

# PLAN D'URBANISME DIRECTEUR DE LA COMMUNE DE BOULOUPARIS



V.7 : Etudes hydrauliques concernant les zones inondables -  
Commune de BOULOUPARIS - Secteurs OUAYA et TOMO -  
(SOPRONER 2012)



Approuvé le 29/08/2013 par délibération n° 34-2013/APS

Mis à jour par arrêté n° 451-2014/ARR/DFA du 13 février 2014

Mis à jour par arrêté n° 3055-2017/ARR/DFA du 24 octobre 2017

Modifié selon la procédure simplifiée par délibération n°4-2019/APS du 11 janvier 2019

Modifié selon la procédure simplifiée par délibération n°63-2019/APS du 19 décembre 2019

Mis à jour par arrêté n° 551-2020/ARR/DAEM du 12 février 2020

Modifié selon la procédure simplifiée par délibération n°29-2022/APS du 25 mai 2022



DEPARTEMENT  
ENVIRONNEMENT

Dossier n°A001.09035



## ETUDES HYDRAULIQUES CONCERNANT LES ZONES INONDABLES DE LA PROVINCE SUD

- Commune de Boulouparis –  
Secteurs Ouaya et Tomo

| Indice | Date      | Chef de projet       | Chargé d'études  |
|--------|-----------|----------------------|------------------|
| 3.0    | Mars 2012 | Jean-Baptiste MONNET | Florence GOURDON |

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



• NOUMEA - BP 3583 - 98846 Nouméa  
Tél (687) 28 34 80 - Fax (687) 28 83 44 - Email : [soproner.noumea@soproner.nc](mailto:soproner.noumea@soproner.nc)

• KONE - BP 801 - 98860 Koné  
Tél (687) 47 25 23 - Fax (687) 47 25 23 - Email : [soproner.kone@soproner.nc](mailto:soproner.kone@soproner.nc)

• SIEGE SOCIAL : 1 bis rue Berthelot - Doniambo - BP3583 - 98846 Nouméa - Nouvelle Calédonie - Site internet : [www.soproner.nc](http://www.soproner.nc)  
SAS au capital de 37 000 000 FCFP - RCS Nouméa 02 B 668731 - Ridet 668731.001 - Banque BNC N° 14889 00081 82817301015 22





## SOMMAIRE

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Avant-propos .....</b>                            | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Présentation des secteurs d'étude.....</b>        | <b>7</b>  |
| 2.1      | Secteur Ouaya.....                                   | 7         |
| 2.1.1    | Description du bassin versant .....                  | 7         |
| 2.1.2    | Description du cours d'eau.....                      | 9         |
| 2.2      | Secteur Tomo.....                                    | 12        |
| 2.2.1    | Description des bassins versants.....                | 12        |
| 2.2.2    | Description du cours d'eau.....                      | 14        |
| 2.2.3    | Diagnostic du secteur de Tomo.....                   | 18        |
| <b>3</b> | <b>Analyse pluviométrique et hydrométrique .....</b> | <b>27</b> |
| 3.1      | Pluviométrie .....                                   | 27        |
| 3.1.1    | Données pluviométriques disponibles .....            | 28        |
| 3.1.2    | Analyse statistique .....                            | 28        |
| 3.2      | Estimation des débits théoriques.....                | 29        |
| 3.2.1    | Méthodologie .....                                   | 29        |
| 3.2.2    | Résultats – Secteur Ouaya .....                      | 33        |
| 3.2.3    | Résultats – Secteur Tomo.....                        | 35        |
| 3.3      | Détermination des débits de crues historiques .....  | 37        |
| 3.3.1    | Cyclone Érica.....                                   | 37        |
| 3.3.2    | Cyclone Anne .....                                   | 38        |
| <b>4</b> | <b>Programme de levés topographiques.....</b>        | <b>40</b> |
| <b>5</b> | <b>Modélisation des cours d'eau .....</b>            | <b>41</b> |
| 5.1      | Méthodologie .....                                   | 41        |
| 5.2      | Secteur Ouaya.....                                   | 41        |
| 5.2.1    | Construction du modèle et hypothèses de calcul ..... | 41        |
| 5.2.2    | Calage du modèle.....                                | 46        |
| 5.2.3    | Modélisation des crues de référence.....             | 47        |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 5.2.4      | Analyse du fonctionnement hydraulique.....           | 49        |
| 5.2.5      | Analyse de sensibilité .....                         | 51        |
| <b>5.3</b> | <b>Secteur Tomo.....</b>                             | <b>53</b> |
| 5.3.1      | Construction du modèle et hypothèses de calcul ..... | 53        |
| 5.3.2      | Calage du modèle.....                                | 59        |
| 5.3.3      | Modélisation des crues de référence.....             | 61        |
| 5.3.1      | Analyse du fonctionnement hydraulique.....           | 64        |
| 5.3.2      | Analyse de sensibilité .....                         | 66        |
| <b>6</b>   | <b>Annexes.....</b>                                  | <b>68</b> |



## **LISTE DES PLANCHES**

|  |    |
|--|----|
| Planche 1 : Plan de localisation des secteurs d'étude .....        | 6  |
| Planche 2 : Localisation du bassin versant – Secteur Ouaya .....   | 8  |
| Planche 3 : Présentation du secteur d'étude – Secteur Ouaya.....   | 11 |
| Planche 4 : Localisation des bassins versants – Secteur Tomo ..... | 13 |
| Planche 5 : Présentation du secteur d'étude – Secteur Tomo .....   | 17 |
| Planche 6 : Carte géologique du secteur de Tomo.....               | 19 |
| Planche 7 : Topographie du secteur de Tomo.....                    | 20 |
| Planche 8 : Diagnostic et aménagements envisagés .....             | 25 |
| Planche 9 : Plan des profils modélisés – Secteur Ouaya.....        | 42 |
| Planche 10 : Synoptique hydraulique – Secteur Ouaya.....           | 43 |
| Planche 11 : Plan des profils modélisés – Secteur Tomo .....       | 54 |
| Planche 12 : Synoptique hydraulique – Secteur Tomo .....           | 55 |

# 1 AVANT-PROPOS

---

SOPRONER a été mandaté par la Province Sud de la Nouvelle-Calédonie pour réaliser l'étude hydraulique simplifiée de deux secteurs situés sur la commune de Boulouparis (cf. Planche 1) :

- Secteur Ouaya,
- Secteur Tomo.

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

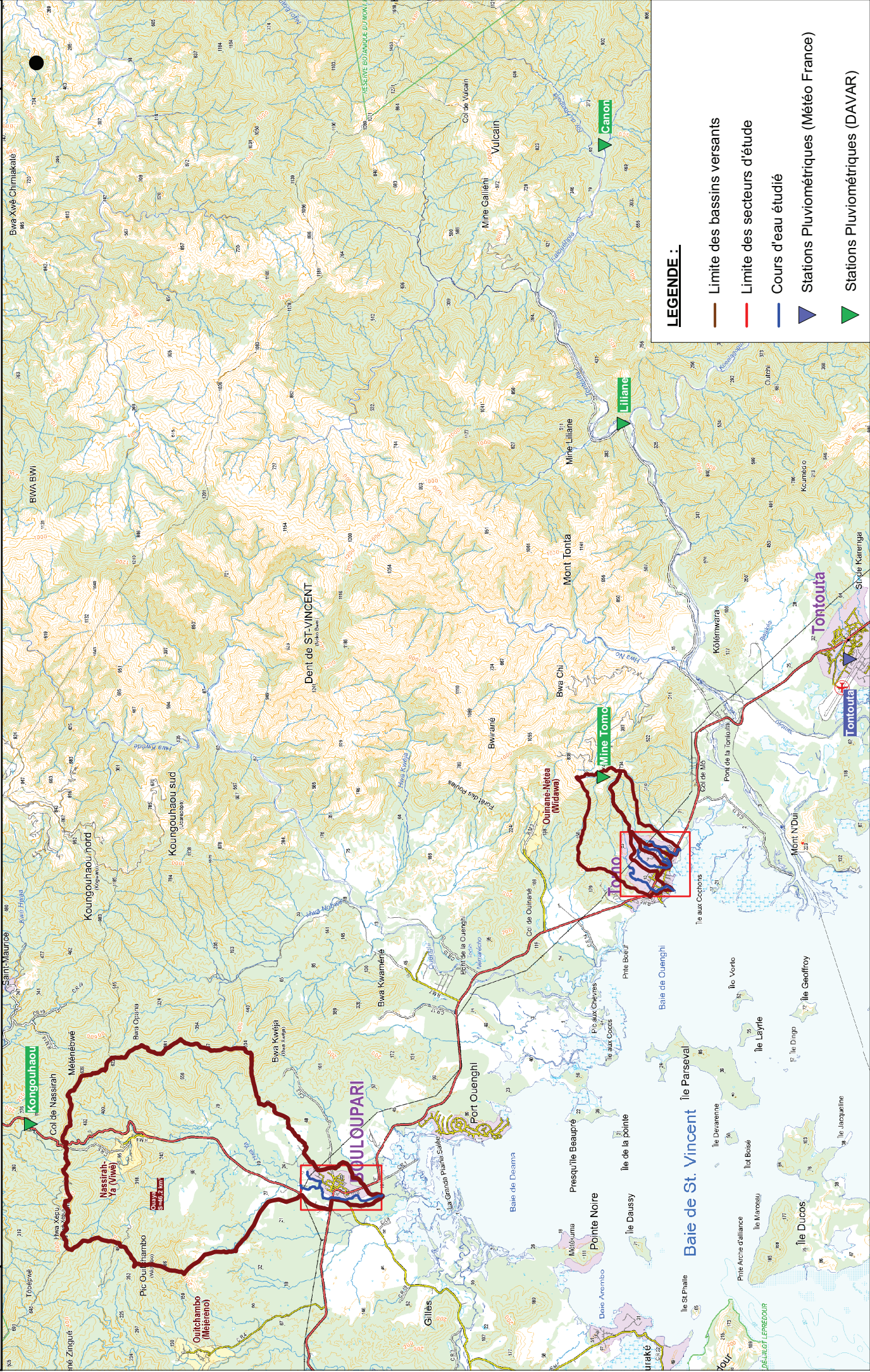
- Une information hydrologique et topographique réduite ;
- Des sections d'écoulement en nombre restreint.

L'étude sera menée en trois phases :

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

Il est à noter que le secteur de Tomo a déjà fait l'objet au préalable d'une cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables (Carex Environnement) et d'une enquête historique de crues (DAVAR, 2004)







## 2 PRESENTATION DES SECTEURS D'ETUDE

### 2.1 Secteur Ouaya

Ce secteur d'étude concerne la rivière Ouaya de l'amont des zones urbanisées jusqu'en l'aval de Boulouparis. (cf. Planches 2 et 3). Un thalweg situé en rive gauche de la Ouaya et s'écoulant à proximité du lotissement industriel de Boulouparis est aussi étudié (affluent 1).

Le linéaire total de cours d'eau à étudier représente environ 4 km.

#### 2.1.1 Description du bassin versant

Le bassin versant et les sous bassins versants de la Ouaya sont présentés sur les Planches 2 et 3.

Les caractéristiques du bassin versant drainé par la Ouaya, à l'exutoire du secteur d'étude, sont les suivantes :

|  |       |
|--|-------|
| Surface drainée (km <sup>2</sup> )                 | 46.2  |
| Plus long chemin hydraulique (km)                  | 18.1  |
| Dénivelé maximal (m)                               | 640   |
| Pente pondérée du plus long chemin hydraulique (%) | 0.4 % |

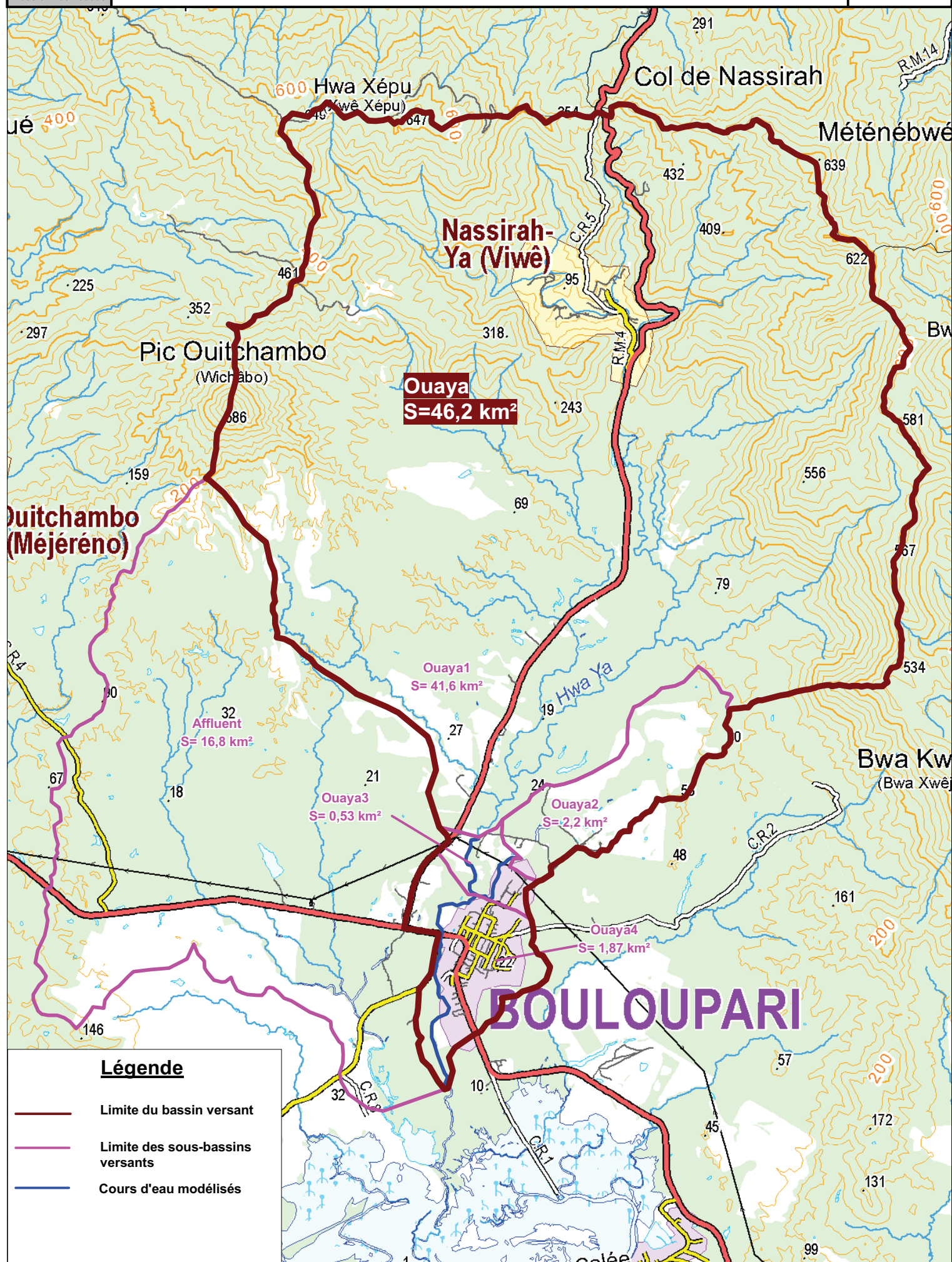
Le bassin versant drainé présente une pente très forte en tête de bassin (environ 30%), une pente de l'ordre de 2% en amont du tronçon étudié, et très faible sur l'aval (environ 0.1%).

La morphologie du bassin versant se compose de trois unités :

- Les zones montagneuses fortement végétalisées en amont de bassin versant (pente supérieure à 15%) représentent 53% de la superficie totale.
- Une partie intermédiaire constituée de végétation rase principalement de type « savane à niaoulis.
- La zone aval à faible pente, qui englobe le village de Boulouparis. La pente du cours d'eau est de 0.1%.




Le bassin versant de la Ouaya est très peu urbanisé, hormis au niveau de Boulouparis.





## 2.1.2 Description du cours d'eau

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





| Ouaya             |  |   |
|-------------------|--|---|
| <b>Lit majeur</b> | <p>En limite amont du secteur d'étude, le lit majeur est constitué d'herbes hautes. Légèrement en amont de la confluence avec l'affluent 1, la rive droite présente une végétation rase constituée de broussailles basses, alors que la rive gauche est constituée de cultures.</p> <p>Entre la confluence et la RT1, le lit majeur présente une végétation de type « savane à niaoulis » en rive droite caractérisée par une végétation rase et quelques niaoulis épars. La rive gauche est urbanisée, mais la topographie du secteur est telle que le lit majeur de rive gauche restera restreint et ne devrait pas atteindre les habitations.</p> <p>En aval de la RT1, la végétation reste rase en rive droite. En rive gauche, le lit majeur restreint du fait de la topographie présente une végétation rase avec quelques arbres épars et quelques habitations. En aval du secteur d'étude, le lit majeur est constitué de vastes prairies.</p> <p>D'une manière générale, de bonnes conditions d'écoulement en lit majeur sont donc à retenir.</p> |   |
| <b>Lit mineur</b> | <p>Sur le linéaire étudié, le lit mineur en terre est bien marqué et relativement propre malgré des dépôts de sable et de graviers. Les berges sont abruptes et encombrées de racines.</p> <p>En amont de la RT1, la ripisylve est largement arborée et reste très dense. En aval de la RT1, elle reste arborée mais perd en densité.</p>  |  |
| <b>Ouvrages</b>   | <p>Sur le linéaire étudié, un passage à gué (OH3) non aménagé et l'ouvrage de la RT1 (OH2) franchissent le cours d'eau.</p> <p>Cet ouvrage est constitué d'un tablier béton soutenu par ses culées et une pile centrale.</p>   |  |
| <b>Enjeux</b>     | <p>Les enjeux sur le secteur d'étude sont quasi inexistantes, les habitations étant implantées en hauteur. Seule une habitation en aval de la RT1 aurait déjà été inondée. Une laisse de crue a pu être recensée dans cette habitation pour le cyclone Béti. La carte des zones inondées issues du Schéma Directeur d'Assainissement (IDR, 2006), jointe en annexe 6, conforte ce constat.</p>   |   |

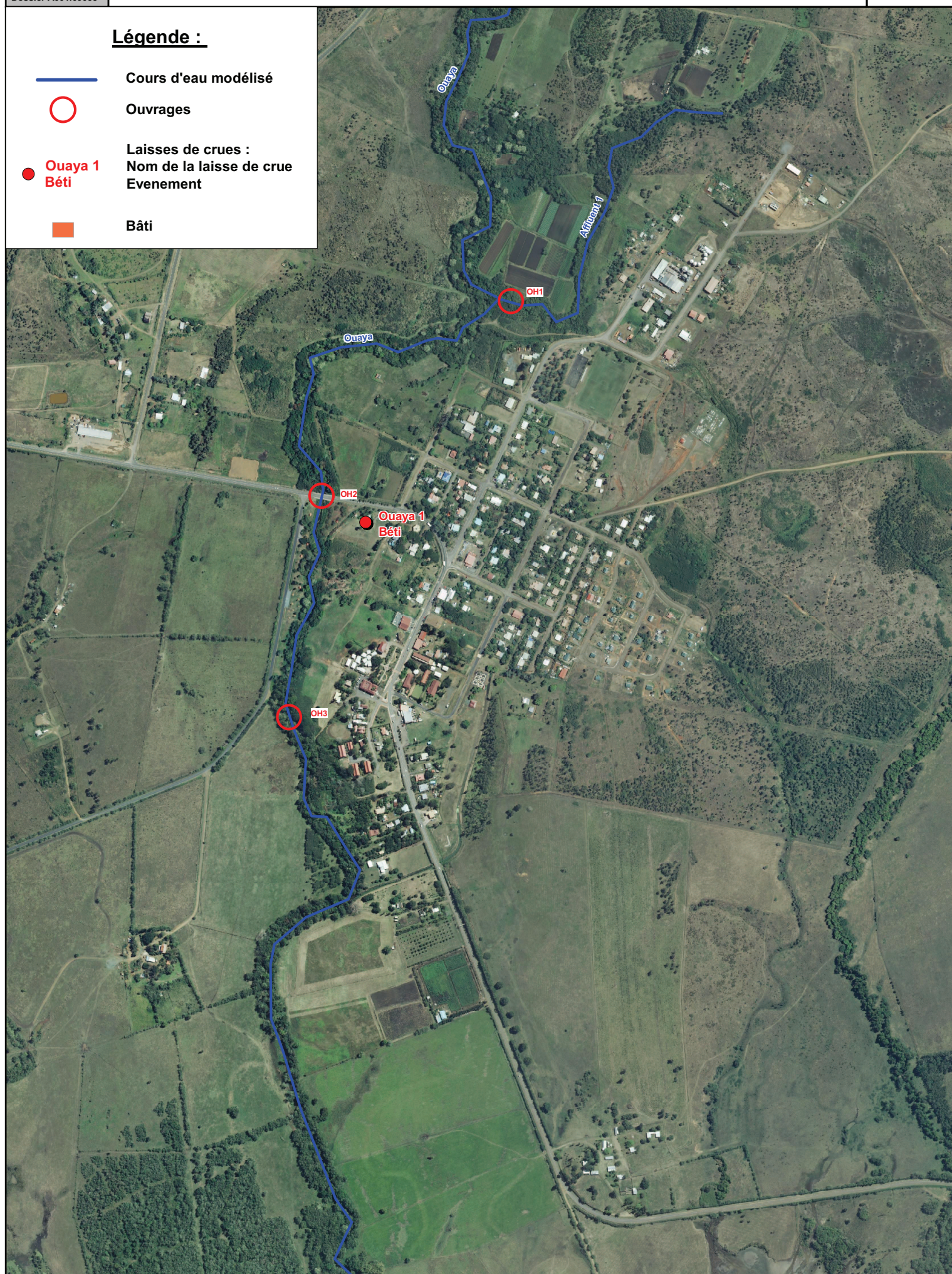


| <b>Affluent 1</b> |   |
|-------------------|---|
| <b>Lit majeur</b> | Le lit majeur de cet affluent est constitué de savane à niaoulis en amont et de cultures au niveau de la confluence avec la Ouaya.                          |
| <b>Lit mineur</b> | Le lit mineur s'apparentant plus à un thalweg peu marqué en amont, sinue à travers les arbres au niveau de la confluence. Le lit est très encombré en aval. |
| <b>Ouvrages</b>   | Un passage à gué non aménagé (OH1) franchit l'affluent 1.   |
| <b>Enjeux</b>     | Ce secteur ne présente pas d'enjeu particulier, le lotissement industriel de Boulouparis étant implanté en contre haut.                                     |



### Légende :

-  Cours d'eau modélisé
-  Ouvrages
-  Ouaya 1  
Béti
-  Bâti
- Laisses de crues :  
Nom de la laisse de crue  
Evenement





## 2.2 Secteur Tomo

Ce secteur d'étude concerne 2 rivières, la Chaberogo et la Bagha, ainsi que 2 thalwegs (cf. Planches 4 et 5). Chacun de ces creeks sera étudié depuis l'amont du village jusqu'à l'embouchure en baie de Ouenghi.

Le linéaire total de cours d'eau à étudier représente environ 6 km.

### 2.2.1 Description des bassins versants

Les bassins versants et les sous bassins versants sont présentés sur les Planches 4 et 5.

Les caractéristiques des différents bassins versants sont les suivantes :

|  | Chaberogo | Bagha | Thalweg 1 | Thalweg 2 |
|--|-----------|-------|-----------|-----------|
| Surface drainée (km <sup>2</sup> )                 | 5.2       | 1.7   | 0.6       | 0.3       |
| Plus long chemin hydraulique (km)                  | 6.2       | 3.9   | 2.1       | 1.6       |
| Dénivelé maximal (m)                               | 770       | 730   | 90        | 70        |
| Pente pondérée du plus long chemin hydraulique (%) | 2.4%      | 7.8%  | 2.9%      | 3.8       |

Les bassins versants de la Chaberogo et de la Bagha présentent tous deux une morphologie assez similaire :

- Une zone montagneuse en amont (pente supérieure à 15%) représentant environ 60% de la superficie totale du bassin versant (57% pour la Chaberogo et 62 % pour la Bagha). Les pentes des cours d'eau sur ces secteurs sont très fortes (de l'ordre de 40 à 55%).
- Une zone intermédiaire de pente plus faible constitué de végétation de type « savane à niaoulis » plus ou moins dense. Les pentes des cours d'eau sont de l'ordre de 5-7%.
- Le secteur aval, urbanisé et présentant une faible pente.

Ces bassins versants sont très peu urbanisés, hormis au niveau du village de Tomo.













## 2.2.2 Description du cours d'eau

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

| Chaberogo         |   |   |
|-------------------|---|---|
| <b>Lit majeur</b> | <p>En amont de la RT1, le lit majeur est constitué de végétation de type « savane à niaoulis ». A noter la présence de nombreuses clôtures qui perturberont l'écoulement sur ces zones et pourront être à l'origine de création d'embâcles.</p> <p>A proximité et en aval de la RT1, le lit majeur s'étend sur une zone urbanisée où les conditions d'écoulement seront relativement mauvaises du fait des nombreuses clôtures et de la végétation.</p> <p>D'une manière générale, les conditions d'écoulement dans le lit majeur de la Chaberogo ne seront pas très bonnes du fait du fort nombre d'obstacles (clôtures, barrières...)</p> |    |
| <b>Lit mineur</b> | <p>Sur le linéaire étudié, le lit mineur est bien marqué et globalement propre malgré la présence de quelques embâcles en amont de secteur.</p> <p>Le fond du lit est constitué de sable, de graviers et de quelques petits blocs.</p> <p>Sur l'ensemble du linéaire, la ripisylve est haute et dense.</p>  |   |
| <b>Ouvrages</b>   | <p>Sur le linéaire étudié, 2 ouvrages (OH1 et OH2) franchissent le cours d'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>OH1 : Ouvrage de franchissement de la RT1 constitué d'un pont en arche.</li> <li>OH2 : ouvrage constitué de deux cadres 300x155. A noter qu'au niveau de cet ouvrage, le lit mineur a été renforcé par des enrochements (en amont comme en aval).</li> </ul>  |  |
| <b>Enjeux</b>     | <p>La Planche 5 présente les laisses de crues recensées dans le cadre de l'enquête historique de crues (DAVAR, 2004). La crue la plus conséquente où des témoignages ont pu être recensés est celle générée par le cyclone Érica (2003).</p> <p>Les enjeux, limités sur le secteur, sont concentrés en aval de la RT1, où quelques habitations sont répertoriées. En amont, les habitations sont situées relativement en hauteur par rapport au cours d'eau et ne semblent en effet pas affectées par les débordements de la Chaberogo.</p>   |   |

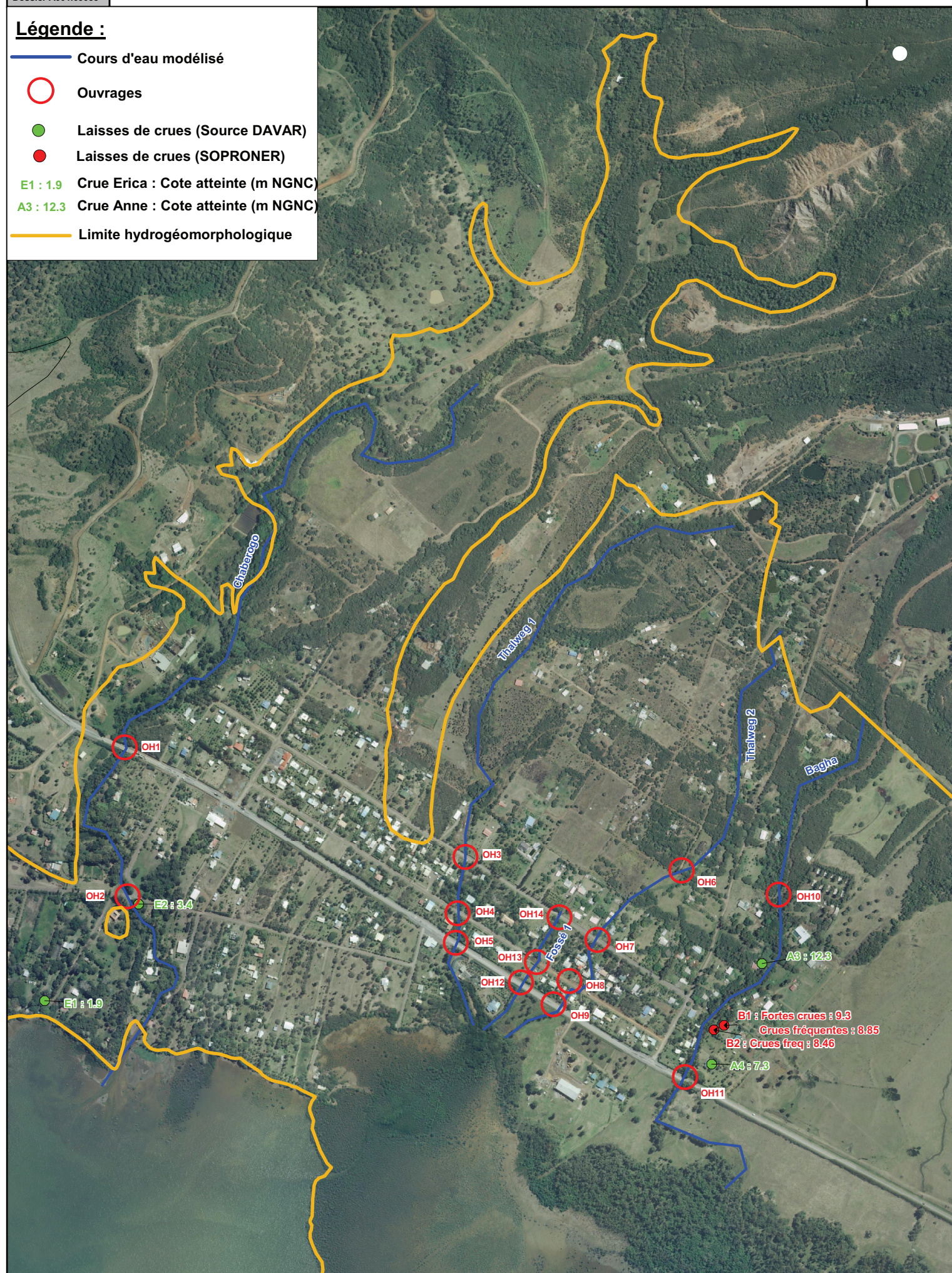
| <b>Thalwegs 1 et 2</b> |   |
|------------------------|---|
| <b>Lit majeur</b>      | <p>En amont de la zone d'étude le lit majeur est constitué de végétation de type « savane à niaoulis ». Les conditions d'écoulement seront favorables sur ce secteur.</p> <p>Sur l'aval, ces deux thalwegs traversent Tomo en longeant les habitations. La zone est urbanisée et encombrée par de nombreuses clôtures, barrières en tôle...Les conditions d'écoulement sont très limitées sur cette zone.</p>   |
| <b>Lit mineur</b>      | <p>En amont du secteur d'étude, le lit s'apparente plus à un thalweg de fond de vallon, il n'est peu voire pas marqué.</p> <p>En aval, leur lit est plus artificialisé et s'apparente à un fossé encombré (cf.2.2.3).</p>   |
| <b>Ouvrages</b>        | <p>Sur le linéaire du thalweg 1, 3 ouvrages (OH3, OH4 et OH5) franchissent le cours d'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• OH3 : 2 buses Ø1000</li> <li>• OH4 : 3 buses Ø1000</li> <li>• OH5 : ouvrage cadre 290x200</li> </ul> <p>Sur le linéaire du thalweg 2, 4 ouvrages (OH6 à 9) franchissent le cours d'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• OH6 : une buse Ø200</li> <li>• OH7 : une buse Ø1000</li> <li>• OH8 : une buse Ø1000</li> <li>• OH9 : une buse Ø800 et une buse Ø600</li> </ul> <p>A noter que des travaux d'assainissement pluvial ont été réalisés par la DEPS (2008), ces aménagements ont consisté en travaux de reprofilage et busage de fossés, et de renforcement des ouvrages de franchissement (tous sauf ceux de la RT1). L'assainissement pluvial ainsi créé a été dimensionné pour une occurrence de service quinquennale. Depuis ces travaux, il semblerait, selon les riverains, que la situation se soit améliorée, mais les pluies de ces dernières années n'ont pas été exceptionnelles.</p> <p>A noter que les terrains urbanisés de part et d'autre du thalweg 2 étant relativement marécageux, des fossés drainants ont été créés. Un entretien de ces ouvrages et de ce thalweg est nécessaire afin d'éviter le colmatage des drains.</p> <p>A noter que le thalweg 2 peut alimenter le fossé 1 par remontée des eaux dans les fossés le long de la VU13 en amont de l'OH7.</p> <p>Deux ouvrages de franchissement de ce fossé sont présents :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• OH14 : une buse Ø800</li> <li>• OH13 : une buse Ø1000</li> </ul> |
| <b>Enjeux</b>          | <p>Après interrogation des riverains, il apparait que les habitations les plus proches de ces thalwegs ne sont pas inondées par ceux-ci. Des débordements sont à noter, mais ils n'affecteraient a priori que les jardins, pelouses.</p>  |

| Bagha             |   |   |
|-------------------|---|---|
| <b>Lit majeur</b> | <p>En amont de la zone d'étude le lit majeur est constitué de végétation de type « savane à niaoulis » assez dense sur ce secteur.</p> <p>Sur la partie intermédiaire, la Bagha traverse une zone plus urbanisée en sortie de Tomo. Les obstacles sont nombreux sur cette zone.</p> <p>En aval de la RT1, le lit majeur est constitué de pâturages où l'herbe est rase.</p>   |    |
| <b>Lit mineur</b> | <p>En amont de RT1, d'une manière générale, le lit mineur de la Bagha est peu marqué et bien encombré.</p> <p>En aval, si le lit reste bien encombré, il est cependant plus marqué.</p>   |   |
| <b>Ouvrages</b>   | <p>Sur le linéaire étudié, 2 ouvrages (OH10 et OH11) franchissent le cours d'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• OH10 : radier béton traversé par une buse Ø300</li> <li>• OH11 : ouvrage cadre de dimensions 470x150</li> </ul>   |  |
| <b>Enjeux</b>     | <p>Les enjeux, limités sur le secteur, sont concentrés légèrement en amont de la RT1, où quelques habitations sont en bordure de cours d'eau.</p> <p>La Planche 5 présente les laisses de crues recensées par la présente enquête et celle réalisée dans le cadre de l'enquête historique de crues (DAVAR, 2004). La crue la plus conséquente où des témoignages ont pu être recensés est celle générée par le cyclone Anne (1988). Après interrogation de la quasi-totalité des riverains de la Bagha, les niveaux d'eau indiqués en crue ne semblent pas affecter les habitations. Des débordements ont bien lieu mais il semblerait qu'ils restent en limite d'habitation. Un témoignage indique un déversement arasant sur la RT1, témoignage qui est confirmé par la laisse A4 (cote 7.30 m NGNC pour Anne).</p> <p>Les fiches laisses de crues sont présentées en annexe 7.</p> |   |



### Légende :

- Cours d'eau modélisé
- Ouvrages
- Laisses de crues (Source DAVAR)
- Laisses de crues (SOPRONER)
- E1 : 1.9 Crue Erica : Cote atteinte (m NGNC)
- A3 : 12.3 Crue Anne : Cote atteinte (m NGNC)
- Limite hydrogéomorphologique





## **2.2.3 Diagnostic du secteur de Tomo**

### **2.2.3.1 Géomorphologie et transport solide**

Cette zone étant potentiellement soumise à des apports solides liés au caractère torrentiel des talwegs sur les versants pentus et à la présence d'anciennes mines, il a été demandé au cahier des charges une analyse du risque lié à cette problématique, notamment une analyse des cônes de déjection identifiés lors d'études antérieures.

Les cônes de déjection identifiés lors de l'étude « Elaboration de la cartographie des aléas inondations » (CAREX Environnement, 2002), présentés en annexe 4, concernent une part importante du bourg de Tomo, que ce soit sur le bassin versant de la Chabérogou ou de la Bagha.

La carte géologique (cf. Planche 6, source DIMENC/BRGM) du secteur fait apparaître que le secteur d'étude se compose principalement de colluvions, notamment de coulées de débris à blocs de péridotites, hormis le lit majeur de la Chabérogou constitué d'alluvions récentes. Des cônes de déjection torrentiels sont également reportés sur cette carte, d'emprises très limitées en comparaison de ceux de l'étude de 2002.

