



**Direction du développement  
rural**



**Service de la sylviculture, de l'eau et de la  
lutte contre l'érosion**



# **Etude d'actualisation et de consolidation des zones inondables sur la Coulée et la Lembi**

**Commune du Mont Dore**



V11

**Mai 2015**

**RIV22656P**



## Sommaire

<b>Chapitre 1 : Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>Chapitre 2 : Phase 1 : Actualisation des données topographiques, hydrologiques et hydrauliques disponibles .....</b>	<b>9</b>
2.1 Recueil des données disponibles .....	9
2.2 Actualisation des données topographiques : Choix des données topographique de référence .....	13
2.2.1 Enquête de terrain d'octobre 2012 .....	13
2.2.2 Données topographiques complémentaires.....	13
2.2.3 Comparaison données topographiques 2013 et 1991 .....	13
2.2.4 Choix des données topographiques pour modélisation hydraulique filaire de la Coulée et de la Lembi.....	16
2.2.5 Choix des données topographiques pour modélisation hydraulique filaire des creeks affluents.....	16
2.3 Actualisation de l'analyse hydrologique : Choix des débits de référence .....	19
2.3.1 Présentation des cours d'eau et des bassins versants .....	19
2.3.2 Analyse hydrologique .....	23
2.3.3 Débits de crues injectés dans le modèle hydraulique Coulée-Lembi .....	29
2.3.4 Analyses hydrologiques pour la simulation sur les principaux creeks affluents 30	
2.4 Actualisation de l'analyse hydrologique : Choix des conditions limites aval .....	31
2.4.1 Conditions limites aval pour la rivière Coulée .....	31
2.4.2 Conditions limites aval pour la rivière Lembi.....	31
2.4.3 Conditions limites aval pour les affluents .....	31
<b>Chapitre 3 : Phase 2 : Réalisation d'un modèle hydraulique filaire sur la Coulée et la Lembi et calage avec les dernières observations .....</b>	<b>32</b>
3.1 Présentation du modèle hydraulique 1D Coulée-Lembi .....	32
3.1.1 Hypothèse de modélisation .....	32
3.1.2 Représentation des pertes de charges linéaires.....	34
3.1.3 Représentation des pertes de charges singulières .....	34
3.2 Rappel des hypothèses pour représentation des événements de références pour calage du modèle hydraulique Coulée-Lembi .....	36
3.3 Résultats de calage du modèle Coulée-Lembi .....	39
3.3.1 Débits injectés dans le modèle hydraulique pour calage.....	39
3.3.2 Calage modèle rivière Coulée avec PHE du Cyclone Anne du 13 janvier 1988 40	

3.3.3	Calage modèle rivière Coulée avec PHE du Cyclone Erica du 14 mars 2003	43
3.3.4	Calage modèle rivière Coulée avec PHE du Cyclone Vania du 13 janvier 2011	45
3.3.5	Calage modèle rivière Lembi .....	47
3.4	<b>Bilan du calage du modèle et fonctionnement hydraulique en crue des cours d'eau Coulée et Lembi .....</b>	<b>49</b>
3.5	<b>Test de sensibilité du modèle hydraulique 1D Coulée-Lembi .....</b>	<b>50</b>
3.5.1	Test de sensibilité de la condition limite aval pour la rivière Coulée .....	50
3.5.2	Test de sensibilité pour coefficient de rugosité Ks .....	50
3.5.3	Test de sensibilité pour débits de pointe injectés dans le modèle hydraulique .....	52
3.5.4	Bilan des tests de sensibilité .....	55
3.6	<b>Résultats des simulations hydrauliques .....</b>	<b>56</b>
3.6.1	Rappel hypothèses hydrologiques pour simulation des crues de références .....	56
3.6.2	Résultats des simulations hydrauliques pour les 3 crues de projet .....	57
 <b>Chapitre 4 Autres modèles hydrauliques existants exploitables pour la cartographie consolidée des zones inondables Coulée-Lembi .....</b>		<b>60</b>
4.1	<b>Modélisations hydrauliques au niveau des creeks affluents .....</b>	<b>60</b>
4.1.1	Actualisation des simulations hydrauliques pour 13 affluents de la Coulée et de la Lembi modélisés par SOGREAH en 2010 .....	60
4.1.2	Actualisation et prolongement du modèle hydraulique du creek du lotissement industriel .....	63
4.1.3	Méthode concernant la cartographie de l'aléa inondation au droit des zones de confluence avec les creeks .....	64
4.2	<b>Bilan et comparaison avec le modèle 2D existant sur la partie aval de la rivière Coulée .....</b>	<b>67</b>
4.3	<b>Principaux enjeux dans la zone inondable pour l'événement pluvieux centennal .....</b>	<b>71</b>
 <b>Chapitre 5 Phase 3 : Cartographie consolidée de l'aléa inondation .....</b>		<b>75</b>
5.1	<b>Méthode pour cartographie consolidée des zones inondables de la Coulée et de la Lembi .....</b>	<b>75</b>
5.2	<b>Carte des hauteurs d'eau en crue centennale .....</b>	<b>76</b>
5.3	<b>Carte isohauteurs et isovitesses d'aléa inondation pour la crue centennale .....</b>	<b>76</b>

## Liste des Tableaux

<b>Tableau 1 : Données spécifiques zones d'étude .....</b>	<b>9</b>
<b>Tableau 2 : Données générales .....</b>	<b>12</b>
<b>Tableau 3 : Caractéristiques physiques des bassins versants Coulée et Lembi.....</b>	<b>19</b>
<b>Tableau 4 : Etude hydrologique de référence pour les 14 creeks affluents .....</b>	<b>21</b>
<b>Tableau 5 : Superficie des principaux creeks affluents .....</b>	<b>22</b>
<b>Tableau 6: Données pluviométriques issues de l'étude SOGREAH de 2006 .....</b>	<b>23</b>
<b>Tableau 7 : Estimation débit de pointe centennale à partir de différentes méthodes .....</b>	<b>24</b>
<b>Tableau 8 : Estimation débit de pointe centennal à partir des analyses statistiques issues des observations de la station hydrométrique de la Coulée.....</b>	<b>26</b>
<b>Tableau 9 : Estimation des débits de pointe de référence de la rivière Coulée à partir des analyses statistiques issues des observations de la station hydrométrique de la Coulée.....</b>	<b>26</b>
<b>Tableau 10: Estimation débits de pointe événement historique issue de l'étude SOGREAH de 2006 .....</b>	<b>27</b>
<b>Tableau 11: Estimation du débit de pointe de la rivière Coulée pour événement VANIA .....</b>	<b>27</b>
<b>Tableau 12 : Débits de référence pour modélisation hydraulique de la Coulée et de la Lembi.....</b>	<b>29</b>
<b>Tableau 13 : Débit de références pour principaux affluents de la Coulée .....</b>	<b>30</b>
<b>Tableau 14 : Choix des coefficients de Manning-Strickler pour modèle hydraulique Coulée-Lembi</b>	<b>34</b>
<b>Tableau 15 : Données initiales de calage modèle HECRAS-EGIS 2013 .....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau 16 : Données hydrologiques complètes Coulée et Lembi injectées dans le modèle hydraulique HECRAS 1D pour VANIA, ANNE et ERICA.....</b>	<b>39</b>
<b>Tableau 17 : Crue Anne 1988, comparaison des cotes calculées et observées .....</b>	<b>40</b>
<b>Tableau 18 : Crue Erica du 14 mars 2003, comparaison des cotes calculées et observées.....</b>	<b>43</b>
<b>Tableau 19 : Crue Vania du 13 janvier 2011, comparaison des cotes calculées et observées .....</b>	<b>45</b>
<b>Tableau 20 : Comparaison des cotes calculées et observées pour Vania .....</b>	<b>47</b>
<b>Tableau 21 : Comparaison des cotes calculées et observées pour ANNE et ERICA .....</b>	<b>48</b>
<b>Tableau 22 : Choix des coefficients de Manning-Strickler pour modèle hydraulique Coulée-Lembi</b>	<b>50</b>
<b>Tableau 23 : Données hydrologiques complètes Coulée et Lembi injectées dans le modèle hydraulique HECRAS 1D pour VANIA, ANNE et ERICA.....</b>	<b>52</b>
<b>Tableau 24 : Données hydrologiques Coulée et Lembi injectées dans le modèle hydraulique .....</b>	<b>56</b>
<b>Tableau 25 : Cotes de référence pour les crues 5, 10 et 100 ans pour la Coulée .....</b>	<b>57</b>
<b>Tableau 26 : Cotes de référence pour les crues 5, 10 et 100 ans pour la Lembi.....</b>	<b>57</b>
<b>Tableau 27 : Synthèse des simulations hydrauliques sur les 13 Creeks affluents.....</b>	<b>61</b>
<b>Tableau 28 : Méthode pour cartographie des zones inondables sur les Creeks .....</b>	<b>66</b>
<b>Tableau 29 : Méthode pour cartographie des zones inondables de la phase 3 .....</b>	<b>75</b>
<b>Tableau 30 : Grille d'aléa inondation .....</b>	<b>76</b>



## Liste des figures

<b>Figure 1 : Limite de la zone d'étude (extrait Annexe 1 du CDC 2012)</b> .....	8
<b>Figure 2 : Exemples d'emprise de zones inondables issues des études existantes</b> .....	11
<b>Figure 3 : Exemple de comparaison au niveau du profil C8/1991-PTC5/2013</b> .....	14
<b>Figure 4 : Localisation des données topographiques complémentaires relevées en mars 2013</b> .....	15
<b>Figure 5 : Profil station 0.5 le plus à l'aval du modèle hydraulique filaire du creek du lotissement industriel</b> .....	17
<b>Figure 6 : Localisation des profils en travers et ouvrages de franchissement utilisés pour représenter la géométrie des vallées de la Coulée et de la Lembi dans le modèle hydraulique filaire</b> .....	18
<b>Figure 7: Bassins versants de la Coulée et de la Lembi</b> .....	20
<b>Figure 8: Ajustement statistique issue de données de la station hydrométrique de la rivière Coulée (d'après DAVAR 2013)</b> .....	25
<b>Figure 9 : Représentation du modèle hydraulique coulée-Lembi</b> .....	33
<b>Figure 10 : Repères de crues utilisées pour le calage du modèle hydraulique</b> .....	38
<b>Figure 11 : Occupation des sols de 1988 : Krd =12</b> .....	41
<b>Figure 12 : Occupation des sols actuels 2013: Krd =8</b> .....	41
<b>Figure 13 : Profil en long de la Coulée – Calage ANNE (avec condition limite aval à +1.1 m NGNC et coefficients de Strickler actuel)</b> .....	42
<b>Figure 14 : Profil en long de la Coulée – Calage ERICA (avec condition limite aval à +1.1 m NGNC)</b> .....	44
<b>Figure 15 : Profil en long de la Coulée – Calage VANIA (avec condition limite aval à +1.1 m NGNC)</b> .....	46
<b>Figure 16 : Profil en long de la Lembi – Calage VANIA</b> .....	47
<b>Figure 17 : Profil en long de la Lembi – Résultats pour Q10 et Q100</b> .....	48
<b>Figure 18 : Test de sensibilité CLA</b> .....	50
<b>Figure 19 : Profil en long de la Coulée – Test de sensibilité choix du coefficient de rugosité - lit mineur</b> .....	51
<b>Figure 20 : Profil en long de la Coulée – Comparaison avec choix de débits extrêmes généralisés (GEV)</b> .....	53
<b>Figure 21 : Profil en long de la Lembi – Comparaison avec choix de débits extrêmes généralisés (GEV)</b> .....	53
<b>Figure 22: Localisation des cotes de référence pour les crues 5, 10 et 100 ans</b> .....	58
<b>Figure 23 : Profil en long du modèle Lembi pour les crues de références : 5, 10 et 100 ans</b> .....	59
<b>Figure 24 : Profil en long du modèle Coulée pour les crues de références : 5, 10 et 100 ans</b> .....	59
<b>Figure 25 : Localisation des 13 tronçons de petits affluents ayant fait l'objet d'une modélisation HEC RAS (Sogreah-2010)</b> .....	62
<b>Figure 26 : Profil en long du creek du lotissement industriel</b> .....	63
<b>Figure 27 : Extrait de la carte d'aléa avec zones de débordements des creeks non couvertes par la modélisation hydraulique</b> .....	65
<b>Figure 28 : Extrait carte des niveaux d'eau Q100 du modèle 2D de 2012 SOGREAH</b> .....	68
<b>Figure 29 : Comparaison modèle 2D de 2012 SOGREAH et modèle HECRAS 1D pour la partie aval de la rivière Coulée – Vue en plan</b> .....	69
<b>Figure 30 : Comparaison modèle 2D de 2012 SOGREAH et modèle HECRAS 1D pour la partie aval de la rivière Coulée – Profil en long</b> .....	70
<b>Photo 31 : Submersion de la RP1 pendant l'événement VANIA (Rond-point rive gauche)</b> .....	71
<b>Photo 32 : Quartier DOUDEUIL pendant l'événement VANIA</b> .....	72

