude est du type « hydraulique simplifiée » et ne permet pas la modélisation de phénomènes complexes qui sont pourtant bien présents sur ce secteur.

Plusieurs limites de la modélisation peuvent donc être mises en évidence :

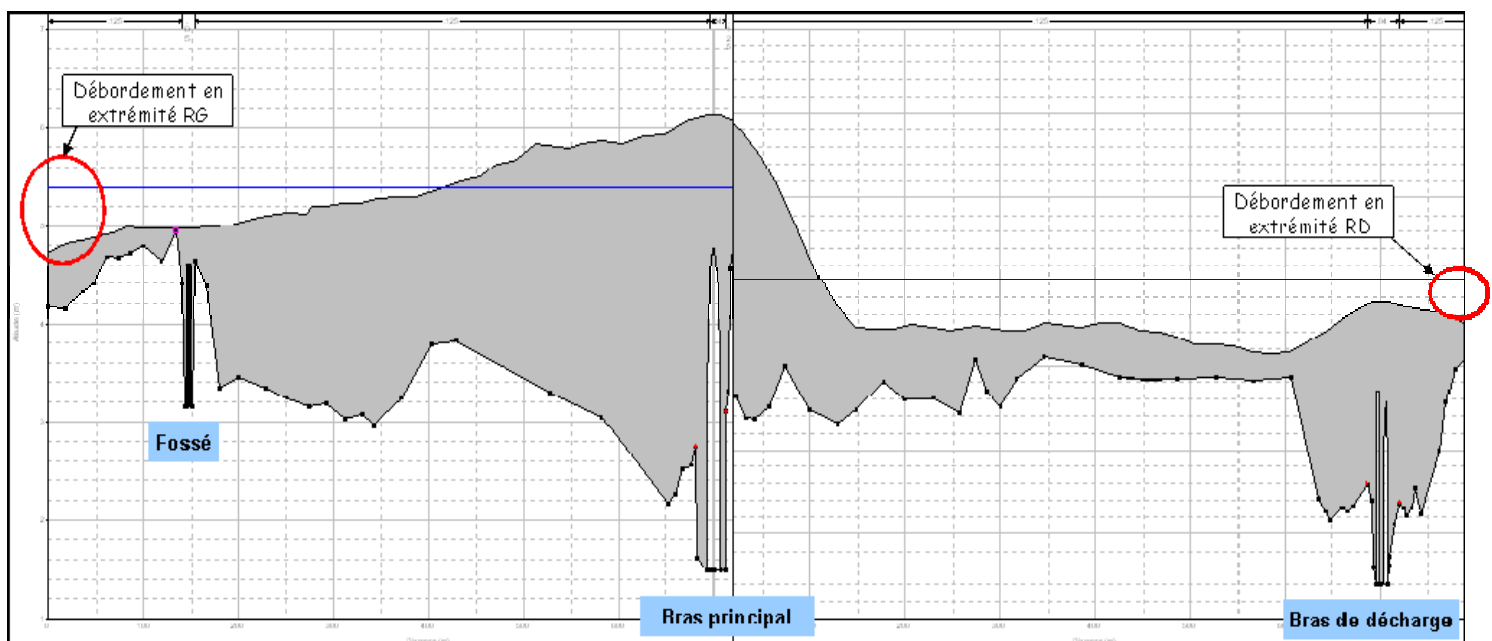
⇒ Type d'écoulements retenu

Les simulations ont été effectuées avec des écoulements en **régime fluvial**, alors que sur certains tronçons le régime critique est atteint. Il est donc possible voire fort probable (notamment sur la partie amont) que l'écoulement soit torrentiel, sur certains secteurs. Ce choix de modélisation est donc sécuritaire en terme de hauteurs d'eau calculées même s'il peut, a contrario, sous-estimer les vitesses obtenues ponctuellement.

⇒ Echanges de débit avec des cours d'eau hors du secteur d'étude

Sur le secteur de Saint-Louis ainsi que les secteurs environnants, les talwegs et cours d'eau débouchent dans une plaine traversée par la RP1 (qui constitue une digue).

Ce secteur étant relativement plat, il a été impossible de borner les profils en travers. Une influence des cours d'eau adjacents à la zone d'étude peut être envisagée sur les profils de la RP1 (secteur Saint Michel en rive droite et secteur de la tranche conditionnelle en rive gauche). Le profil ci-après illustre ce propos.



Ligne d'eau obtenue au profil 3.5 de la Thy pour la crue 100 ans

Le fait de ne pouvoir borner le modèle tend à surestimer légèrement les hauteurs d'eau au droit de cette surverse, car une part de ces écoulements pourrait rejoindre le cours d'eau Aloué en rive droite et le creek en rive gauche.

Ces échanges restent quoiqu'il en soit très limités, car ils ne peuvent s'effectuer que via la RP1 (sur une largeur limitée à une dizaine de mètres) et perpendiculairement à l'écoulement principal.

Lors de la modélisation du cours d'eau Algoué sur Saint-Michel, le bureau d'études en charge de cette prestation avait évoqué l'éventualité d'un déversement en provenance de la Thy derrière la butte Thabor. Les cotes calculées pour la crue centennale, confrontées à la topographie disponible sur ce secteur, tendent à infirmer cette hypothèse et ce à quelques centimètres près. Ces déversements ne sont donc peut-être pas à exclure totalement, si la topographie réelle de ce site diffère légèrement de celle levée au 1/2000^{ème}. Les débits en jeu seront toutefois très minimes.

⇒ **Calage**

Aucun calage du modèle sur un événement exceptionnel passé n'a pu être effectué sur la Thy, fautes de laisses de crues ou de témoignages disponibles.

Ainsi le choix des paramètres de calculs peut influencer sur les résultats obtenus. L'analyse de sensibilité conduite précédemment tend cependant à prouver que l'incertitude reste acceptable et plutôt limitée sur les secteurs à enjeux.

7 CARTOGRAPHIE DE LA ZONE INONDABLE ET DES ALEAS

7.1 CARTE DES ISO-COTES, ISO-HAUTEURS, ISO-VITESSES

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

Les iso-hauteurs (qui représentent les classes de hauteur d'eau par incrément de 0,5 m) et iso-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 iso-cotes sont également reportées sur cette cartographie et représentent l'emplacement où la cote d'inondation indiquée (crue centennale) est à appliquer. Ces iso-cotes sont issues d'une interpolation des cotes calculées au droit des profils. Au niveau des singularités hydrauliques, où des variations rapides de niveau d'eau peuvent apparaître, les cotes calculées au droit des profils concernant ces singularités ont été indiquées.

7.2 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 d'aléa faible est également représentée sur cette cartographie correspondant au secteur compris entre la limite de la zone inondable issue de l'approche hydraulique et celle issue de l'analyse hydrogéomorphologique antérieure (CAREX Environnement, 2003). La zone de protection des thalwegs et cours d'eau est également portée sur la carte des aléas. Cette zone est définie par une bande de 6 m de part et d'autre des berges des thalwegs et cours d'eau.

8 ANNEXES

Annexe 1 : Reportage photographique

Annexe 2 : Débits injectés dans le modèle aux différents nœuds

Annexe 3 : Plan des levés topographiques réalisés

Annexe 4 : Vue en plan du seuil déversant

Annexe 5 : Résultats de simulation des crues 5, 10 et 100 ans

Annexe 6 : Analyse des incertitudes – Résultats de simulation