L'étude ayant vocation à cartographier les aléas hydrauliques, il est proposé que cette notion de cônes de déjection (qui relève d'aléas géologiques comme cela a pu être le cas sur d'autres communes) ne soit pas intégré dans la présente analyse mais de cibler le diagnostic :

- Sur les risques d'évolutions hydro-géomorphologiques des cours d'eau du secteur notamment le risque de changement de lit,

L'examen des différents bassins versants du secteur (cf. Planche 4) et de la topographie (cf. Planche 7) permet de dresser les constats suivants :

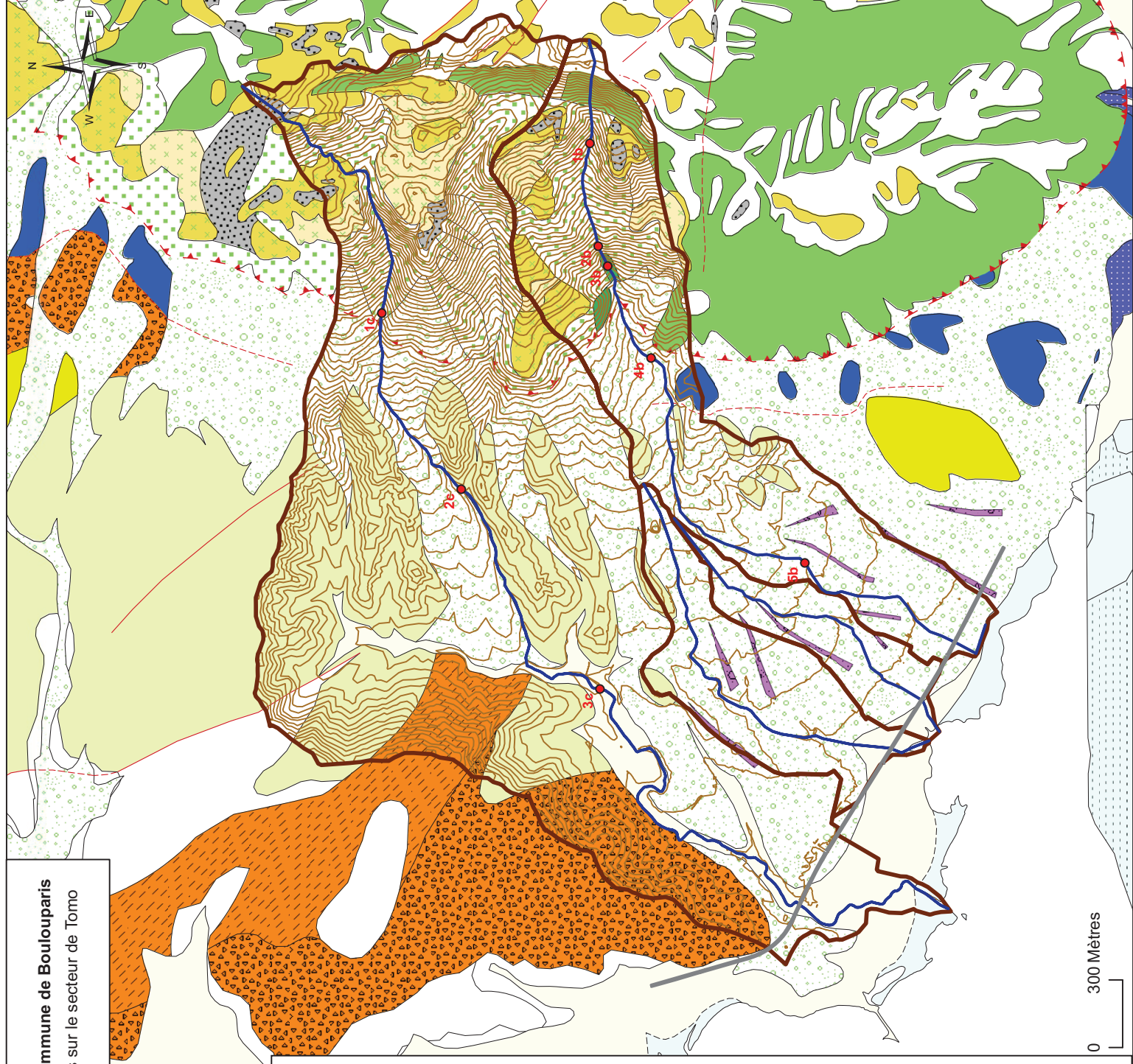
- D'une manière générale, le versant pentu qui surplombe la plaine de Tomo présente de nombreux talwegs, avec un encaissant marqué, qui drainent des bassins versants plus ou moins conséquents. Dans le cas de Chabérogou, ces talwegs se rejoignent en pied de versant pour former ce cours d'eau.
- En aval du pied de versant, ces talwegs et cours d'eau sillonnent la plaine de Tomo en suivant la pente générale du secteur inclinée NE-SO. Le lit moyen est peu encaissé, de l'ordre de 5 m (en différence d'altimétrie) pour la Chabérogou et de 3-4 m pour la Bagha. Ce faible encaissement des lits mineurs et majeurs rend possible les échanges entre les talwegs du secteur, à même de créer une modification du lit du cours d'eau d'autant plus que les terrains sont formés de colluvions et donc de dépôts qui pourraient potentiellement être remis en mouvement sur les axes d'écoulement. La forte végétation en place participe cependant à la tenue de ces terrains.

Les graphiques ci-après représentent les profils en long des deux cours d'eau du secteur, suivant le plus long chemin hydraulique (les points de rupture de pente sont localisés sur la Planche 6).

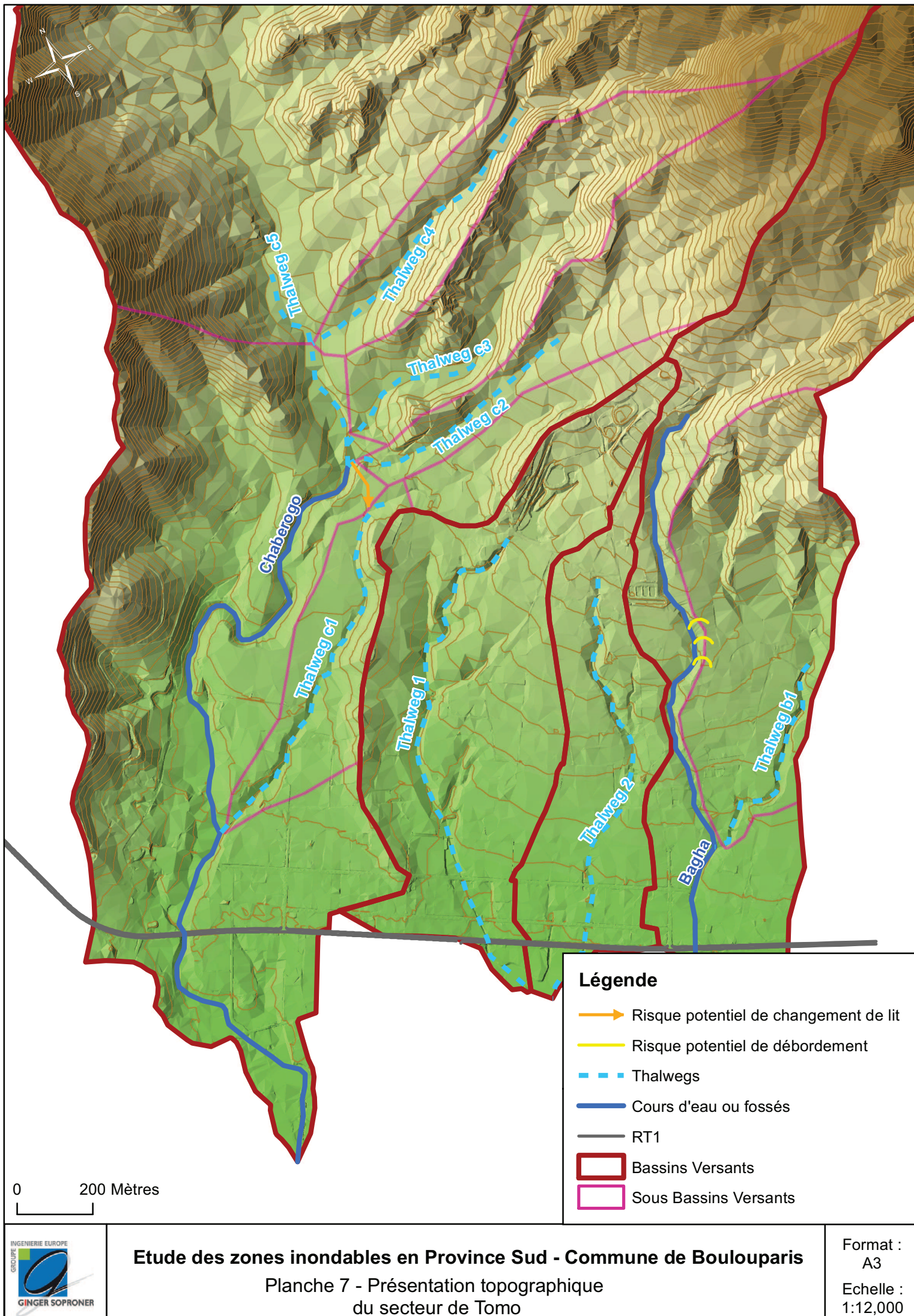
**Etude des zones inondables en Province Sud - Commune de Boulouparis**  
**Planche 6 : Présentation des formations géologiques sur le secteur de Tomo**  
Source Carte DIMENC

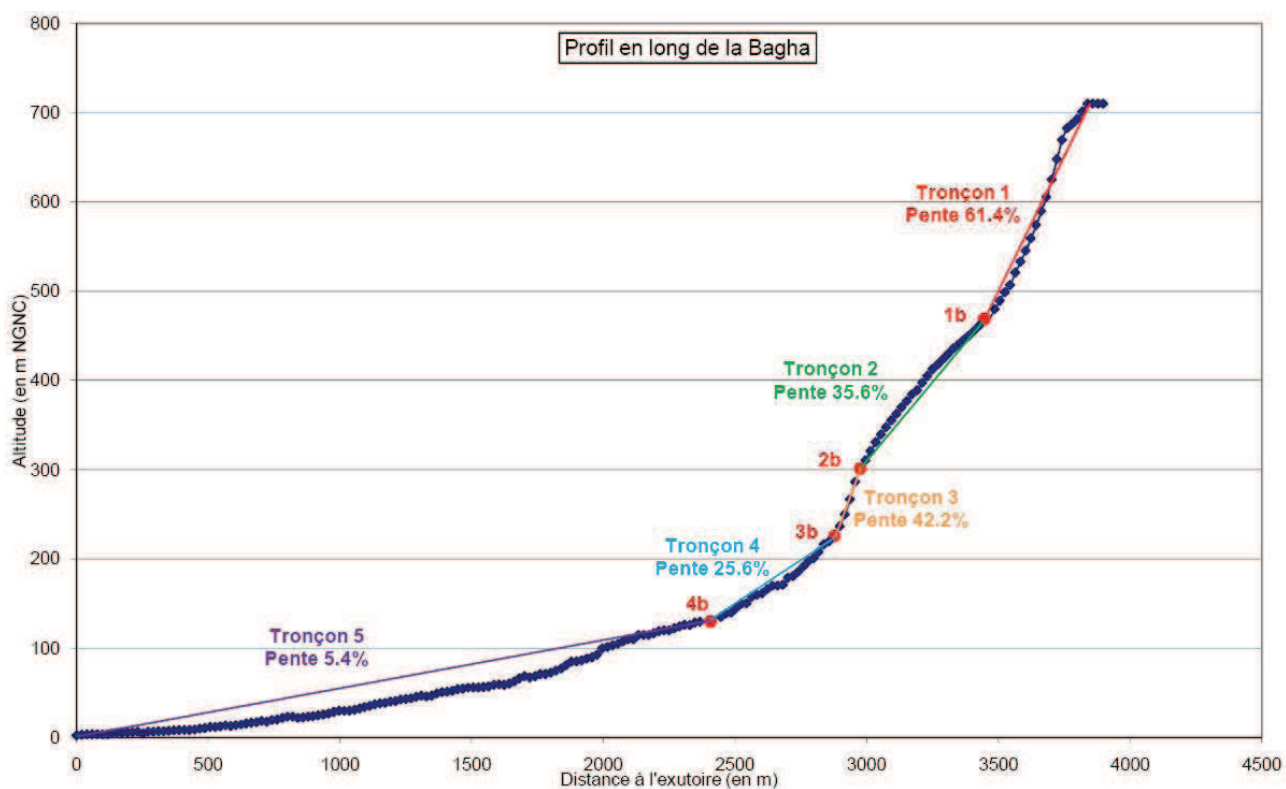
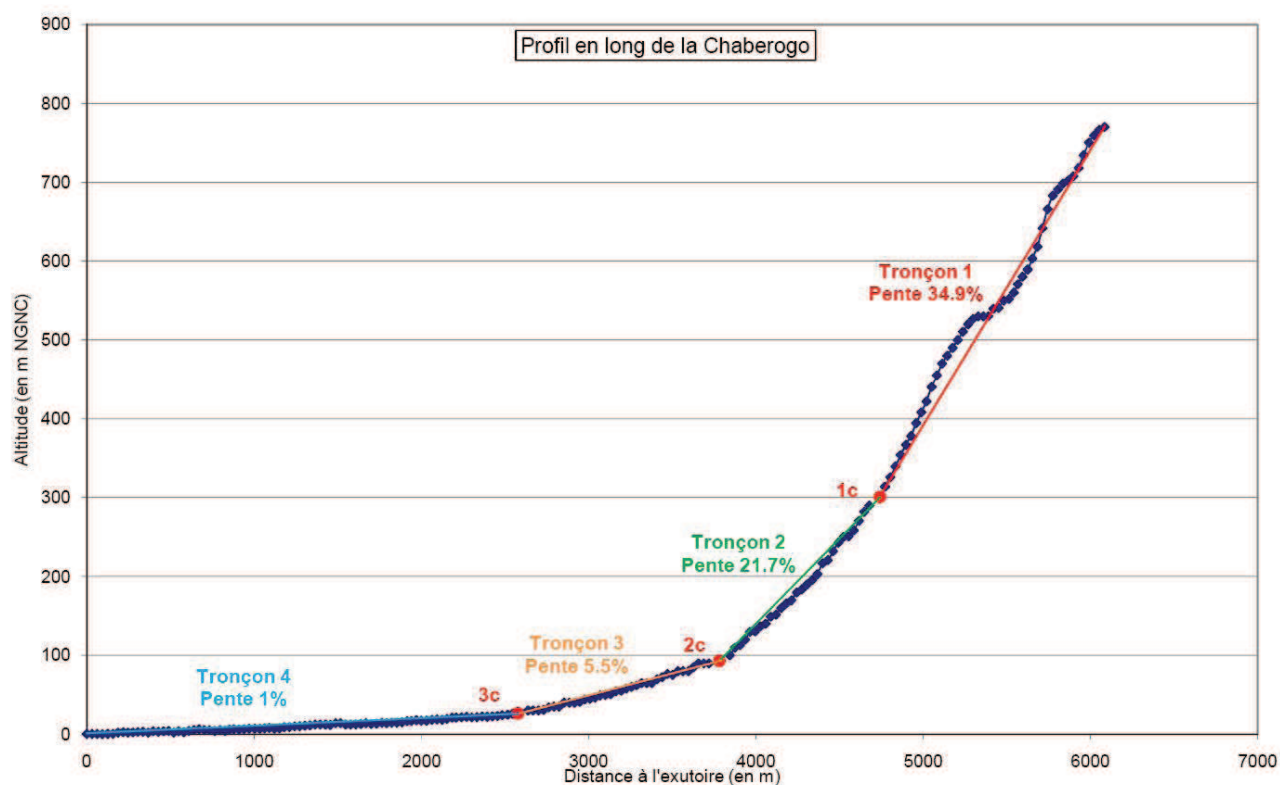
**Légende**

- Points de rupture de pente
- RT1
- Plus long chemin hydraulique
- Bassins versants
- Contours géologiques au 1/50 000
- ▲ Chevauchement supposé
- Faille principale observée
- - - Faille principale supposée
- Normal observé
- - - Normal supposé
- cônes de déjection torrentiels et glaciaires d'épandages
- Surface Géologique 50000
- Unité de Poya, Basaltes et dolérites indifférenciées, Béta P (1)
- Dépôts de marais et mangroves actuels, M<sup>2</sup>
- Formations littorales indifférenciées, M
- Alluvions actuelles et récentes, Fyz
- Colluvions indifférenciées, C
- Formations d'épandages et de versants, Calcrètes, C
- Colluvions sur basaltes, C1ap<sup>1</sup>
- Coulées de débris à blocs de péridotites, Eô
- Masses de péridotites éroulées et destructurées, ôE
- Cuirasses disloquées et démantelées, Ƴ<sup>3</sup>
- Latérites épaisses sur péridotites, îô<sup>1</sup>
- Latérites minces sur masses de péridotites éroulées et destructurées, îô<sup>2</sup>/ôE
- Latérites épaisses sur masses de péridotites éroulées et destructurées, îô<sup>1</sup>/ôE
- Altérites sur péridotites et roches feldspathiques, îô
- Brèches à éléments dominants de calcaires et cherts (Brèches de Budio, La Courte, Nassirah), e7<sup>3</sup>
- Flysch grés-carbonaté indifférencié, e5-6<sup>3</sup>
- Cherts noirs ("Phanites"), c6-e1<sup>2</sup>
- Argillites silteuses noires à sulfures et nodules (niveau des Mamelons rouges), c5-6
- Péridotites indifférenciées, ô
- Nappe des péridotites, Serpentinites, Lambda (1)











Le risque d'évolution hydro-géomorphologique peut être caractérisé de la manière suivante :

- Pour les thalwegs 1 et 2, leur bassin versant limité à quelques dizaines d'hectares, qui culmine en pied des versants de Tomo, génère des débits de quelques m<sup>3</sup>/s et vraisemblablement peu de transport solide. Les risques d'évolution du lit paraissent donc très limités.
- Pour la Bagha, le faible encaissement du lit rend possible un débordement en rive gauche en direction du thalweg B1. L'encaissement est légèrement plus marqué entre la Bagha et le thalweg 2, des débordements préférentiels en rive gauche sont donc à considérer. La modélisation hydraulique et les levés topographiques du lit moyen sur cette partie amont de la Bagha permettront de cerner ces échanges éventuels et d'identifier plus précisément le risque d'évolution hydro-géomorphologique. L'absence « d'entailles » dans le relief tend à suggérer que si de tels échanges se sont produits, c'est par le biais d'un ruissellement en nappe et non via des cheminements préférentiels d'écoulement.
- Pour la Chabérogro, sur le versant, les encaissements et les pentes sont tels que le risque d'évolution du lit est nul. Le point critique se situe à la confluence des talwegs en pied de versant, qui est également le point de rupture de pente 3C (cf. profil en long). Même si l'encaissement est de l'ordre de 5 m, si un débordement de la Chabérogro venait à se produire un lit secondaire pourrait se créer alimentant le thalweg C1. Une visite terrain complémentaire en ce point et des témoignages de niveaux atteints en crues semble exclure totalement ce risque. Il sera toutefois appréhendé par la modélisation hydraulique de ce secteur.

Que ce soit pour la Chabérogro ou la Bagha, le risque de changement de lit paraît modéré, dans la mesure où les lits sont malgré tout marqués et les hauteurs d'eau seront vraisemblablement limitées vu les pentes et les débits. Cependant, si une lave torrentielle ou un glissement de terrain venait à se déposer en pied du versant, obstruant ainsi le lit, l'écoulement pourrait aisément emprunter un autre cheminement.

En ce qui concerne le transport solide, il semble limité à des apports de fines sur les linéaires de cours d'eau étudiés. L'activité minière en tête de bassin versant, même si des travaux de gestion des eaux ont pu être réalisés, semble être en cause (les anciennes mines sont localisées sur la planche 4). Les témoignages indiquent en effet une forte coloration des eaux en crues principalement sur la Bagha. En amont de la RT1, le lit de ce cours d'eau a quasiment disparu par des dépôts importants sur ce secteur (selon certains témoignages, il existait à l'époque un lit vraiment marqué avec un écoulement pérenne et des galets en fond de lit, où il était possible de se baigner ...). Actuellement le lit est quasi inexistant et s'apparente à un fossé en terre.

L'enquête terrain a permis de constater que :

- Sur la Bagha, le fond du lit est constitué de fines et galets (de diamètre inférieur à 10 cm) sur la partie étudiée amont la plus pentue, et uniquement de fines sur l'aval.
- Sur la Chabérogro, en amont du secteur modélisé (photos 67-69, tronçon 2C-3C, pente moyenne de l'ordre de 5.5 %), le lit présente un caractère torrentiel avec la présence de blocs et galets. Au point 3C, (photos 62-63), le lit, plus végétalisé est constitué de fines avec quelques blocs épars. En aval, les matériaux du lit sont uniquement des fines et petits galets.

La problématique transport solide, **sur le secteur d'étude**, semble donc se limiter à des apports de fines de l'amont.



### 2.2.3.2 Dysfonctionnements hydrauliques et aménagements envisageables

Ce paragraphe vise à mettre en évidence les dysfonctionnements hydrauliques des deux thalwegs qui traversent le secteur de Tomo. A la différence des deux cours d'eau principaux, ces thalwegs drainent des bassins versants limités à quelques dizaines d'hectares (de 30 à 60 ha) et donc des débits centennaux (10 à 15 m<sup>3</sup>/s au maximum) qui restent dans des valeurs typiques de problématiques d'assainissement pluvial. Des aménagements peu conséquents peuvent donc être envisagés pour limiter les problématiques de débordement.

La problématique majeure réside dans le fait que ces thalwegs sont peu marqués sur la zone urbanisée, bien encombrés par la végétation, parfois partiellement obstrués par des clôtures ou des plaques en tôle (qui empêchent le passage dans les propriétés privées). Lors des différentes constructions du secteur, ils ont parfois été détournés avec des cheminements hydrauliques peu favorables aux écoulements.



*Thalweg 1 en amont de l'OH3*

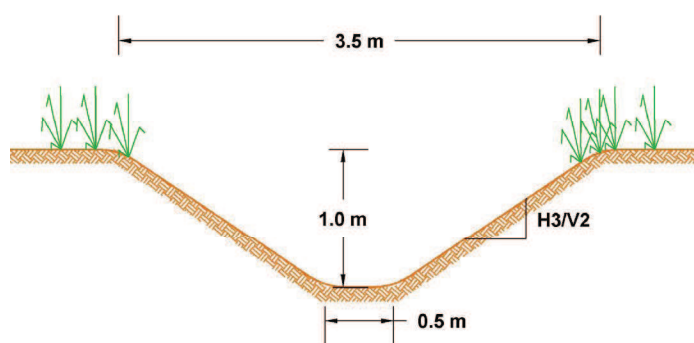


*Clôture et plaque en tôle sur le thalweg 2 au droit de l'OH8*

Les ouvrages de franchissement ont été réhabilités lors des travaux d'assainissement (DEPS 2008) avec un dimensionnement pour une occurrence de service quinquennale.

La solution qui paraît la plus pertinente consiste en un **recalibrage et nettoyage** avec une section d'écoulement suffisante au moins pour une occurrence quinquennale. A noter que ces aménagements n'amélioreront pas les problématiques observées en crue centennale.

Au vu des pentes et des débits collectés, un profil type des thalwegs pourrait être le suivant afin de contenir la crue quinquennale :



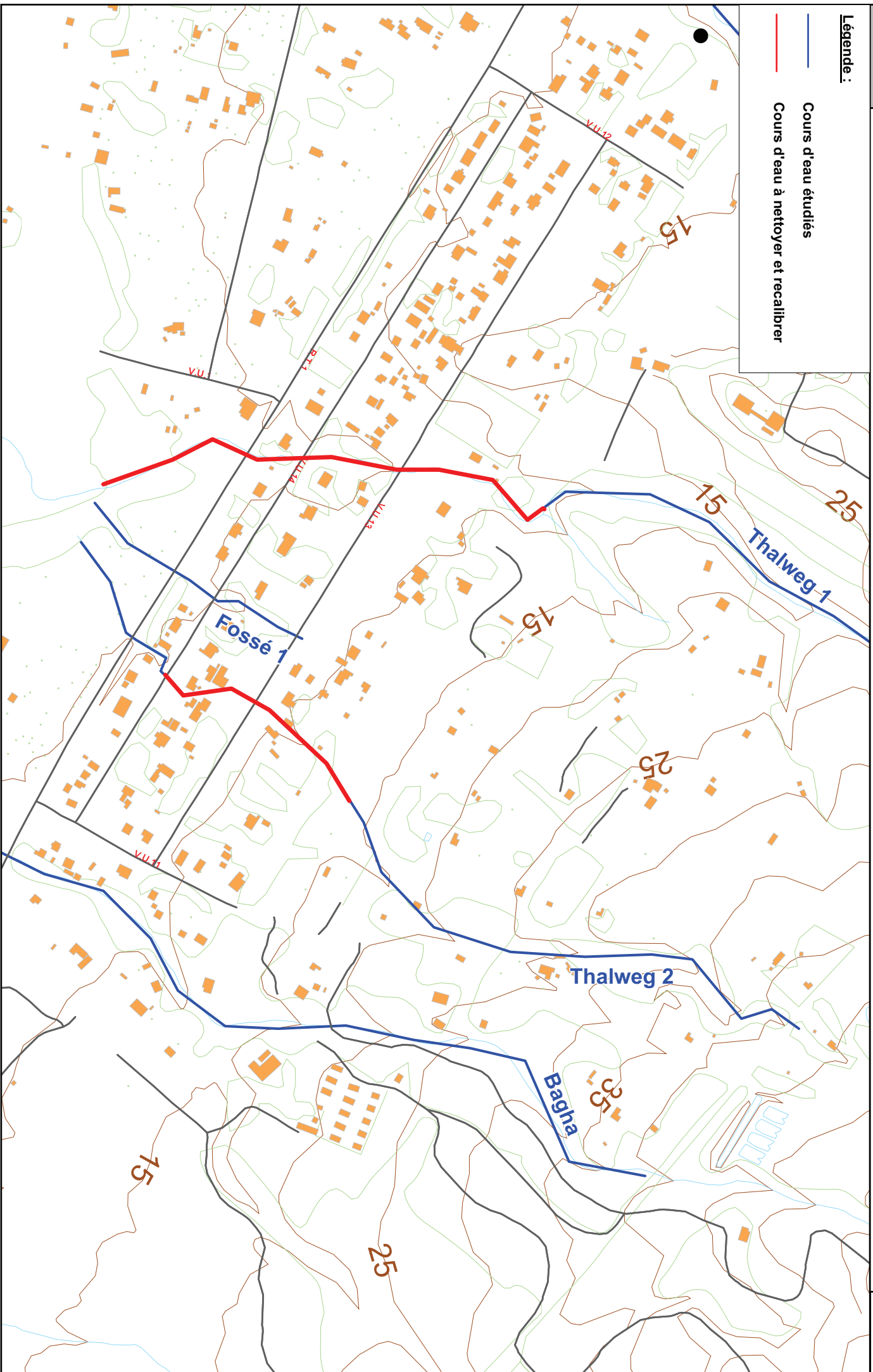
*Coupe type du recalibrage nécessaire pour contenir les thalwegs 1 et 2 lors des crues quinquennales*

Ce dimensionnement sommaire ne tient pas compte des différentes singularités du terrain.

Un dimensionnement plus important serait préférable dans la mesure où même si les ouvrages de franchissement sont en charge et que des débordements se produisent sur les voiries, ces thalwegs collecteront les débits surversés et pourraient les faire transiter sans débordements sur les parcelles.

La planche 8 présente les linéaires à recalibrer. La définition des sections d'écoulement reste à étudier précisément dans la mesure où de nombreuses contraintes sont présentes (foncier privé, habitations en bordure qui limitent les possibilités de recalibrage, travaux à envisager en domaine privé, ...) et ne permettent pas de définir un principe général pour chaque thalweg.

Outre ces travaux, il paraît essentiel de travailler en concertation avec les riverains pour limiter les obstacles aux écoulements (clôtures et plaques en tôle) qui favorisent très certainement leur débordement (accumulation d'embâcles, ...).





### **2.2.3.3 Cours d'eau et thalwegs modélisés**

Le plan joint en annexe 2 présente les profils et ouvrages à lever ainsi que la proposition de cours d'eau modélisés.

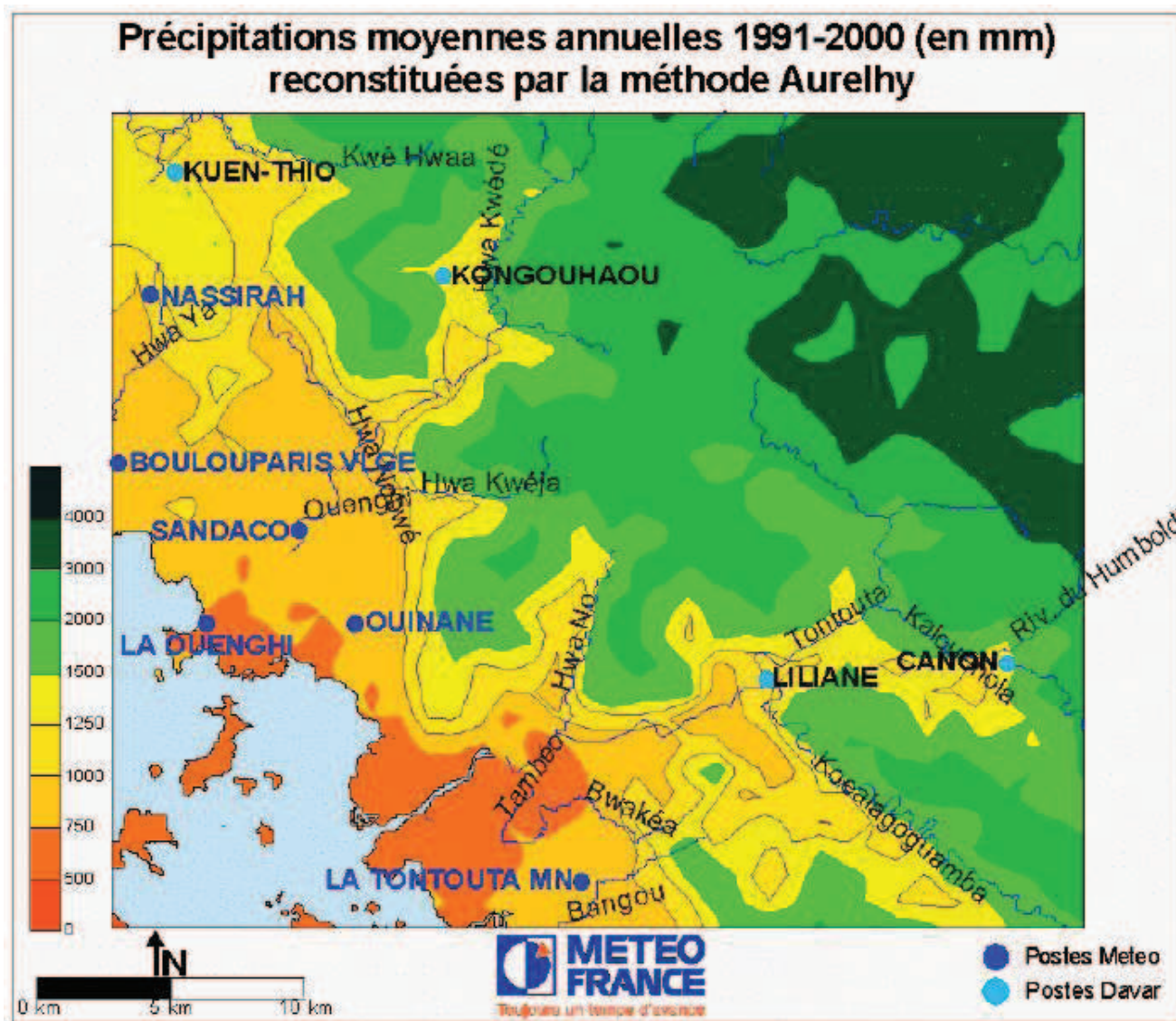
A l'issu de ce diagnostic, il est proposé de modéliser les cours d'eau, fossés et thalwegs suivants :

- La Chabérogo telle que définie au cahier des charges. La modélisation du thalweg C1 ne paraît en effet pas pertinente dans la mesure où le bassin versant drainé reste minime (< 30 ha), le risque d'alimentation de cet thalweg par la Chabérogo est quasi nul, ce thalweg est encaissé et aucun enjeu n'est présent.
- La Bagha telle que définie au cahier des charges. Il semble également intéressant de modéliser le thalweg B1 sur sa partie aval (avant sa confluence avec la Bagha) dans la mesure où quelques enjeux sont présents et que ce thalweg peut potentiellement collecter les débits surversés en rive gauche de la Bagha.
- Le thalweg 1 sur sa partie aval. En amont de son bassin versant, les ruissellements sont diffus et ce thalweg n'est pas réellement marqué. En aval par contre, le lit est bien marqué et les enjeux présents peuvent justifier l'étude des zones inondables de ce secteur, même si les débits restent modérés et que des aménagements minimes modifieront sensiblement les écoulements.
- Le thalweg 2, très peu marqué, s'apparente sur le secteur urbanisé à un élément d'assainissement pluvial. Son bassin versant de l'ordre de 30 ha est peu important, et en temps de pluie il déborde par les fossés des voiries pour alimenter le fossé 1. Les débordements vraisemblables de la Bagha vers ce thalweg nécessiteront une modélisation de cette zone habitée en amont de la RT1 pour représenter le fonctionnement hydraulique complexe de ces écoulements.

### 3 ANALYSE PLUVIOMETRIQUE ET HYDROMETRIQUE

#### 3.1 Pluviométrie

Comme illustré sur la carte ci-dessous, il existe un fort gradient pluviométrique entre le littoral et la zone montagneuse beaucoup plus humide. En quelques kilomètres, la pluviométrie annuelle varie de moins de 500 mm sur le littoral à plus de 2000 mm dans la chaîne, et même plus de 4000 mm sur les sommets les plus élevés.



Comme sur la plupart des postes de Nouvelle-Calédonie, il existe une grande variabilité des précipitations entre la saison pluvieuse de janvier à mars (plus de 100 mm par mois) et la saison sèche de septembre à novembre (moins de 50 mm par mois).

### 3.1.1 Données pluviométriques disponibles

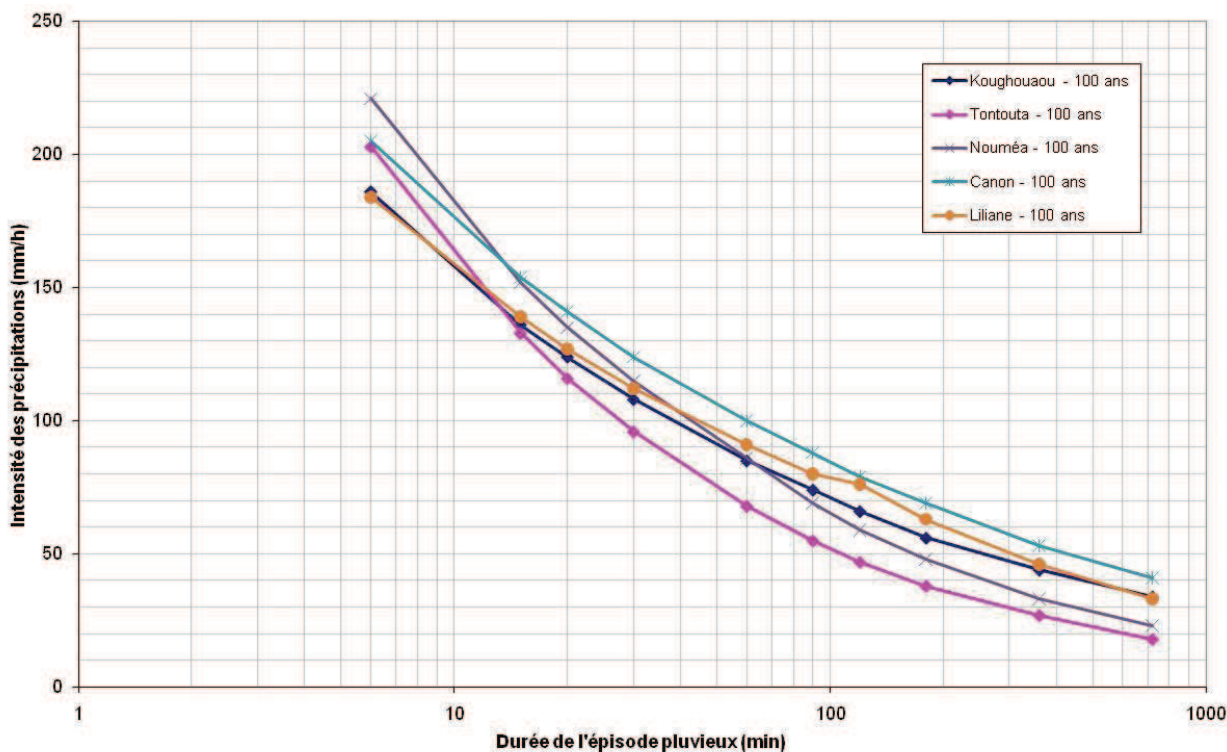
Les postes pluviométriques suivants (au pas d'acquisition 6 min, pour ceux de Météo France et à chaque basculement d'auget pour ceux de la DAVAR) se situent à proximité des secteurs étudiés. Les postes pluviométriques journaliers sur le secteur ne sont pas présentés, dans la mesure où le pas de temps journalier est trop important par rapport aux temps de réponse des bassins versants.

Les dates de début de mesures des précipitations 6 min, ainsi que les altitudes, sont récapitulées dans le tableau suivant :

| Poste pluviométrique | Début de mesures des précipitations 6 min | Altitude du poste |
|----------------------|---|-------------------|
| Kongouhaou           | 1986                                      | 780 m             |
| Tontouta             | 1956                                      | 36 m              |
| Canon                | 1987                                      | 100 m             |
| Liliane              | 1991                                      | 30 m              |
| Nouméa               | 1961                                      | 69 m              |
| Tomo                 | 1999                                      | Env. 700 m        |

### 3.1.2 Analyse statistique

Une comparaison des intensités pluviométriques centennales entre les différentes stations présentées ci-dessus est proposée dans le graphe suivant. Les postes de Tontouta et de Nouméa, présentant des échantillons de plus de 40 ans, servent de références pour cette partie de la cote ouest.