<b>Photo 33 : Ecole élémentaire en rive droite de la Coulée .....</b>	<b>72</b>
<b>Figure 34 : Principaux enjeux dans le champ d'inondation de la Coulée-Lembi .....</b>	<b>74</b>

# Chapitre 1 : Introduction

---

Les rivières Coulée et Lembi sur la commune du Mont Dore ont fait l'objet de nombreuses études depuis une vingtaine d'années. La première étude hydraulique complète a été réalisée en 1991 par le cabinet d'études Hydrex.

Cette étude consistait à cartographier les zones inondables sur les parties aval de la rivière Coulée et de la rivière Lembi.

Depuis 1991, différentes études menées successivement sur des tronçons des rivières Coulée et Lembi et sur certains affluents riverains ont conduit à une discontinuité dans la cartographie globale des zones inondables.

L'objectif de la prestation est l'actualisation et la consolidation des zones inondables sur la rivière Coulée et la rivière Lembi sur la commune du Mont Dore.

Pour cette prestation, on conserve le même périmètre d'étude que pour la cartographie « Hydrex » de 1991 : Voir carte ci-après issue de l'annexe 1 du cahier des charges.

L'actualisation et la consolidation concernent donc la totalité des débordements à l'intérieur de la zone d'étude, soit:

- Les inondations des crues de la rivière Coulée et de la rivière Lembi,
- Les zones de confluence entre les zones inondables de la rivière Coulée et de la rivière Lembi avec les 14 creeks affluents

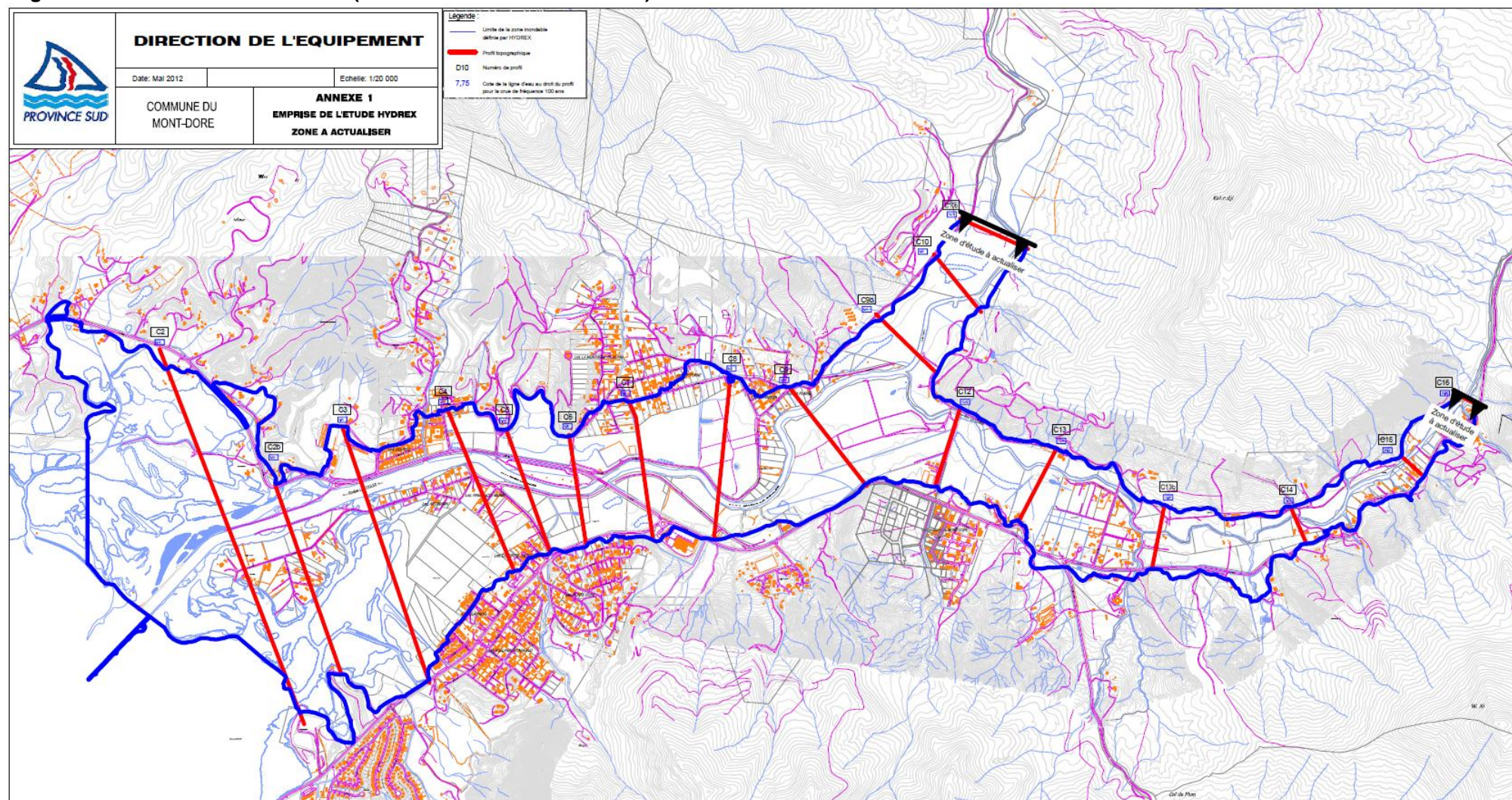
L'objectif de la présente étude est de définir de manière la plus précise et cohérente possible les zones inondables.

Pour cela, on procède suivant les étapes suivantes :

- Phase 1 : Actualisation des données topographiques, hydrologiques (débits de référence) et hydrauliques disponibles (repères de crues),
- Phase 2 : Réalisation d'un modèle hydraulique filaire sur les deux cours d'eau principaux après actualisation de la topographie et calage avec les dernières observations,
- Phase 3 : Cartographie des zones inondables complètes et cohérentes.



Figure 1 : Limite de la zone d'étude (extrait Annexe 1 du CDC 2012)



## Chapitre 2 : Phase 1 : Actualisation des données topographiques, hydrologiques et hydrauliques disponibles

L'objectif de cette phase est de faire une synthèse des données existantes et d'actualiser toutes les données d'entrée pour consolider la modélisation hydraulique de la Coulée et de la Lembli au niveau de la zone d'étude:

- Actualisation des données topographiques,
- Actualisation de l'analyse hydrologique et choix des débits de référence,
- Choix des autres paramètres d'entrée pour réalisation du modèle hydraulique 1D :
- Conditions limites aval, représentation des pertes de charges linéaires et singulières,...
- Choix des repères de crues pour calage du modèle hydraulique.

### 2.1 Recueil des données disponibles

Les tableaux suivant présentent l'ensemble des données récupérées au démarrage de la mission.

On distingue les données spécifiques à la zone d'étude et les données plus générales à l'échelle du territoire.

#### ■ Données spécifiques La Coulée

**Tableau 1 : Données spécifiques zones d'étude**

<i>Nom de la donnée</i>	<i>Maître d'Ouvrage / Maître d'œuvre</i>	<i>Date</i>	<i>Données exploitables et observations</i>
Etude des zones inondables de la rivière Coulée	DAF / HYDREX	1991	Cartographie des zones inondables. Modèle 1D. $Q_{100}$ et $Q_{10}$ . Hydrologie : transposition station hydrométrique rivière DUMBEA EST  Hydraulique : Modèle filaire ECOPERM Topo HYDREX (1991) – 18 profils en travers – version papier
Etude hydro-géomorphologique	Ministère de l'Environnement / CAREX	Juin 2003	Cartographie des zones inondables par approche hydrogéomorphologique.
Rapport laisses de crues MONT-DORE	DAVAR / Erwann LAMAND	Juillet 2004	PHE événements 1998 (cyclone Anne) 2001 (Dépression au 02/10/2001) 2003 (14 mars 2003 – ERICA) 1992 (Dépression du 08/04/1992)