*Intensités centennales de précipitations en fonction de la durée de l'épisode pluvieux*

La station de Canon présente des intensités, pour des durées supérieures à 15 min, plus importantes que les stations voisines bien que son altitude reste modérée. Cela provient vraisemblablement



(source Météo France) de l'enregistrement d'intensités et de cumuls très importants lors du cyclone Anne qui influencent les ajustements statistiques. Il ne nous semble cependant pas pertinent d'exclure ce poste ou son ajustement, a contrario il est plutôt rare que les postes pluviométriques aient pu enregistrer un tel évènement.

**Au vu de ces résultats, il est proposé de retenir :**

- **Pour la Ouaya : une valeur médiane entre les stations de Koungouhaou et de Tontouta. La station de la Tontouta est en effet représentative de la pluviométrie des secteurs de faibles altitudes, alors que la station de Kongouhaou (proche de l'amont du bassin versant étudié) semble cohérente pour les secteurs d'altitude élevée (amont des bassins versants).**
- **Pour le secteur de Tomo : Il est proposé de retenir une valeur médiane entre les stations de Canon et de Tontouta. La station de Canon, même si son altitude reste modérée, présente des intensités caractéristiques des secteurs d'altitude.**

## 3.2 Estimation des débits théoriques

### 3.2.1 Méthodologie

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

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

#### 3.2.1.1 Méthode rationnelle

##### 3.2.1.1.1 Principe de la méthode

La méthode rationnelle est généralement adaptée aux petits bassins versants, même si certains auteurs suggèrent son utilisation pour des superficies de bassins versants allant jusqu'à 250 km<sup>2</sup>. Cette méthode se fonde sur l'hypothèse que les débits maximaux de crue d'un bassin versant sont directement proportionnels aux intensités pluviométriques calculées sur son temps de concentration. Le coefficient de proportionnalité, ou coefficient de ruissellement (C), est rattaché à l'occupation du sol du bassin versant. Il varie également en fonction de sa superficie, de sa pente et de l'intensité des précipitations. Basée sur une connaissance de la pluviométrie locale et des caractéristiques du bassin versant, l'équation s'écrit comme suit :

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

Avec :

- C, le coefficient de ruissellement
- i (tc), l'intensité pluviométrique associée à la période de retour de l'événement pluvieux et au temps de concentration du bassin (mm/h) (cf. paragraphe précédent pour le choix de l'intensité pluvieuse retenue selon les secteurs)
- A, la superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>)
- Q, le débit de pointe (m<sup>3</sup>/s)

### 3.2.1.1.2 Coefficient de ruissellement

L'estimation des débits de crue nécessite de plus une évaluation du coefficient de ruissellement du bassin (C). Ce paramètre traduit l'aptitude du sol à ruisseler et représente la portion de pluie tombée qui rejoint effectivement l'exutoire du bassin versant. Le coefficient de ruissellement varie en fonction de l'intensité de la pluie, de la pente du bassin versant et de l'occupation des sols. Les coefficients de ruissellement retenus par la suite sont les suivants :

| Occurrence | Coefficient de Ruissellement |
|------------|------------------------------|
| 5 ans      | 0.6                          |
| 10 ans     | 0.7                          |
| 100 ans    | 1                            |

*Coefficients de ruissellement utilisés*

### 3.2.1.1.3 Temps de concentration

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

Les formules utilisées ci-après sont précisées en annexe 5.

#### ⇒ 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 km<sup>2</sup>.

#### ⇒ Formule de Ventura

Cette méthode est généralement utilisée pour des bassins versants de superficie supérieure à 40 km<sup>2</sup>.

#### ⇒ Formule de Passini

Cette méthode est généralement utilisée pour des bassins versants de superficie supérieure à 10 km<sup>2</sup>.

#### ⇒ Méthode des transferts

Cette méthode est issue d'une analyse réalisée par la DAVAR dans le cadre de la détermination des courbes enveloppes des débits spécifiques maximaux de crues pour le quart sud ouest de la Nouvelle-Calédonie. Le temps de concentration est estimé en considérant une vitesse de transfert de l'ordre de 2m/s (4 m/s si la pente est supérieure à 15%) appliquée au drain hydraulique le plus long. Cette méthode semble donner des résultats cohérents, sur la base des observations menées en Nouvelle-Calédonie.

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

| Bassin versant | Surface (km <sup>2</sup> ) | Pente (m/m) | Longueur (m) | Longueur tronçon pente > 15% (m) | Ventura |                         | Kirpich |                         | Passini |                         | Méthode des transferts |                         |
|----------------|----------------------------|-------------|--------------|----------------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
|                |                            |             |              |                                  | Tc (h)  | Vitesse transfert (m/s) | Tc (h)  | Vitesse transfert (m/s) | Tc (h)  | Vitesse transfert (m/s) | Tc (h)                 | Vitesse transfert (m/s) |
| Ouaya          | 46,2                       | 0,004       | 18160        | 1280                             | 13,7    | 0,4                     | 5,2     | 1,0                     | 16,1    | 0,3                     | 2,4                    | 2,1                     |
| Chaberogo      | 5,2                        | 0,024       | 6200         | 2275                             | 1,9     | 0,9                     | 1,1     | 1,5                     | 2,2     | 0,8                     | 0,7                    | 2,4                     |
| Bagha          | 1,7                        | 0,078       | 3930         | 1370                             | 0,6     | 1,8                     | 0,5     | 2,1                     | 0,7     | 1,5                     | 0,5                    | 2,4                     |
| Fossé 1        | 0,6                        | 0,029       | 2080         | 0                                | 0,6     | 1,0                     | 0,5     | 1,3                     | 0,7     | 0,8                     | 0,3                    | 2,0                     |
| Fossé 2        | 0,3                        | 0,038       | 1640         | 0                                | 0,4     | 1,3                     | 0,3     | 1,3                     | 0,4     | 1,0                     | 0,2                    | 2,0                     |

*Temps de concentration calculés selon différentes approches empiriques*

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. Pour cette raison et dans la mesure où elle est la plus sécuritaire, les résultats de cette méthode seront retenus.

| Bassin versant | Temps de concentration (h) |
|----------------|----------------------------|
| Ouaya          | 2.5                        |
| Chaberoogo     | 0.7                        |
| Bagha          | 0.5                        |
| Thalweg 1      | 0.3                        |
| Thalweg 2      | 0.2                        |

### 3.2.1.2 Analyse régionale

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

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

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

Les bassins versants de référence (superficie, localisation géographique et pluviométrie proches) où des données hydrométriques sont disponibles sont rappelés dans le tableau suivant :

| Station hydrométrique | Superficie drainée (km <sup>2</sup> ) | Durée d'observations | Débit max jaugé        |
|-----------------------|---------------------------------------|----------------------|------------------------|
| La Couvelée           | 40                                    | 39.4 ans             | 232 m <sup>3</sup> /s  |
| La Foa amont Pierrat  | 116                                   | 28 ans               | 268 m <sup>3</sup> /s  |
| Dumbéa Nord           | 32.2                                  | 34.6 ans             | 33 m <sup>3</sup> /s   |
| Ouenghi               | 240                                   | 45 ans               | 1070 m <sup>3</sup> /s |
| Toutouta              | 381                                   | 41 ans               | 1600 m <sup>3</sup> /s |



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

| Station hydrométrique | Crue 5ans<br>(m3/s) | Crue 10 ans<br>(m3/s) | Crue 100 ans<br>(m3/s) |
|-----------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
| La Couvelée           | 268                 | 375                   | 708                    |
| La Foa amont Pierrat  | 811                 | 1168                  | 2978                   |
| Dumbéa Nord           | 315                 | 414                   | 722                    |
| Ouenghi               | 1270                | 1795                  | 3440                   |
| Toutouta              | 1770                | 2520                  | 4870                   |

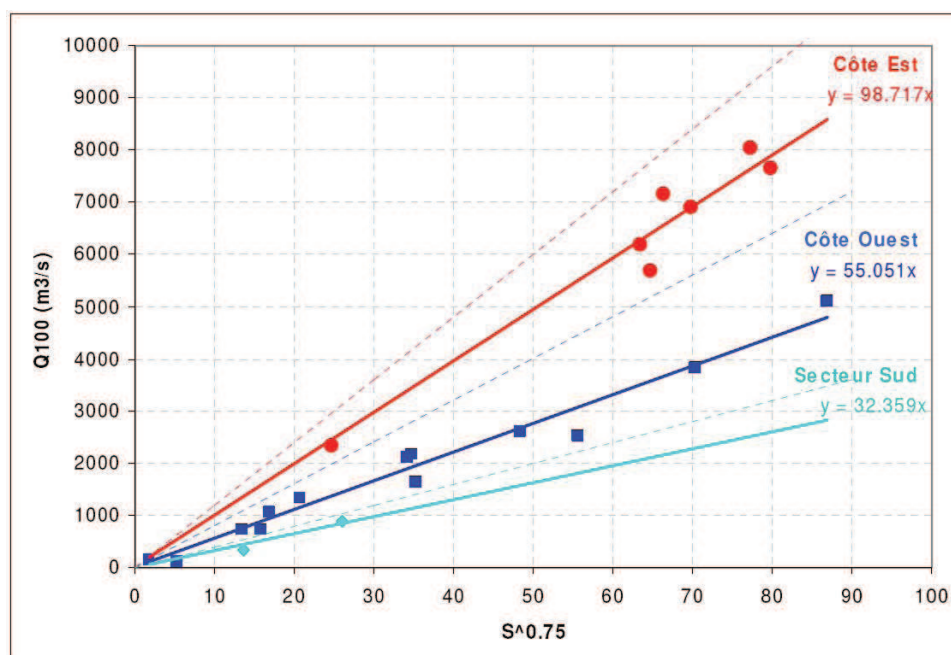
### 3.2.1.3 Loi d'ajustement des débits centennaux sur la côte ouest (source DAVAR)

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

La DAVAR a établi un certain nombre de fiches techniques relatives aux caractéristiques de stations hydrométriques dont elle a la gestion. Par le biais des mesures réalisées sur ces stations hydrométriques, des ajustements statistiques ont permis la détermination des débits théoriques de crues. La synthèse des ajustements de Gumbel pour la crue centennale sur l'ensemble des 22 stations hydrométriques de la Nouvelle Calédonie est présentée ci-après. Il ressort de ces corrélations que les débits de crue centennale des cours d'eau de la côte Ouest peuvent être estimés par la loi suivante :

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

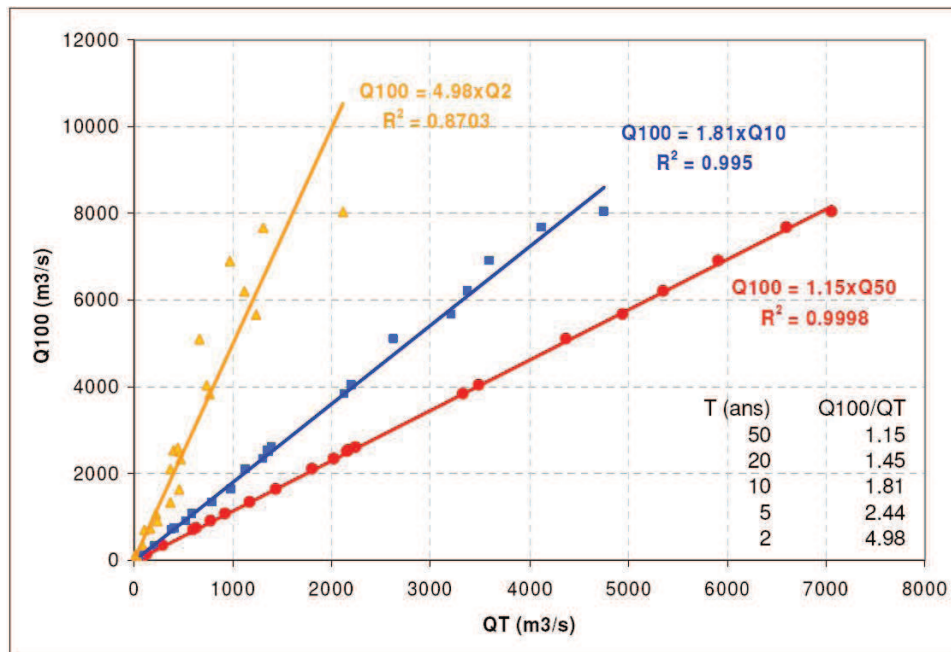
Où  $Q_T/S^{0.75}$  sera nommé par la suite coefficient régional de l'occurrence T.



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

Les débits caractéristiques de crues pour différentes périodes de retour peuvent se déduire

facilement via des coefficients de proportionnalité relativement stables à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie (Ajustements réalisés par la DAVAR, cf. graphique suivant).



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

### 3.2.2 Résultats – Secteur Ouaya

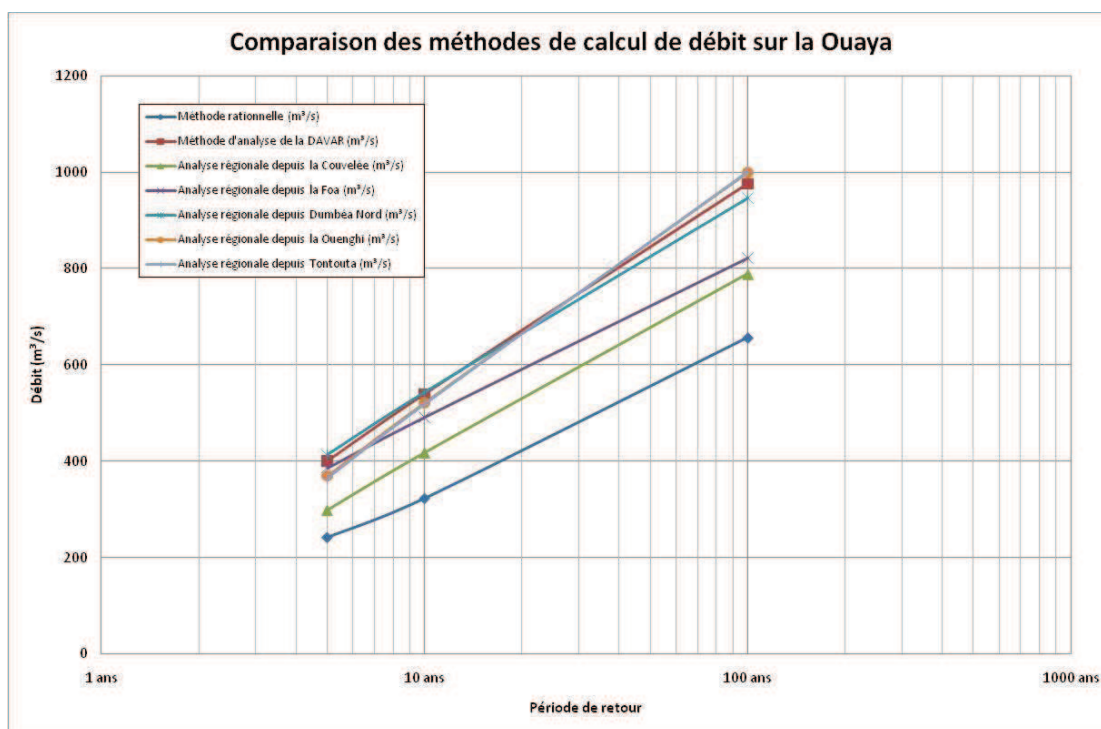
#### 3.2.2.1 Présentation des résultats

| Bassin versant                         | Ouaya |        |         |
|--|-------|--------|---------|
| Période de retour                      | 5 ans | 10 ans | 100 ans |
| Surface (km²) Totale                   | 46.2  |        |         |
| Tc : Temps de Concentration (h)        | 2.5   |        |         |
| Intensité pluviométrique sur Tc (mm/h) | 31    | 36     | 51      |
| Coefficient de ruissellement           | 0.6   | 0.7    | 1.0     |

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

| Méthode de Calcul                    | Débit (m³/s) |        |         | Débit spécifique (m³/km²/s) |        |         |
|--------------------------------------|--------------|--------|---------|-----------------------------|--------|---------|
|                                      | 5 ans        | 10 ans | 100 ans | 5 ans                       | 10 ans | 100 ans |
| Méthode rationnelle                  | 242          | 323    | 657     | 5.2                         | 7.0    | 14.2    |
| Méthode d'analyse de la DAVAR        | 400          | 539    | 976     | 8.7                         | 11.7   | 21.1    |
| Analyse depuis La Couvelée           | 299          | 418    | 789     | 6.5                         | 9.0    | 17.1    |
| Analyse régionale depuis la Foa      | 386          | 491    | 821     | 8.4                         | 10.6   | 17.8    |
| Analyse depuis Dumbéa Nord           | 413          | 543    | 947     | 8.9                         | 11.7   | 20.5    |
| Analyse régionale depuis la Ouenghi  | 369          | 522    | 1000    | 8.0                         | 11.3   | 21.6    |
| Analyse régionale depuis la Tontouta | 364          | 518    | 1001    | 7.9                         | 11.2   | 21.7    |





### 3.2.2.2 Synthèse et débits retenus

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

- La méthode rationnelle appliquée au bassin versant de la Ouaya conduit à des résultats sensiblement inférieurs aux autres méthodes. Les incertitudes de cette méthode notamment sur l'évaluation du temps de concentration et sur les pluviométries nous conduisent à abandonner l'application de cette méthode. A titre indicatif, le fait de retenir la station de Kongouhaou plutôt que la moyenne avec celle Tontouta, aurait conduit à une augmentation des débits calculés de 15 à 20 %, ce qui ramenait les résultats de cette méthode dans la fourchette basse.
- Les autres méthodes issues au final d'analyse régionale, soit à l'échelle de la côte ouest, soit à partir des valeurs de stations hydrométriques voisines, forment un fuseau cohérent. Il semble très probable que les débits théoriques des cours d'eau étudiés se situent dans ce fuseau.

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

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

$$Q_{100} = 50 [44.5 - 56.4] S^{0.75}$$

$$Q_{10} = 27 [23.6 - 30.6] S^{0.75}$$

$$Q_5 = 20 [16.8 - 23.3] S^{0.75}$$

Avec :  $Q_T$  : débit pour l'occurrence T en m<sup>3</sup>/s

S : Surface du bassin versant au droit de l'exutoire considéré en km<sup>2</sup>

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

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

$$Q_{100} = 882 [19.1]$$

$$Q_{10} = 480 [10.4]$$

$$Q_5 = 356 [7.7]$$

Avec :  $Q_T$  : débit pour l'occurrence T en m<sup>3</sup>/s

Les valeurs indiquées entre crochets correspondent aux débits spécifiques (en m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>).

### 3.2.3 Résultats – Secteur Tomo

Les bassins versants étudiés présentant des superficies de quelques km<sup>2</sup> (5.2 km<sup>2</sup> pour la Chaberogo et 1.7 km<sup>2</sup> pour la Bagha), l'application d'une méthode régionale qui repose sur des bassins versants de plus de 30 km<sup>2</sup> semble hasardeuse. La méthode d'analyse de la DAVAR est présentée sur les graphiques suivants à titre indicatif, mais les valeurs obtenues étant sensiblement supérieures à celles issues de la méthode rationnelle (+ de 50 % supérieures), cette méthode régionale n'a pas été retenue.

Afin de disposer d'un intervalle de confiance, la méthode rationnelle a été appliquée avec des hypothèses différentes en ce qui concerne les coefficients de ruissellement et le temps de concentration.

#### ⇒ Coefficient de ruissellement

| Période de retour | Fourchette basse | Fourchette haute |
|-------------------|------------------|------------------|
| T=5 ans           | 0,5              | 0,7              |
| T =10ans          | 0,6              | 0,8              |
| T= 100 ans        | 0,8              | 1,0              |

#### ⇒ Intensités pluviométriques

Comme précisé dans le paragraphe 3.1, une intensité pluviométrique moyenne entre les stations de Canon et Tontouta a été utilisée. Pour les calculs des fourchettes hautes et basses de la méthode rationnelle, les intensités de Canon (fourchette haute) et Tontouta (fourchette basse) ont été utilisées.

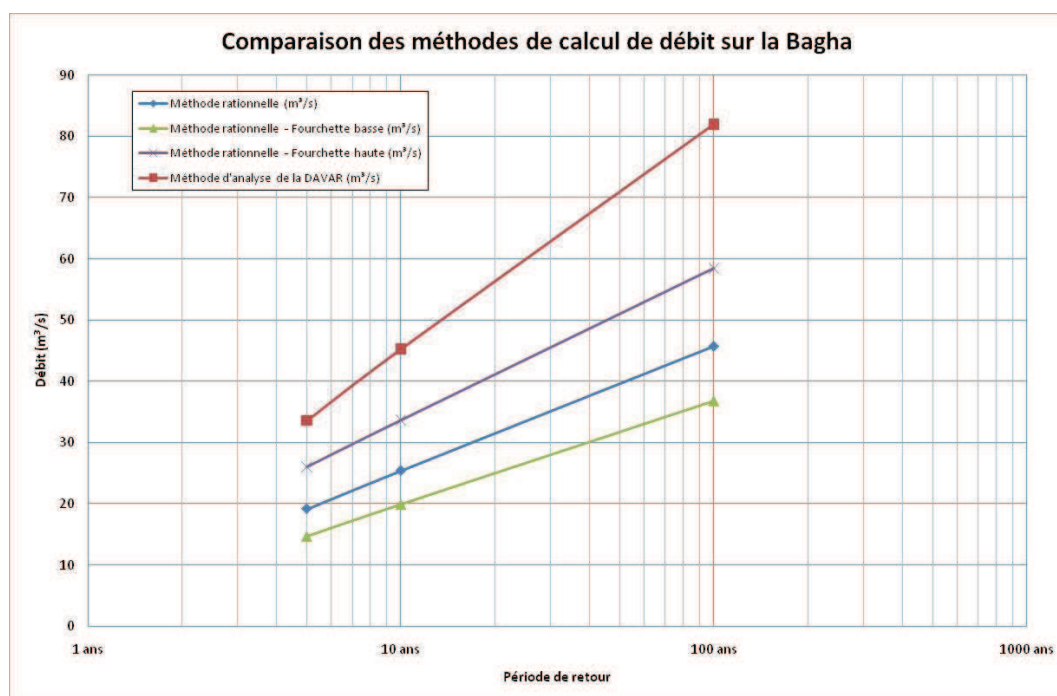
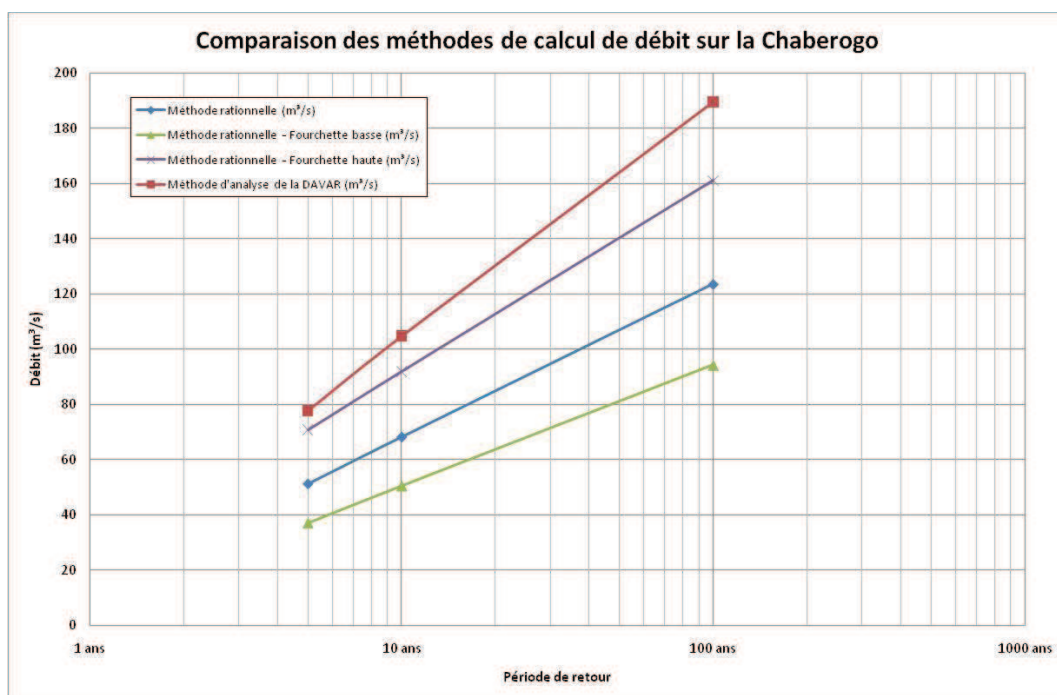
Ces intensités, sur les durées correspondant aux temps de concentration, sont les suivantes :

| Bassin versant | Intensités pluviométriques (mm/h) |              |                |
|----------------|-----------------------------------|--------------|----------------|
|                | T= 5 ans                          | T= 10 ans    | T= 100 ans     |
| Chaberogo      | 61 [51 – 70]                      | 69 [58 - 80] | 97 [82 – 111]  |
| Bagha          | 70 [62 – 79]                      | 80 [70 – 89] | 111 [97 – 124] |

Les valeurs entre crochets correspondent aux fourchettes basses et hautes

L'application de ces différentes approches avec leurs hypothèses respectives conduit aux valeurs suivantes :





Les tableaux ci-après présentent les résultats retenus sur le secteur de Tomo :

| Bassin versant | Débits (m³/s) |              |                |
|----------------|---------------|--------------|----------------|
|                | T= 5 ans      | T= 10 ans    | T= 100 ans     |
| Chabero        | 51 [37 – 71]  | 68 [50 – 92] | 124 [94 – 161] |
| Bagha          | 19 [15 – 26]  | 25 [20 – 34] | 46 [37 – 58]   |

Les valeurs entre crochets correspondent aux fourchettes basses et hautes

Pour les thalwegs 1 et 2 les débits calculés par la méthode rationnelle conduisent aux valeurs respectivement de 15 et 9 m³/s pour le débit centennal.

### 3.3 Détermination des débits de crues historiques

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

Sur les secteurs d'étude, des laisses de crue ont été répertoriées, elles correspondent principalement aux cyclones :

- Erica (2003) pour la Chaberogo,
- Anne (1988) pour la Bagha,
- Béti (1996) pour la Ouaya.

La démarche proposée ci-après repose sur l'analyse des occurrences des événements pluvieux, sur les stations disposant d'enregistrements.

Les limites de cette méthode sont les suivantes :

- L'occurrence d'un événement pluvieux n'implique pas forcément une occurrence similaire de la crue générée. Les hyétogrammes de ces événements aux stations où des données sont disponibles sont présentés en annexe 3.
- Pour le cyclone Anne, l'approche basée sur la pluviométrie se heurte au manque de données sur le secteur.

#### 3.3.1 Cyclone Érica

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.

Les laisses de crue recensées pour cet événement ne concernent que la Chaberogo. Les données disponibles sont celles des stations de Nassirah, Tontouta, Kongouhaou, Canon, Liliane et Mine Tomo. Pour rappel le temps de concentration de la Chaberogo est d'environ 1 h à l'exutoire du secteur d'étude.

| Occurrence* sur la durée : | 12-30 min                | 1 h               | 1h30 – 3h                   |
|----------------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Kongouhaou                 | < 2 ans<br>(10.4 – 23.4) | ~ 2 ans<br>(45.2) | 2 – 5 ans<br>(62.5 – 106.9) |
| Nassirah                   | < 2 ans<br>(11.5 – 16.5) | < 2 ans<br>(30)   | < 2 ans<br>(41 – 64.5)      |
| Tontouta                   | < 2 ans<br>(8.8 – 19.4)  | 2 ans<br>(35)     | 5 ans<br>(46.8 – 71.4)      |
| Canon                      | 2-5 ans                  | 20 ans            | 20 – 50 ans                 |



|           |                          |                     |                               |
|-----------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|
|           | (19.6 – 40.4)            | (80.1)              | (111.1 – 163.8)               |
| Liliane   | ~ 2 ans<br>(16.3 – 36.8) | 10-20 ans<br>(69.4) | 20 – 50 ans<br>(97.8 – 159.1) |
| Mine Tomo | ~ 2 ans<br>(12.8 – 26.2) | 5–10 ans<br>(46.1)  | 20 – 50 ans<br>(62.7 – 99)    |

\* Les valeurs entre parenthèses correspondent aux cumuls maximums (en mm) enregistrés sur chaque durée.

\*Occurrence estimée Kongouhaou et Nassirah sur l'IDF de Kongouhaou, Tontouta et Mine Tomo sur l'IDF de Tontouta, Canon sur l'IDF de Canon et Liliane sur l'IDF de Liliane.

**L'intensité pluviométrique sur le bassin versant de la Chaberogo est vraisemblablement comprise entre les valeurs observées à la Tontouta et Canon ou Liliane.**

**Une occurrence de l'ordre de 10 ans, semble donc vraisemblable pour ce cyclone, sur ce bassin versant. Le débit généré serait alors le suivant :**

**Q Erica, Chaberogo  $\cong$  70 m<sup>3</sup>/s**

**[50- 95]**

### 3.3.2 Cyclone Anne

Le cyclone Anne a principalement touché le sud de la Nouvelle Calédonie. Il a longé la cote Est de la Calédonie tout en restant à une cinquantaine de kilomètres des cotes 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 130km/h avec un maximum à 166km/h) et l'importance des précipitations enregistrées. En effet, entre le 11 et 13 janvier 1988, des quantités 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.

Les laisses de crue recensées pour cet évènement ne concernent que la Bagha. Les données disponibles des stations voisines sont celles de Kongouhaou et de Canon.

Pour rappel le temps de concentration de la Bagha est estimé à environ 30 minutes à l'exutoire du secteur d'étude.

| Occurrence* sur la durée : | 12-30 min                  | 1h – 2h                     |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Kongouhaou                 | < 2 ans<br>(11.1 – 25.7)   | 2 – 5 ans<br>(45.9 – 83.6)  |
| Canon                      | 10 – 50 ans<br>(24 – 57.5) | >100 ans<br>(107.8 – 203.6) |

\* Les valeurs entre parenthèses correspondent aux cumuls maximums (en mm) enregistrés sur chaque durée.

\*Occurrence estimée Kongouhaou sur l'IDF de Kongouhaou et Canon sur l'IDF de Canon.

Le tableau ci-dessus illustre une hétérogénéité importante des pluies de ce cyclone sur ces durées. Ces seules valeurs ne permettent pas une estimation fiable de l'occurrence de cet épisode sur le bassin versant étudié. Les cumuls pluviométriques importants (pluies journalières notamment) ont vraisemblablement généré une saturation du bassin versant et donc une augmentation du coefficient de ruissellement du bassin versant.

**Il est vraisemblable que cet évènement présente une occurrence comprise entre 20 et 50 ans sur ce cours d'eau. Les valeurs suivantes de débits à l'exutoire du secteur d'étude seront donc testées dans le modèle hydraulique :**

$$Q_{\text{Anne, Bagha}} \cong 35 \text{ m}^3/\text{s} [25 - 45]$$

### 3.3.3 Cyclone Béti

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

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

Une laisse de crue a été recensée le long de la Ouaya pour cet évènement.

La crue Béti a été estimée aux stations hydrométriques voisines comme une crue d'occurrence :

| Station  | Occurrence |
|----------|------------|
| Ouenghi  | ~ 20 ans   |
| Tontouta | ~30 ans    |
| La Foa   | ~ 90 ans   |

**L'occurrence de cet évènement est estimée à environ 50 ans sur la Ouaya.** A savoir que le débit drainé pour cette occurrence est équivalent à la fourchette basse du débit centennal déterminée en paragraphe 3.2.2, soit :

$$Q_{\text{Béti, Ouaya}} \cong 788 \text{ m}^3/\text{s}$$



## 4 PROGRAMME DE LEVES TOPOGRAPHIQUES

---

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

Une fois toutes les données pouvant influencer sur le positionnement des profils prises en compte (urbanisations actuelle et future, profils existants), les profils ont été implantés lors de visites de terrain et observation de la cartographie 3D en fonction des singularités hydrauliques constatées sur place. Les plans des levés topographiques sont fournis en annexe 2.

### ⇒ Secteur Ouaya

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

Le lit mineur et moyen fera, a contrario, l'objet de levés topographiques par le cabinet de géomètres De Condinguy. Ces profils à lever présentent une longueur moyenne d'environ 150 m et un espacement moyen de l'ordre de 150-200 m. Cet espacement est fonction des enjeux présents et de la configuration topographique et géomorphologique du cours d'eau.

En aval du secteur d'étude, un creek rejoint en rive droite le champ d'expansion des crues de la Ouaya. Le lit mineur et moyen de ce creek a donc été levé.

L'ouvrage de franchissement de la RT1 (OH2) sera levé, la topographie de la RT1 étant disponible au 1/500<sup>ème</sup>, le profil de route sera extrapolé sur cette base.

Au global, 27 profils seront donc levés ce qui représente un linéaire d'environ 4 km.

### ⇒ Secteur Tomo

De même que pour le secteur précédent, le fond au 1/2000<sup>ème</sup> étant disponible, et les cours d'eau étudiés étant pentus (en amont de la RT1) avec un lit majeur vraisemblablement peu étendu, les profils levés présentent une longueur moyenne d'environ 100 m et un espacement de l'ordre de 150 m.

Les ouvrages de franchissement de la RT1 (OH1 et OH11) et l'OH2 seront levés. Il n'était pas prévu de modéliser le thalweg 2, mais dans la mesure où le lit majeur de la Bagha en amont de la RT1 s'étend jusqu'à ce thalweg, celui-ci sera intégré au modèle sur la base du 1/2000<sup>ème</sup> et de quelques profils levés sur ce secteur. Il n'est pas prévu de lever les ouvrages sur les routes secondaires dans la mesure où les cotes sont disponibles sur le projet DEPS et peut-être si les plans de récolement sont disponibles dès lors. Sur la RT1, ces ouvrages secondaires (OH5, OH9 et OH12) seront levés.

Au global, 35 profils seront donc levés par le cabinet Delvar ce qui représente un linéaire d'environ 4 km.

## 5 MODELISATION DES COURS D'EAU

---

### 5.1 Méthodologie

Les cours d'eau étudiés ont fait l'objet de modèles hydrauliques réalisés sous le logiciel filaire et unidimensionnel HEC-RAS 4.1.0 en régime permanent. Il est important de préciser que des différences importantes de résultats ont pu être notées entre des simulations réalisées avec la version 4.1.0 et celles réalisées avec la version 4.0, notamment dans le fonctionnement des déversoirs. **La réutilisation du modèle (fichiers joints au présent rapport) doit impérativement être réalisée via les versions 4.1.0 ou ultérieures.**

Ces modèles hydrauliques sont basés sur :

- Les profils en travers et ouvrages levés lors de la campagne topographique détaillée précédemment, profils en partie extrapolés à partir des fonds de plan 3D existants sur le secteur (1/2000<sup>ème</sup> et parfois 1/10000<sup>ème</sup>),
- Les débits des crues historiques et de références présentés en phase 1. Ces débits ont été injectés dans le modèle hydraulique soit directement au nœud qui représente physiquement l'exutoire du sous bassin quand cela est possible, soit au profil correspondant au centre de gravité du sous bassin versant. Les tableaux fournis en annexe détaillent la surface drainée au droit des profils et le débit associé.

### 5.2 Secteur Ouaya

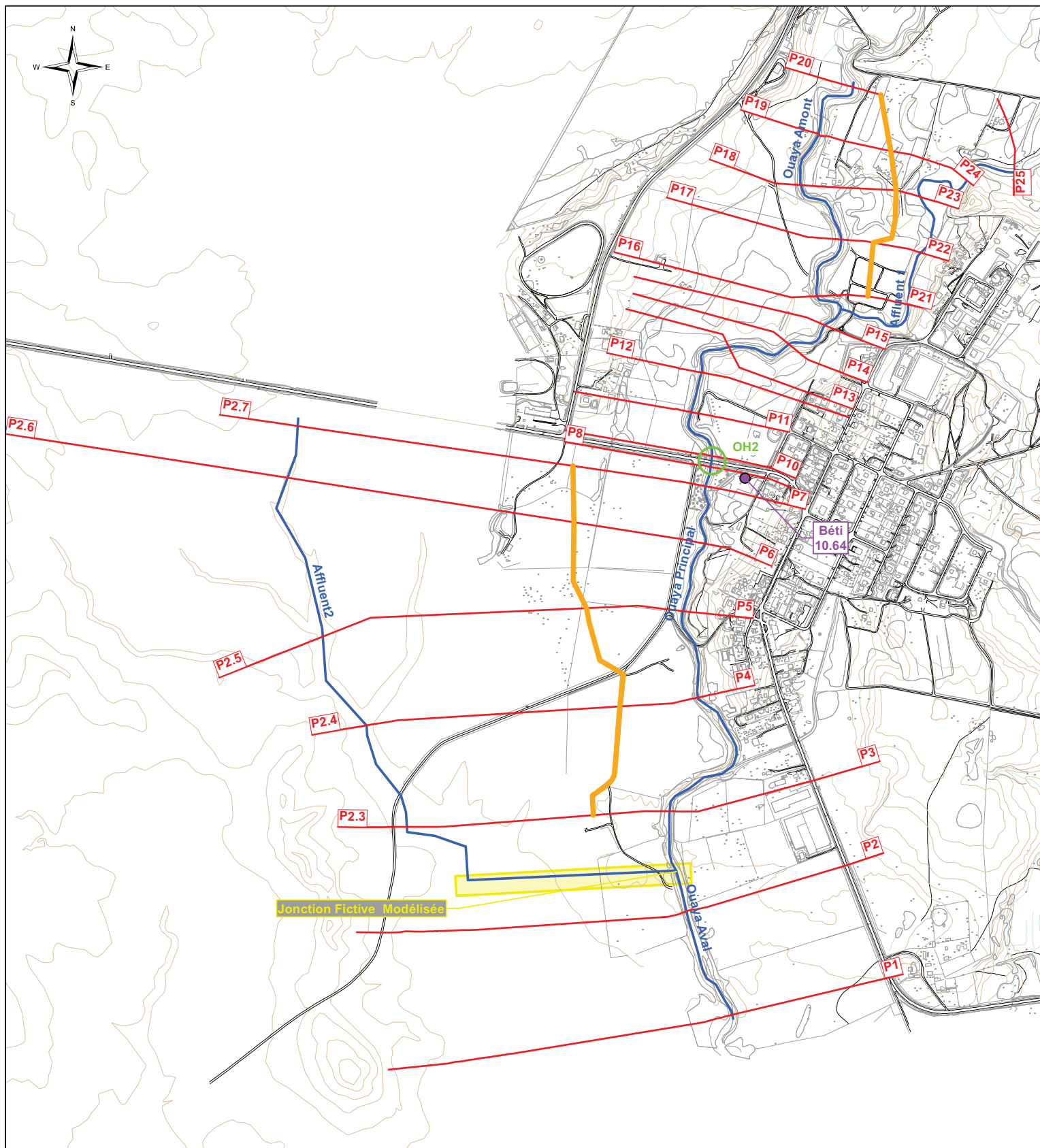
#### 5.2.1 Construction du modèle et hypothèses de calcul

Les profils en travers modélisés sont localisés sur la planche 9, qui présente aussi la laisse de crue disponible. Un synoptique hydraulique est présenté en planche 10 pour expliquer le fonctionnement du modèle.