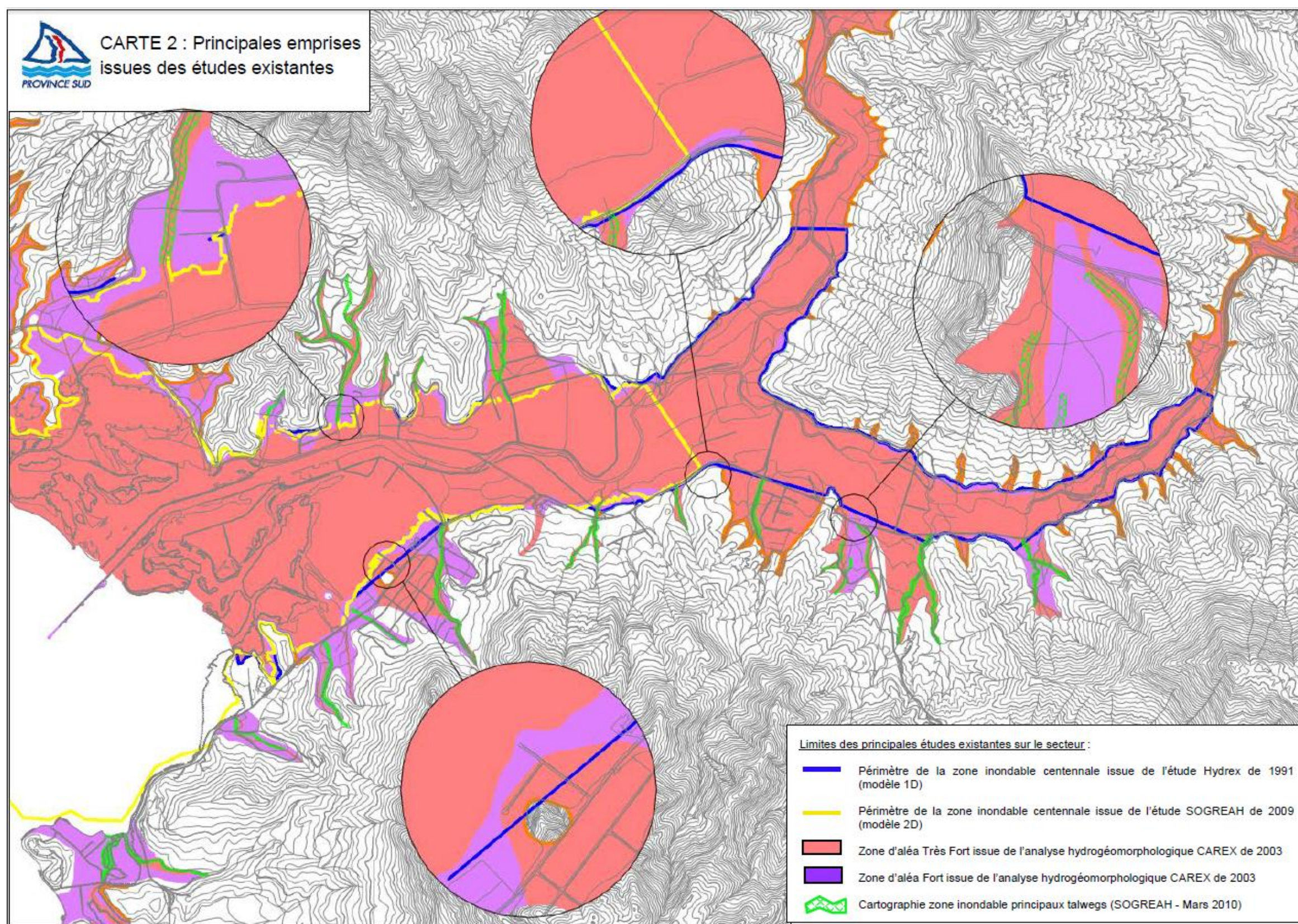


<b>Nom de la donnée</b>	<b>Maître d'Ouvrage / Maître d'œuvre</b>	<b>Date</b>	<b>Données exploitables et observations</b>
Levés topographiques de l'ouvrage de la RP3	Province Sud	2006	Levés topographiques au droit du franchissement, à l'aval et à l'amont immédiat
Etude hydraulique du franchissement de La Coulée pour nouvelle route	Province Sud / SOGREAH	Avril 2009	Hydrologie : 3 méthodes Hydraulique : Modèle 2D Télémac Topo HYDREX (1991) – 18 profils en travers – version papier Topo VAUTRIN (2007) – 3 profils en travers (.dwg)
Etude hydraulique complémentaire sur la commune du MONT-DORE	Province SUD- DAVAR – Ville du Mont-Dore / SOGREAH	Mars 2010	Cartographie zone inondable et modèle filaire sur 6 creeks affluents RD et RG de la Coulée. Hydrologie : méthode SPEED Hydraulique : Filaire HEC-RAS
Etude du lotissement industriel de La Coulée	Ville du MONT-DORE / SOPRONER	Juin 2011	Inondation du creek affluent RG de La Coulée. Modèle 1D. Hydrologie : transposition station hydrométrique rivière DUMBEA EST Hydraulique : Filaire HEC-RAS
TOPO 1/500 (3D) TOPO 1/2000 (2D) TOPO 1/2000 (3D)		Mise à disposition en Novembre 2012	Couches format .DWG
Photos PHE VANIA – Sylvio COUET	EGIS Eau	Octobre 2012	18 photos de l'évènement VANIA du 14/01/2011.
Extrait Plan d'Urbanisme Directeur	Mairie de Mont-Dore	2012	Plan localisant les zones urbanisables.
Révision 2013 des QDF Secteur SUD-OUEST	DAVAR-SESER-ORE Observatoire de la Ressource en Eau	2013	Révision 2013 des QDF Secteur SUD-OUEST
TOPO 1/10 000		2014	Couches format .ECW

La carte ci-après présente les emprises et résultats cartographiques des principales études existantes au niveau de la zone d'étude.



Figure 2 : Exemples d'emprise de zones inondables issues des études existantes





Cette carte permet de mettre en évidence certains décalages de cartographie entre les différentes études existantes:

- Différence d'emprise entre les limites bleues et jaunes correspondant respectivement aux résultats de l'étude Hydrex de 1991 (modèle filaire 1D) et de l'étude Sogreah de 2009 (modèle 2D) : Les écarts dans le lit majeur sont principalement liés à la connaissance plus précise de la topographie dans le lit majeur qui n'était pas couvert par un MNT en 1991 ;
- Pour la Coulée et la Lembi, le zonage de l'aléa issu de l'analyse hydrogéomorphologique de l'étude CAREX de 2003 ne prend pas en compte les résultats des modélisations hydrauliques et les limites correspondent à des enveloppes extrêmes qui ne sont pas forcément représentatives des événements de référence centennale.
- Pour les creeks affluents, l'analyse hydrogéomorphologique Carex de 2003 et les modélisations hydrauliques récentes (Sogreah-2010 et Soproner-2011) fournissent des résultats totalement différents. L'analyse hydrogéomorphologique fournit une enveloppe extrême qui ne prend pas en considération la topographie du lit des Creeks et les obstacles artificiels, les résultats cartographiques de l'étude Carex de 2003 ne sont pas exploitables car trop imprécis. A l'inverse, la modélisation hydraulique des petits affluents ne prend pas en compte les phénomènes imprévisibles comme les embâcles, obstruction d'ouvrage ou effondrements de berges générant des débordements en dehors du lit mineur. Ces phénomènes sont particulièrement marqués au droit des cônes alluviaux et lors des événements pluvieux rares ou exceptionnels. Cette situation particulière explique les écarts importants observés entre les cartographies suivant les méthodes et hypothèses sur les petits affluents riverains de la Lembi et de la Coulée.

### ■ **Données générales**

**Tableau 2 : Données générales**

<b>Nom de la donnée</b>	<b>Maître d'Ouvrage / Maître d'œuvre</b>	<b>Date</b>	<b>Données exploitables et observations</b>
Synthèse et régionalisation des données pluviométriques de la Nouvelle Calédonie	DAVAR / Nicolas ROMIEUX	Novembre 2011	Analyses statistiques pluviométriques pour l'ensemble de la grande terre : pluie ordre de retour 10 ans.
Recueil des débits caractéristiques de la Nouvelle Calédonie	DAVAR / Renaud ALRIC	Décembre 2009	Analyse statistique de 22 stations hydro de référence dont La Coulée amont et La Houailou amont.

## 2.2 Actualisation des données topographiques : Choix des données topographique de référence

### 2.2.1 Enquête de terrain d'octobre 2012

L'enquête de terrain réalisée en octobre 2012 a permis de :

- Définir les levés topographiques à réaliser pour compléter et actualiser les données existantes,
- Recenser les nouveaux repères de crue de l'évènement VANIA du 14/01/2011 (12 PHE) et de l'évènement ERICA du 14 mars 2003 (1 PHE nouvelle),
- Caractériser les coefficients de rugosité nécessaires à la modélisation,
- Visualiser l'occupation des sols dans le lit majeur des cours d'eau,
- Préciser les singularités des cours d'eau principaux Coulée et Lembi et les affluents :
- D'apprécier le fonctionnement hydraulique du réseau hydrographique superficiel (fossés, creeks, ...) ainsi que les mécanismes de débordements.

### 2.2.2 Données topographiques complémentaires

A l'issue du recueil de données et de l'enquête de terrain, il a été décidé de réaliser des relevés topographiques complémentaires pour permettre une consolidation des données existantes:

- relevés du lit mineur ou majeur et d'ouvrages de franchissement pour préciser le modèle numérique de terrain à intégrer dans la simulation hydraulique,
- relevés de repères de Plus Hautes Eaux pour améliorer le calage du modèle hydraulique.

Les données topographiques complémentaires suivantes ont été réalisées en mars 2013 par le cabinet de géomètre De Condinguy:

- 8 profils en travers du lit mineur de la rivière Coulée (PTC1, PTC4, PTC5, PTC6, PTC7, PTC8, PTC9, PTC10)
- 2 profils en travers du lit mineur et majeur de la rivière Coulée (PTC2 et PTC3)
- 1 ouvrage de franchissement de la rivière Coulée (OD4)
- 3 profils en travers du lit mineur et majeur de la rivière Lembi (PTL1, PTL2 et PTL3)
- 3 ouvrages de franchissement de la rivière Lembi (OD1, OD2, OD3)
- 6 repères de crues des rivières Coulée et Lembi (PHE 1 à 6) observés lors de l'évènement VANIA du 14/01/2011 et 1 PHE nouvelle sur la rivière Lembi pour l'évènement ERICA du 14 mars 2003,
- 6 repères de crues des creeks affluents : PHERD1, PHERD2, PHERG1 à PHERG4 observés lors de l'évènement VANIA du 14/01/2011.

Les photographies des repères de crues sont présentées en Annexe 1.

La carte suivante permet de localiser les principales données topographiques complémentaires et repères de crues qui ont été relevés lors de la campagne topographique de mars 2013 par le cabinet de géomètre De Condinguy.

### 2.2.3 Comparaison données topographiques 2013 et 1991

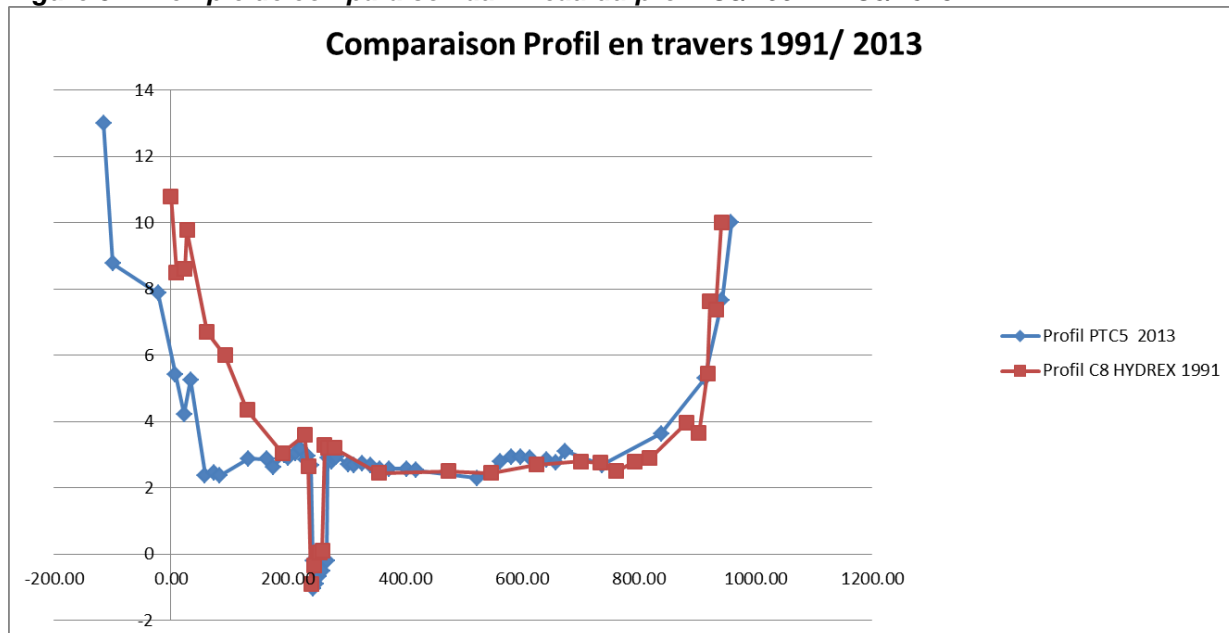
Une comparaison entre les profils en travers réalisés en 2013 et ceux issus de l'étude Hydrex de 1991 montre que le tracé du lit mineur de la Coulée a évolué mais que la capacité

hydraulique du lit mineur est resté assez proche. Les cotes dans le lit majeur sont par contre très différentes.

Les différences dans le lit majeur s'expliquent certainement par le positionnement de l'axe représentant le profil dans le lit majeur qui n'est pas connu précisément dans le cas de l'étude HYDREX de 1991 (plan de situation papier peu précis).