Le linéaire modélisé concerne :

- La Ouaya de l'amont des zones urbanisées jusqu'en l'aval de Boulouparis,
- L'affluent 1, affluent de la Ouaya s'écoulant à proximité du lotissement industriel de Boulouparis,
- Le creek Hwé Kwita (affluent 2), en aval de la RT1 et jusqu'à la confluence avec la Ouaya.

Initialement, l'affluent 2 ne devant pas être modélisé, les profils amont n'ont pas fait l'objet de levés topographiques mais ont été interpolés sur le fond de plan au 1/10000<sup>ème</sup>. Sur ce linéaire le lit étant peu marqué, l'influence de levés supplémentaires aurait été minime.

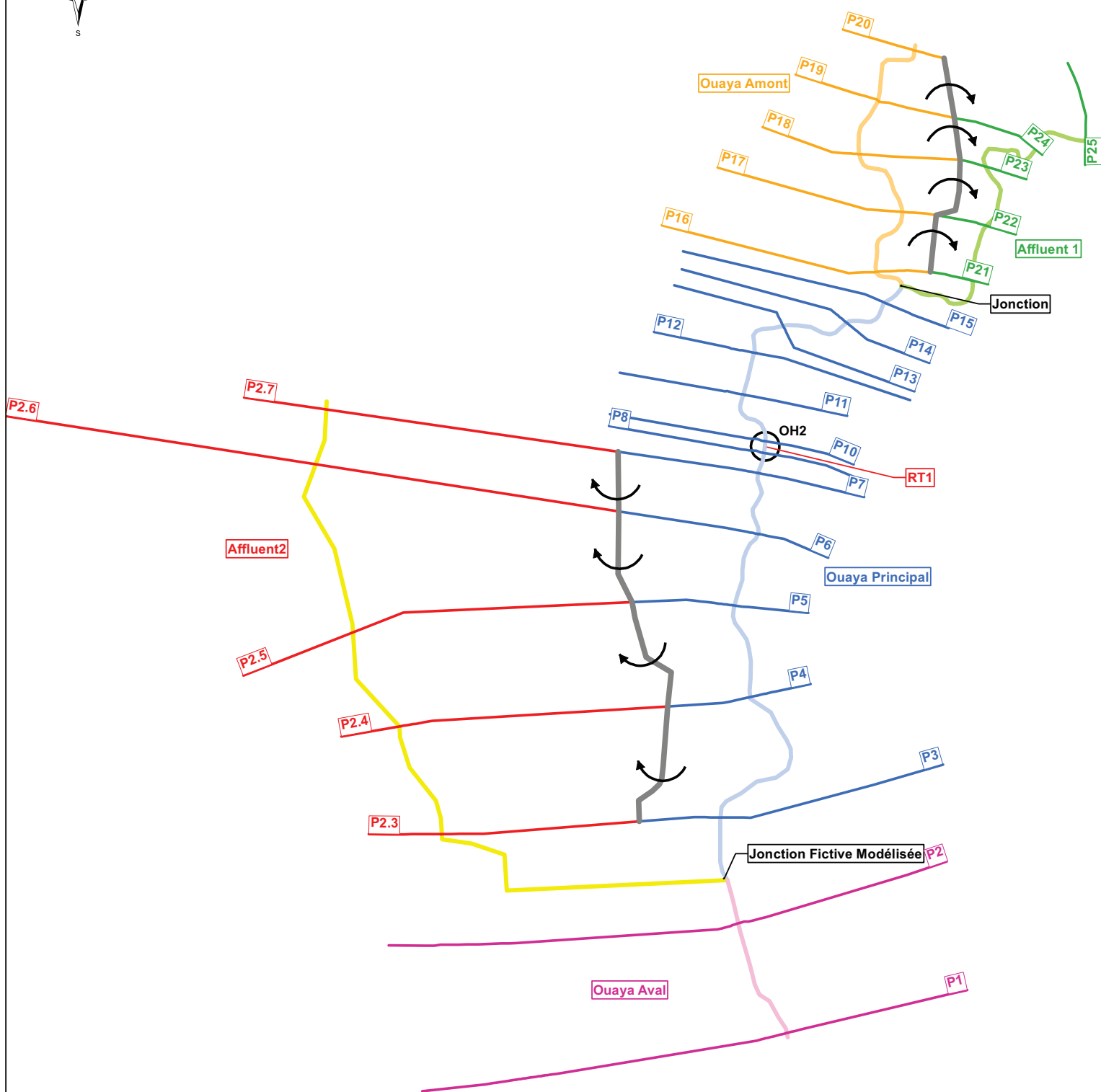
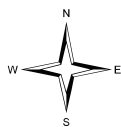


### Légende






- Déversoir latéral
- Profils modélisés
- P20 Nom des profils modélisés
- Cours d'eau modélisés
- Ouvrage modélisé

0 250 500  
Mètres





### Légende

-  Déversoir latéral
-  Profils modélisés
-  Nom des profils modélisés
-  Cours d'eau modélisés
-  Ouvrage modélisé

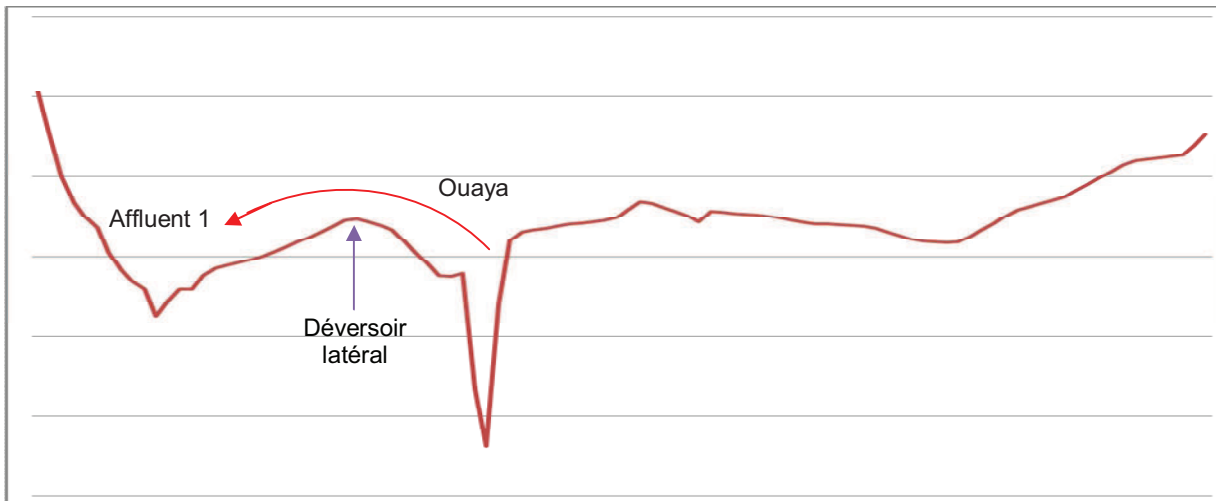
0 250 500  
Mètres

### 5.2.1.1 Fonctionnements hydrauliques particuliers

Sur le linéaire étudié, deux fonctionnements hydrauliques sont à noter :

- En amont du secteur d'étude, le relief étant peu marqué, la Ouaya déborde vers l'affluent 1. Pour simuler cette configuration, un déversoir latéral a été inséré en rive gauche de la Ouaya entre les profils P20 et P17.

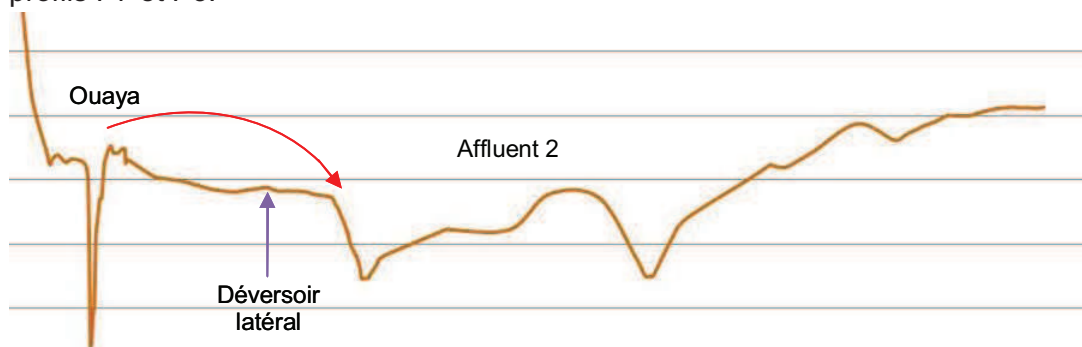
Les débits déversés sont injectés entre les profils P24 et P22 de l'affluent 1.



*Illustration du phénomène de déversement de la Ouaya vers l'affluent 1*

- Les profils P8 et P10 n'ont pu être « fermés » en raison de la topographie très plane. Ils ont été stoppés au niveau de la RT4 dans la continuité d'une butte située en rive droite du profil P11. Cette mesure, en plus d'être sécuritaire, illustre plus justement la réalité ces écoulements dans la zone d'expansion des crues.
- En aval de la RT1, la Ouaya déborde en rive droite, alimentant une zone d'expansion plane d'environ 1500 à 2000 m de large dans laquelle s'écoule le creek « Hwé Kwita » (affluent 2). La séparation entre ces deux lits n'est pas clairement marquée. Ces déversements s'effectuent en effet via une déclivité progressive des terrains entre la Ouaya et le creek « Hwé Kwita ».

Une première approche a consisté à simuler ces deux cours d'eau sur un même profil. Cependant le modèle ainsi bâti ne fournissait pas une bonne représentation des écoulements et tendait à sous estimer les cotes d'inondation en rive gauche (où quelques enjeux sont présents). Afin d'appréhender les transferts de la Ouaya vers le creek « Hwé Kwita », ces deux cours d'eau ont été modélisés séparément et un déversoir latéral a été intégré entre les profils P7 et P3.



*Illustration du phénomène de déversement de la Ouaya vers l'affluent 2 (Profils 2.6 et 6)*

A noter que les coefficients des deux déversoirs latéraux modélisés ont été pris assez faibles, à savoir 0.4 et 0.2 pour les déversoirs respectivement amont et aval de la RT1, afin de tenir compte de l'encombrement par la végétation lié au coté « fictif » du déversoir.

A partir du profil P2, ces deux cours d'eau ont été assemblés en une même section d'écoulement, le fonctionnement hydraulique étant plus proche d'un fonctionnement unidimensionnel.

### 5.2.1.2 Débits injectés

Pour rappel, les débits suivants calculés en phase 1 sont injectés dans le modèle :

| Bief               | Surface drainée (km <sup>2</sup> ) | Q5         | Q10        | Q100        |
|--------------------|------------------------------------|------------|------------|-------------|
| <b>Ouaya amont</b> | <b>41.6</b>                        | <b>328</b> | <b>442</b> | <b>819</b>  |
| <b>Affluent 1</b>  | <b>2.2</b>                         | <b>36</b>  | <b>49</b>  | <b>90</b>   |
| <b>Affluent 2</b>  | <b>16.8</b>                        | <b>166</b> | <b>224</b> | <b>415</b>  |
| <b>Ouaya Aval</b>  | <b>63.0</b>                        | <b>447</b> | <b>604</b> | <b>1118</b> |

### 5.2.1.3 Coefficients de Strickler

Les coefficients de Strickler retenus, traduisant la rugosité des lits mineurs et majeurs des cours d'eau sont les suivants :

- Strickler en lit mineur :
  - **22** sur la Ouaya en amont de la RT1, où le lit mineur est marqué et relativement propre
  - **25** sur la Ouaya en aval de la RT1, le lit étant bien dégagé et propre.
  - **15** sur les affluents, qui s'apparentent plus à des thalwegs plus ou moins bien marqués.
- Strickler en lit majeur :
  - **10** en amont de la confluence entre l'affluent 1 et la Ouaya, zones constituées d'herbes hautes,
  - **12** entre cette confluence et la RT1, où la végétation est rase avec quelques niaoulis épars,
  - **7** en rive gauche en aval de la RT1, où quelques habitations encombre le lit majeur,
  - **5** en rive droite et en lit majeur de l'affluent 2, où l'écoulement est perturbé par de nombreuses clôtures.

### 5.2.1.4 Conditions limites

Le secteur d'étude étant situé à plus de 2.5 km en amont de la baie de Deama, il ne paraît pas pertinent d'interpoler des profils sur des données topographiques réduites afin d'appliquer comme condition limite aval le niveau de la mer.

En conséquence, la condition limite aval retenue correspond à la hauteur normale calculée pour une pente de 0.1%, pente moyenne du terrain naturel sur l'aval. Une analyse de sensibilité sera menée afin d'appréhender l'influence de cette hypothèse.



### 5.2.2 Calage du modèle

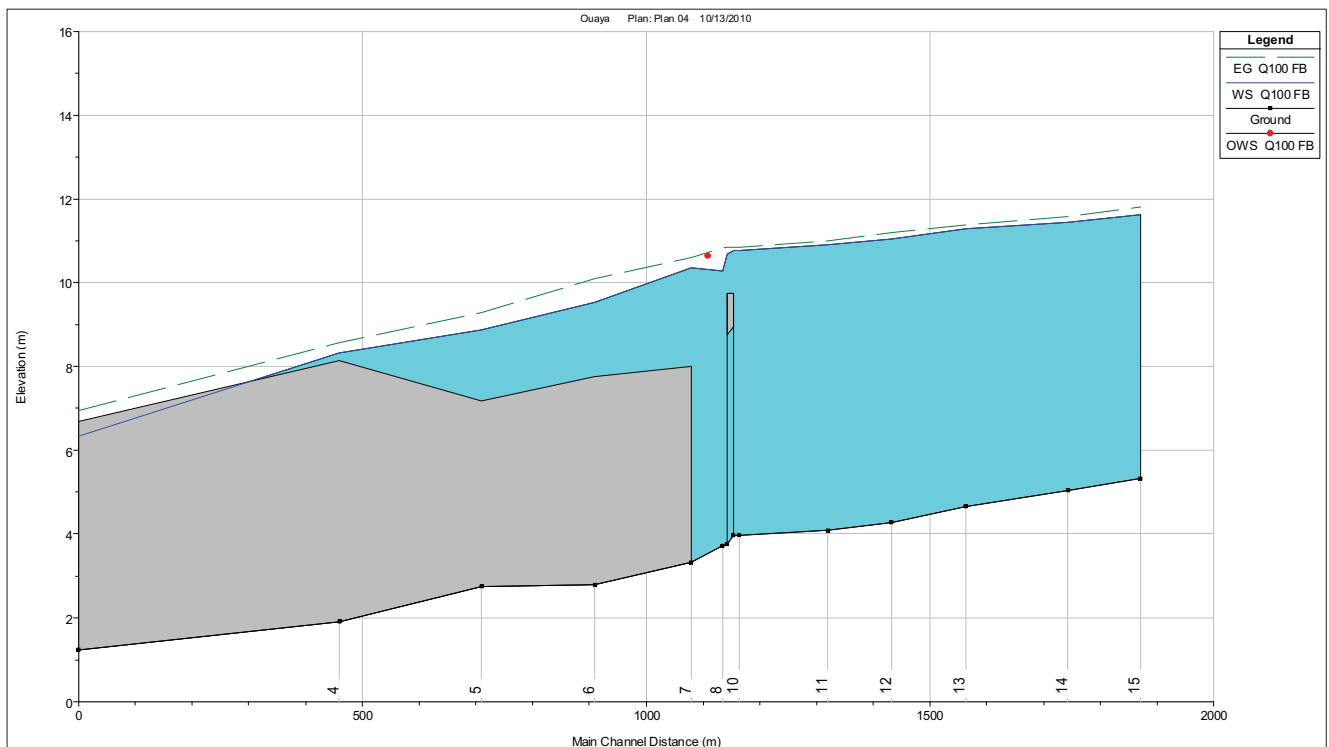
Il est relativement difficile de parler de calage du modèle dans la mesure où un seul témoignage (habitation en aval de la RT1, cf. planche 9) a pu être recensé lors de la visite de terrain. Par ailleurs seul cet enjeu a été indiqué par la Mairie de Boulouparis, il semblerait donc qu'aucun autre enjeu ne soit affecté par les inondations de ce cours d'eau.

Deux cotes atteintes ont été indiquées au droit de cette habitation :

- crue Anne (1988) : cote 11.14 m NGNC. L'ouvrage de franchissement de la RT1 et la section du lit ayant été modifiés depuis cette crue, ce témoignage a été écarté de l'analyse.
- crue Béti (1996) : cote 10.64 m NGNC.

Le calage portera donc uniquement sur cette laisse de crue. Pour rappel, le débit de cet événement a été estimé à 788 m<sup>3</sup>/s sur la Ouaya, ce qui correspond à une occurrence de 50 ans.

La ligne d'eau ci-dessous présente la ligne d'eau et la ligne de charge en comparaison de cette laisse. La ligne bleue correspond à la ligne d'eau pour une crue d'occurrence 50 ans (débit centennal fourchette basse), la ligne en pointillés verts correspond à la ligne de charge.



Le tableau suivant présente les résultats obtenus :

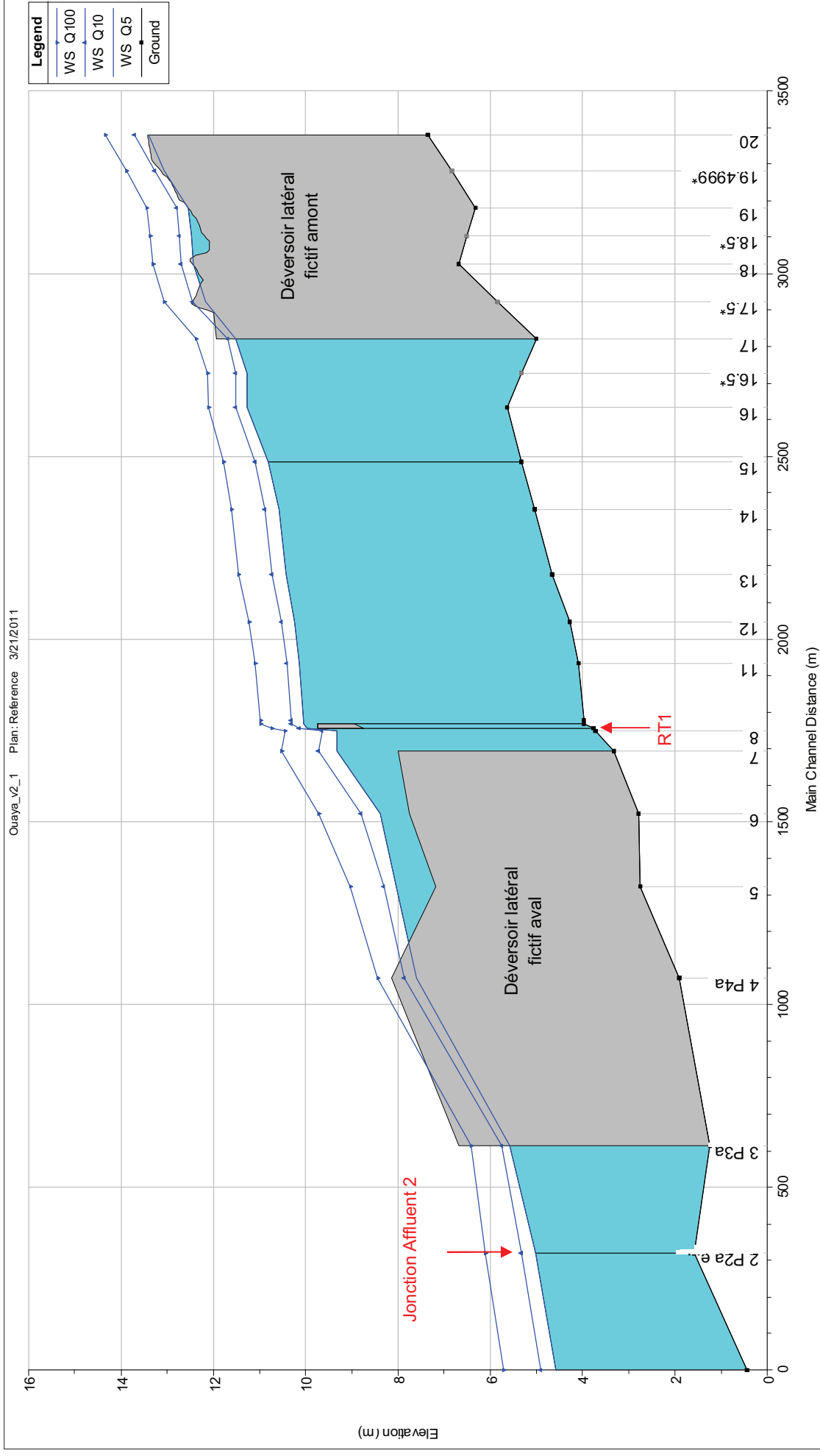
|                                      |              |
|--------------------------------------|--------------|
| <b>Cote observée</b>                 | 10.64 m NGNC |
| <b>Cote calculée</b>                 | 10.35 m NGNC |
| <b>Cote calculée – Cote observée</b> | - 0.29 m     |
| <b>Charge hydraulique</b>            | 10.73 m NGNC |

La simulation réalisée laisse apparaître une ligne d'eau qui peut sembler légèrement faible, néanmoins les conditions d'écoulement étant déjà défavorables dans cette configuration, il n'a pas semblé pertinent d'abaisser les coefficients de Strickler. Par ailleurs, la laisse de crue reste comprise entre la ligne d'eau et la charge hydraulique ce qui confirme que la validité du modèle, au droit de ce point.

Les simulations effectuées donnent des résultats qui semblent cohérents, il est cependant délicat d'affirmer que le modèle soit réellement calé étant donné la quasi absence de témoignages de crues sur le secteur d'étude.

### **5.2.3 Modélisation des crues de référence**

Les cotes calculées pour les crues de référence sont fournies en annexe 8. Les profils en long des pages suivantes présentent les lignes d'eau modélisées.



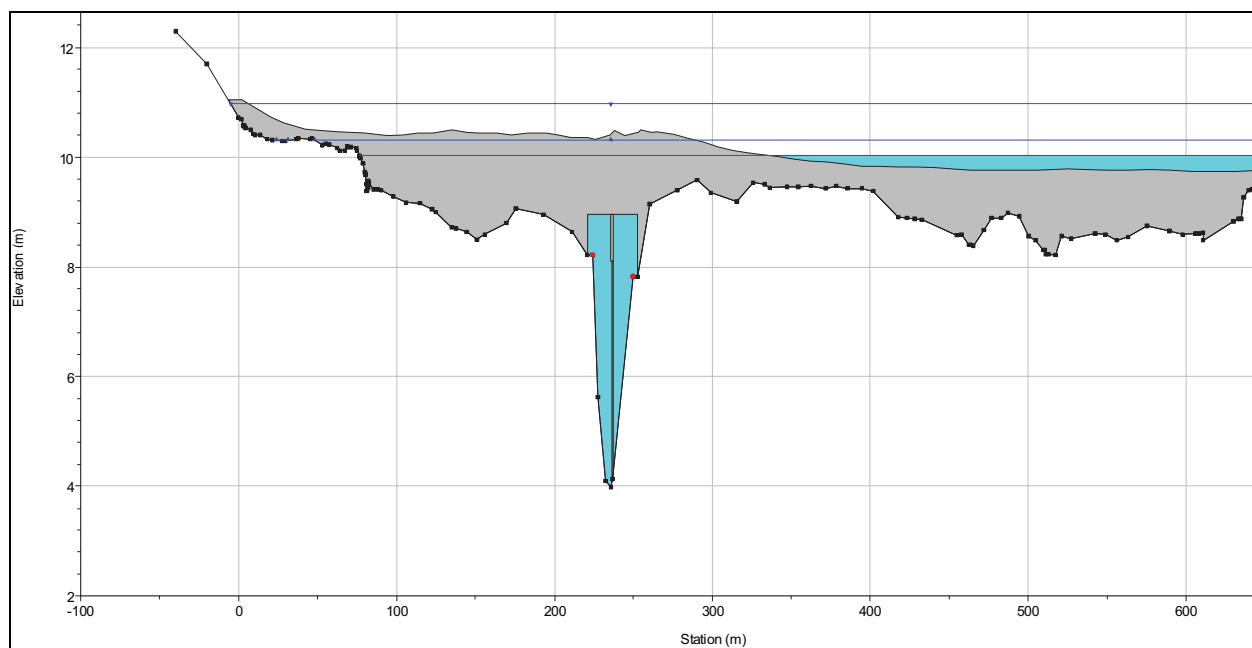
Lignes d'eau simulées sur la Ouaya (Crues 5, 10, 100 ans)



### 5.2.4 Analyse du fonctionnement hydraulique

Différents constats sont à dresser au vu des résultats de la simulation :

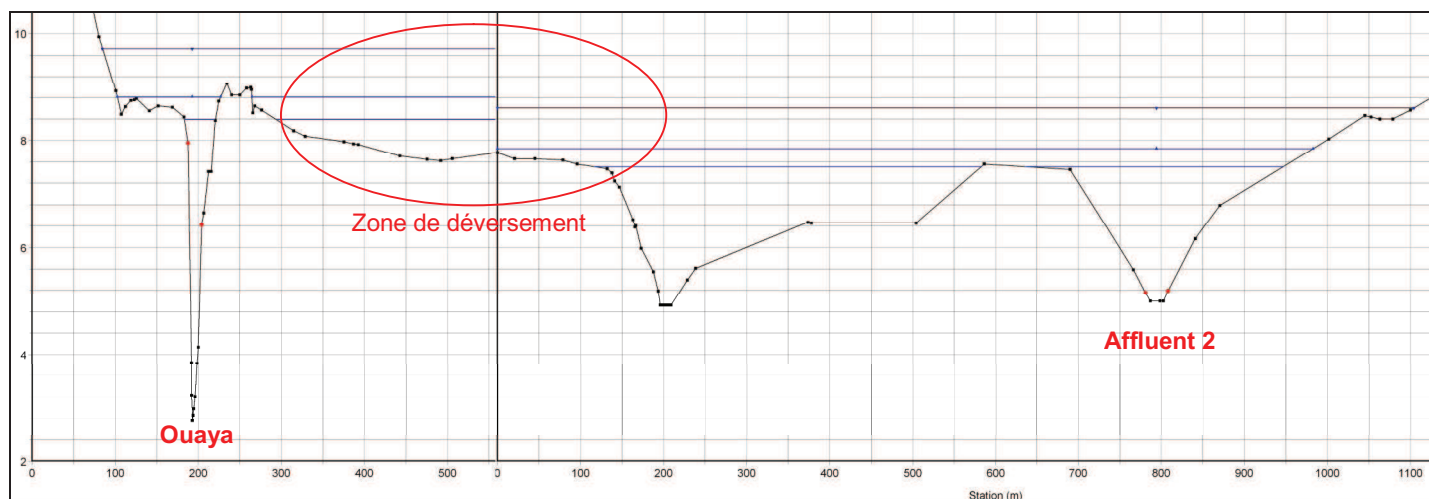
- En amont du secteur d'étude, des déversements en rive gauche de la Ouaya se produisent pour chacune des occurrences étudiées. Les débits déversés, qui alimentent l'affluent 1, sont de l'ordre de 25 m<sup>3</sup>/s pour l'occurrence quinquennale et atteignent 225 m<sup>3</sup>/s pour la crue centennale (pour un débit de la Ouaya d'environ 820 m<sup>3</sup>/s).
- La RT1 est inondée dès la crue quinquennale. Les débits déversés sur la route varient entre 70 et 620 m<sup>3</sup>/s pour les crues d'occurrence respectives de 5 et 100 ans. A noter que les hauteurs d'eau maximales sur la RT1 sont observées en rive droite du fait de la topographie. Ces hauteurs qui sont de l'ordre de 25 cm pour une crue quinquennale atteignent 1.20 m pour une crue centennale.



*Profil en travers au droit de la RT1 (Crues 5, 10, 100 ans)*

- En aval de la RT1, la Ouaya déborde largement en rive droite vers l'affluent 2 pour remplir cette vaste plaine inondable. Les débits déversés sont de 140 m<sup>3</sup>/s pour la crue quinquennale (pour un débit total d'environ 345 m<sup>3</sup>/s), 210 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale (465 m<sup>3</sup>/s) et 445 m<sup>3</sup>/s pour la crue centennale (860 m<sup>3</sup>/s), soit près de la moitié du débit de la Ouaya pour chacune des occurrences étudiées.

Comme l'illustrent le profil en travers et le tableau suivants, les cotes de crues de référence de la Ouaya et du creek « Hwé Kwita » (affluent 2) sont sensiblement différentes.



Profils en travers P6 et P2.6 pour les crues 5, 10 et 100 ans

|                  | Cotes sur la Ouaya<br>(en m NGNC) | Cotes sur l'affluent 2 (en<br>m NGNC) |
|------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| <b>P7 / P2.7</b> | 10.53                             | 8.80                                  |
| <b>P6 / P2.6</b> | 9.73                              | 8.60                                  |
| <b>P5 / P2.5</b> | 9.03                              | 8.09                                  |
| <b>P4 / P2.4</b> | 8.43                              | 7.54                                  |

Cotes de crues centennales sur la Ouaya et le creek « Hwé Kwita » (affluent 2)

A la différence de l'artefact de modélisation de ce phénomène (modélisation de ce secteur avec deux biefs et un déversoir latéral), les lignes d'eau ne sont en réalité pas discontinues et il existe un gradient dans la zone de déversement liée à la déclivité naturelle du terrain entre la Ouaya et l'affluent 2.

Pour les crues centennales, les vitesses latérales dans la zone de déversement sont estimées à environ 0.4 m/s au droit des profils 2.6 et 6 par application de la formule de Manning Strickler. Les hypothèses retenues pour effectuer cette estimation sont les suivantes :

- Le rayon hydraulique est pris égal à la hauteur moyenne sur la zone de déversement, soit 1.9 m,
- Le coefficient de Strickler est pris égal à 5,
- La pente correspond au gradient hydraulique sur le secteur, soit 0.25%

Ce choix de modélisation permet d'approcher le comportement de cette zone d'expansion et conduit à des résultats beaucoup plus cohérents qu'une modélisation sans cette distinction des biefs. Cette modélisation reste cependant monodimensionnelle avec une incertitude sur les résultats produits. Les résultats obtenus sur l'affluent 2 sont à considérer avec prudence dans la mesure où les profils ont été partiellement réalisés à partir du fond de plan au 1/10000<sup>ème</sup> (fond de plan au 2000<sup>ème</sup> indisponible).

Précisons toutefois que les enjeux sur ce secteur sont quasi essentiellement agricoles.

## **5.2.5 Analyse de sensibilité**

Les lignes d'eau modélisées sont présentées en annexe 9. L'analyse de sensibilité porte sur les débits où des incertitudes importantes sont présentes, sur les coefficients de Strickler et sur la condition limite aval.

### **5.2.5.1 Sensibilité aux variations de débits**

La fourchette de débit centennal déterminée en phase 1 a été simulée.

Il ressort de cette comparaison une variation moyenne de  $\pm 20$  cm par rapport à la ligne d'eau centennale. Cette variation est non négligeable mais reste dans les gammes de précision du modèle.

### **5.2.5.2 Sensibilité aux variations de rugosité**

Une variation de  $\pm 20\%$  des coefficients de Strickler traduisant la rugosité et donc les pertes de charges linéaires a été testée.

Il ressort de ces simulations une variation moyenne de la ligne d'eau de  $\pm 30$  cm par rapport à celle obtenue pour la crue centennale. Cette sensibilité reste dans les gammes de précision du modèle.

### **5.2.5.3 Sensibilité aux variations de conditions limites**

Pour rappel, la simulation de référence a été effectuée avec comme condition limite aval la hauteur normale pour une pente de 0.1%, pente correspondant à la pente moyenne du terrain naturel sur l'aval du linéaire modélisé. Afin d'estimer la sensibilité du modèle à cette condition, deux conditions ont été simulées, correspondants aux hauteurs normales pour des pentes de :

- 0.3%, pente moyenne de la ligne d'eau et du terrain naturel légèrement plus en amont (entre les profils P3 et P5)
- 0.05%,

Les résultats de cette simulation montrent que la condition limite influence les cotes atteintes essentiellement en aval du profil 3 où une incertitude de  $\pm 10$  à 15 cm au droit de ce profil et jusqu'à  $\pm 60$  cm en aval du secteur d'étude est à noter.

Cette incertitude n'est pas négligeable mais les enjeux quasi inexistantes sur l'aval du secteur d'étude limitent son impact.

### **5.2.5.4 Sensibilité aux coefficients de débit des déversoirs latéraux**

Les coefficients de déversoirs latéraux retenus sont de 0.2 et 0.4, respectivement pour les déversoirs aval et amont de la RT1. Ces valeurs très faibles ont été choisies afin de tenir compte de l'encombrement par la végétation lié au côté « fictif » des déversoirs.

A la différence d'un ouvrage artificiel où ce coefficient peut être appréhendé d'après la bibliographie, le choix de ce coefficient est donc très subjectif. Une analyse de l'incidence de ce coefficient sur les échanges de débit et donc les lignes d'eau est donc légitime.

Pour chacun des déversoirs latéraux, les résultats de référence ont été comparés à ceux obtenus avec un coefficient de 0.7.



Pour la crue centennale, les constats résultant de cette comparaison sont assez différents pour les deux déversoirs :

- Sur le déversoir amont, la variation de coefficient entraîne une modification de la ligne d'eau d'en moyenne 5 cm et une variation de débit déversé de l'ordre de 7%, l'incidence de ce coefficient peut donc être considérée comme faible sur ce déversoir amont,
- Au contraire sur le déversoir aval, le choix du coefficient a une forte influence, entraînant des différences de hauteur d'eau d'en moyenne 60 cm au droit du déversoir, et une variation de débit déversé de l'ordre de 63%.

L'influence de ce coefficient sur les débits déversés est présentée dans le tableau suivant :

| Déversoir amont      |                                    |                                      | Déversoir aval       |                                    |                                      |
|----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
|                      | Débit amont<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit déversé<br>(m <sup>3</sup> /s) |                      | Débit amont<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit déversé<br>(m <sup>3</sup> /s) |
| C=0.4<br>(Référence) | 819                                | 224                                  | C=0.2<br>(Référence) | 859                                | 444                                  |
| C=0.7                |                                    | 240                                  | C=0.7                |                                    | 722                                  |

Au vu de ces résultats, ce coefficient a une influence importante aussi bien sur les hauteurs d'eau que sur les débits transitant dans les différents biefs modélisés, notamment en aval du secteur d'étude.

Sur la cartographie des hauteurs d'eau, ces différences se répercutent par une réduction de l'emprise de la zone inondable d'environ 20 m en rive gauche de la Ouaya et au contraire une augmentation de cette emprise d'environ 100 m le long de l'affluent 2. En rive gauche de la Ouaya, l'incidence se fait moins ressentir en raison du caractère pentu du terrain naturel. Les enjeux étant bâtis en haut de colline, ils resteront hors d'eau malgré cette augmentation d'emprise inondable.

Néanmoins, ces résultats justifient les choix de coefficients effectués pour la simulation de référence, il est en effet peu vraisemblable que 85% du débit soit déversé de la Ouaya vers l'affluent 2.

De plus, avec un coefficient de 0.7, la cote calculée pour le cyclone Béti au droit de la laisse de crue est de 9.98 m NGNC, soit une différence de 66 cm avec le témoignage reçu.