La comparaison a été menée sur les 3 profils communs entre les deux levés topographiques de 2013 et 1991 : (C6-PTC6), (C8-PTC5), C10-PTC1).

**Figure 3 : Exemple de comparaison au niveau du profil C8/1991-PTC5/2013**



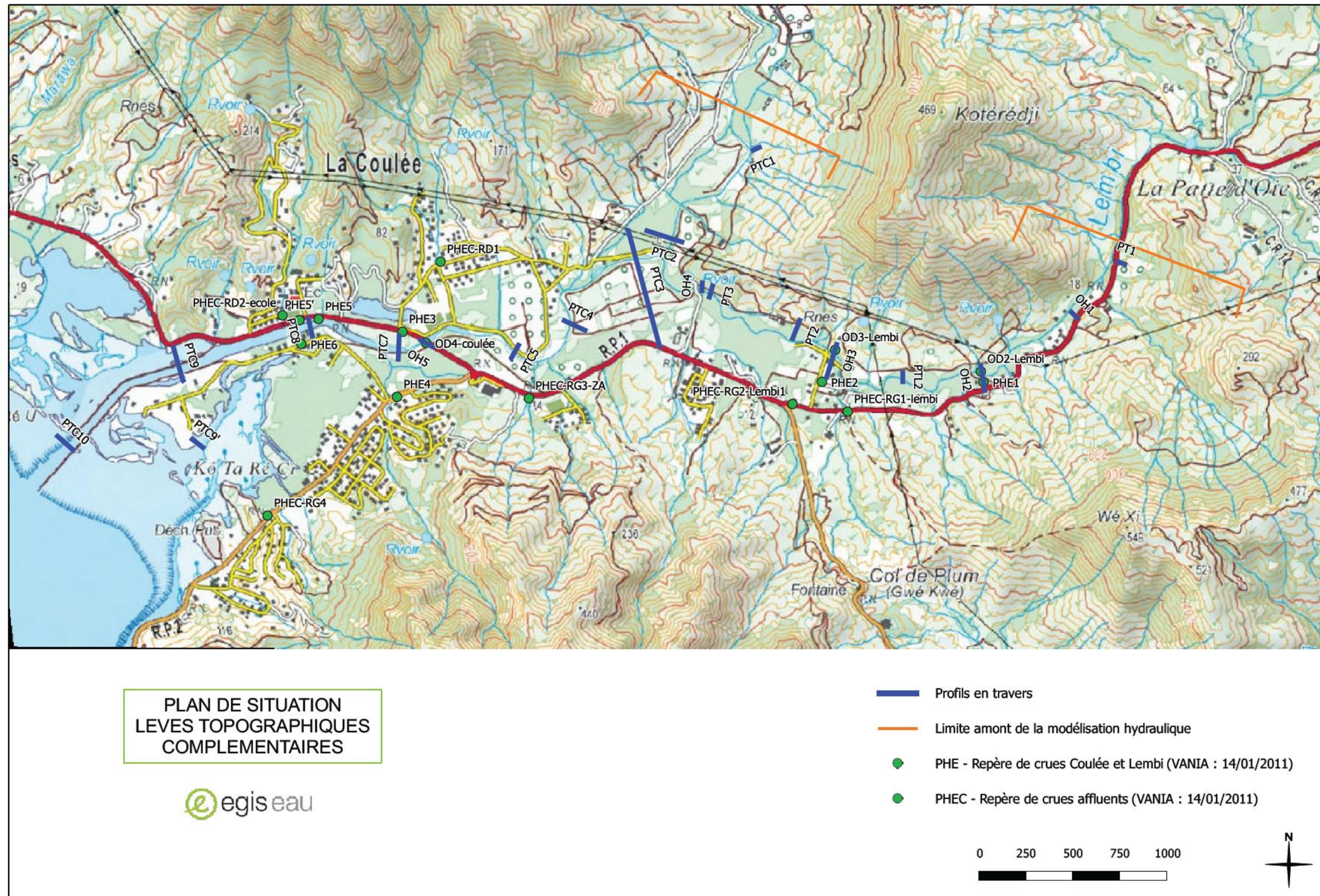
Les deux autres profils ayant fait l'objet de comparaison sont présentés en annexe 4.

Pour la création du nouveau modèle hydraulique représentant la Coulée, on pourra envisager ponctuellement la récupération des données topographiques de l'étude 1991 pour compléter la représentation du lit mineur.

Pour le lit majeur, la vallée de la Coulée sera représentée exclusivement avec les données topographiques récentes.



Figure 4 : Localisation des données topographiques complémentaires relevées en mars 2013





#### 2.2.4 Choix des données topographiques pour modélisation hydraulique filaire de la Coulée et de la Lembi

Pour représenter les vallées de la Coulée et de la Lembi dans le modèle hydraulique filaire, on reconstitue 21 profils en travers :

- 13 profils en travers sur la Coulée reconstitués à partir des levés lit mineur du géomètre De Condunguy -2013 (10 profils) et de l'étude Hydrex -2011 (3 profils) + projection dans le lit majeur complété à partir des dalles topographiques au 1/2 000ème
- 8 Profils en travers sur la Lembi reconstitués à partir des levés lit mineur du géomètre De Condunguy-2013 + projection dans le lit majeur complété à partir des dalles topographiques au 1/2 000ème
- Les relevés des ouvrages de franchissement réalisés en mars 2013 par le cabinet de Condunguy : 1 ouvrage de franchissement sur la rivière Coulée (OH5 sur la carte ci-après) + 2 ouvrages de franchissement sur la rivière Lembi (OH2 et OH3 sur la carte ci-après).

La carte suivante permet de localiser les 21 profils en travers et les 4 ouvrages de franchissement utilisés pour représenter la géométrie des vallées de la Coulée et de la Lembi dans le modèle hydraulique filaire.

#### 2.2.5 Choix des données topographiques pour modélisation hydraulique filaire des creeks affluents

On note qu'ils existent des levés topographiques récents datant de moins de 5 ans au niveau du lit mineur des creeks affluents (étude SOGRAH de 2010 et SOPRONER de 2011 sur les affluents).

Au niveau de la confluence, on se situe généralement dans la partie basse des cônes de déjections des creeks. On est dans une morphologie de lit en toit et il n'y a plus d'identification possible de lit moyen ou de lit majeur. La modélisation filaire n'est pas adaptée pour la représentation de la zone inondable dans ces secteurs de confluence.

Pour le creek du lotissement industriel, le modèle hydraulique réalisé par SOPRONER en 2011 s'arrête au niveau de l'ouvrage de la RT1 et n'atteint pas la zone de débordement de la Lembi. Donc une extension du modèle hydraulique du creek du lotissement industriel a été réalisée pour permettre la jonction entre la zone inondable de la Lembi et le modèle réalisé par SOPRONER en 2011. Le lit mineur du creek du lotissement industriel a une dimension homogène qui correspond au profil le plus à l'aval levé dans le cadre de l'étude SOPRONER de 2011. Cette section sera donc utilisée comme section de référence pour toute la partie complémentaire du modèle.

Concernant les levés topographiques complémentaires, il apparaît donc que pour la présente étude hydraulique:

- En dehors du creek du lotissement industriel, les zones de confluence entre les zones inondables de la rivière Coulée et de la rivière Lembi avec les débordements des 13 creeks affluents ne nécessitent pas de levés topographiques complémentaires car la modélisation filaire n'est pas pertinente pour définir les inondations des zones de confluences.
- Pour le creek du lotissement industriel, on étendra le modèle hydraulique existant sur 400 m à l'aval jusqu'à la confluence avec la Lembi. Les profils en travers supplémentaires seront reconstitués à partir des données topographiques disponibles.

**Figure 5 : Profil station 0.5 le plus à l'aval du modèle hydraulique filaire du creek du lotissement industriel**

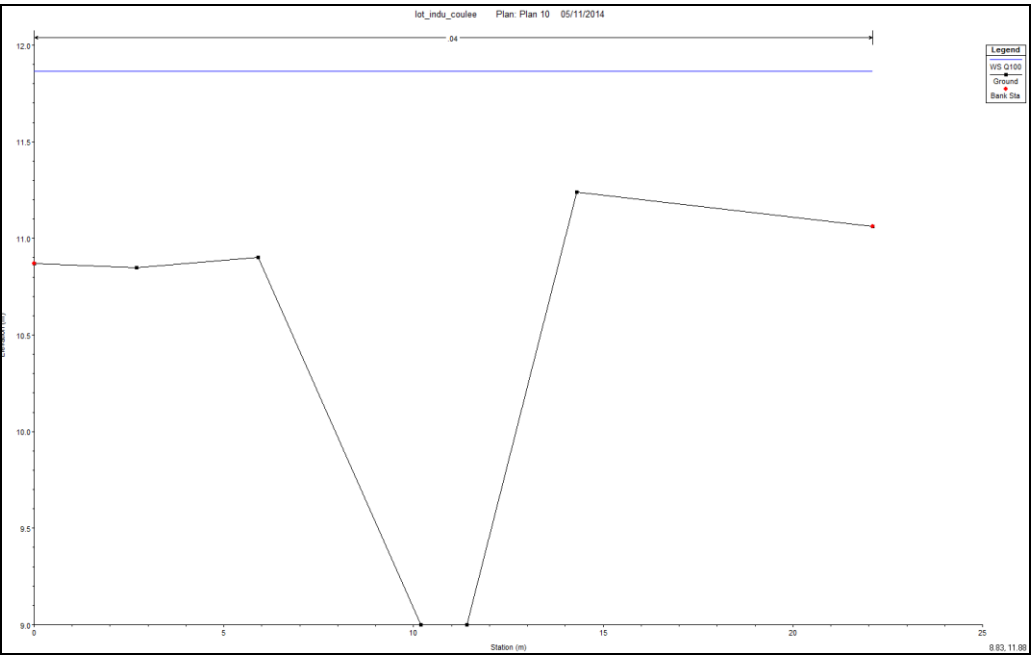
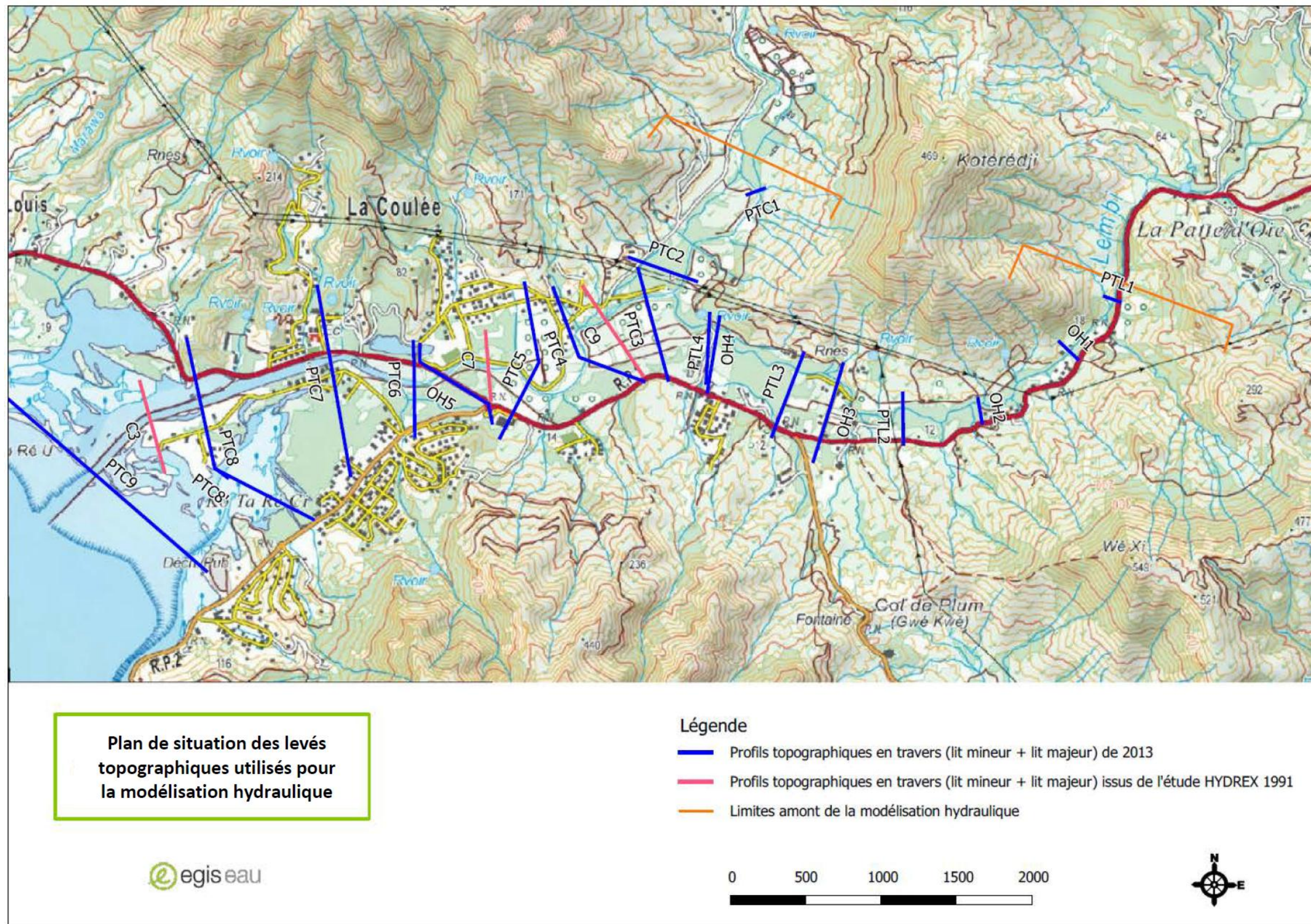