## **5.3 Secteur Tomo**

### **5.3.1 Construction du modèle et hypothèses de calcul**

Les profils en travers modélisés sont localisés sur la planche 11, qui présente aussi les laisses de crue disponibles. Un synoptique hydraulique est présenté en planche 12 pour expliquer le fonctionnement du modèle.

Le linéaire modélisé concerne :

- La Chabérog,
- La Bagha et son affluent rive gauche (thalweg B1),
- Les thalwegs 1 et 2.

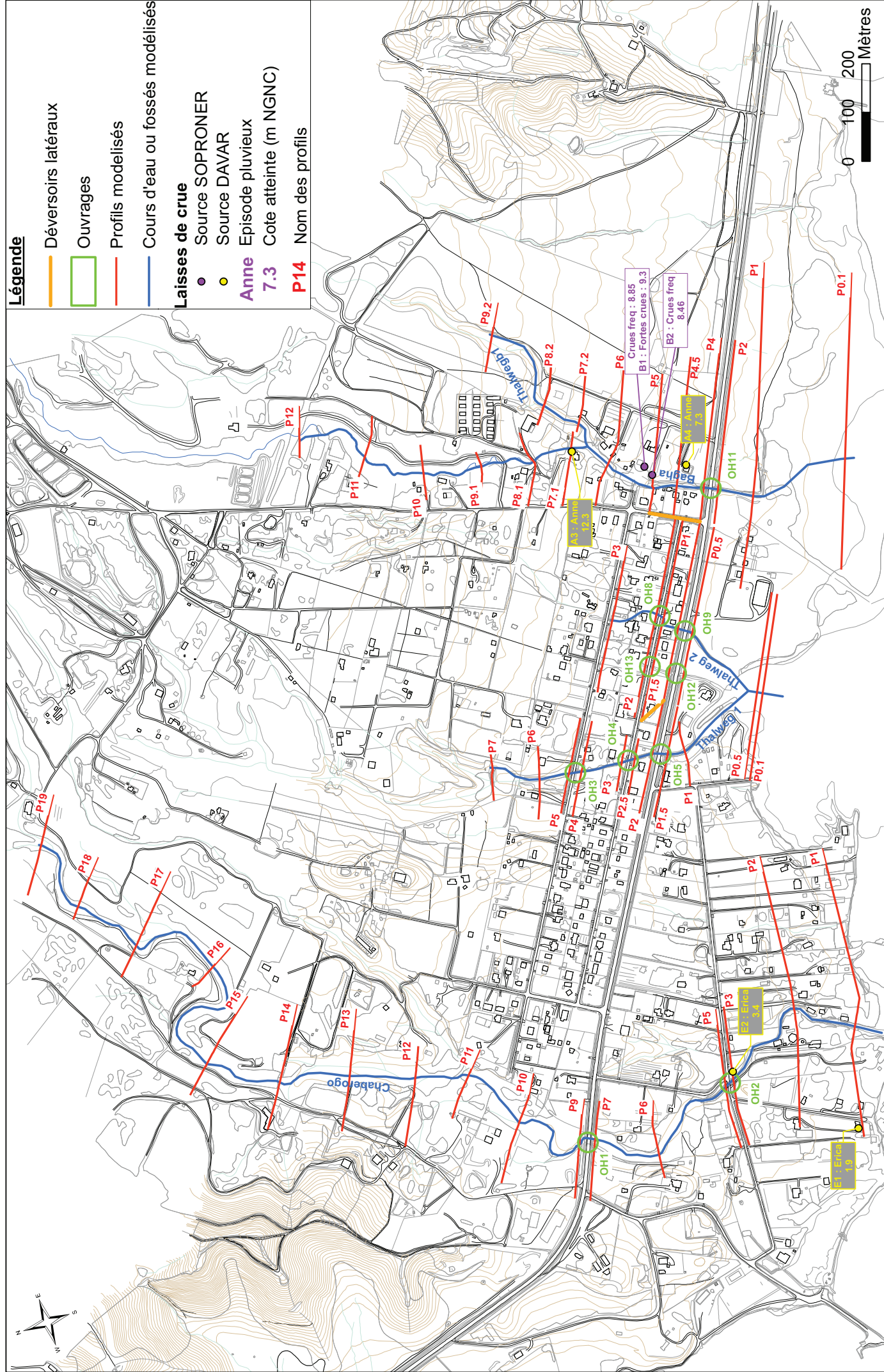
Chacun de ces creeks ou thalweg est modélisé depuis l'amont du village jusqu'à l'embouchure en baie de Ouenghi.

#### **5.3.1.1 Fonctionnements hydrauliques particuliers**

La Chabérog ne présente pas de fonctionnement particulier hormis sur le secteur en aval de l'ouvrage OH2 jusqu'au littoral. Sur ce secteur très plat, une partie des écoulements pourraient potentiellement rejoindre le littoral sud-ouest en rive droite. Les profils situés sur ce secteur ne pourront être fermés en rive droite, en effet il ne manque qu'une vingtaine de centimètres pour contenir la crue centennale, ce qui reste limité. Ce choix de modélisation permet de ne pas sous-estimer les hauteurs d'eau atteintes et donc de rester légèrement sécuritaire sur une zone qui ne compte en réalité que peu d'enjeux.

A contrario, la Bagha et les deux thalwegs, présentent un fonctionnement hydraulique avec de nombreuses singularités.

En amont du village, des débordements de la Bagha vers le thalweg B1 pourraient ponctuellement se produire. Néanmoins en raison de la pente importante, régulière et orientée sud-ouest et de la configuration relativement encaissée du lit mineur, ces débordements se limiteront à un secteur restreint en amont de la confluence. Les déversements étant très limités, il n'a pas été jugé nécessaire de modéliser de déversoir latéral entre la Bagha et le thalweg B1, le profil 7.1 reste donc « ouvert » en rive gauche.



**Légende**

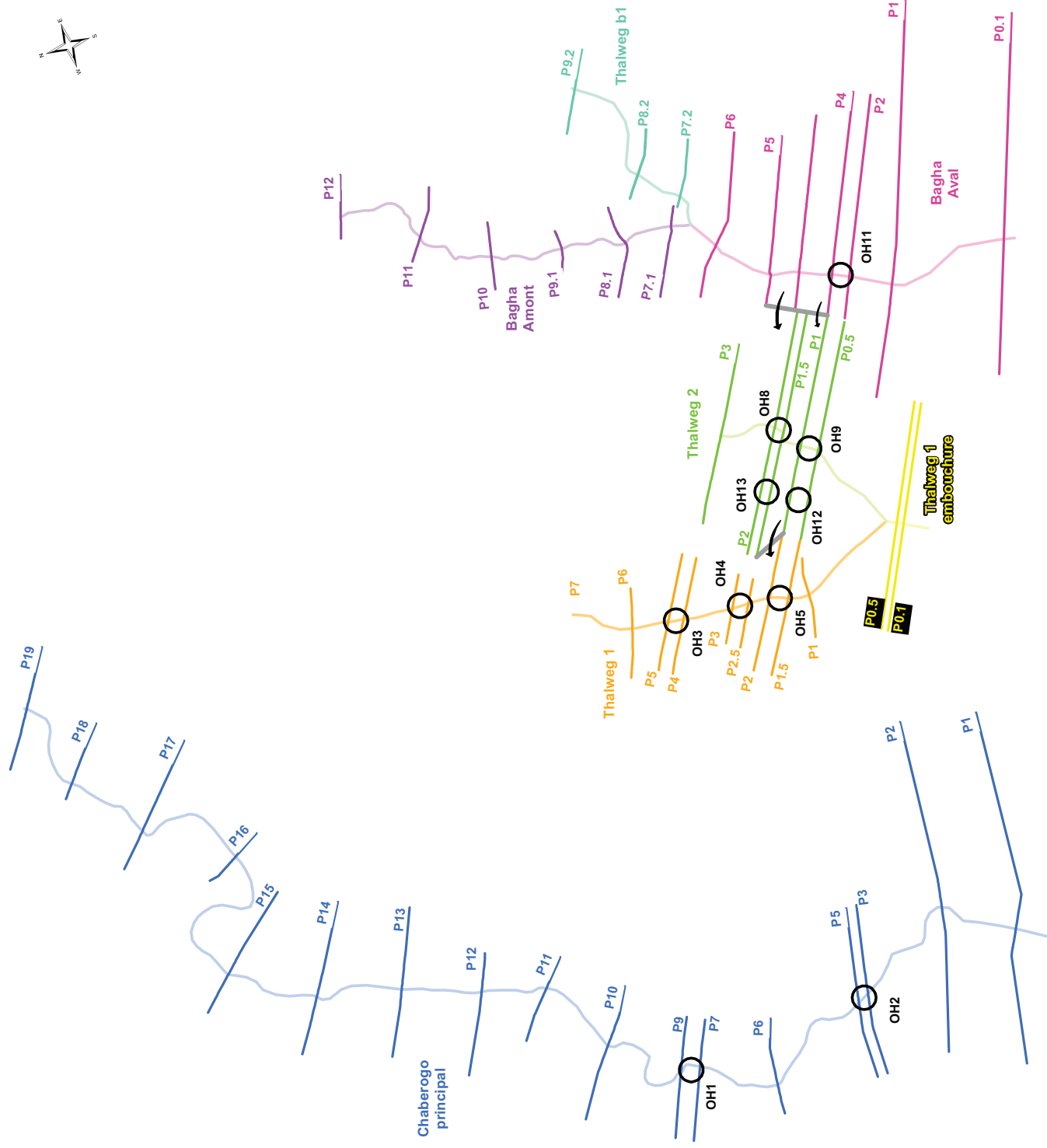
- Déversoirs latéraux
- Ouvrages
- Profils modelisés
- Cours d'eau ou fossés modelisés
- Laissez de crue**
  - Source SOPRONER
  - Source DAVAR
  - Episode pluvieux
  - Cote atteinte (m NGNC)
  - P14** Nom des profils



## Légende

— Déversoirs latéraux

□ Ouvrages



0 100 200  
Mètres

## Etude des zones inondables en Province Sud - Commune de Boulouparis

Planche 12 : Synoptique hydraulique - Secteur Tomo

Format : A3

Echelle :

1:7,000

En amont de la RT1, le fonctionnement hydraulique pour les fortes crues est difficile à appréhender en raison de la topographie particulière (cf. profil du terrain naturel) ainsi que de la présence de nombreux fossés et ouvrages situés en amont de la RT1, celle-ci étant de plus surélevée par rapport au terrain naturel. Cette configuration particulière engendre des débordements entre les différents lits présents.

Le profil de la RT1 suit approximativement le profil du terrain naturel mais avec un remblai d'environ 0.5 à 1 m/TN.

Cette configuration topographique ne permet pas de modéliser ce secteur avec un seul bief. Il a donc été nécessaire de modéliser ces biefs séparément et d'intégrer des déversoirs latéraux pour modéliser les échanges susceptibles de se produire :

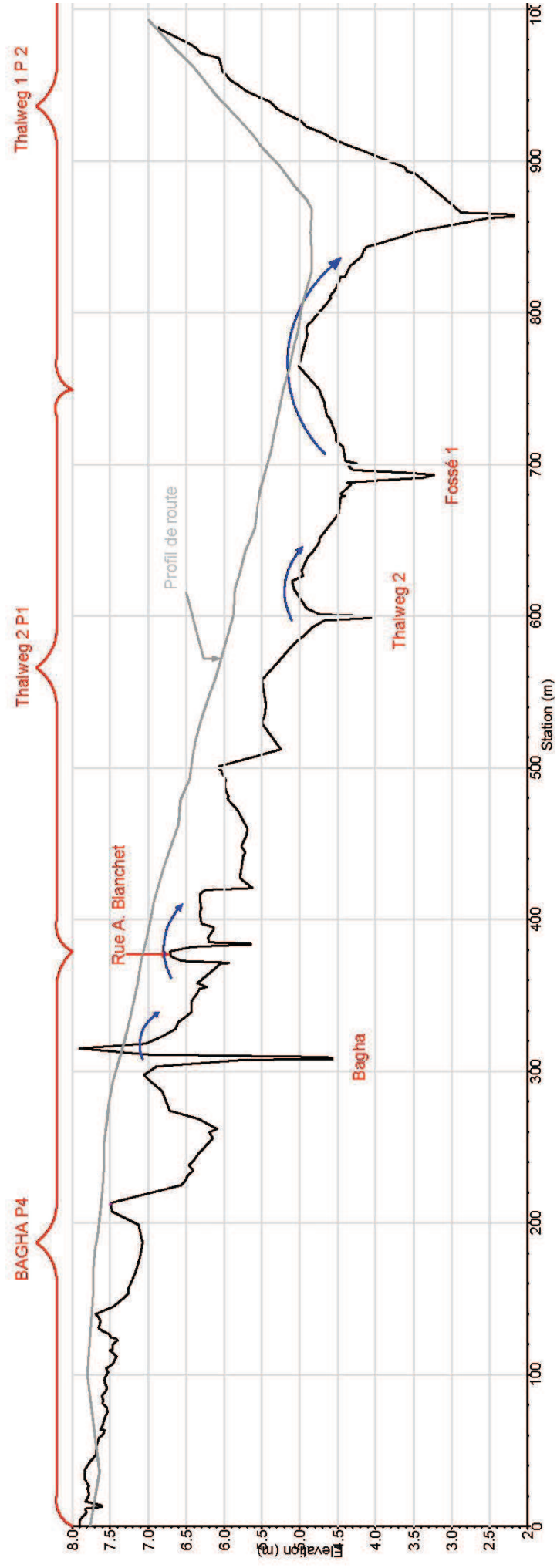
- un déversoir en rive droite de la Bagha entre les profils P5 et P4 qui alimente le thalweg 2 entre les profils P2 et P1 et qui correspond à la rue A Blanchet,
- un déversoir entre les profils P1.5 et P1 en rive droite du thalweg 2 qui alimente le thalweg 1 entre les profils P 2.5 et P2.

Un profil en travers du secteur est présenté en page suivante.

En ce qui concerne le thalweg 2, un fossé (fossé 1) a été créé en rive droite pour reprendre les eaux pluviales du secteur urbanisé (via des fossés et réseaux le long des voiries), En aval du profil P3 de ce thalweg, les nombreux échanges possibles entre ces deux axes d'écoulements ne permettent pas de distinguer la part d'écoulement dans chacun de ces lits.

Rappelons que la modélisation du Thalweg 2, ne se justifie que pour appréhender les déversements qui s'opèrent en rive droite de la Bagha et donc le gradient hydraulique sur cette zone.

Enfin, en aval de l'ouvrage OH11, la Bagha présente un lit mineur « perché » par rapport aux terrains environnants. En cas de débordement du lit mineur, il est impossible de prédire par une approche monodimensionnelle le devenir de ces débits déversés qui rejoindront le littoral en différents points. La cote d'inondation sur ce secteur ne sera pas homogène et quoiqu'il en soit vraisemblablement inférieure à la cote du dessus berges. Des « levees » ont donc été intégrées en dessus de berge, afin de ne pas sous-estimer la ligne d'eau dans la Bagha.



Profils en travers en amont de la RT1 sur la Bagha et les thalwegs 1 et 2



### 5.3.1.2 Débits injectés

Pour rappel, les débits suivants calculés en phase 1 sont injectés dans le modèle :

|                   | Surface drainée<br>à l'exutoire (km <sup>2</sup> ) | Q5 (m <sup>3</sup> /s) | Q10 (m <sup>3</sup> /s) | Q100 (m <sup>3</sup> /s) |
|-------------------|--|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| <b>Chabérogo</b>  | 5.2  | 51                     | 68                      | 124                      |
| <b>Thalweg 1</b>  | 0.6  | 6                      | 8                       | 15                       |
| <b>Thalweg 2</b>  | 0.3  | 3                      | 5                       | 9                        |
| <b>Thalweg B1</b> | 0.4  | 4                      | 6                       | 10                       |
| <b>Bagha</b>      | 1.7  | 19                     | 25                      | 46                       |

### 5.3.1.3 Coefficients de Strickler

Les coefficients de Strickler retenus, traduisant la rugosité des lits mineurs et majeurs des cours d'eau sont les suivants :

- Sur la Chabérogo :
  - 15 en lit mineur en amont de la RT1, où le lit est encombré par une végétation assez dense,
  - 25 en lit mineur en aval de la RT1, où le lit est bien marqué et relativement dégagé,
  - 7 en lit majeur sur la totalité du linéaire, où des clôtures, habitations et une végétation assez dense encombrant le lit majeur.
- Sur la Bagha :
  - 15 en lit mineur, celui-ci s'apparentant à un fossé légèrement marqué,
  - 7 en lit majeur sur la totalité du linéaire modélisé.
- Sur les thalwegs 1 et 2 :
  - 12 en lits mineurs, de nombreuses clôtures encombrant ceux-ci,
  - 5 en lit majeur, cette zone étant urbanisée.

### 5.3.1.4 Conditions limites

Conformément au cahier des charges, le niveau aval à l'embouchure pour chacun des biefs est fixé aux cotes suivantes :

| Période de retour<br>de la crue | Condition limite aval<br>(m NGNC) |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 5 ans                           | 1.10                              |
| 10 ans                          | 1.10                              |
| 100 ans                         | 1.40                              |

### 5.3.2 Calage du modèle

#### 5.3.2.1 Méthodologie

Le calage du modèle a été effectué sur les crues Erica (2003) sur la Chabérogo et Anne (1988) sur la Bagha, toutes deux disposant de témoignages précis sur le secteur.

Pour rappel, la crue Erica a été estimée d'occurrence 10 ans et Anne de période de retour 20-50 ans. Les débits correspondants injectés au modèle sont les suivants :

|           | Crue de calage | Débit injecté (m³/s) |
|-----------|----------------|----------------------|
| Chabérogo | Erica          | 70                   |
| Bagha     | Anne           | 35                   |

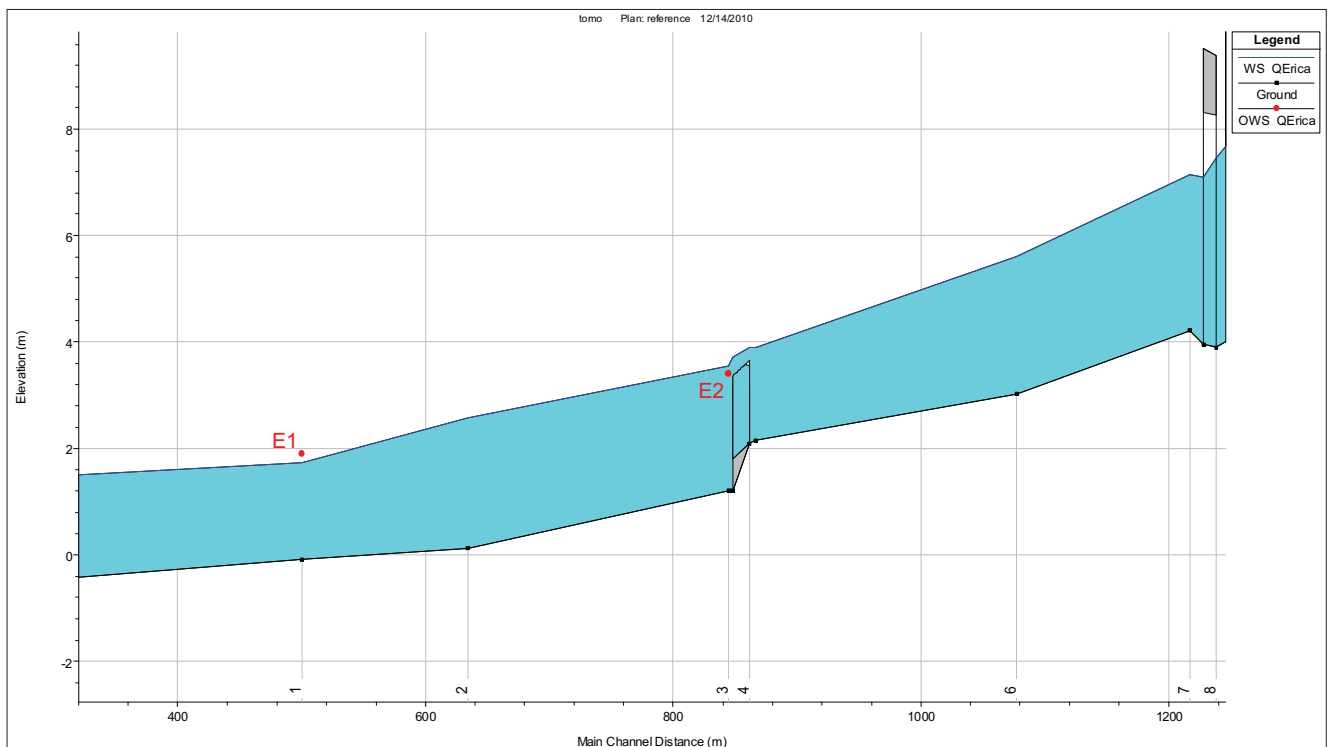
Les conditions limites aval pour chacun de ces événements sont les suivantes :

- 1.10 m NGNC pour la crue Erica,
- 1.40 m NGNC pour la crue Anne.

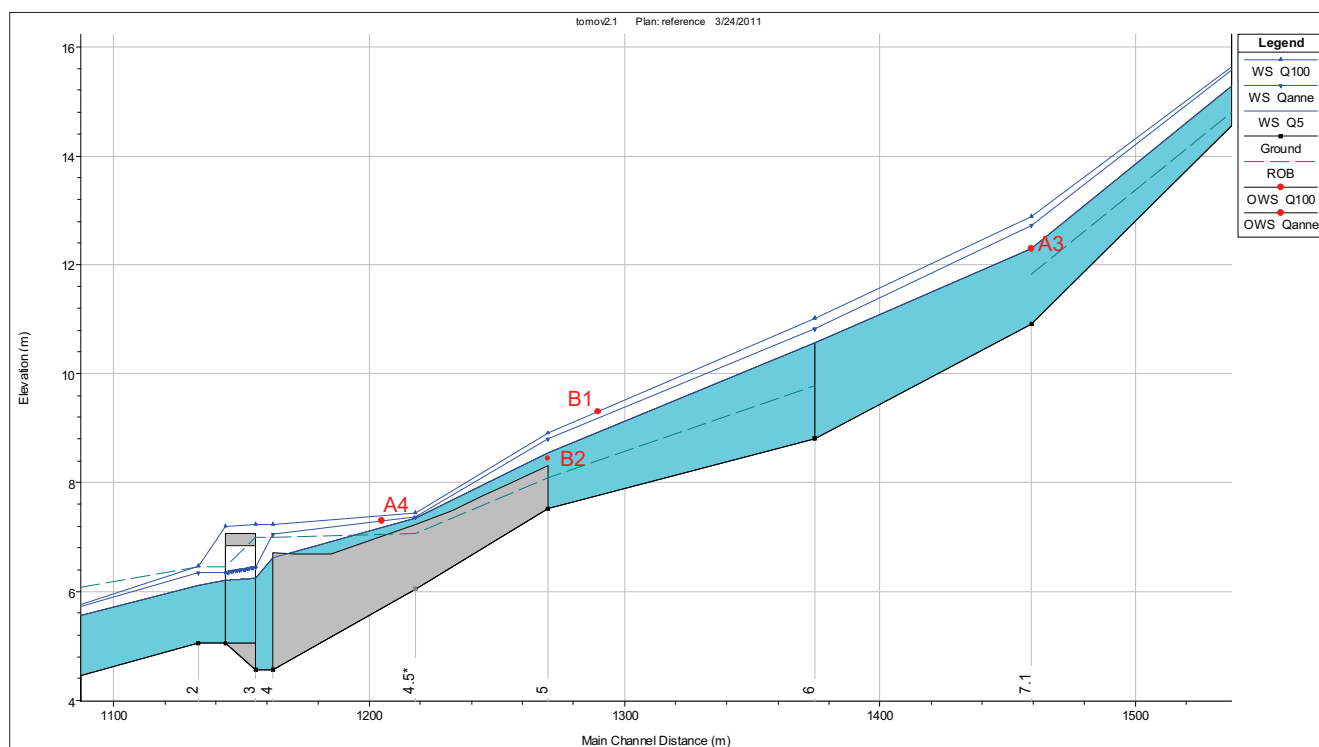
A noter que sur la Bagha, deux laisses de crue répertoriées pour les épisodes fréquents et les événements exceptionnels seront comparées à titres indicatif respectivement aux lignes d'eau quinquennale et centennale.

#### 5.3.2.2 Résultats du calage

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



*Ligne d'eau modélisée pour la crue Erica sur la Chabérogo*



*Lignes d'eau modélisées pour la crue Anne, quinquennale et centennale sur la Bagha*

Le tableau suivant présente la comparaison entre les lignes d'eau et les cotes observées :

| Nom de la laisse de crue         | Cours d'eau | Cote observée (m NGNC) | Cote calculée (m NGNC) | Différence : Cote calculée – observée (cm) |
|----------------------------------|-------------|------------------------|------------------------|--|
| <b>E1</b>                        | Chabérog    | 1.90                   | 1.73                   | -17  |
| <b>E2</b>                        | Chabérog    | 3.40                   | 3.55                   | +15  |
| <b>A3</b>                        | Bagha       | 12.3                   | 12.72                  | + 42                                       |
| <b>A4</b>                        | Bagha       | 7.30                   | 7.30                   | 0  |
| <b>B1</b>                        | Bagha       | 9.30                   | 9.3                    | 0  |
| <b>B1 bis (crues fréquentes)</b> | Bagha       | 8.85                   | 8.92                   | +7   |
| <b>B2</b>                        | Bagha       | 8.46                   | 8.54                   | +8   |

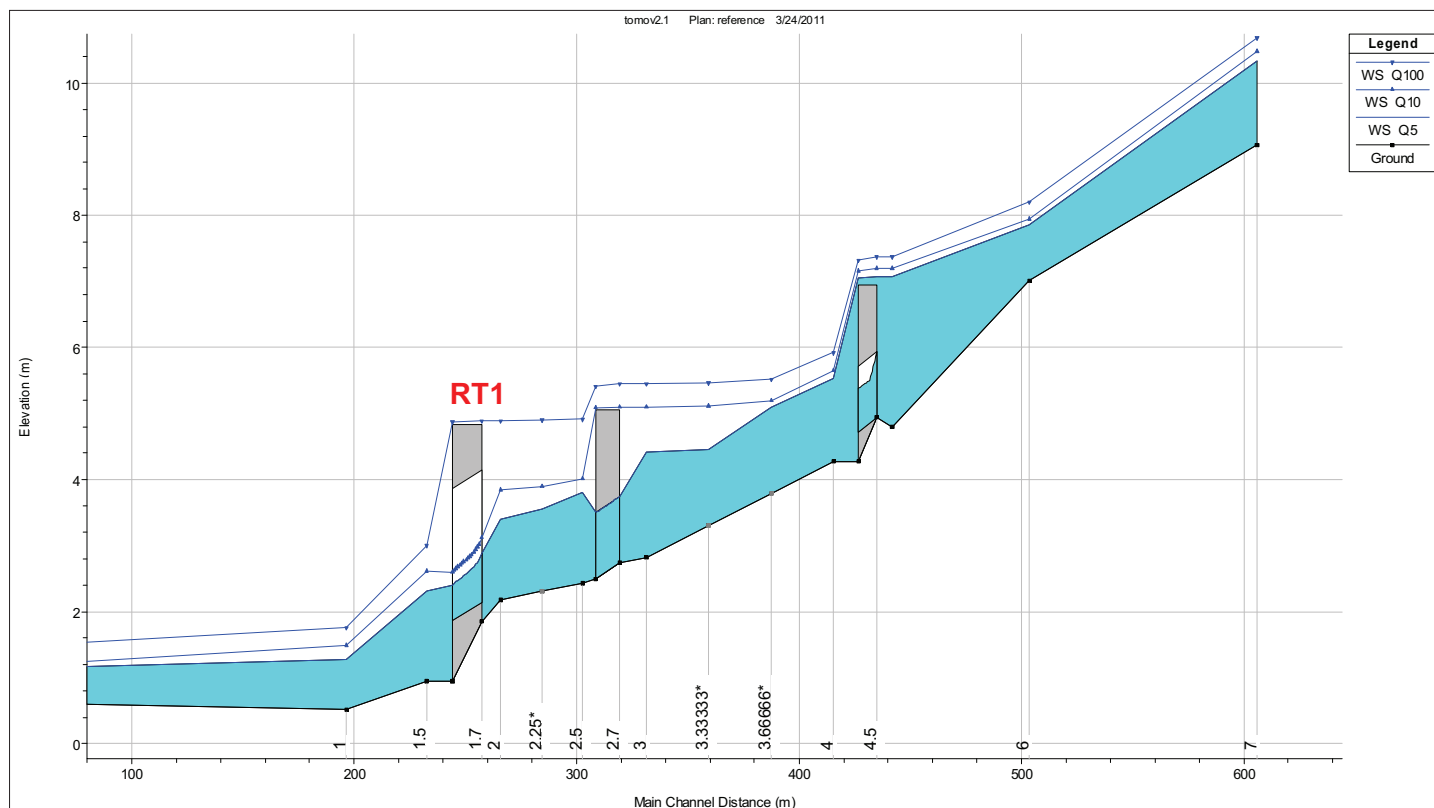
\* Les laisses B1bis et B2 correspondant à des épisodes pluvieux fréquents sont comparées à la ligne d'eau quinquennale. Le témoignage B1 observé lors d'un évènement important (date incertaine) est comparé à la ligne d'eau centennale.

D'une manière générale, le calage paraît correct. Cependant, les laisses de crues restent trop rares et aucune n'est recensée sur les thalwegs 1 et 2, secteur où le fonctionnement hydraulique est le plus délicat à appréhender.

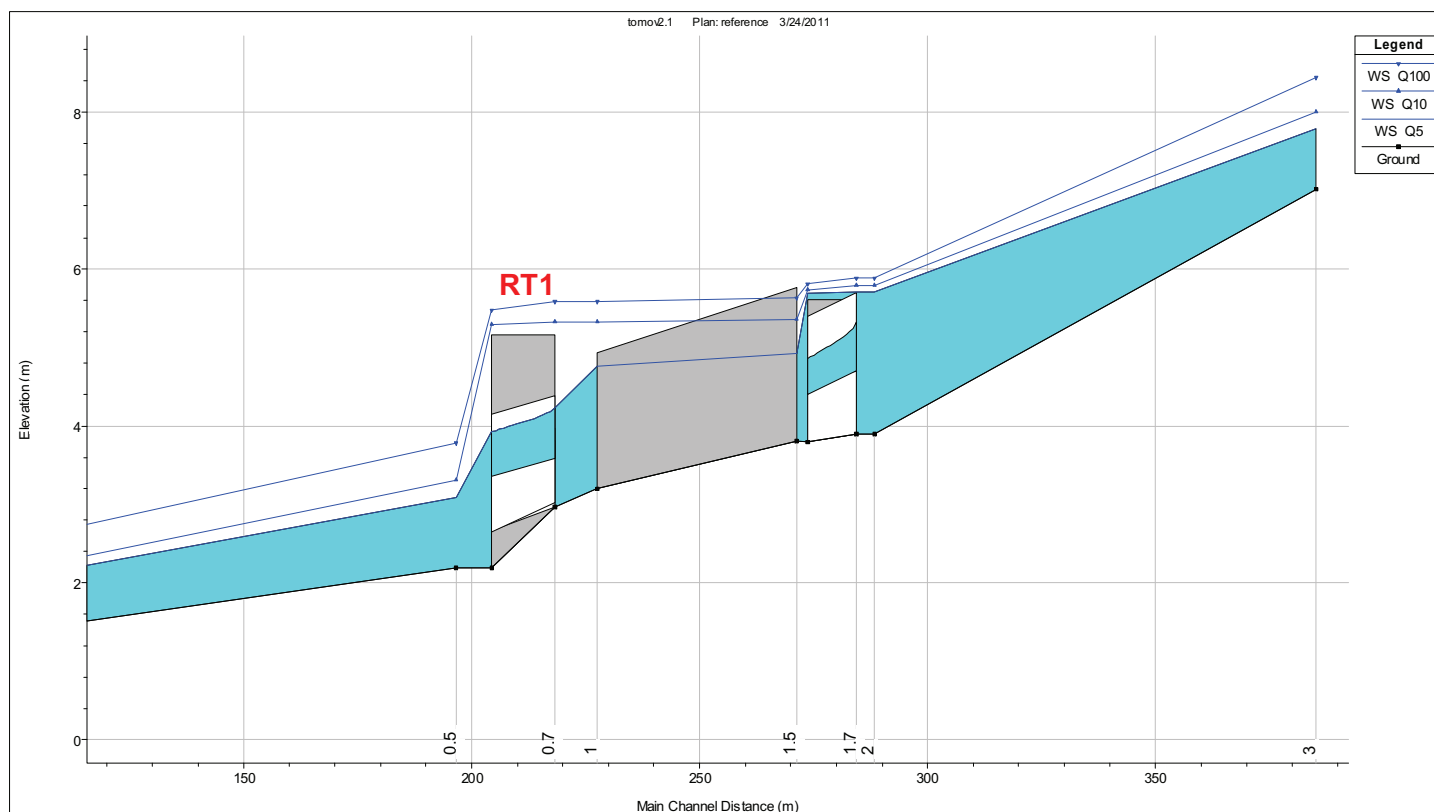


### 5.3.3 Modélisation des crues de référence

Les cotes calculées pour les crues de référence sont fournies en annexe 8. Les profils en long des pages suivantes présentent les lignes d'eau modélisées.