Figure 6 : Localisation des profils en travers et ouvrages de franchissement utilisés pour représenter la géométrie des vallées de la Coulée et de la Lembi dans le modèle hydraulique filaire





## 2.3 Actualisation de l'analyse hydrologique : Choix des débits de référence

### 2.3.1 Présentation des cours d'eau et des bassins versants

#### 2.3.1.1 Bassins versants de La Coulée et de la Lembi

Le bassin versant de La Coulée se caractérise par la présence de deux axes hydrauliques principaux (la Coulée amont et la Lembi) prenant leur source à plus de 700 m d'altitude. Les caractéristiques physiques des bassins versants principaux sont récapitulées dans le tableau suivant :

**Tableau 3 : Caractéristiques physiques des bassins versants Coulée et Lembi**

Bassin versant	Superficie (km <sup>2</sup> )	Pente moyenne (m/m)	Longueur hydraulique (km)
Coulée amont confluence Lembi	48	0,018	13,5
Lembi amont confluence Coulée	32	0,016	11,0
Coulée totale	91	0,008	17,0

En termes d'occupation des sols, le bassin versant de La Coulée est globalement naturel mais la végétation arborée n'est présente que sur les extrémités amont des bassins versants.

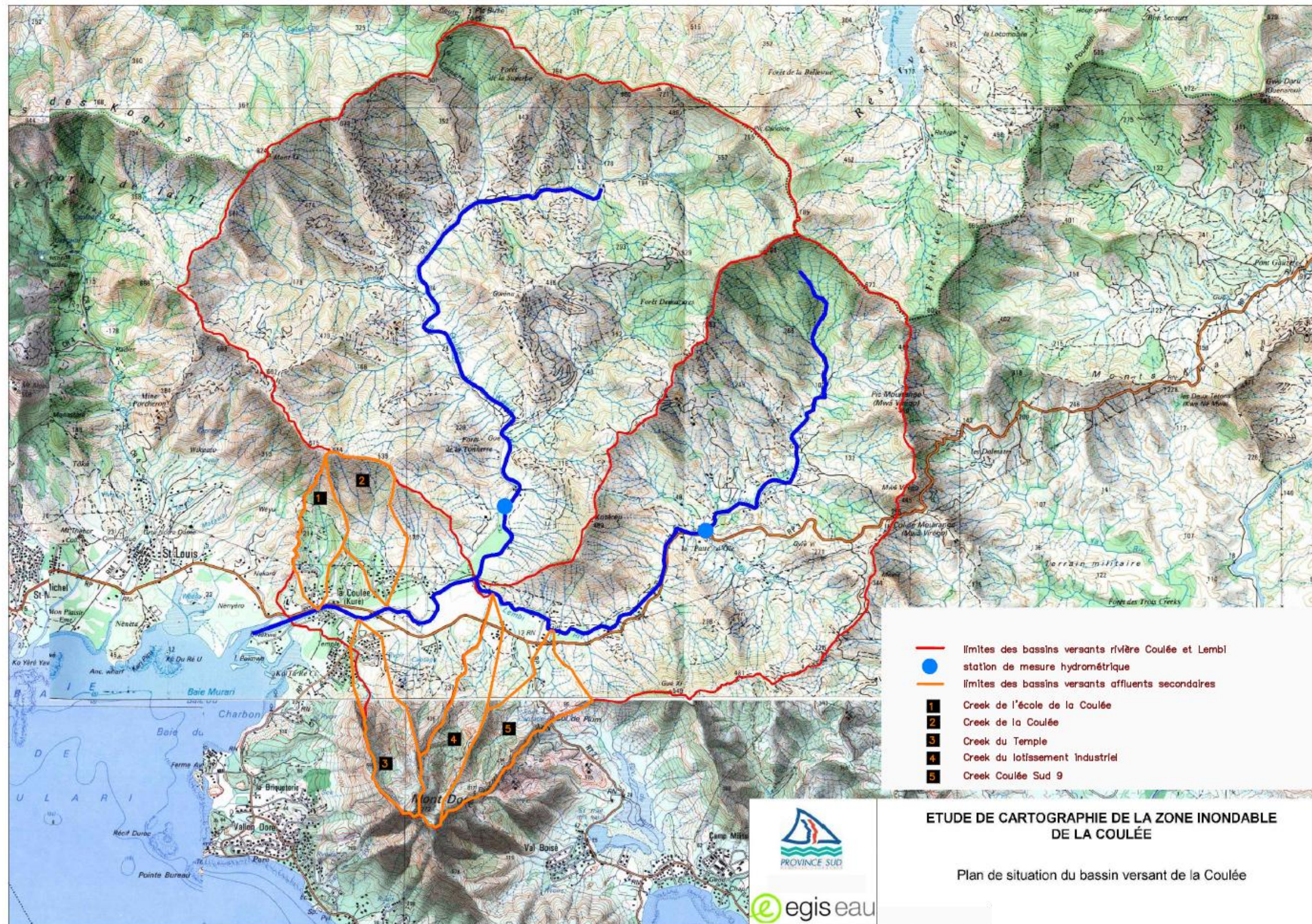
L'urbanisation est très éparse en amont de la confluence avec la Lembi, et un peu plus dense en aval avec notamment la présence de lotissements. Toutefois, l'imperméabilisation associée est minime en regard de la superficie globale des bassins versants.

La carte suivante présente les limites en rouge des deux principaux bassins versants étudiés ainsi que la localisation des 2 stations de mesures de débits sur respectivement la Coulée et la Lembi.

Les bassins versants des 5 creeks principaux ( $S > 1 \text{ km}^2$ ) traversant la zone d'étude sont également représentés avec une limite orange.



Figure 7: Bassins versants de la Coulée et de la Lembi





### 2.3.1.2 Bassins versants des affluents secondaires : Principaux creeks

Plusieurs affluents secondaires traversent des zones à enjeux de la commune du Mont-Dore. Ils peuvent inonder certaines habitations riveraines ou des infrastructures sensibles.

On note qu'au total 13 cours d'eau affluents de la Coulée ont été modélisés par SOGREAH en 2010 et un affluent par SOPRONER en 2011, le creek du lotissement industriel.

La surface de ces bassins versants affluents varie de 7 ha à 183 ha. La figure 20 permet de localiser les 14 creeks affluents.

**Tableau 4 : Etude hydrologique de référence pour les 14 creeks affluents**

Creeks	Etude hydrologique de référence
COULEE NORD 1	Etude hydraulique complémentaire sur la commune du MONT-DORE –SOGREAH 2010
COULEE NORD 2	Etude hydraulique complémentaire sur la commune du MONT-DORE –SOGREAH 2010
COULEE NORD 2 EST	Etude hydraulique complémentaire sur la commune du MONT-DORE –SOGREAH 2010
COULEE NORD 3	Etude hydraulique complémentaire sur la commune du MONT-DORE –SOGREAH 2010
COULEE SUD 1	Etude hydraulique complémentaire sur la commune du MONT-DORE –SOGREAH 2010
COULEE SUD 2	Etude hydraulique complémentaire sur la commune du MONT-DORE –SOGREAH 2010
COULEE SUD 2.3	Etude hydraulique complémentaire sur la commune du MONT-DORE –SOGREAH 2010
COULEE SUD 3	Etude hydraulique complémentaire sur la commune du MONT-DORE –SOGREAH 2010
COULEE SUD 5	Etude hydraulique complémentaire sur la commune du MONT-DORE –SOGREAH 2010
COULEE SUD 6	Etude hydraulique complémentaire sur la commune du MONT-DORE –SOGREAH 2010
COULEE SUD – creek du lotissement industriel	Etude du lotissement industriel de La Coulée - SOPRONER 2011
COULEE SUD 8	Etude hydraulique complémentaire sur la commune du MONT-DORE –SOGREAH 2010
COULEE SUD 9	Etude hydraulique complémentaire sur la commune du MONT-DORE –SOGREAH 2010
COULEE SUD 10	Etude hydraulique complémentaire sur la commune du MONT-DORE –SOGREAH 2010

La méthode hydrologique utilisée pour la détermination des débits est exactement la même pour les 14 creeks.

L'analyse hydrologique critique porte sur les 5 principaux affluents (Superficie >100 ha soit 1.0 km<sup>2</sup>) pour vérifier la pertinence des choix des débits de pointe de référence pour la modélisation hydrologique:

**Tableau 5 : Superficie des principaux creeks affluents**

Bassin versant	Superficie (km <sup>2</sup> )	Localisation
Creek de l'école de La Coulée – rive droite	1,11	BV (CN2c à CN2a) dans étude SOGREAH de 2010 Voir bassin versant n°1 sur la carte 5
Creek de La Coulée – Est rive droite	1,58	BV (CN3e à CN3a) dans étude SOGREAH de 2010 Voir bassin versant n°2 sur la carte 5
Creek du Temple – rive gauche	1,57	BV (CS3b à CS3a) dans étude SOGREAH de 2010 Voir bassin versant n°3 sur la carte 5
Creek du lotissement industriel – rive gauche	1,83	BV (CS7a à CS7d) dans étude SOGREAH de 2010 Voir bassin versant n°4 sur la carte 5
Creek Coulée Sud 9	1,75	BV (CS7a à CS7d) dans étude SOGREAH de 2010 Voir bassin versant n°5 sur la carte 5

Ces 5 principaux bassins versants sont représentés sur la carte globale (figure 5) ci-avant.

La méthode de détermination des débits est identique pour les 9 autres bassins versants.

L'annexe 3 présente de manière exhaustive les surfaces de l'ensemble des bassins versants des creeks affluents.