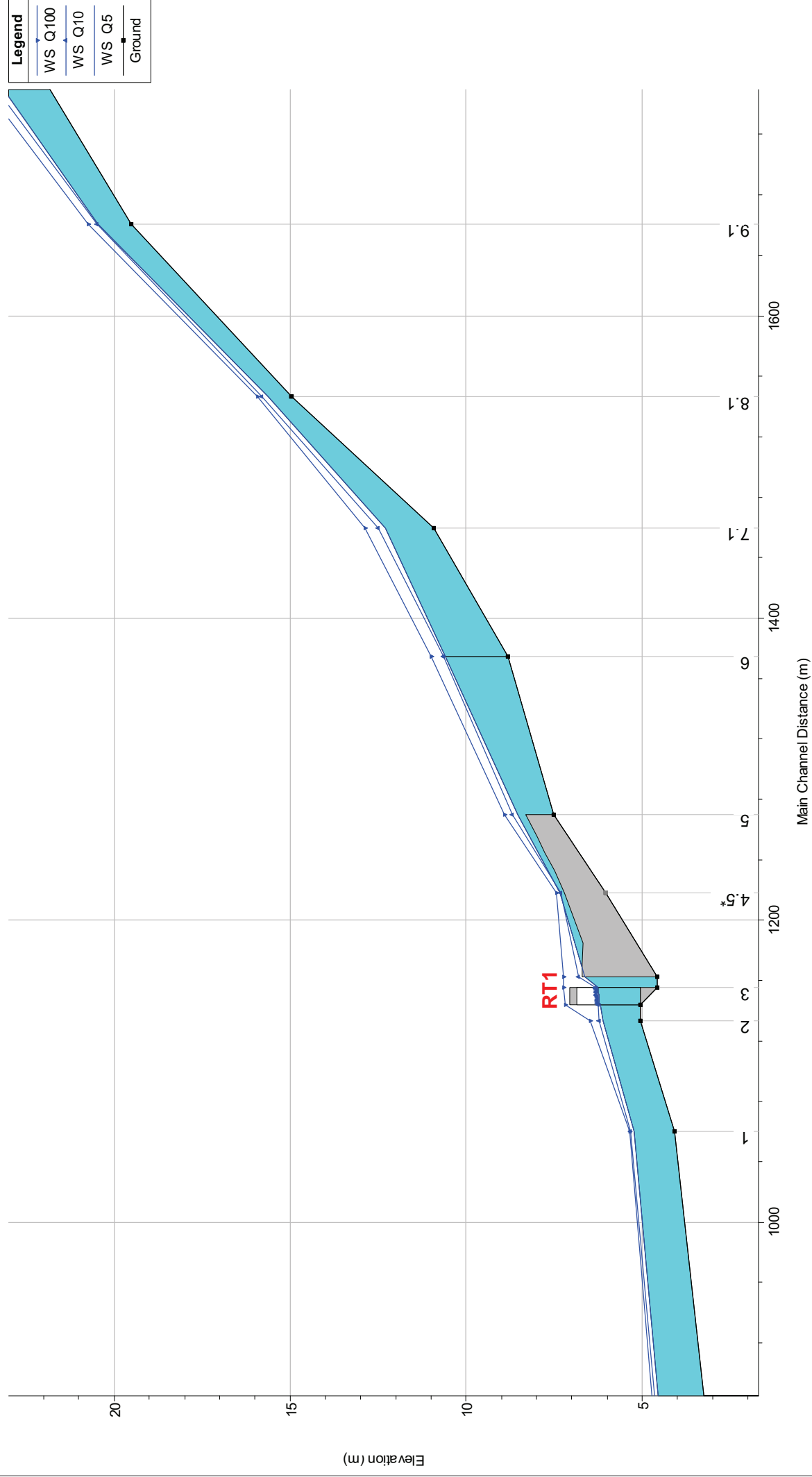


*Lignes d'eau modélisées pour les crues 5, 10 et 100 ans – Thalweg 1*

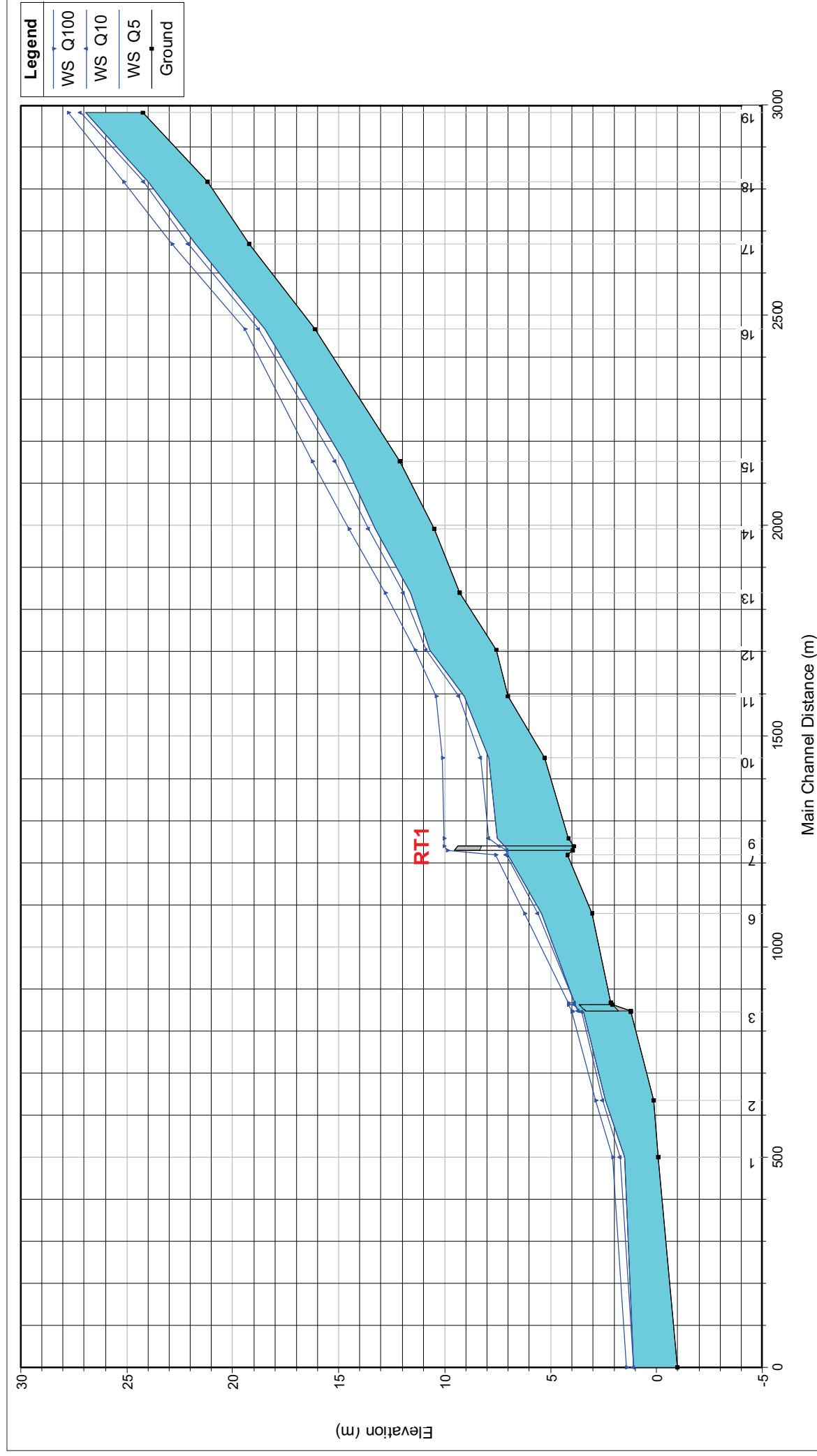


*Lignes d'eau modélisées pour les crues 5, 10 et 100 ans – Thalweg 2*

to mo\2.1 Plan: reference 3/24/2011



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





### 5.3.1 Analyse du fonctionnement hydraulique

#### ⇒ Chabérog

Peu de spécificités sont à noter sur ce cours d'eau, en amont de la RT1, l'expansion des crues reste généralement contenue dans l'encaissant marqué de ce lit, avec quelques débordements pour la crue centennale sur les terrasses.

Le risque de surverse vers le thalweg C1 (entre les profils 18 et 19), évoqué en phase 1, ne s'avère pas légitime, une revanche de 3 à 4 m par rapport à la ligne d'eau centennale étant à noter.

L'ouvrage de la RT1, permet de laisser transiter les crues 5 et 10 ans sans mise en charge amont, cependant pour une crue d'occurrence centennale, des débordements sur cette voirie (env. 40 cm) seraient à noter.

A contrario, l'ouvrage aval (OH2) est en charge pour toutes les occurrences étudiées avec un large déversement en rive gauche sur la voirie. L'incidence de cet ouvrage reste minime, dans la mesure où l'altimétrie de la route diffère peu du terrain naturel amont et aval.

#### ⇒ Bagha et Thalwegs 1 et 2

En amont de la confluence avec le thalweg B1, la pente de l'ordre de 4 % conduit à un écoulement critique, mais pas réellement avec un régime torrentiel marqué (les nombre de Froude restent voisins de 1). Les craintes évoquées lors du diagnostic sur les risques de déversement, soit vers le thalweg 2, soit vers le thalweg B1 ne semblent pas se confirmer, mais rappelons malgré tout que le lit mineur et majeur de ce creek reste peu encaissé et qu'au droit de certains profils, ces déversements ne sont évités qu'à quelques dizaines de centimètres près.

Au niveau du village de Tomo, la RT1 et son ouvrage de franchissement créent une surcote amont qui favorise les déversements vers les thalwegs 2 et 1. L'ouvrage est en effet quasi en charge pour la crue décennale et des débordements sur la RT1, en rive droite, sont à noter pour la crue centennale (15 cm en moyenne). L'incidence de l'ouvrage se fait ressentir sur au moins 50 à 60 m en amont.

Les déversements vers le village semblent se produire dès la crue 5 ans, avec une lame d'eau déversée de 20 à 30 cm pour les crues 5 et 10 ans et jusqu'à 50 à 60 cm pour la crue centennale. Le tableau suivant présente les débits déversés vers le thalweg 2 pour les différentes occurrences de crues.

|                     | Débit (m <sup>3</sup> /s) de la Bagha en amont de la zone de déversement | Débit (m <sup>3</sup> /s) déversé vers le thalweg 2 |
|---------------------|--|---|
| <b>Crue 5 ans</b>   | 19   | 5   |
| <b>Crue 10 ans</b>  | 25   | 9   |
| <b>Crue 100 ans</b> | 46   | 22  |

Au vu de ces valeurs, environ la moitié des débits de la Bagha se déverse vers le thalweg 2.

Le fonctionnement hydraulique du secteur urbanisé où s'écoulent les thalwegs 1 et 2 est largement conditionné par les ouvrages et les voiries, notamment la RT1.

Pour le thalweg 2, des débordements sur la RT1 sont à noter dès la crue décennale. Pour le thalweg 1, les ouvrages amont surversent dès l'occurrence 5 ou 10 ans, tandis que l'ouvrage de la RT1 (OH5) ne déborde que pour les crues centennales.

Le tableau suivant précise les cotes centennales atteintes au droit des cours d'eau et thalweg en amont immédiat de la RT1.

| Bagha | Thalweg 2 | Thalweg 1 |
|-------|-----------|-----------|
| 7.23  | 5.59      | 4.89      |

*Cotes centennales (m NGNC) en amont de la RT1*

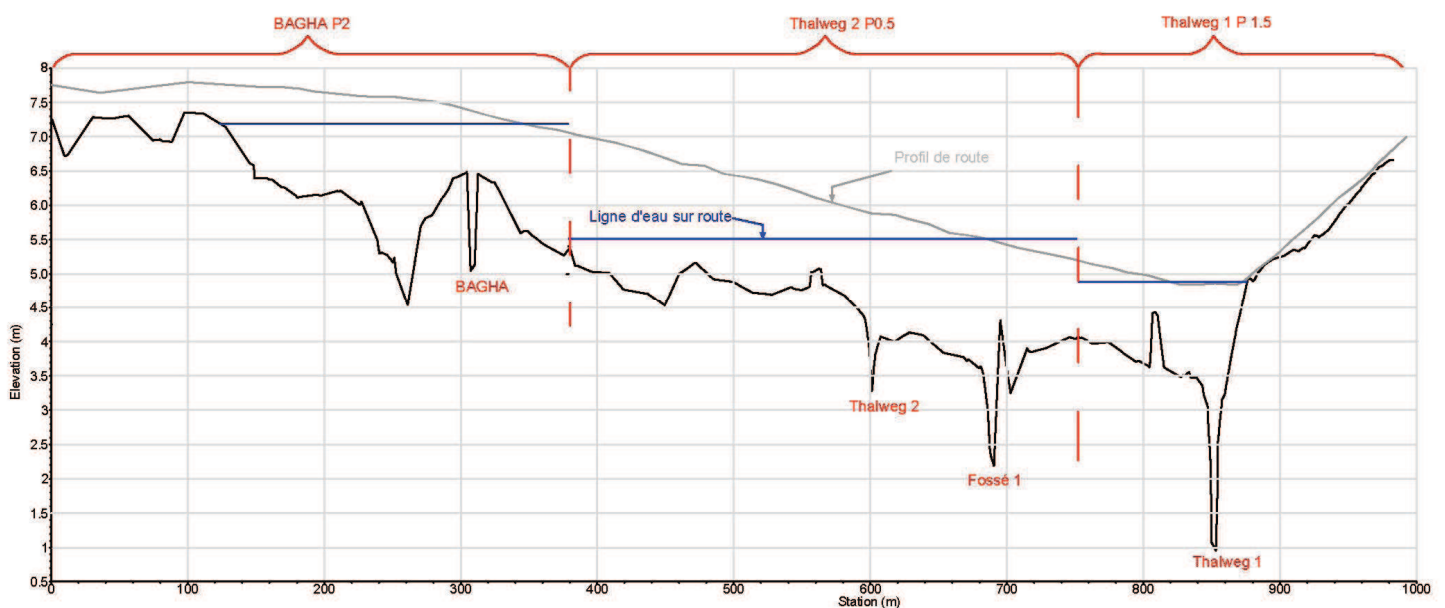
Ces cotes illustrent le gradient hydraulique homogène (pente de la ligne d'eau de 0.5 %) qui se produira entre la surverse de la Bagha au droit de la rue Blanchet et ces thalwegs. Une analyse sommaire par application de la formule de Manning Strickler permet d'estimer la vitesse le long de ce gradient entre 0.1 et 0.3 m/s.

Une incertitude sur le fonctionnement de cette zone est présente, les écoulements issus de cette surverse emprunteront préférentiellement les fossés et voiries mais ruisselleront également sur des parcelles urbanisées où les nombreuses clôtures et obstacles ne permettent pas une prévision plus fiable.

Ce ruissellement d'eaux surversées présente un risque important pour les nombreux enjeux de cette zone urbanisée.

Les isocotes seront définies pour représenter ce fonctionnement et devraient conduire à des hauteurs d'eau comprises entre quelques centimètres et 1 m, soit un classement de cette zone en aléa moyen, les vitesses moyennes étant inférieures à 1 m/s.

Enfin, en aval de la RT1, la configuration du lit perché de la Bagha et la topographie singulière du secteur (nombreuses dépressions topographiques, cf. profil en travers suivant) ne permettent pas une représentation satisfaisante du fonctionnement hydraulique par un modèle unidimensionnel. Les déversements depuis la RT1 ainsi que ceux de la Bagha en aval de cette voirie susceptibles de se produire en de nombreux points depuis le dessus de berge ne permettent pas de définir avec suffisamment de précision les hauteurs d'eau sur ce secteur. Cependant, les débits restant limités et les zones d'écoulement relativement larges, il paraît peu probable que les hauteurs d'eau soient supérieures à 1 m et les vitesses moyennes devraient rester inférieures à 1 m/s. Les enjeux étant limités sur ce secteur, il est proposé de fixer la hauteur d'eau centennale, en chaque point de cette zone de manière préventive à 1 m avec un classement en aléa moyen.



*Profils en travers en aval de la RT1 sur la Bagha et les thalwegs 1 et 2*

Le tableau suivant précise les cotes centennales atteintes au droit des cours d'eau et thalweg en aval immédiat de la RT1.

| Bagha | Thalweg 2 | Thalweg 1 |
|-------|-----------|-----------|
| 7.19  | 5.48      | 4.88      |

*Cotes centennales (m NGNC) en aval de la RT1*

Ces cotes illustrent le gradient hydraulique de l'ordre de 0.5%. Une analyse sommaire par application de la formule de Manning Strickler permet d'estimer la vitesse le long de ce gradient entre 0.1 et 0.3 m/s.

### 5.3.2 Analyse de sensibilité

Les lignes d'eau modélisées sont présentées en annexe 9. L'analyse de sensibilité porte sur les débits où des incertitudes importantes sont présentes, sur les coefficients de Strickler et sur la condition limite aval.

#### 5.3.2.1 Sensibilité aux variations de débits

La fourchette de débit centennal déterminée en phase 1 a été simulée.

Il ressort de cette comparaison une variation moyenne de  $\pm 35$  cm par rapport à la ligne d'eau centennale pour la Chabérogo et  $\pm 15$  cm pour la Bagha en amont de la RT1.

Cette incidence plus forte sur la Chabérogo que sur la Bagha s'explique par :

- Une fourchette de débit plus importante sur la Chabérogo que sur la Bagha (en pourcentage et en valeur relative)
- Une pente plus forte sur la Bagha ce qui limite les variations de hauteurs d'eau,
- Un encaissant plus marqué pour la Chabérogo.

#### 5.3.2.2 Sensibilité aux variations de rugosité

Une variation de  $\pm 20\%$  des coefficients de Strickler traduisant la rugosité et donc les pertes de charges linéaires a été testée.

Il ressort de ces simulations une variation moyenne de la ligne d'eau par rapport à celle obtenue pour la crue centennale de  $\pm 20$  cm pour la Chabérogo et  $\pm 10$  cm pour la Bagha. Le régime critique souvent atteint sur la Bagha limite en effet l'influence de ce paramètre sur les hauteurs d'eau atteintes.

Au global, cette sensibilité reste dans les gammes de précision du modèle.

#### 5.3.2.3 Sensibilité aux variations de conditions limites

Une variation de la condition limite aval a été testée afin d'évaluer son impact sur la ligne d'eau modélisée. La cote aval étant fixée pour cette occurrence à 1.40 m NGNC, une variation de  $\pm 30$  cm a été simulée.

Cette analyse de sensibilité a uniquement été effectuée sur la Chabérogo, sur la Bagha les incertitudes en aval de la RT1 ne légitimant pas cette analyse.

L'incidence de cette condition limite ne se fait pas ressentir au niveau du profil modélisé le plus aval (P1).

### 5.3.2.4 Sensibilité aux coefficients de débits des déversoirs latéraux

L'intégration dans le modèle des déversements latéraux qui se produisent de la Bagha vers les thalwegs 1 et 2 dépend des coefficients de débit des déversoirs fictifs. A la différence d'un ouvrage artificiel où ce coefficient peut être appréhendé d'après la bibliographie, le choix de ce coefficient est donc très subjectif. Une analyse de l'incidence de ce coefficient sur les échanges de débit et donc les lignes d'eau est donc légitime.

Les résultats de référence, obtenus avec des coefficients de 0.5 et 0.7 pour respectivement le déversoir de la Bagha vers le thalweg 2 et du thalweg 2 vers le thalweg 1, ont été comparés aux cotes et débits calculés avec des coefficients de 1.1, valeur par défaut d'un déversoir latéral à crête épaisse.

Pour la crue centennale, il ressort de cette comparaison une variation moyenne de la ligne d'eau de  $\pm 15$  cm au droit des déversoirs latéraux.

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

|   | Bagha vers Thalweg 2 |                      | Thalweg 2 vers thalweg 1 |                      |
|---|----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
|   | Débit amont (m³/s)   | Débit déversé (m³/s) | Débit amont (m³/s)       | Débit déversé (m³/s) |
| Simulation de référence :<br>C=0.5 sur la Bagha<br>C=0.7 sur le thalweg 2 | 46                   | 21.85                | 23.12                    | 4.21                 |
| C=1.1 sur les 2 déversoirs latéraux                                       | 46                   | 29.83                | 32.59                    | 8.08                 |

Ce coefficient est donc susceptible de modifier d'environ 40% les débits transitant dans les différents biefs modélisés.

Néanmoins, les valeurs retenues sont plus cohérentes avec les observations de terrain (déversement « fictif » dans une zone fortement lotie)

Cette variation de débit ne crée toutefois qu'une légère différence en termes de cotes d'inondation. Cela s'explique par les pentes assez fortes des thalwegs (1.5% à 2.5%) et de la Bagha (2.5%), ce qui limite les variations de hauteurs. De plus les sections d'écoulement sont assez larges sur ce secteur (environ 150m).

L'influence de ce coefficient est donc relativement limitée sur ce secteur.

### 5.3.2.5 Autres incertitudes

Les incertitudes les plus importantes à noter se situent sur la Bagha :

- En amont de la RT1, dans le secteur où une surverse s'effectue vers les thalwegs 1 et 2. Une analyse de sensibilité serait complexe à mettre en œuvre car le fonctionnement sur ce secteur dépend de nombreux paramètres entre les différents ouvrages présents, le déversoir fictif et le devenir des écoulements déversés dans cette zone urbanisée. Les résultats produits semblent cohérents (notamment avec les laisses de crue) et l'approche proposée au paragraphe 5.3.1 permettra de représenter ce risque.
- En aval de la RT1 (cf. § 5.3.1).



## 6 CARTOGRAPHIE DE LA ZONE INONDABLE ET DES ALEAS

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

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

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

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

Sur le secteur de Tomo, comme précisé dans le paragraphe 5.3.1, en aval de la RT1, les hauteurs d'eau centennales ont été fixées de manière préventive à 1m.

### 6.2 Carte des aléas

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

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

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

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

| <b>Vitesse</b><br><b>Hauteur d'eau</b>         | <b>Faible à modérée</b><br><b><math>\leq 1\text{ m/s}</math></b> | <b>Forte à très forte</b><br><b><math>&gt; 1\text{ m/s}</math></b> |
|--|--|--|
| <b><math>H \leq 1\text{ m}</math></b>          | Moyen  | Fort   |
| <b><math>1 &lt; H \leq 1,5\text{ m}</math></b> | Fort   | Très fort  |
| <b><math>H &gt; 1,5\text{ m}</math></b>        | 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).

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

## **7 ANNEXES**

---

**Annexe 1 : Reportage photographique**

**Annexe 2 : Plans des levés topographiques**

**Annexe 3 : Hyétogrammes des pluies réelles**

**Annexe 4 : Cônes de déjection du secteur de Tomo (source Carex)**

**Annexe 5 : Formules de calcul des temps de concentration**

**Annexe 6 : Carte des zones inondées sur la Ouaya (source : IDR, SDA de la commune de Boulouparis)**

**Annexe 7 : Fiches laisses de crues (source SOPRONER)**

**Annexe 8 : Débits injectés et cotes calculées pour les crues de référence**

**Annexe 9 : Analyse des incertitudes**

**Annexe 1 : Reportage photographique**

# Etude des zones inondables en Province Sud - Commune de Boulouparis

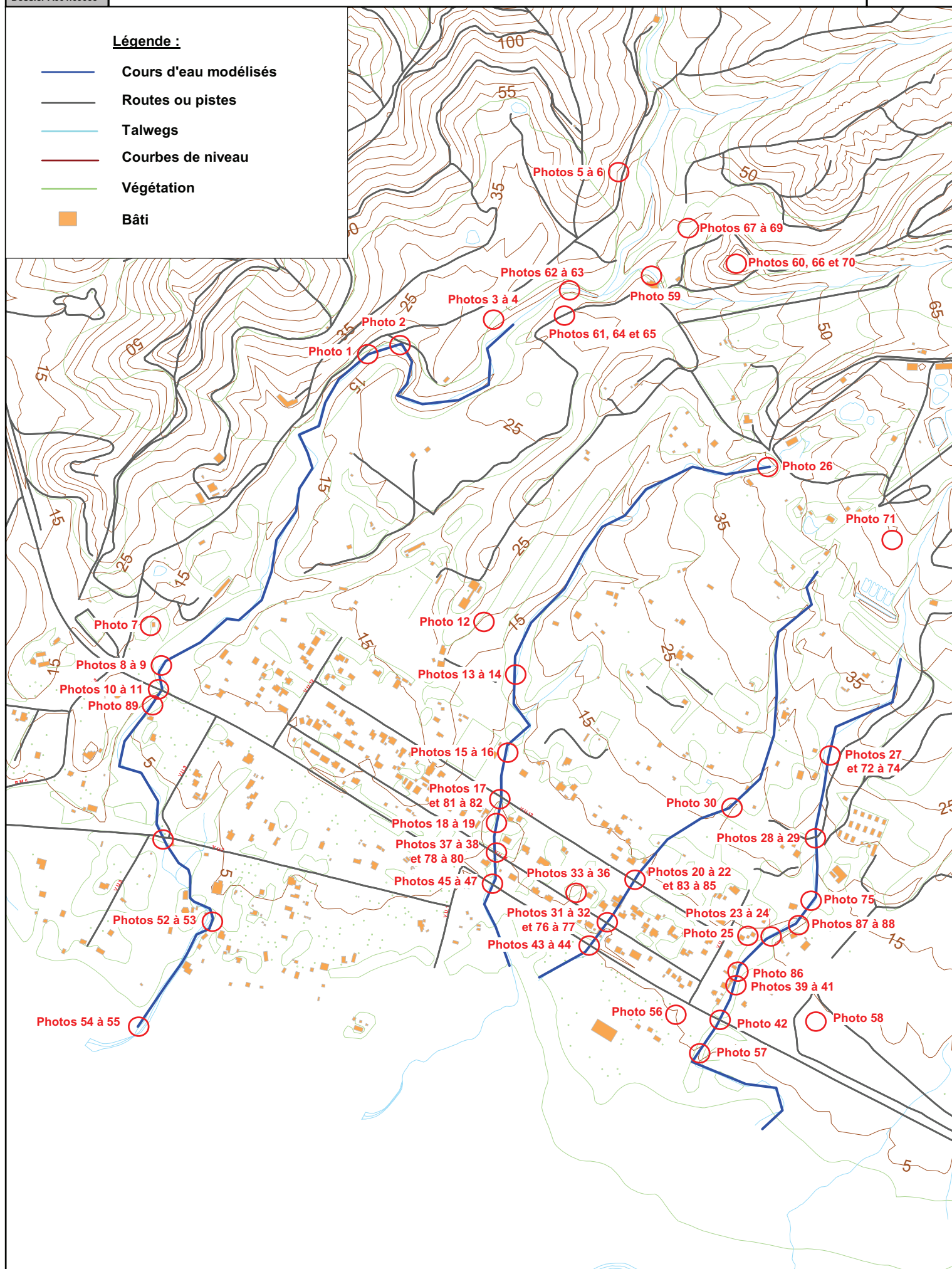
## Annexe 1 : Localisation des photographies - Secteur Tomo

Echelle:  
1 / 7 000

Format: A3

### Légende :

- Cours d'eau modélisés
- Routes ou pistes
- Talwegs
- Courbes de niveau
- Végétation
- Bâti





Annexe 2 : Planche photographique de la zone d'étude – Secteur Tomo



1



2



3



4



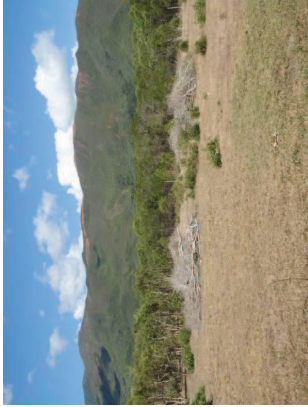
5



6



7



12



11



8



9



14



10



15

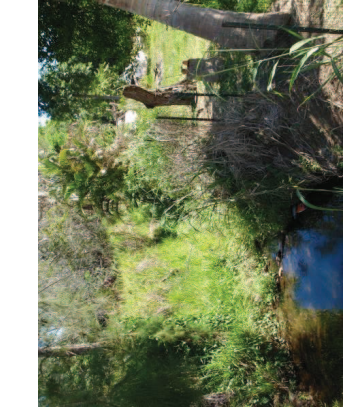




16



17



18



19



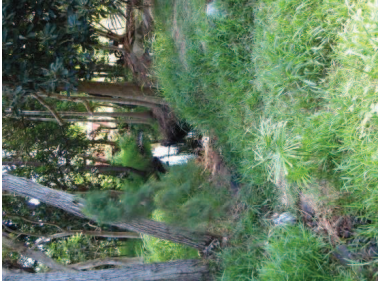
20



21



22



23



24



25



26



27



28



29



30





31



32



33



34



35



36



37



38



39



40



41



42



43



44



45





46



47



48



49



50



51



52



53



54



55



56



57



58



59



60





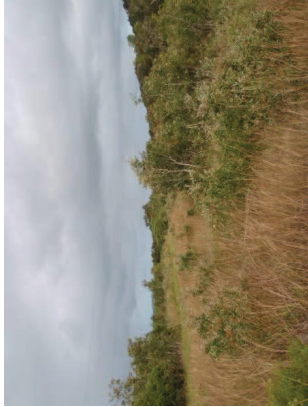
62



63



64



65



66



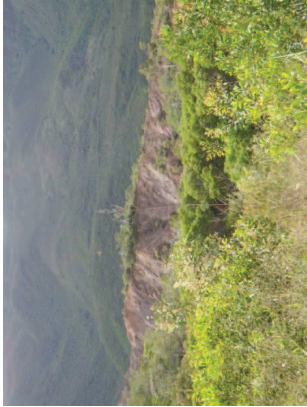
67



68



69



70



71



72



73



74



75





77



78



79



80



76



81



86



87



88



89

83

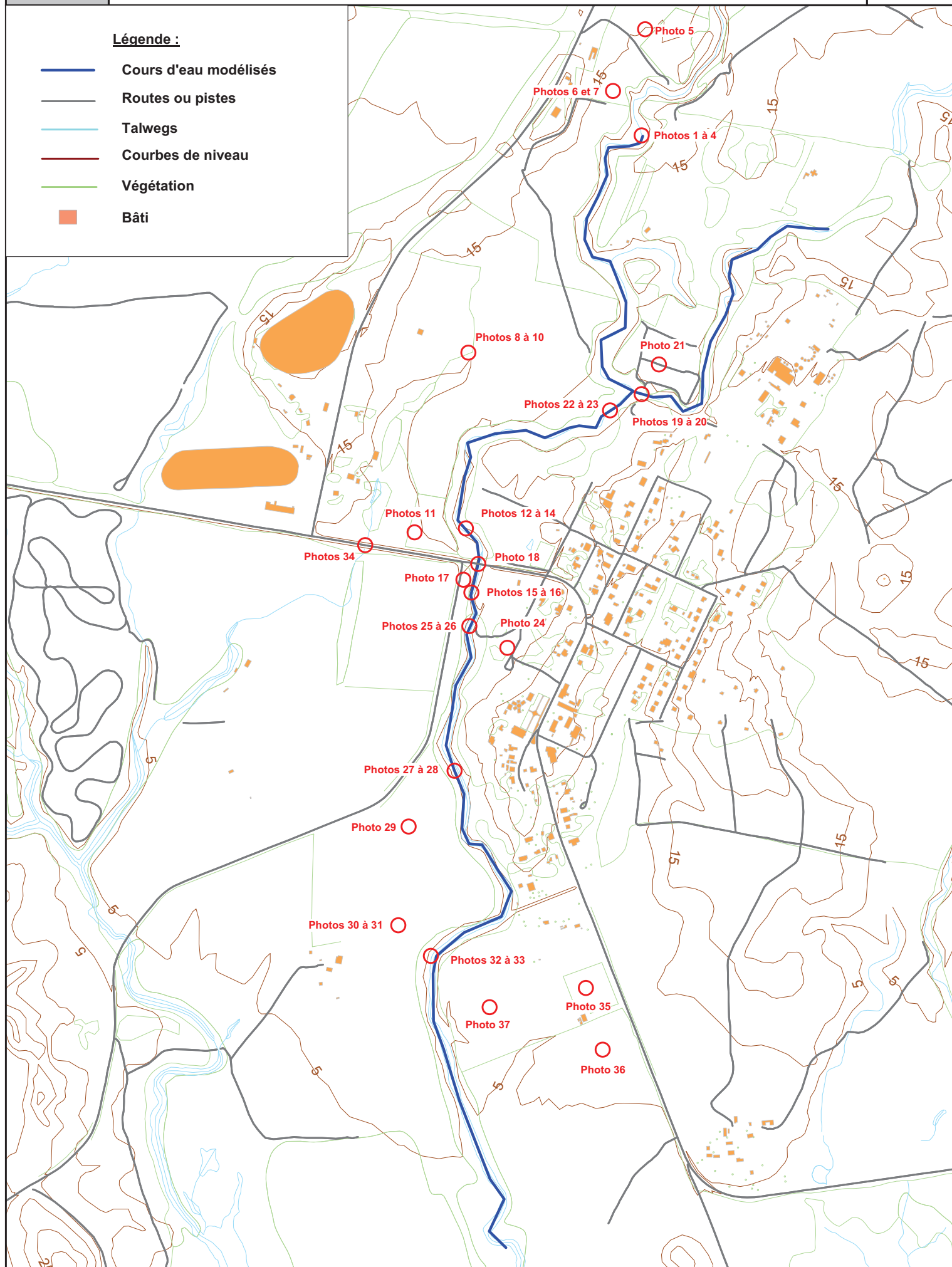
84

85



**Légende :**

- Cours d'eau modélisés
- Routes ou pistes
- Talwegs
- Courbes de niveau
- Végétation
- Bâti





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



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15





16



17



18



19



20



21



22



23



24



25



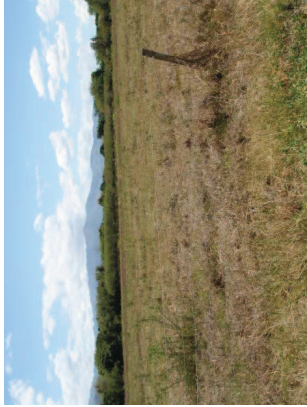
26



27



28



29

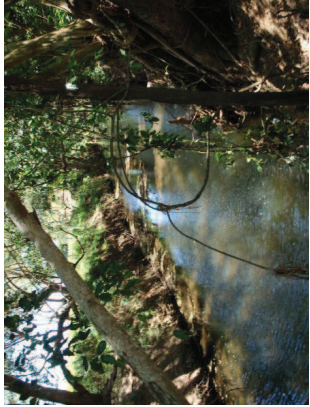


30





31



32



33



34



35



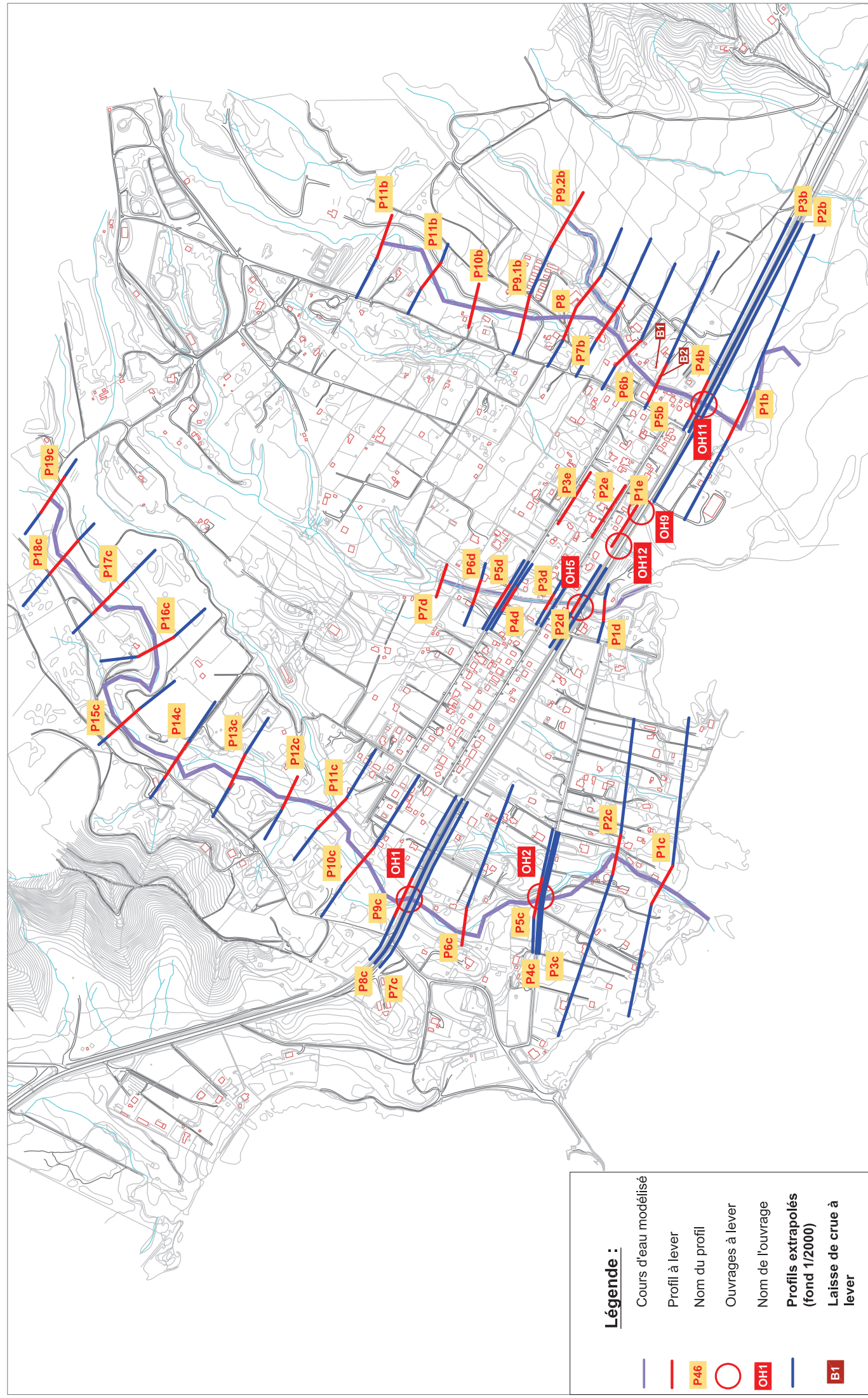
36



37




**Annexe 2 : Plans des levés topographiques**










**Légende :**

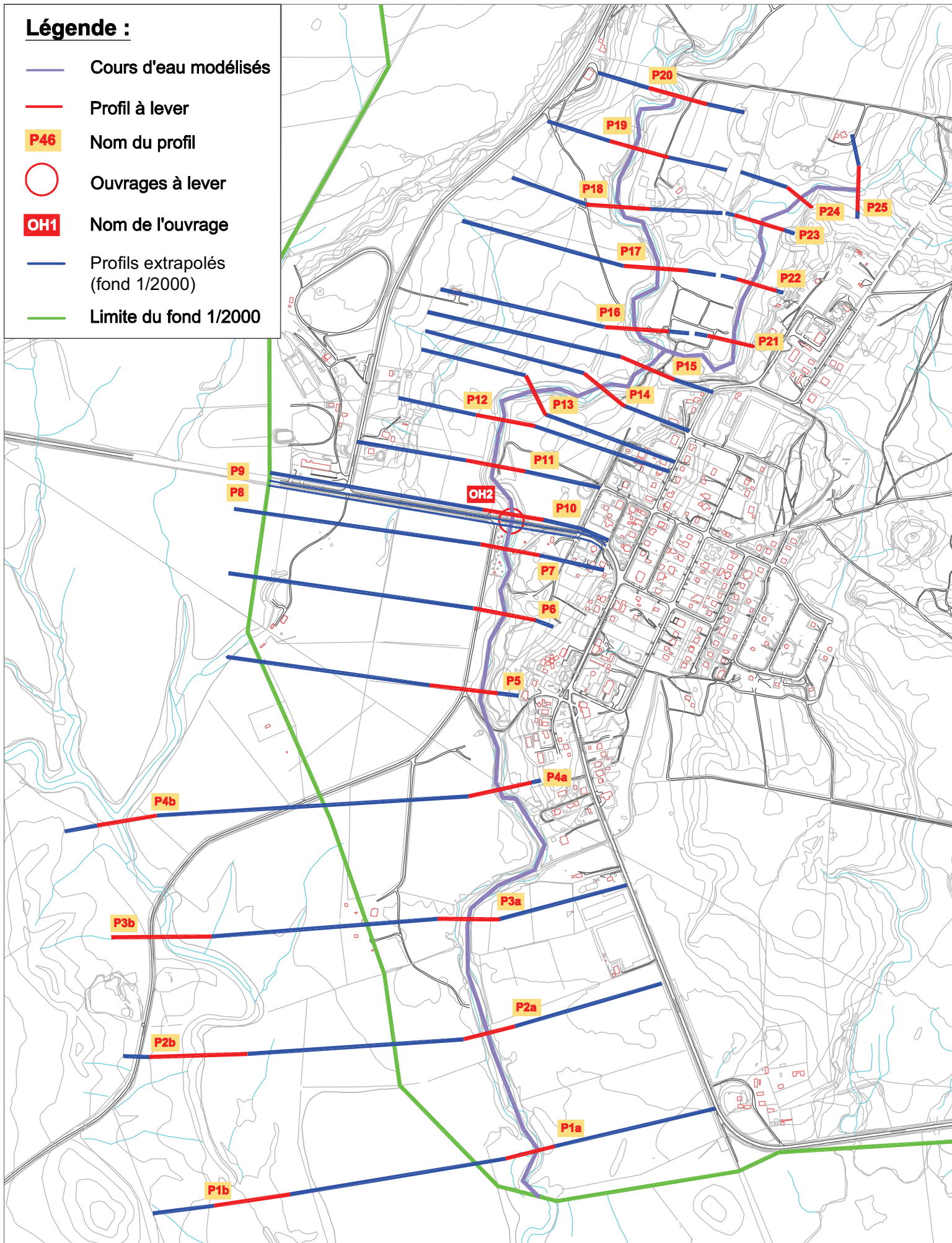
- Cours d'eau modélisé
- Profil à lever
- Nom du profil
- Ouvrages à lever
- Nom de l'ouvrage
- Profils extrapolés (fond 1/2000)
- Laisse de crue à lever



## Légende :

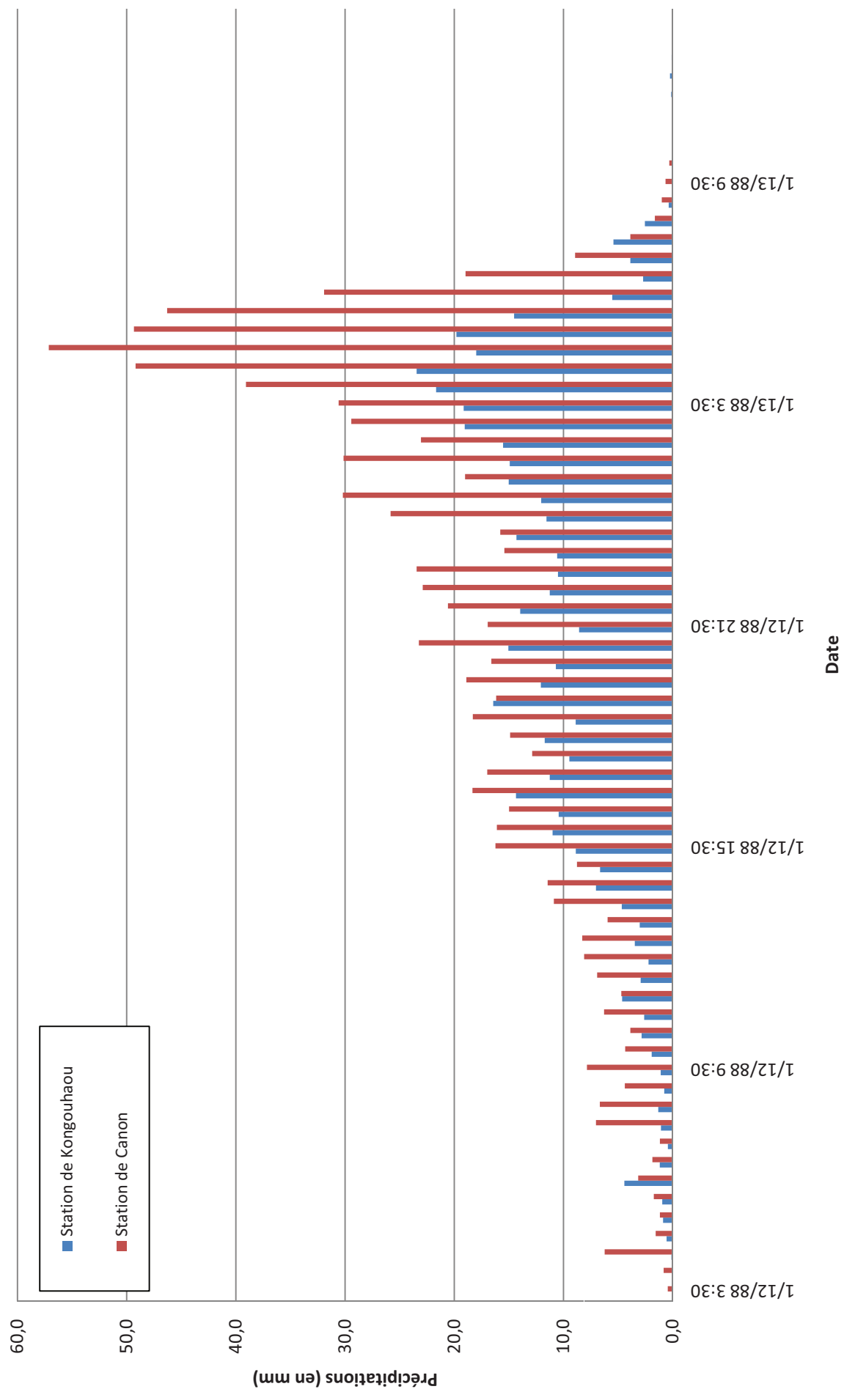
-  Cours d'eau modélisés
-  Profil à lever
-  Nom du profil
-  Ouvrages à lever
-  Nom de l'ouvrage
-  Profils extrapolés (fond 1/2000)
-  Limite du fond 1/2000



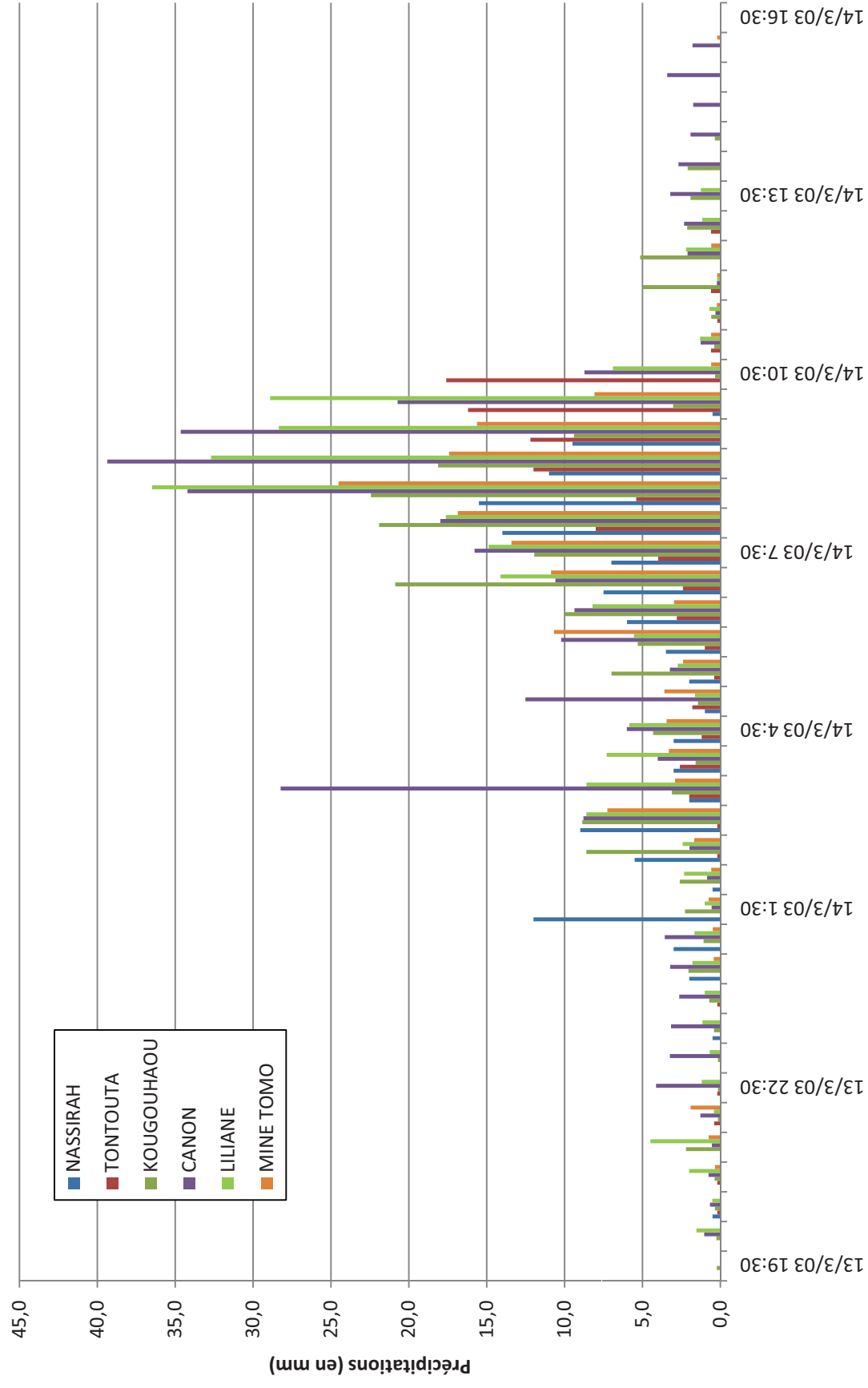


**Annexe 3 : Hyétogrammes des pluies réelles**

# Cumul des précipitations observées sur 30 minutes pour la crue Anne (1988)



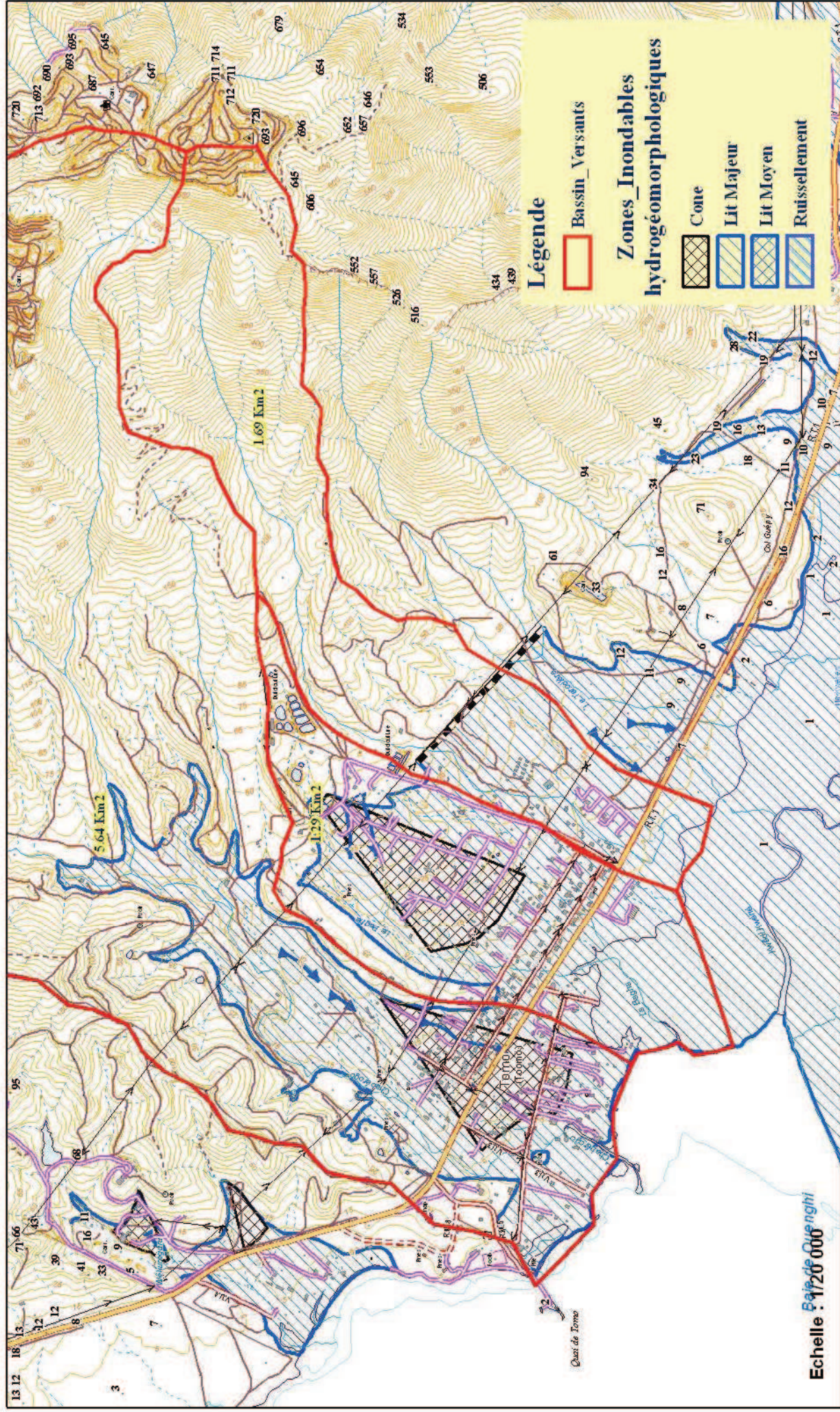
# Cumuls des précipitations observées sur 30 minutes lors de la crue Erica (2003)





**Annexe 4 : Cônes de déjection du secteur de Tomo (source Carex)**







|   |
|---|
| <b>Annexe 5 : Formules de calcul des temps de concentration</b> |
|---|



|  |
|--|
| Annexe 5 : 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 S est la surface du bassin en km et I la pente en m/m.

- Formule de Passini :

$$t_c = \frac{0.108}{10} \times \frac{(S \times L)^{1/3}}{\sqrt{I}}$$

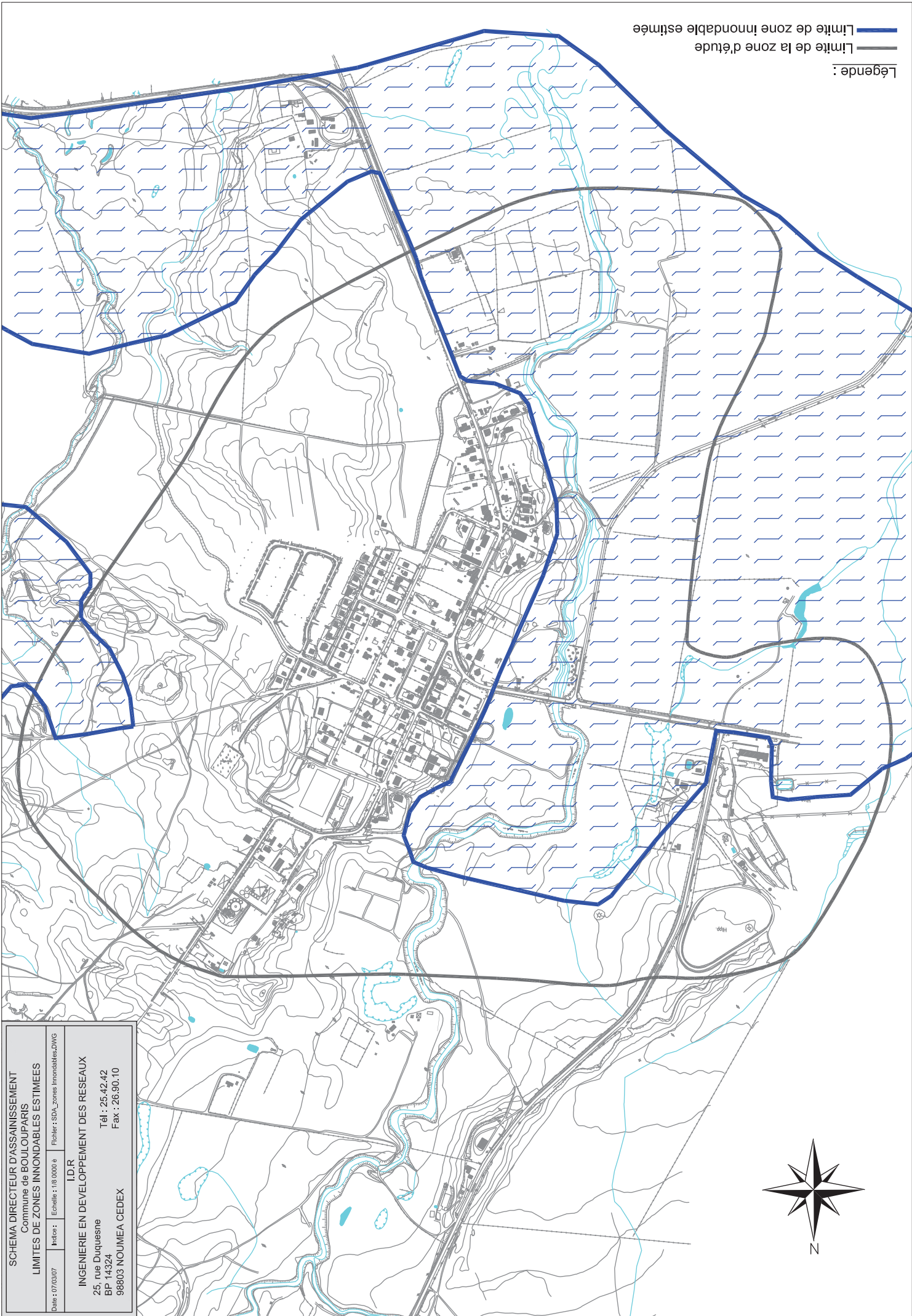
Où  $t_c$  est le temps de concentration en h, S est la surface du bassin en km et I la pente en m/m et L le plus long chemin hydraulique en m.

- Formule de Kirpich :

$$t_c = 0.000325 \times L^{0.77} \times I^{-0.385}$$

Où L le plus long chemin hydraulique en m et I la pente en m/m.

**Annexe 6 : Carte des zones inondées sur la Ouaya (source : IDR, SDA de la commune de Boulouparis)**



|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT</b><br>Commune de BOULOGNE SUR MER |                                    |
| <b>LIMITES DE ZONES INONDABLES ESTIMEES</b>                             |                                    |
| Date : 07/03/07   | Fichier : SDA_zones_inondables.DWG |
| Indice : Echelle : 1/8 000 à  |                                    |
| <b>I.D.R</b>  |                                    |
| <b>INGENIERIE EN DEVELOPPEMENT DES RESEAUX</b>                          |                                    |
| 25, rue Duquesne  |                                    |
| BP 14324  |                                    |
| 98803 NOUMEA CEDEX  |                                    |
| Tél : 25.42.42  |                                    |
| Fax : 26.90.10  |                                    |



**Annexe 7 : Fiches laisses de crues (source SOPRONER)**

## FICHE LAISSE DE CRUE



|   |                           |                        |
|---|---------------------------|------------------------|
| PHE N°: Ouaya 1   | Cours d'eau/bassin: Ouaya | Commune: Boulouparis   |
| Relevé des plus hautes eaux (PHE): enquête menée par Soproner en octobre 2009 |                           |                        |
| Episode pluvieux: Bété  | Date:                     | 27 mars 1996           |
| Niveau de précision du relevé:  |                           |                        |
| Hauteur : 1.82 m dans la maison   |                           |                        |
| Position Lambert  | X:                        | Y: Z PHE: 10.64 m NGNC |

Remarques :



# FICHE LAISSE DE CRUE



|   |    |                     |                    |                    |             |
|---|----|---------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| PHE N°:   | 1  | Cours d'eau/bassin: | Bagha              | Commune:           | Boulouparis |
| Relevé des plus hautes eaux (PHE): enquête menée par Soproner en juillet 2010 |    |                     |                    |                    |             |
| Episode pluvieux:   |    |                     | 2009               | Date:              |             |
| Niveau de précision du relevé:  |    |                     | Approximatif       |                    |             |
| Hauteur : 45 cm   |    | par rapport:        |                    | Sol                |             |
| Position Lambert  | X: | Y:                  | Z PHE:8.85 à 9.3 m | Z Sol: 8.85 m NGNC |             |

2 témoignages différents : les PHE ont atteint 45 cm par rapport au sol ou PHE au raz du compteur électrique

Remarques :





# FICHE LAISSE DE CRUE



|   |                           |                         |                      |
|---|---------------------------|-------------------------|----------------------|
| PHE N°: 2   | Cours d'eau/bassin: Bagha |                         | Commune: Boulouparis |
| Relevé des plus hautes eaux (PHE): enquête menée par Soproner en juillet 2010 |                           |                         |                      |
| Episode pluvieux: Crues fréquentes  |                           | Date:                   |                      |
| Niveau de précision du relevé:  |                           | Approximatif            |                      |
| Hauteur : 0   |                           | par rapport: Végétation |                      |
| Position Lambert  | X:                        | Y:                      | Z PHE: 8.46 m NGNC   |
|   |                           |                         | Z Repère:            |

Remarques :



**Annexe 8 : Débits injectés et cotes calculées pour les crues de référence**

## Annexe 8a - Débits injectés dans le modèle de Ouaya

| Bief            | Profil d'injection | Surface drainée (km <sup>2</sup> ) | Q5 - Fourchette Basse | Q5  | Q5 - Fourchette haute | Q10 - Fourchette Basse | Q10 | Q10 - Fourchette haute | Q100 - Fourchette Basse | Q100 | Q100 - Fourchette haute |
|-----------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------|-----|-----------------------|------------------------|-----|------------------------|-------------------------|------|-------------------------|
| Ouaya amont     | 20                 | 41.6                               | 275                   | 328 | 382                   | 387                    | 442 | 501                    | 729                     | 819  | 924                     |
| Affluent 1      | 25                 | 2.2                                | 30                    | 36  | 42                    | 43                     | 49  | 55                     | 80                      | 90   | 102                     |
| Ouaya Principal | 15                 | 44.3                               | 288                   | 343 | 400                   | 405                    | 464 | 525                    | 764                     | 859  | 968                     |
| Ouaya Principal | 3                  | 46.2                               | 298                   | 356 | 413                   | 418                    | 480 | 542                    | 788                     | 882  | 999                     |
| Affluent 2      | 2.7                | 16.8                               | 139                   | 166 | 193                   | 196                    | 224 | 254                    | 369                     | 415  | 468                     |
| Ouaya Aval      | 2                  | 63.0                               | 376                   | 447 | 521                   | 528                    | 604 | 684                    | 995                     | 1118 | 1261                    |



Annexe 8b - Résultats de la simulation sur la Ouaya

|                 | Profils | Cotes calculées (en m NGNC) |            |             |
|-----------------|---------|-----------------------------|------------|-------------|
|                 |         | T = 5 ans                   | T = 10 ans | T = 100 ans |
| Ouaya Amont     | 20      | 13.4                        | 13.71      | 14.34       |
|                 | 19      | 12.55                       | 12.8       | 13.45       |
|                 | 18      | 12.43                       | 12.7       | 13.32       |
|                 | 17      | 11.52                       | 11.68      | 12.37       |
|                 | 16      | 11.27                       | 11.52      | 12.11       |
| Ouaya Principal | 15      | 10.8                        | 11.08      | 11.78       |
|                 | 14      | 10.58                       | 10.88      | 11.61       |
|                 | 13      | 10.42                       | 10.73      | 11.46       |
|                 | 12      | 10.23                       | 10.52      | 11.23       |
|                 | 11      | 10.13                       | 10.41      | 11.09       |
|                 | 10      | 10.03                       | 10.3       | 10.97       |
|                 | 7       | 9.33                        | 9.71       | 10.53       |
|                 | 6       | 8.38                        | 8.81       | 9.73        |
|                 | 5       | 8.03                        | 8.31       | 9.03        |
|                 | 4       | 7.59                        | 7.87       | 8.44        |
|                 | 3       | 5.57                        | 5.75       | 6.42        |
| Ouaya Aval      | 2       | 5.03                        | 5.33       | 6.11        |
|                 | 1       | 4.59                        | 4.9        | 5.71        |
| Affluent2       | 2.7     | 7.78                        | 8.12       | 8.8         |
|                 | 2.6     | 7.51                        | 7.85       | 8.6         |
|                 | 2.5     | 6.82                        | 7.22       | 8.09        |
|                 | 2.4     | 6.19                        | 6.62       | 7.54        |
|                 | 2.3     | 5.59                        | 5.92       | 6.7         |
| Affluent 1      | 25      | 11.92                       | 12.4       | 13.32       |
|                 | 24      | 11.87                       | 12.36      | 13.29       |
|                 | 23      | 11.82                       | 12.3       | 13.19       |
|                 | 22      | 11.67                       | 12.09      | 12.9        |
|                 | 21      | 11.45                       | 11.72      | 12.27       |

Annexe 8c - Débits injectés dans le modèle de Tomo

| Bief       | Profil<br>d'injection | Surface<br>drainée<br>(km <sup>2</sup> ) | Q5 -<br>Fourchette<br>Basse | Q5 | Q5 -<br>Fourchette<br>haute | Q10 -<br>Fourchette<br>Basse | Q10 | Q10 -<br>Fourchette<br>haute | Q100 -<br>Fourchette<br>Basse | Q100 | Q100 -<br>Fourchette<br>haute |
|------------|-----------------------|--|-----------------------------|----|-----------------------------|------------------------------|-----|------------------------------|-------------------------------|------|-------------------------------|
| Bagha      | 12                    | 1.1                                      | 10                          | 12 | 17                          | 13                           | 16  | 22                           | 24                            | 30   | 38                            |
| Bagha      | 6                     | 1.7                                      | 15                          | 19 | 26                          | 20                           | 25  | 34                           | 37                            | 46   | 58                            |
| Chaberogo  | 19                    | 3.9                                      | 27                          | 37 | 52                          | 37                           | 50  | 68                           | 69                            | 91   | 118                           |
| Chaberogo  | 15                    | 4.5                                      | 32                          | 44 | 61                          | 43                           | 58  | 79                           | 81                            | 106  | 138                           |
| Chaberogo  | 11                    | 4.8                                      | 34                          | 46 | 65                          | 46                           | 62  | 84                           | 86                            | 113  | 147                           |
| Chaberogo  | 9                     | 5.2                                      | 37                          | 51 | 71                          | 50                           | 68  | 92                           | 94                            | 124  | 161                           |
| fossé 1    | 7                     | 0.6                                      | 5                           | 6  | 7                           | 6                            | 8   | 10                           | 12                            | 15   | 18                            |
| fossé 1    | 0.5                   | 0.9                                      | 7                           | 9  | 11                          | 10                           | 12  | 14                           | 18                            | 22   | 26                            |
| fossé 2    | 3                     | 0.3                                      | 2                           | 3  | 4                           | 4                            | 5   | 6                            | 7                             | 9    | 11                            |
| thalweg b1 | 9.2                   | 0.4                                      | 3                           | 4  | 6                           | 5                            | 6   | 8                            | 8                             | 10   | 13                            |

## Annexe 8d - Résultats de la simulation sur le secteur de Tomo

|            | Profils | Cotes calculées (en m NGNC) |            |             |
|------------|---------|-----------------------------|------------|-------------|
|            |         | T = 5 ans                   | T = 10 ans | T = 100 ans |
| Chabérogo  | 19      | 26.92                       | 27.19      | 27.77       |
|            | 18      | 24.01                       | 24.19      | 25.14       |
|            | 17      | 21.78                       | 22.07      | 22.87       |
|            | 16      | 18.48                       | 18.76      | 19.44       |
|            | 15      | 14.76                       | 15.15      | 16.24       |
|            | 14      | 13.27                       | 13.59      | 14.49       |
|            | 13      | 11.59                       | 11.94      | 12.82       |
|            | 12      | 10.71                       | 10.85      | 11.41       |
|            | 11      | 9.1                         | 9.34       | 10.43       |
|            | 10      | 7.91                        | 8.29       | 10.11       |
|            | 9       | 7.51                        | 7.91       | 10.03       |
|            | 7       | 7.01                        | 7.09       | 7.61        |
|            | 6       | 5.42                        | 5.6        | 6.23        |
|            | 5       | 3.87                        | 3.88       | 4.14        |
|            | 3       | 3.44                        | 3.53       | 3.99        |
|            | 2       | 2.41                        | 2.55       | 2.89        |
|            | 1       | 1.5                         | 1.71       | 2.08        |
| Bagha      | 12      | 37.27                       | 37.42      | 37.8        |
|            | 11      | 29.58                       | 29.67      | 29.97       |
|            | 10      | 24.19                       | 24.46      | 24.75       |
|            | 9.1     | 20.46                       | 20.47      | 20.74       |
|            | 8.1     | 15.62                       | 15.79      | 15.94       |
|            | 7.1     | 12.29                       | 12.5       | 12.88       |
|            | 6       | 10.58                       | 10.64      | 11.01       |
|            | 5       | 8.54                        | 8.67       | 8.91        |
|            | 4       | 6.61                        | 6.8        | 7.23        |
|            | 2       | 6.11                        | 6.21       | 6.46        |
| Thalweg B1 | 9.2     | 16.76                       | 17.08      | 17.44       |
|            | 8.2     | 12.92                       | 12.98      | 13.17       |
|            | 7.2     | 11.97                       | 12.22      | 12.58       |
| Thalweg 1  | 7       | 10.34                       | 10.48      | 10.69       |
|            | 6       | 7.86                        | 7.95       | 8.19        |
|            | 5       | 7.08                        | 7.19       | 7.37        |
|            | 4       | 5.53                        | 5.65       | 5.92        |
|            | 3       | 4.42                        | 5.1        | 5.45        |
|            | 2.5     | 3.81                        | 4.02       | 4.91        |
|            | 2       | 3.4                         | 3.85       | 4.89        |
|            | 1.5     | 2.31                        | 2.61       | 3           |
| Thalweg 2  | 1       | 1.28                        | 1.48       | 1.76        |
|            | 3       | 7.79                        | 8          | 8.44        |
|            | 2       | 5.71                        | 5.79       | 5.88        |
|            | 1.5     | 4.92                        | 5.36       | 5.63        |
|            | 1       | 4.76                        | 5.33       | 5.59        |
|            | 0.5     | 3.09                        | 3.31       | 3.79        |

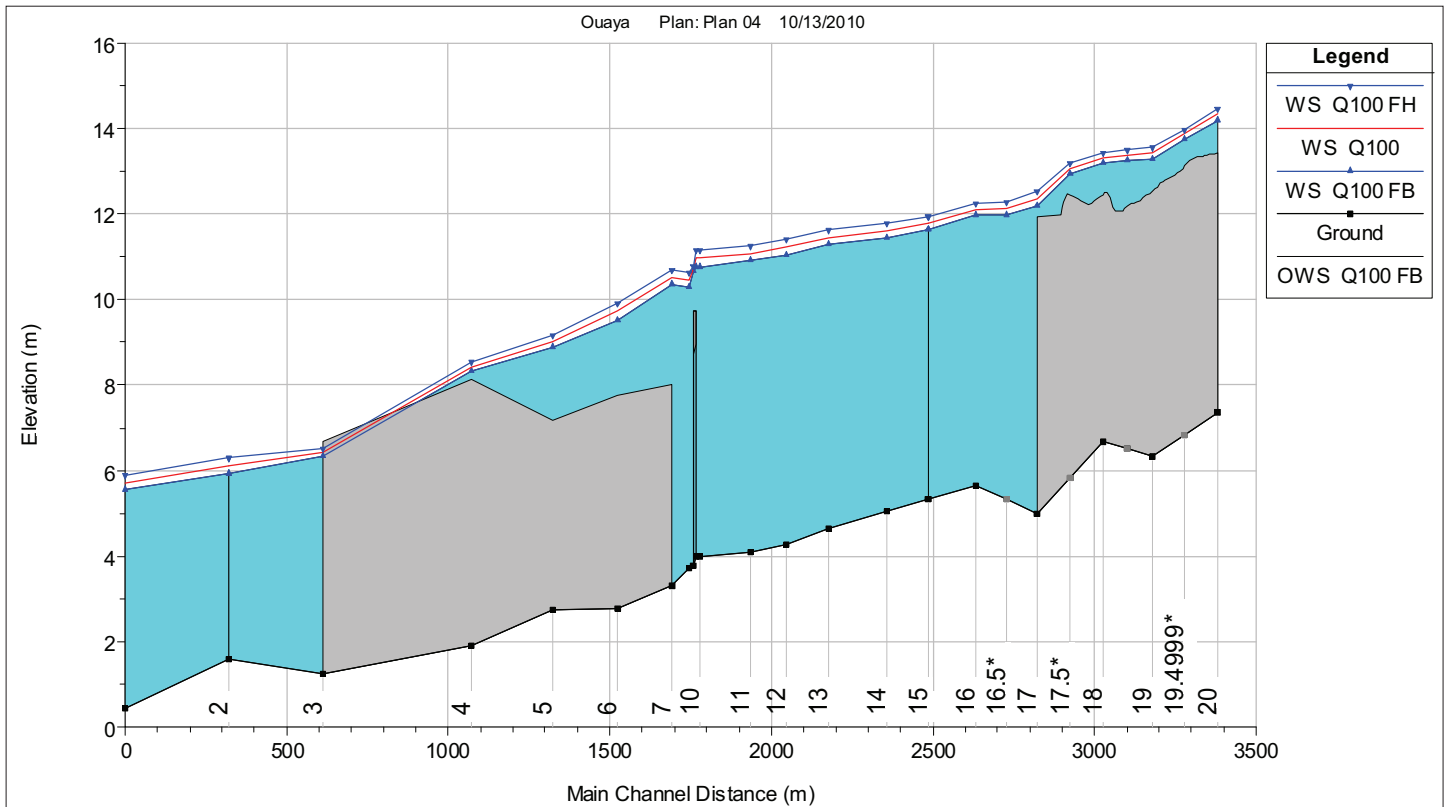


## **Annexe 9 : Analyse des incertitudes**

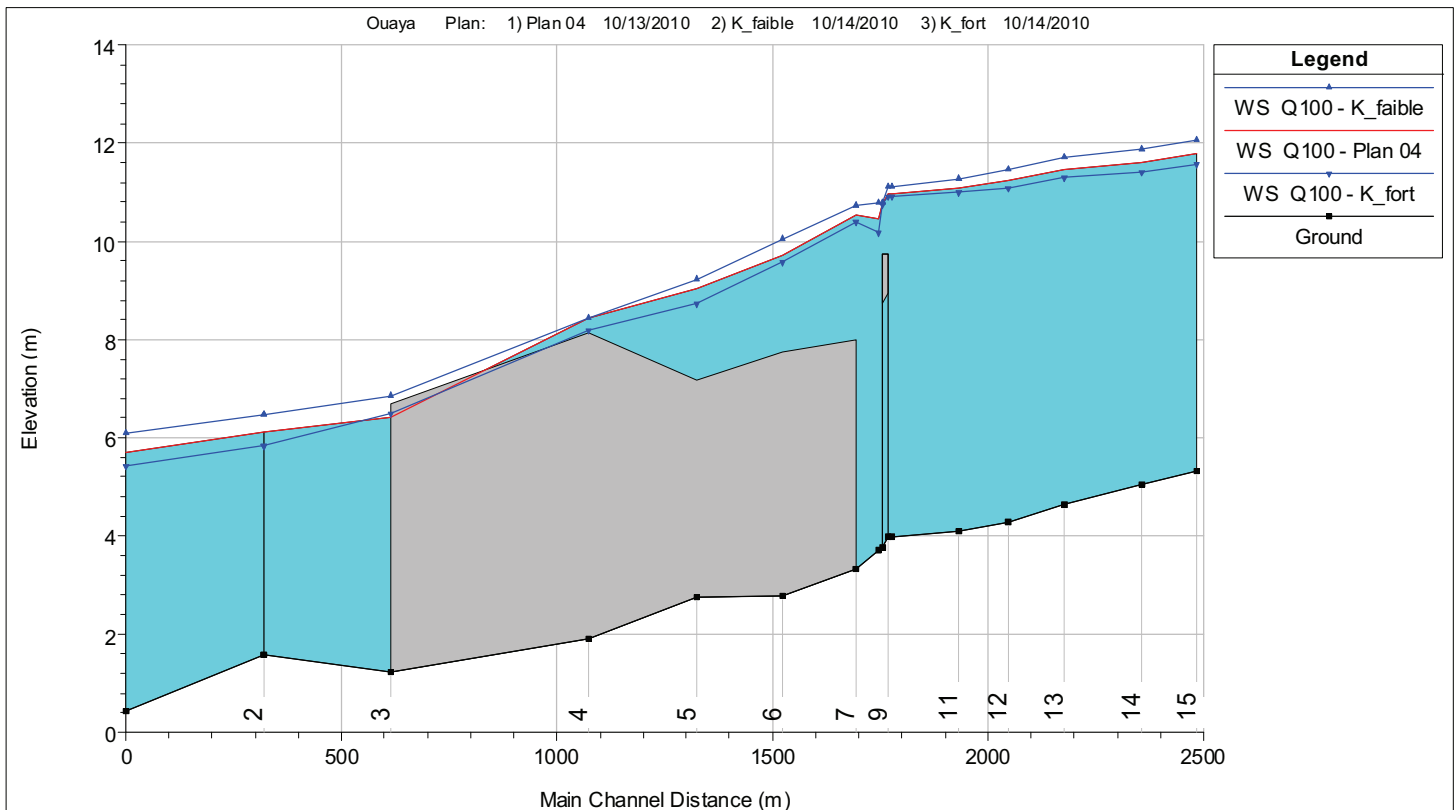
## Annexe 9 – Analyse des incertitudes / Secteur Ouaya

Sur chaque graphe, la ligne rouge représente la ligne d'eau centennale de référence.