## 2.3.2 Analyse hydrologique

### 2.3.2.1 Données pluviométriques

La pluviométrie journalière exceptionnelle sur le secteur d'étude a déjà fait l'objet d'une analyse détaillée dans le cadre des études hydrauliques de zones inondables sur la commune du Mont Dore réalisées en 2006 par SOGREAH (études hydrauliques sur la commune du Mont Dore – Sogreah – Province Sud – 2006) puis en 2012 dans le cadre de la réalisation du modèle 2D lié à la création du nouveau franchissement hydraulique (ARTELIA-anciennement SOGREAH).

L'exploitation des données issues des postes de Boulari, Nouméa, Plum, La Coulée et La Montagne des Sources a permis, dans le cadre de ces analyses, de retenir une valeur de la pluviométrie journalière décennale et centennale représentative de la zone :

**Tableau 6: Données pluviométriques issues de l'étude SOGREAH de 2006**

Poste pluviométrique	Pluie journalière décennale (mm)	Pluie journalière centennale (mm)
Boulari	280	490
Nouméa	160	245
Plum	235	560
La Coulée	340	570
La Montagne des Sources	470	715
<i>Valeurs retenues dans l'étude ARTELIA de 2012</i>	<i>405</i>	<i>640</i>

Les valeurs retenues en 2006 sont issues d'une moyenne entre le poste d'altitude (La Montagne des Sources) et la moyenne des trois postes situés sur des zones plus « basses » (Boulari, Plum, La Coulée ; le poste de Nouméa a été jugé peu représentatif du secteur de par sa localisation particulière, sur la presqu'île de Nouméa).

Les valeurs retenues en 2012 sont issues d'une moyenne entre le poste d'altitude (La Montagne des Sources) et le poste de La Coulée qui sont jugées les plus représentatives du bassin versant de la Coulée.

### 2.3.2.2 Analyses hydrologiques antérieures pour les rivières Coulée et Lembi

Pour définir les crues de références, plusieurs approches hydrauliques ont été réalisées dans les études antérieures.

On recense 3 méthodes principalement utilisées pour estimer les hydrogrammes ou débit de pointe des crues de référence des rivières Coulée et Lembi :

- Utilisation de formules de calcul de débit empirique > formule rationnelle ou formule SPEED (développée par le bureau d'études SOGREAH),
- Application de la méthode de transposition (appelée aussi méthode d'analogie) permettant d'évaluer de débit ruisselé en un point d'un bassin versant à partir d'un débit connu en un autre point du bassin versant ou sur un autre bassin versant proche, semblable de par ses caractéristiques morphométriques, cette méthode est utilisée par l'étude HYDREX de 1991 avec comme référence la station hydrométrique de Dumbéa-Est.
- Simulation pluie-débit du bassin versant, on estime les débits à partir de formule type rationnelle sur des sous-bassins versants homogènes et des hyétoigrammes de pluie caractérisant la pluviométrie locale, des fonctions de transfert permettant ensuite l'estimation des hydrogrammes de débit sur l'ensemble du bassin versant.

La comparaison des différentes méthodes de calcul de débit a été établie pour la crue de fréquence centennale à l'exutoire du bassin versant de la Coulée (surface du bassin versant de 91 km<sup>2</sup>).

Les résultats obtenus ont été confrontés à ceux retenus dans le cadre de l'étude de 1991.

**Tableau 7 : Estimation débit de pointe centennale à partir de différentes méthodes**

Principaux résultats des analyses hydrologiques antérieures		Débit de fréquence centennale de la Coulée au droit du futur franchissement (m <sup>3</sup> /s)	$\frac{Q_{100}}{S^{0,75}}$
Méthode rationnelle (SOGREAH 2009)		1460	49,7
Formulation SPEED (SOGREAH 2006)		1480	50,4
Méthode de transposition (SOGREAH 2009 et 2012)	A partir de la station de la Couvelée	1310	44,6
	A partir de la station de la Dumbéa Est	1900/2290	64,6/77,9
	A partir de la station de la Dumbéa Nord	1570	53,4
	A partir de la station de la Coulée	<b>1820</b>	<b>61,9</b>
Méthode de transposition Dumbéa-Est : Etude HYDREX 1991		2300	78,3

La valeur de **1820 m<sup>3</sup>/s** estimée par transposition avec les données statistiques observées de la station hydrométrique de la rivière Coulée (Période d'observation de 1991-2008) a été choisie comme débit de référence centennal dans la dernière étude hydraulique réalisée sur la rivière Coulée (Cartographie des zones inondables Coulée– *Sogreah – Province Sud – 2012*).

On note que les calculs de débit issus des deux formules empiriques (Formules rationnelles et speed) fournissent des valeurs assez nettement inférieures aux méthodes utilisant les observations des stations hydrométriques :

- Débit de  $Q_{100}/S^{0,75} = 50$  en moyenne pour les méthodes empiriques.
- Débit de  $Q_{100}/S^{0,75} = 64$  en moyenne pour les méthodes utilisant les observations des stations hydrométriques.

### 2.3.2.3 Dernières analyses statistiques disponibles en février 2013

Les dernières analyses statistiques disponibles (DAVAR 2013) sur les observations des stations hydrométriques DAVAR de la rivière Coulée (Période d'observation de 1991-2012) et de la récente station hydrométrique sur la rivière Lembi (Période d'observation de 2000-2012 mais sans la valeur d'Erica) sont les suivantes.

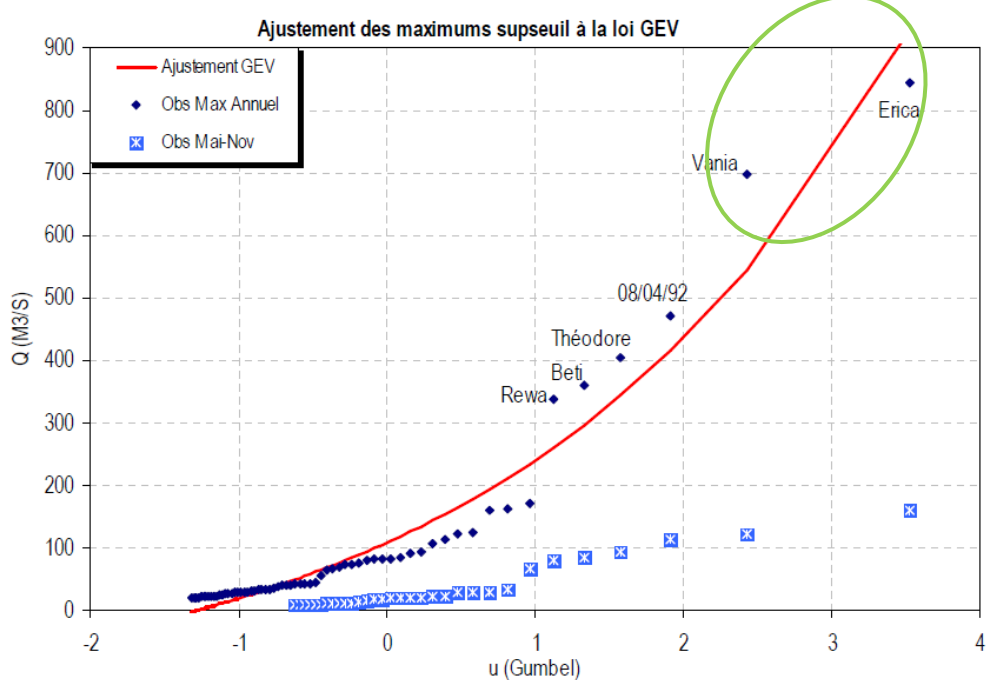
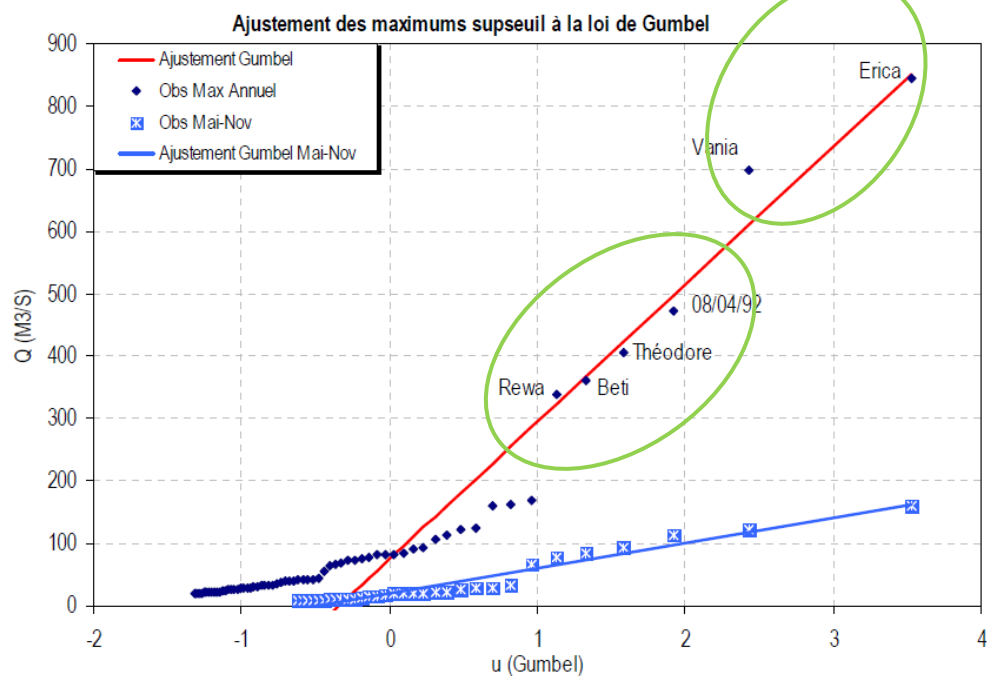
Ces données intègrent en particulier l'événement VANIA du 14/01/2011 qui a une occurrence de l'ordre de 20 ans d'après DAVAR 2013.

La station de la Coulée qui possède plus de 30 ans d'observations a été jugée fiable pour définir les débits de crue courante.

Concernant les données de la station hydrométrique sur la rivière Lembi, en accord avec les hydrologues de la DAVAR, les données débits-fréquences de la station Lembi n'ont pas été jugés suffisamment fiables (étalonnage hautes eaux de la station, durée des observations trop faible) pour être utilisé dans le cadre de cette étude.

**Figure 8: Ajustement statistique issue de données de la station hydrométrique de la rivière Coulée (d'après DAVAR 2013)**

### 5700300106 Rivière Coulée Téléphérique



	Période de Retour T (années)							Parametre Gumbel/GEV		
	1	2	5	10	20	50	100	Gd	P0	c
Q (m³/s) Gumbel	75	156	405	570	728	933	1087	220	75	
Q (m³/s) GEV	108	150	328	497	713	1101	1501	107	108	-0.39
Q_Mai_Nov (m³/s) Gumbel	21	36	81	111	139	177	204	40	21	



Les données issues des dernières analyses statistiques sur la station de la Coulée fournissent les valeurs de débits de référence suivantes :

**Tableau 8 : Estimation débit de pointe centennal à partir des analyses statistiques issues des observations de la station hydrométrique de la Coulée**

Bassin versant	Superficie (km <sup>2</sup> )	Débit de fréquence centennale (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{100}$
			$S^{0,75}$
Coulée amont	44	1087 (Méthode Gumbel)	63
		1501 (Méthode GEV)	88

- Observations concernant les résultats issues de la station de la rivière Coulée :

On note que les ajustements GUMBEL sont particulièrement adaptés pour les crues d'occurrence moyenne (ordre de retour 5- 10 ans comme les événements Beti ou Théodore) alors que pour les crues d'occurrence rare (ordre de retour 20 ans et plus comme les événements Vania ou Erica) les ajustements GEV et GUMBEL semblent aussi pertinent l'un que l'autre.

Compte tenu du faible échantillon disponible pour ces crues, il est néanmoins délicat de définir des règles définitives en la matière.

L'analyse historique des expertises hydrologiques précédentes montre que toutes les autres analyses fournissent des débits spécifiques beaucoup plus faibles que celles fournies par la méthode GEV.

- Débit spécifique de 50 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> environ pour les méthodes empiriques.
- Débit spécifique compris entre 45 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> et 78 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> pour les méthodes utilisant les observations des stations hydrométriques.

En première approche, il est donc prévu d'utiliser les valeurs suivantes pour la simulation hydraulique de la rivière Coulée :

**Tableau 9 : Estimation des débits de pointe de référence de la rivière Coulée à partir des analyses statistiques issues des observations de la station hydrométrique de la Coulée**

Bassin versant	Superficie (km <sup>2</sup> )	Qi5 (m <sup>3</sup> /s)	Qi10 (m <sup>3</sup> /s)	Qi100 (m <sup>3</sup> /s)
Coulée amont	44	405 (QDF Méthode Gumbel)	570 (QDF Méthode Gumbel)	Test d'un intervalle compris entre : 1087 (Méthode Gumbel) 1501 (Méthode GEV)

### 2.3.2.4 Estimation débits de pointe des principales crues historiques

Les crues de la coulée qui ont marquées la mémoire collective sont les 3 événements climatiques de référence suivants :

- Cyclone Anne du 13 janvier 1988,
- Cyclone Erica du 14 mars 2003,
- Cyclone Vania du 14 janvier 2011.

Une analyse hydrologique de type pluie-débit menée en 2006 et utilisée dans cette étude a permis d'estimer les débits de 2 crues historiques : événements de 1988 (Cyclone Anne) et de 2003 (Cyclone Erica).

A l'aval du bassin versant (surface du bassin versant de 91 km<sup>2</sup>), les fourchettes de débit sont les suivantes :

**Tableau 10: Estimation débits de pointe événement historique issue de l'étude SOGREAH de 2006**

	Débit de crue (m <sup>3</sup> /s)	$\frac{Q_i}{S^{0,75}}$
ANNE 1988	1600 à 1700	54,30 à 57,70
ERICA 2003	850 à 1450	28,8 à 49,20

Pour l'évènement de 2003, le meilleur calage du modèle hydraulique de l'étude hydraulique (*Sogreah – Province Sud – 2012*) est obtenu avec un débit de 900 m<sup>3</sup>/s.

On note pourtant qu'au niveau de la station hydrométrique localisée sur la Coulée amont (Surface contrôlée de 44 km<sup>2</sup>), le débit est estimé à 840 m<sup>3</sup>/s pour l'évènement Erica de 2003, ce qui correspond à une valeur transposée de **1450 m<sup>3</sup>/s** pour le bassin versant total.

- Pour l'évènement VANIA du 14/01/2011, la valeur observée de débits au niveau des stations hydrométriques DAVAR de la rivière Coulée est la suivante :

**Tableau 11: Estimation du débit de pointe de la rivière Coulée pour événement VANIA**

Bassin versant	Superficie (km <sup>2</sup> )	Débit de pointe VANIA (m <sup>3</sup> /s)	Estimation période de retour
Coulée amont	44	700	±20 ans
Coulée aval	91	1200 par ratio des bassins versants $Q_x \cdot (91/44)^{0,75}$	±20 ans

Les 3 crues historiques ANNE, ERICA et VANIA qui sont les plus fortes de ces 30 dernières années ont fait l'objet de nombreux témoignages fiables : Voir repères de crues.

Compte tenu de leur importance et de la fiabilité des témoignages, ces 3 événements sont les plus pertinents pour caractériser les inondations rares ou exceptionnelles de la Coulée et de la Lembi et ces 3 crues historiques suffisent pour caler correctement le modèle hydraulique Coulée-Lembi consolidé dans le cadre de la présente mission.

### 2.3.2.5 Choix des valeurs de débits de référence pour la simulation hydraulique du modèle consolidé

Les données hydrologiques d'entrée pour la modélisation en régime permanent seront les valeurs estimées de la manière suivante :

- Sur la partie amont de la coulée : Estimation des débits de pointe de référence de la rivière Coulée à partir des analyses statistiques issues des observations de la station hydrométrique de la Coulée : Voir tableau 9 ci-avant ;
- Pour la Lembi : Transposition des débits de référence de la rivière Coulée par ratio des bassins versants  $(19/44)^{0.75}$ .
- Les débits de pointe de référence centennale sur la partie aval de la Coulée sont évalués par transposition des débits de référence de la rivière Coulée par ratio des bassins versants  $Q_x \cdot (91/44)^{0.75}$ .

Le tableau 13 ci-après récapitule les différentes valeurs de débit projet.

Les valeurs de débits de pointe de référence centennale sur la partie aval de la Coulée sont cohérentes avec les valeurs de débit utilisées dans les études précédentes :

- ARTELIA 2012 : **Qi100 = 1820 m3/s**
- Etude HYDREX pour cartographie des zones inondables - 1991: **Qi100 = 2300 m3/s**

Le débit de référence centennial est choisi à 1850 m3/s et se situe entre ces 2 valeurs.

On note que cette valeur se situe de 20% en dessous de la valeur d'HYDREX de 1991 car dans les 22 années (1991-2013) d'observations de débits supplémentaires sur la station de la Coulée, il n'y a pas eu de crue de grande importance équivalente à ANNA en 1988. La valeur du débit centennale de 1850 m3/s issue des observations est donc logiquement moins importante et plus fiable du fait de la plus longue durée d'observation.

On note que cette valeur est très proche de celle prise comme référence par ARTELIA en 2012.

### 2.3.3 Débits de crues injectés dans le modèle hydraulique Coulée-Lembi

On injecte dans le modèle hydraulique les débits de crues représentatifs des évènements d'occurrence :

- 5 ans,
- 10 ans,
- 100 ans.

En première approche, les données hydrologiques d'entrée pour la modélisation en régime permanent seront les valeurs suivantes :

**Tableau 12 : Débits de référence pour modélisation hydraulique de la Coulée et de la Lembi**

Bassin versant	Superficie (km <sup>2</sup> )	Débit fréquence 5 ans (m <sup>3</sup> /s)	Débit fréquence 10 ans (m <sup>3</sup> /s)	Débit fréquence 100 ans (m <sup>3</sup> /s)
Coulée amont	44	405	570	1087-1500
Lembi	19	216	304	560-800
Coulée aval	91	700	980	1875-2590

On note que la marge d'erreur sur les valeurs de débit de pointe est :

- Proportionnelle à l'ordre de retour de la crue,
- Inversement proportionnelle aux nombres d'années d'observation des paramètres de mesure (débits, pluies...).

La marge d'erreur est également fonction de la précision de la valeur des débits observés (Courbe de tarage) et du choix des méthodes d'analyse statistique.

Compte tenu de la durée d'observation qui est assez faible (32 ans), la marge d'erreur sur les débits de pointe centennale est forte.

Les hypothèses de débit sont cohérentes avec l'ensemble des études précédentes.

### 2.3.4 Analyses hydrologiques pour la simulation sur les principaux creeks affluents

Concernant les affluents, les débits de référence déjà calculés sont les suivants :

**Tableau 13 : Débit de références pour principaux affluents de la Coulée**

Etudes	Bassin versant	Surface (km <sup>2</sup> )	Débit de référence Q <sub>100</sub> m <sup>3</sup> /s)	$\frac{Q_{100}}{S^{0,75}}$
2011 – SOPRONER – Zones Inondables lotissements industriels	Creek lotissement industriel	1,83	78 (méthode rationnelle)	50
2010 – SOGREAH – Etudes hydrauliques complémentaires Mont Dore	Creek école RD (CN2)	1,11	55 (méthode rationnelle)	51
2010 – SOGREAH – Etudes hydrauliques complémentaires Mont Dore	Creek de La Coulée – Est (CN3)	1,58	70 (méthode SPEED)	50
2010 – SOGREAH – Etudes hydrauliques complémentaires Mont Dore	Creek du Temple – RG (CS3)	1,57	70 (méthode SPEED)	50
2010 – SOGREAH – Etudes hydrauliques complémentaires Mont Dore	Creek du Temple – RG (CS3)	1,75	75 (méthode SPEED)	49

On en déduit une très forte homogénéité dans les estimations du débit de pointe spécifique centennale sur les principaux creeks affluents :  $Q_{100}/S^{0,75} = 50 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{km}^2$ .

La méthode de détermination des débits et la valeur des débits spécifiques sont similaires pour les 9 autres creeks secondaires.

Ces valeurs de débit spécifique sont par ailleurs cohérentes avec celles estimées sur la Lembi et sur la Coulée.

En l'absence de stations hydrométriques sur ces petits bassins versants, les incertitudes sont très fortes sur les valeurs de débits de crue.

Ces débits, qui ont été utilisé dans le cadre des études précédentes, seront conservés car il n'y a pas de données hydrologiques nouvelles permettant de corriger ces estimations.

## 2.4 Actualisation de l'analyse hydrologique : Choix des conditions limites aval

### 2.4.1 Conditions limites aval pour la rivière Coulée

Le niveau d'eau imposé à l'aval du modèle est horizontal sur toute la section de la baie de Murari.

Les niveaux aval utilisés au niveau de la mer sont ceux préconisés dans le cadre des études hydrauliques de zones inondables réalisées dans le quart sud-ouest du territoire.

Pour la crue centennale, le niveau aval préconisé est de 1.4 m NGNC.

Pour les crues d'ordre de retour 5 ans et 10 ans, le niveau aval préconisé est de 1.1 m NGNC. Dans le cadre de la modélisation Coulée-Lembi, une analyse de sensibilité sur le choix des conditions limites avals a été menée pour mesurer l'impact de ces valeurs sur la ligne d'eau.

### 2.4.2 Conditions limites aval pour la rivière Lembi

Pour le tronçon de Lembi modélisé, on utilise la valeur du niveau de la Coulée au niveau de la confluence Coulée-Lembi. Ce choix de condition limite aval est effectuée automatiquement pour chaque simulation.

### 2.4.3 Conditions limites aval pour les affluents

Pour les affluents de la Coulée et de la Lembi (bassin versant < 2km<sup>2</sup>), on utilise comme condition limite aval, la valeur du niveau de la Coulée ou de la Lembi au niveau de la confluence avec l'affluent. Ce choix est déjà celui effectué sur les modèles hydrauliques filaires simulés par SOGREAH en 2010 sur les petits creeks affluents et permet ainsi une comparaison.

Ce choix de condition limite aval fait l'hypothèse d'une concomitance de la pointe des crues de l'affluent et de la Coulée ou de la Lembi.

On note que les temps de concentrations des creeks affluents sont beaucoup plus courts (Surfaces BV < 2km<sup>2</sup>) que ceux des bassins versants de la Lembi et de la Coulée. Dans la réalité, les pointes des hydrogrammes entre les Creeks et la Coulée ou la Lembi seront donc probablement décalées. Les creeks étant situés sur la partie aval du bassin versant et contrôlant des petits bassins versants à forte pente, il est probable que le paroxysme des crues des creeks affluents précède le paroxysme des crues de la Coulée et de la Lembi.

L'hypothèse de condition limite aval pour les affluents est donc plutôt sécuritaire.