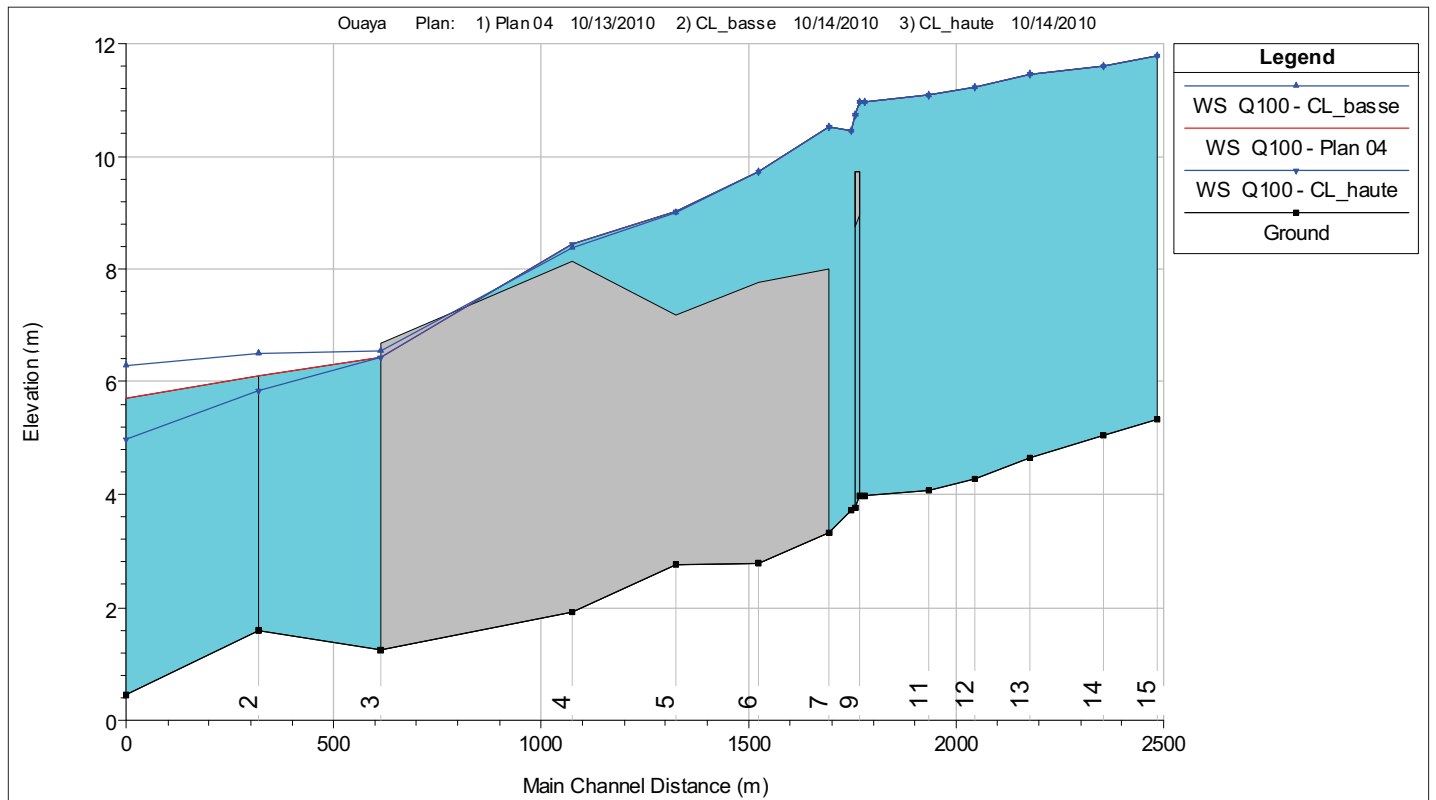
### ⇒ Sensibilité aux variations de débit



### ⇒ Sensibilité aux variations de la rugosité

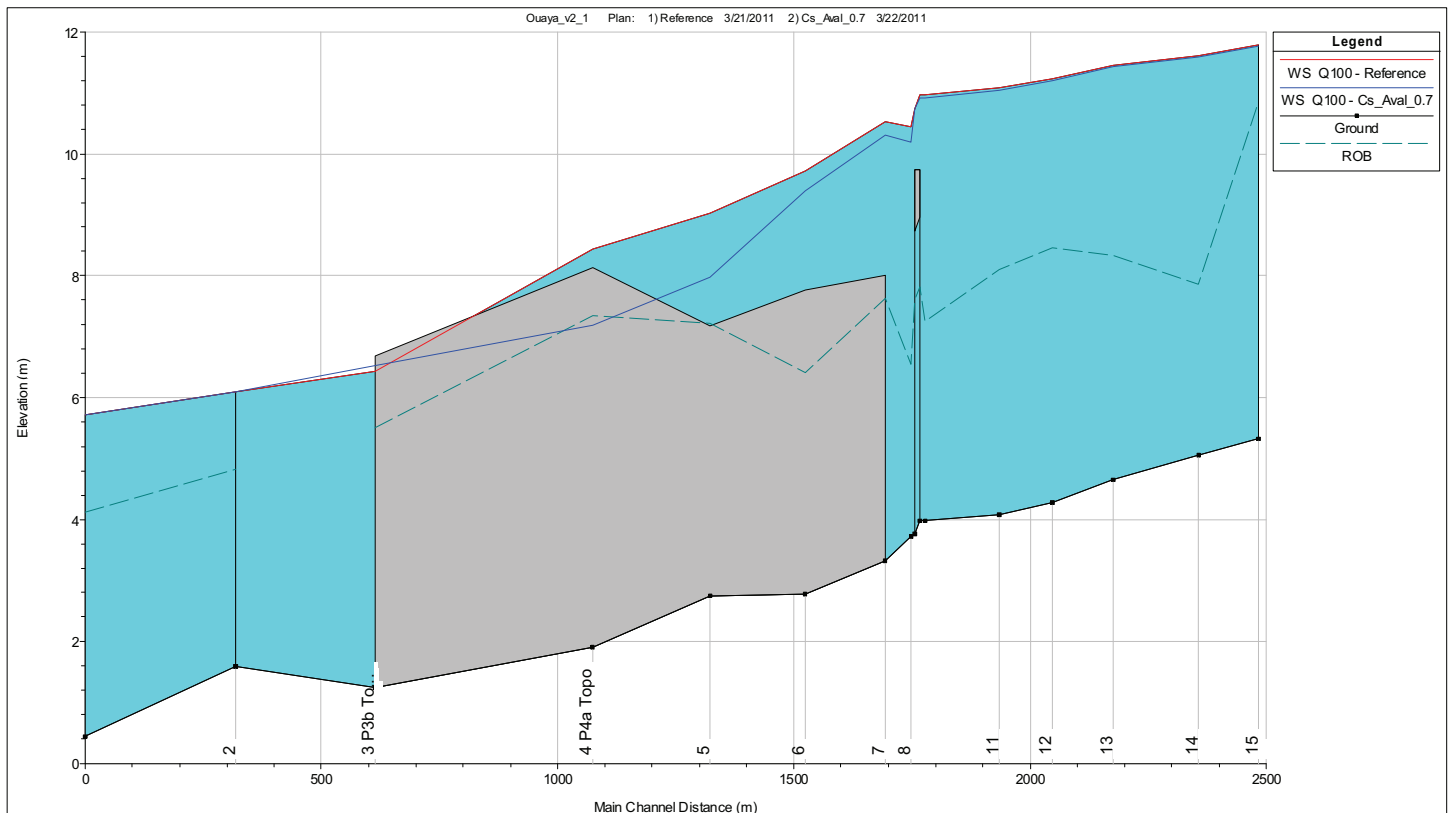


## ⇒ Sensibilité aux variations de condition limite



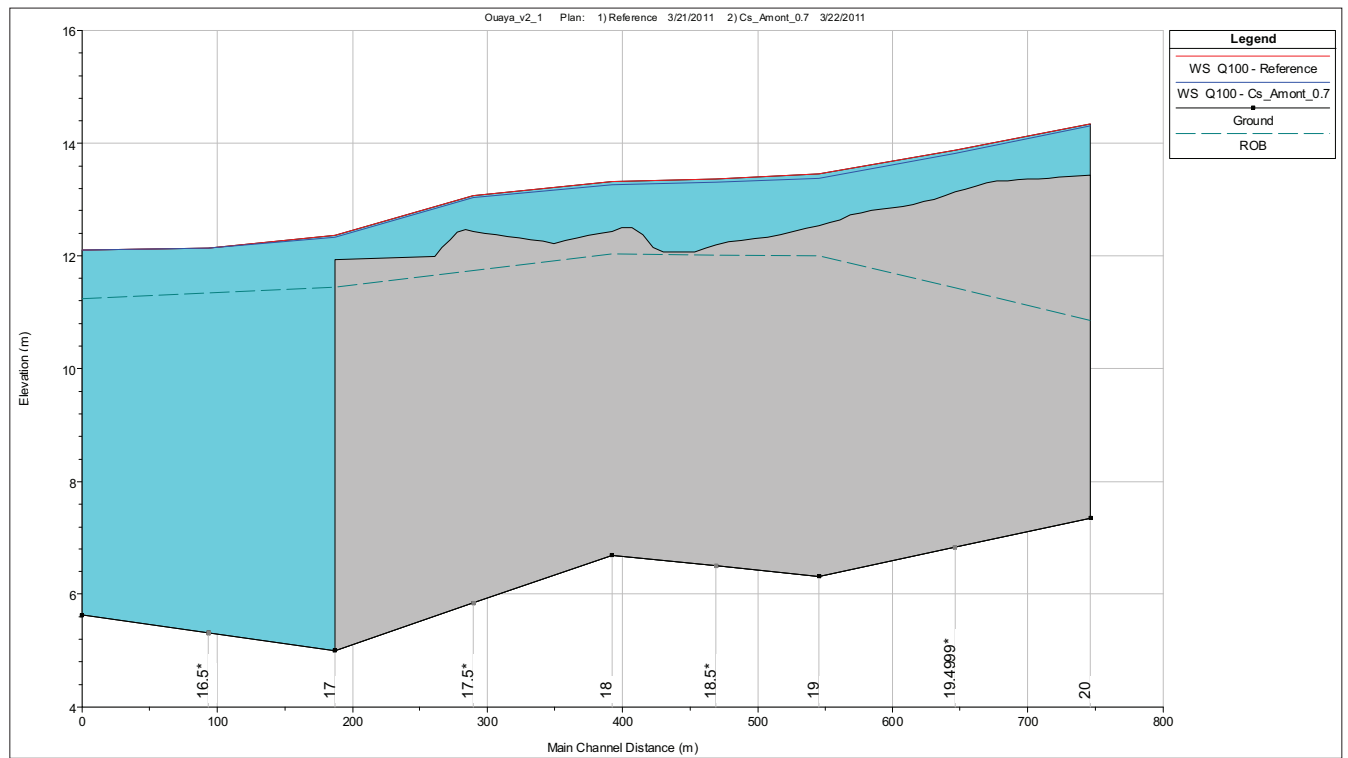
## ⇒ Sensibilité aux variations de coefficient de débit des déversoirs latéraux

- Déversoir Aval





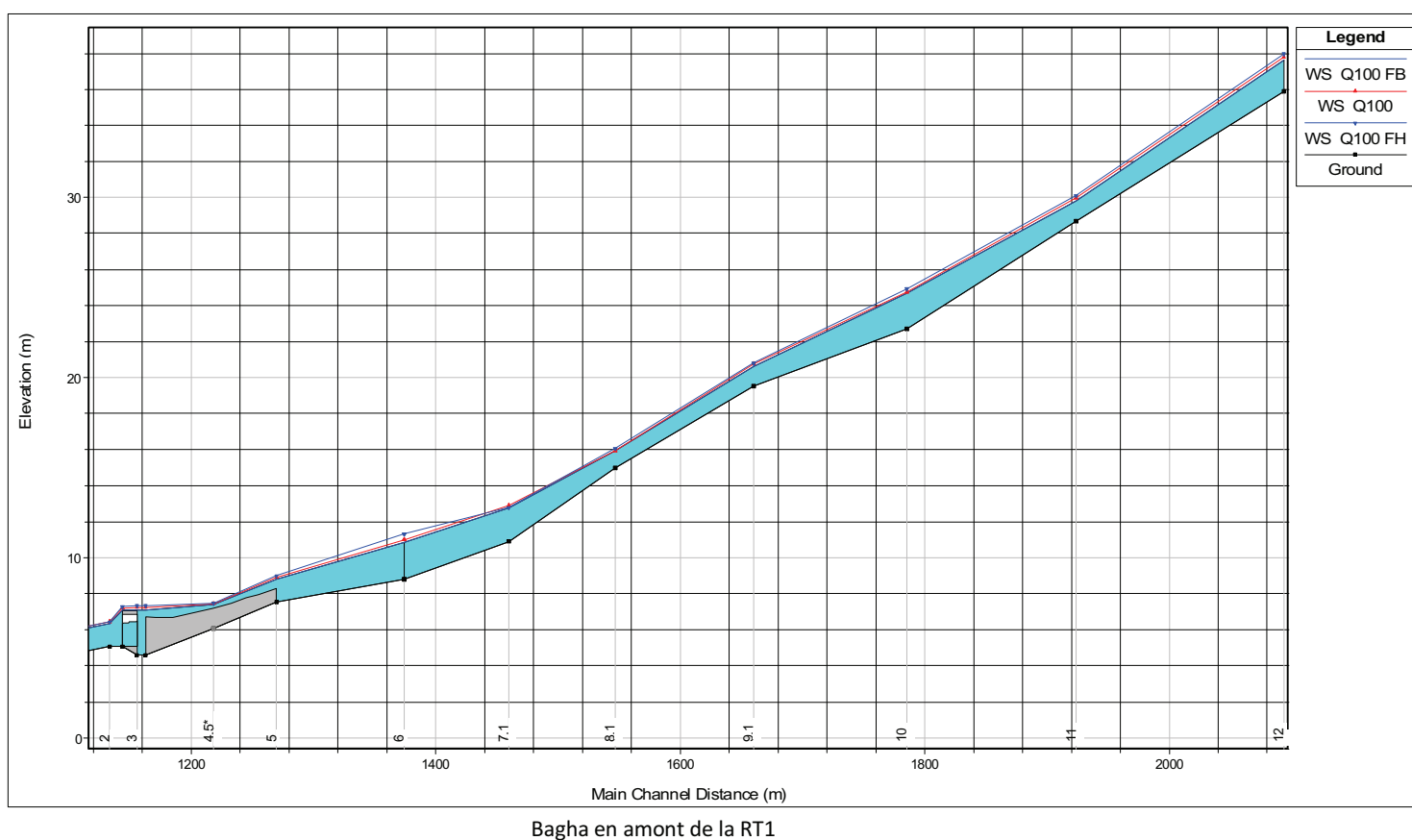
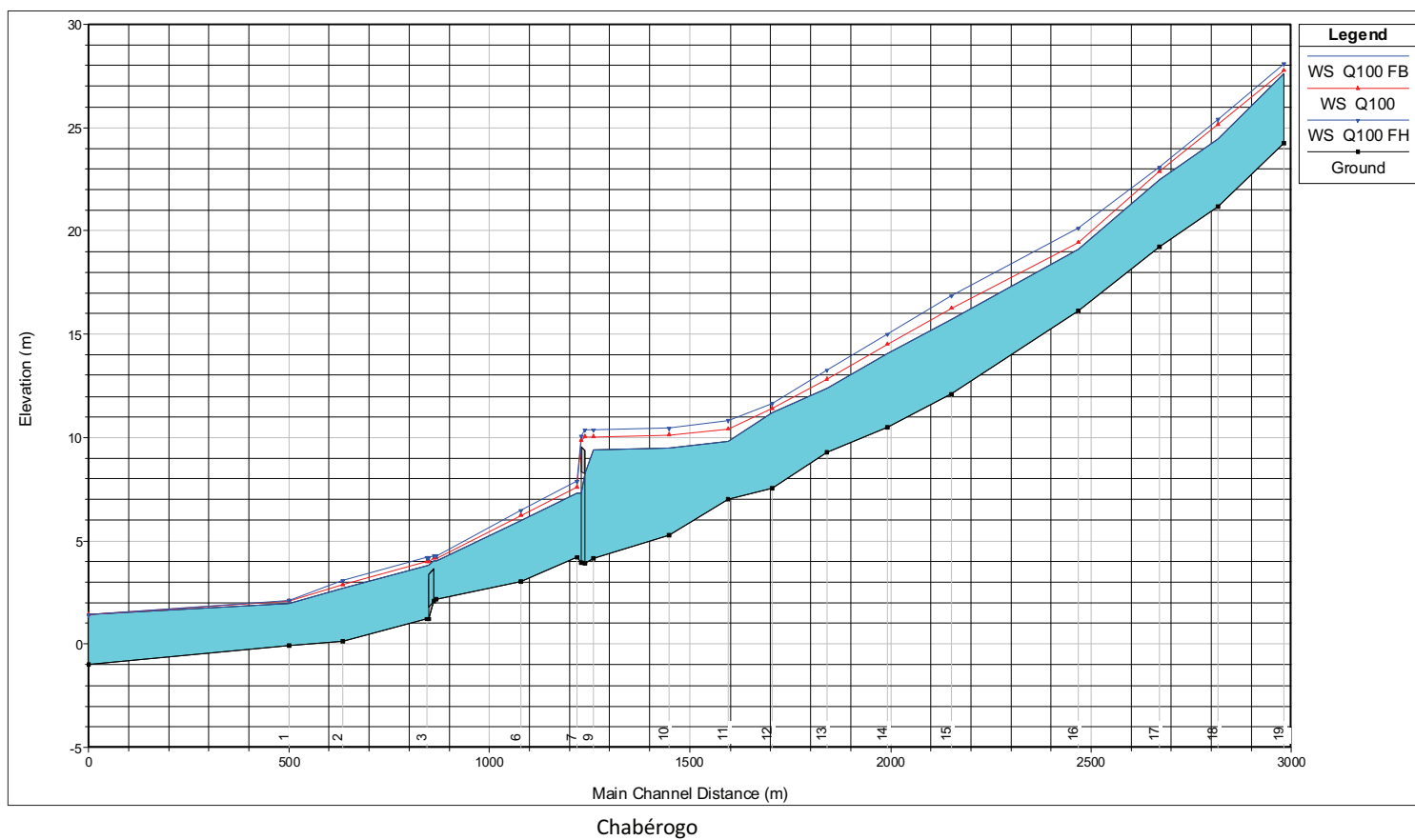
- Déversoir Amont



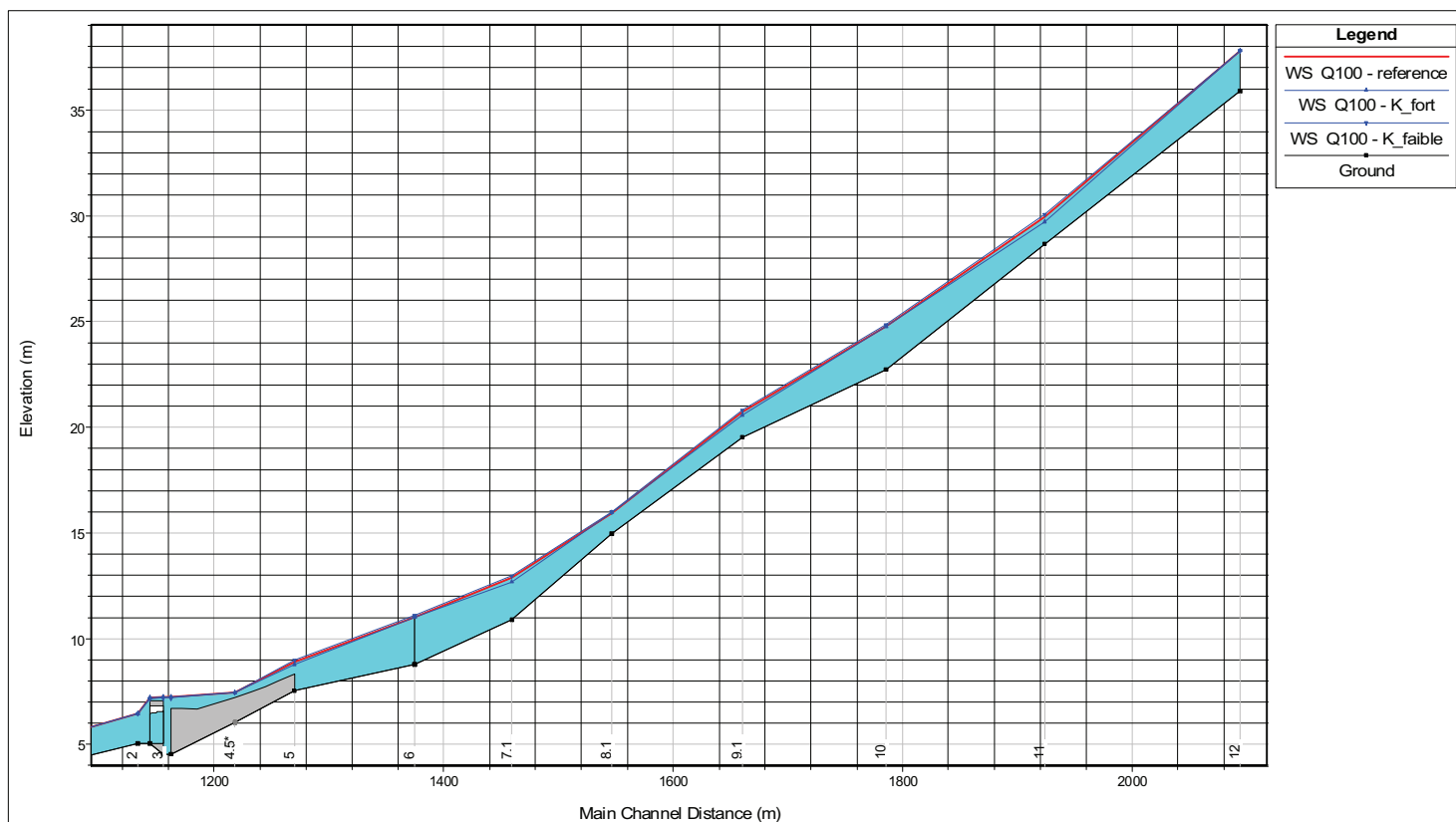
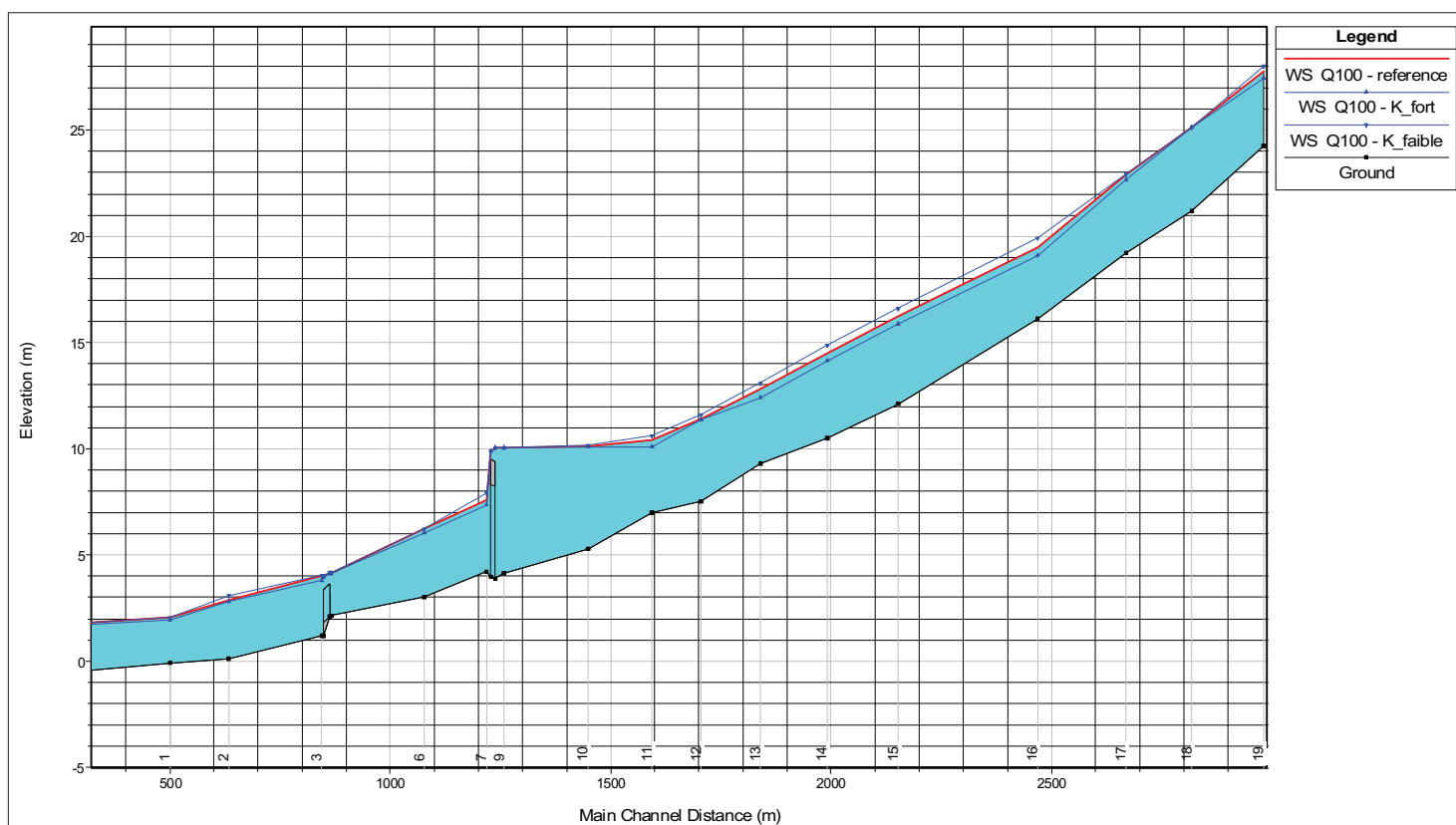
## Annexe 9 – Analyse des incertitudes / Secteur Tomo

Sur chaque graphe, la ligne rouge représente la ligne d'eau centennale de référence.

⇒ Sensibilité aux variations de débit

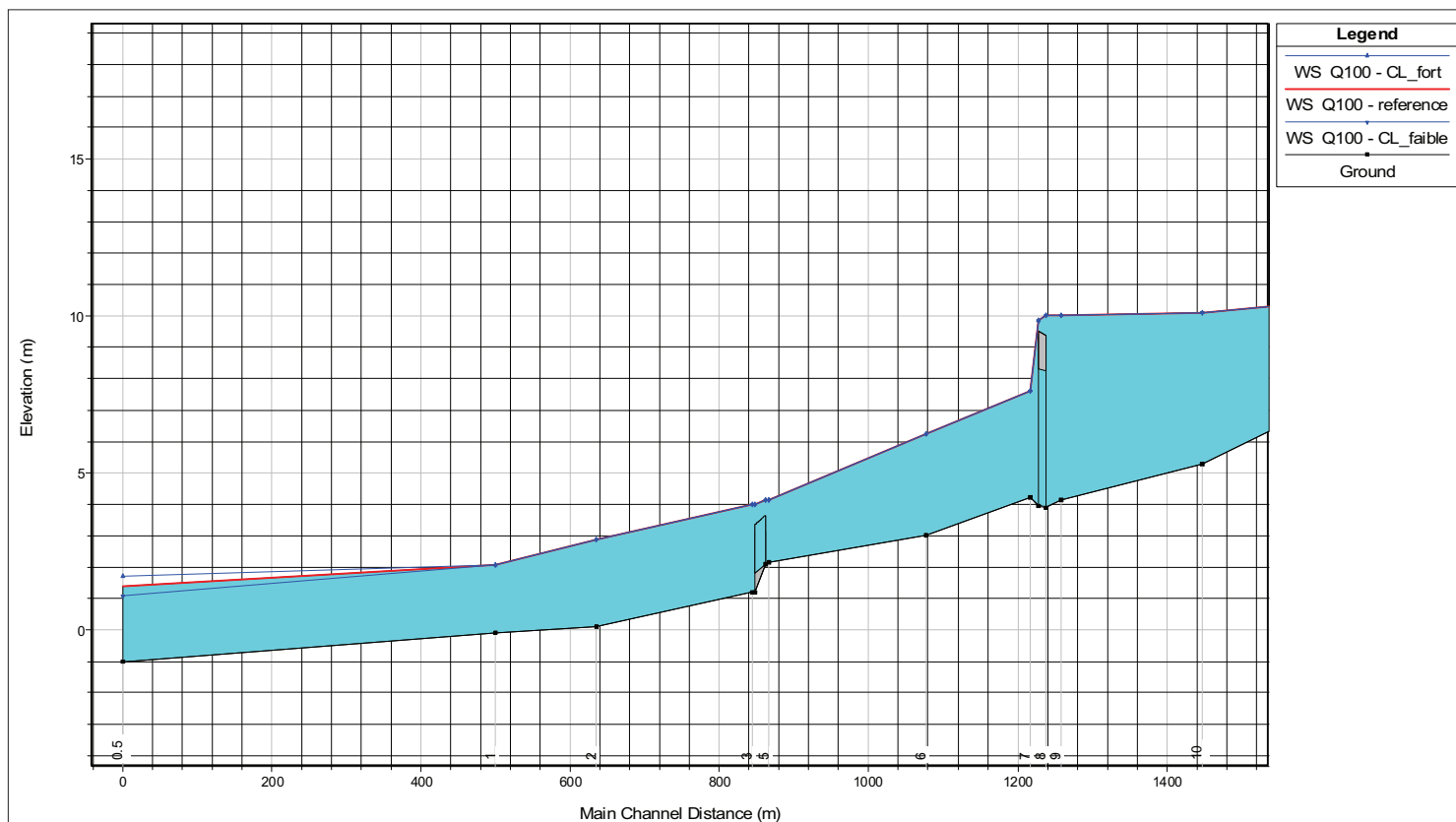


## ⇒ Sensibilité aux variations de la rugosité



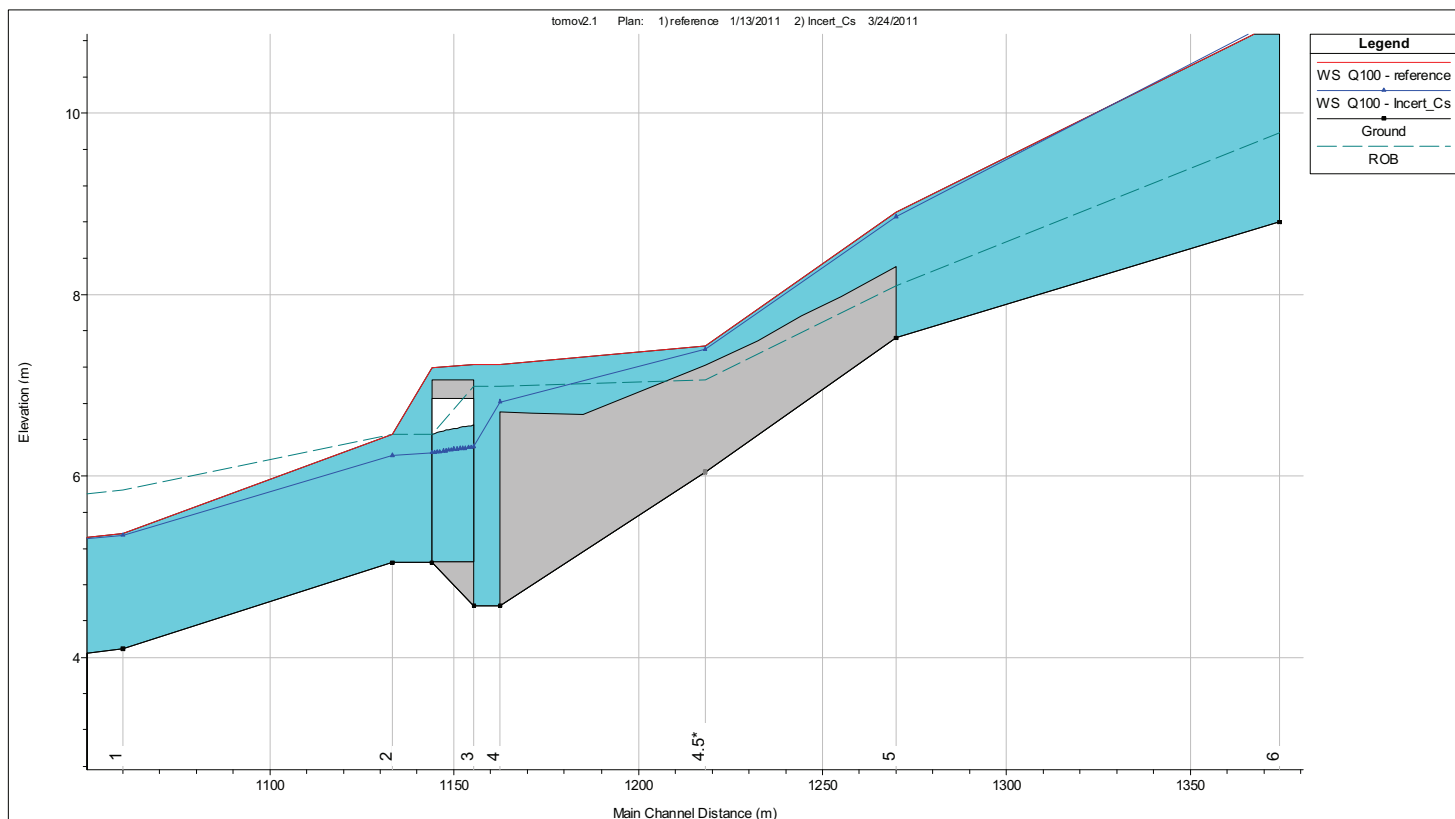


## ⇒ Sensibilité aux variations de condition limite

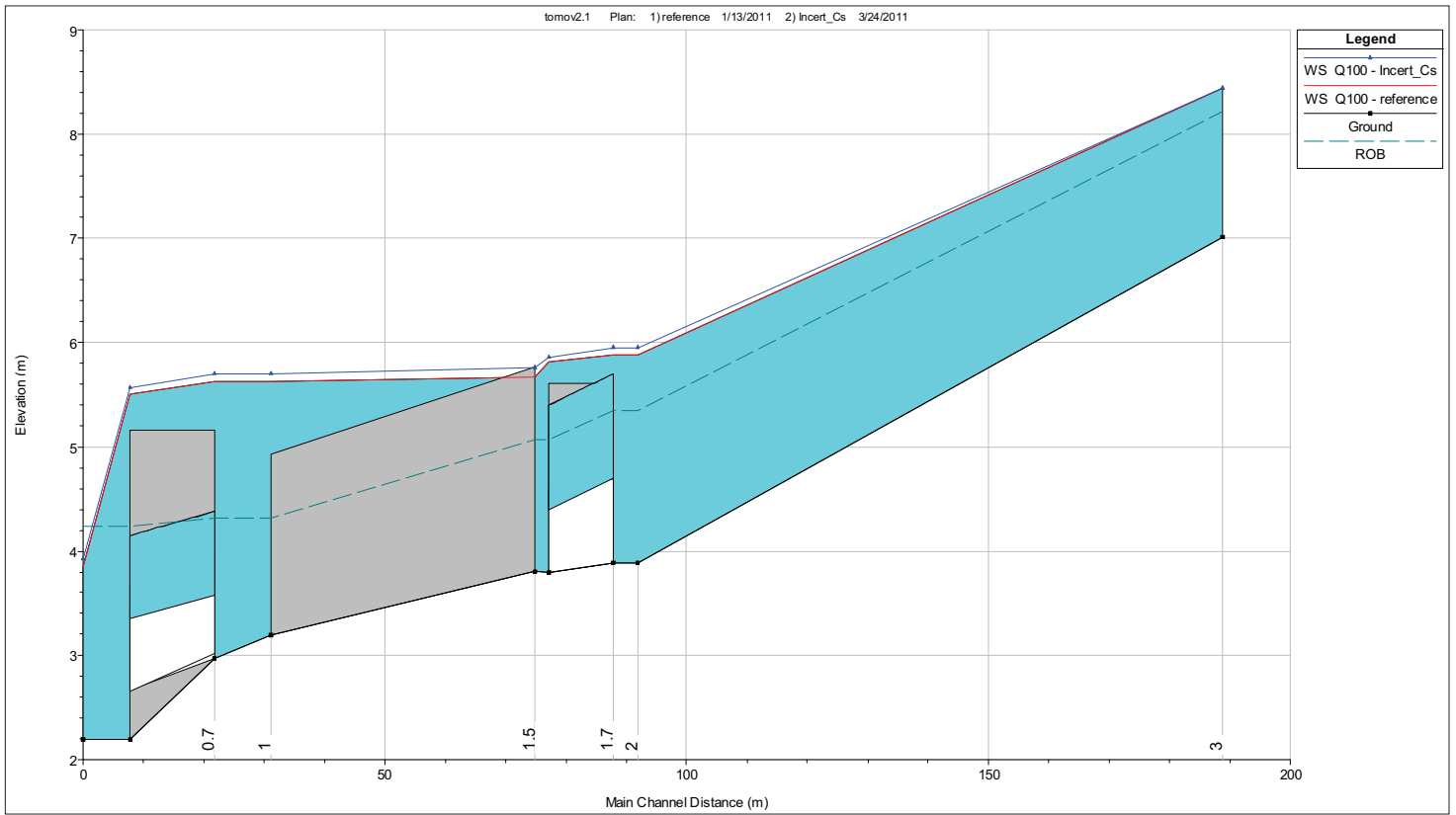


## Chabérogo

## ⇒ Sensibilité aux coefficients de débit des déversoirs latéraux



*Déversement de la Bagha vers le Thalweg 2*



*Déversement du thalweg 2 vers le thalweg 1*