## Chapitre 3 : Phase 2 : Réalisation d'un modèle hydraulique filaire sur la Coulée et la Lembi et calage avec les dernières observations

---

L'objectif de cette phase est de réaliser une modélisation hydraulique unique de la rivière Coulée et de la rivière Lembi au niveau de la zone d'étude.

Cette modélisation prend en compte :

- Les nouvelles données topographiques de la phase 1,
- Les données d'entrée consolidées de la phase 1,
- Le choix des repères et crues pour calage du modèle hydraulique pour les 3 crues de référence ANNE, ERICA et VANIA.

Cette phase présente donc le modèle hydraulique, le calage du modèle et les résultats de la modélisation pour les crues de référence.

Pour les zones de confluence entre les zones inondables de la rivière Coulée et de la rivière Lembi avec les débordements des 14 creeks affluents, une analyse du fonctionnement hydraulique des creeks a permis de définir la méthode la plus adaptée pour la mise en cohérence de la cartographie des zones inondables au droit des confluences.

### 3.1 Présentation du modèle hydraulique 1D Coulée-Lembi

#### 3.1.1 Hypothèse de modélisation

Une modélisation filaire en régime permanent est réalisée pour simuler les crues des rivières Coulée et Lembi.

Le modèle 1D est bien adapté au calcul des écoulements en rivière, lorsque les champs d'inondation ont un effet de stockage sans participer véritablement à l'écoulement. Ces modèles permettent de représenter les écoulements dynamiques dans le lit majeur que par des liaisons permanentes.

Ces modèles ne permettent donc pas de caractériser de façon précise les écoulements complexes qui peuvent s'établir en lit majeur.

Pour la partie aval de la zone d'étude (à l'aval de la confluence avec la Lembi), le champ d'inondation s'élargit et les débordements dans le lit majeur sont plus complexes.

Néanmoins la configuration hydraulique des vallées de la Coulée et de la Lembi est classique :

- Les axes d'écoulement du lit mineur et du lit majeur sont globalement parallèles,
- Les vallées des deux cours d'eau sont assez étroites,



- Pas de chenaux secondaires hormis sur l'extrémité aval (600 derniers mètres avant la mer).

D'après les observations des plus hautes eaux (PHE), il y a en effet peu d'écart de niveau sur un même profil en travers.

Par ailleurs la faible largeur des vallées et donc des volumes débordés dans le lit majeur ne favorise pas un écrêtement significatif des débits de pointe. Le régime permanent est donc approprié.

Une modélisation filaire en régime permanent semble donc, en première approche, adaptée pour définir les aléas inondation pour les crues rares et exceptionnelles de la Coulée et de la Lembi.

Ce choix du régime permanent induit :

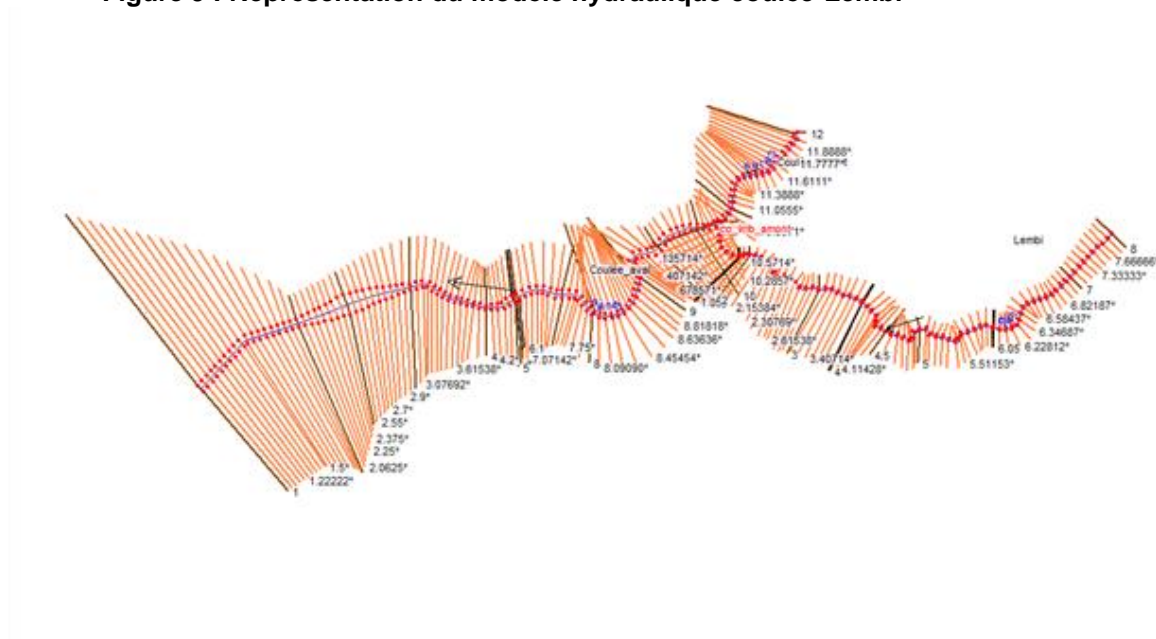
- Une majoration des niveaux maximaux pour les crues moins rares comme Qi5, puisqu'on ne prend pas en considération d'éventuel phénomène d'écrêtement de la crue, pour les événements rares, les volumes sont tels que les effets de laminage sont négligeables ;
- Une détermination des vitesses moyennes dans le lit majeur qui peut entraîner localement une sous-estimation des vitesses d'écoulement. Les données de vitesses seront interprétées par le chargé de projet pour corriger cette imprécision lors de la détermination des cartes isovitesses.

Les résultats du modèle 1D ont été comparés avec les résultats du modèle 2D réalisé en 2012 par le bureau d'études ARTELIA. Cette comparaison a permis de définir les éventuelles insuffisances du modèle 1D.

La modélisation filaire a été réalisée à l'aide du logiciel HEC-RAS.

Les fichiers du modèle hydraulique HEC-RAS Coulée et Lembi sont livrés sous la forme d'un modèle unique. La représentation géométrique du modèle Coulée-Lembi extraite du logiciel HEC-RAS est la suivante :

**Figure 9 : Représentation du modèle hydraulique coulée-Lembi**



### 3.1.2 Représentation des pertes de charges linéaires

C'est le coefficient Ks intervenant dans la formule de Manning-Strickler qui donne l'expression de la perte de charge linéaire. Celui-ci est fonction de la rugosité de la paroi sur laquelle l'eau s'écoule.

Il apparaît que le lit mineur de la Coulée et de la Lembi ont une rugosité différente (voir photos) car la rivière Coulée est plus large et dégagée sur sa partie aval que la Lembi qui est étroite avec de nombreux rochers tapissant le fond du lit.

Le lit majeur de la Lembi est extrêmement encombré par la végétation riveraine. Celui de la Coulée à l'aval de la confluence Lembi-Coulée est assez propre.

Pour tenir compte de l'occupation des sols, les coefficients Ks sont proposés dans le tableau suivant pour représenter la rugosité des cours d'eau.

**Tableau 14 : Choix des coefficients de Manning-Strickler pour modèle hydraulique Coulée-Lembi**

Rivière	Lit mineur	Lit majeur
Coulée	25 (partie amont) à 30 (partie aval)	8 (partie amont) à 17 (partie aval)
Lembi	18 (partie amont) à 25 (partie aval)	8 (partie amont) à 12 (partie aval)

Le calage du modèle avec des événements historiques permet d'affiner le choix des coefficients de Manning-Strickler.

Dans le cadre de la modélisation Coulée-Lembi, une analyse de sensibilité sur le choix des Ks a également été menée pour mesurer l'impact de ces valeurs sur la ligne d'eau.

### 3.1.3 Représentation des pertes de charges singulières

Les pertes de charge singulière interviennent lors d'un changement brutal de géométrie dans la zone d'écoulement. Elles sont en générale engendrées par un aménagement anthropique : Remblais ou ponts.

Pour le modèle hydraulique Coulée-Lembi, on représente les 4 pertes de charges singulières suivantes :

- Ponts sur la Lembi (OH2 à OH4),
- Pont sur la Coulée (OH5) avec le remblai de la RP1.

On note que le remblai de la RP1 n'est pas perpendiculaire à l'axe de l'écoulement de la Coulée et le remblai de la RP1 fonctionne en surverse pour les crues débordantes de la Coulée. Dans un modèle filaire, le profil en travers doit être le plus possible perpendiculaire aux lignes de courant.

Le tracé du profil en travers au droit du franchissement OH5 doit être adapté pour satisfaire au mieux cette condition.

Comme le remblai dans le lit majeur est en biais, on note que le profil intégré dans le modèle hydraulique 1D (environ 780 m de large) est plus important que le lit majeur perpendiculaire à l'axe d'écoulement (environ 640 m). Tous les autres profils en travers de la Coulée et de la Lembi sont globalement perpendiculaires à l'axe d'écoulement.

La représentation du franchissement dans le lit mineur prend en considération l'angle du biais d'un angle d'environ  $26^\circ$ . La largeur globale de l'ouvrage est de l'ordre de 50 m mais la largeur efficace d'un point de vue hydraulique proposé dans le modèle est de 45.32 mNGF.

Cette méthode de représentation limite les imprécisions du modèle filaire au droit des surverses non perpendiculaires à l'axe d'écoulement préférentiel.

Le résultat issu du modèle 2D confirme que ce choix de profil en travers est juste : l'isocote (5m) suit assez correctement le tracé du profil en travers.

Néanmoins, par nature, le modèle 1D ne peut pas faire de calcul de vitesse transversale. Hors le remblai de la RP1 dans le lit majeur est susceptible d'engendrer des vitesses transversales que seul un modèle 2D peut simuler précisément. Les comparaisons entre les résultats des modèles 1D et 2D montrent que l'impact de cette singularité reste localisé.

### 3.2 Rappel des hypothèses pour représentation des événements de références pour calage du modèle hydraulique Coulée-Lembi

L'opération de calage du modèle consiste à régler les paramètres hydrauliques du calcul :

- coefficient de rugosité permettant de caractériser le frottement sur le fond
- coefficients de perte de charge au droit des singularités.

Les données de calage récoltées dans le cadre des précédentes études sont utilisées.

Elles sont complétées par les données recueillies lors de la visite de terrain :

- nouvelles laisses de crues
- type d'occupation du sol...

Parmi les crues ayant marquées la mémoire collective on retrouve les 3 événements climatiques de référence suivants :

- Cyclone Anne du 13 janvier 1988,
- Cyclone Erica du 14 mars 2003,
- Cyclone Vania du 14 janvier 2011.

Ces 3 crues sont les crues récentes les plus représentatives des événements débordants.

Les données d'entrée (débits et condition limite aval) ont été définies dans la phase 1 de la présente étude. Les principales données utilisées pour construire le modèle de calage sont les suivantes :

**Tableau 15 : Données initiales de calage modèle HECRAS-EGIS 2013**

	Repères de crues (PHE) exploités pour le calage du modèle	Débits de référence sur la partie aval	Condition limite aval (Niveau marin lors de l'événement)
Cyclone Anne du 13 janvier 1988	12	1650 m <sup>3</sup> /s	0.55 m NGNC
Cyclone Erica du 14 mars 2003	9	900 m <sup>3</sup> /s	0.45 m NGNC
Cyclone Vania du 13 janvier 2011	3	1150 m <sup>3</sup> /s	0.45 m NGNC

On ne retient pour le calage que les repères de Plus Hautes Eaux (PHE) les plus fiables :

- Repères sur support physique inamovible,
- Fiabilité du témoignage,
- Suppression des PHE incohérentes,
- Conservation d'une unique PHE par événement sur un tronçon de 50 m de large

On retient ainsi 25 PHE au droit de la zone d'étude.

La carte suivante permet de localiser les repères de crues utilisés.



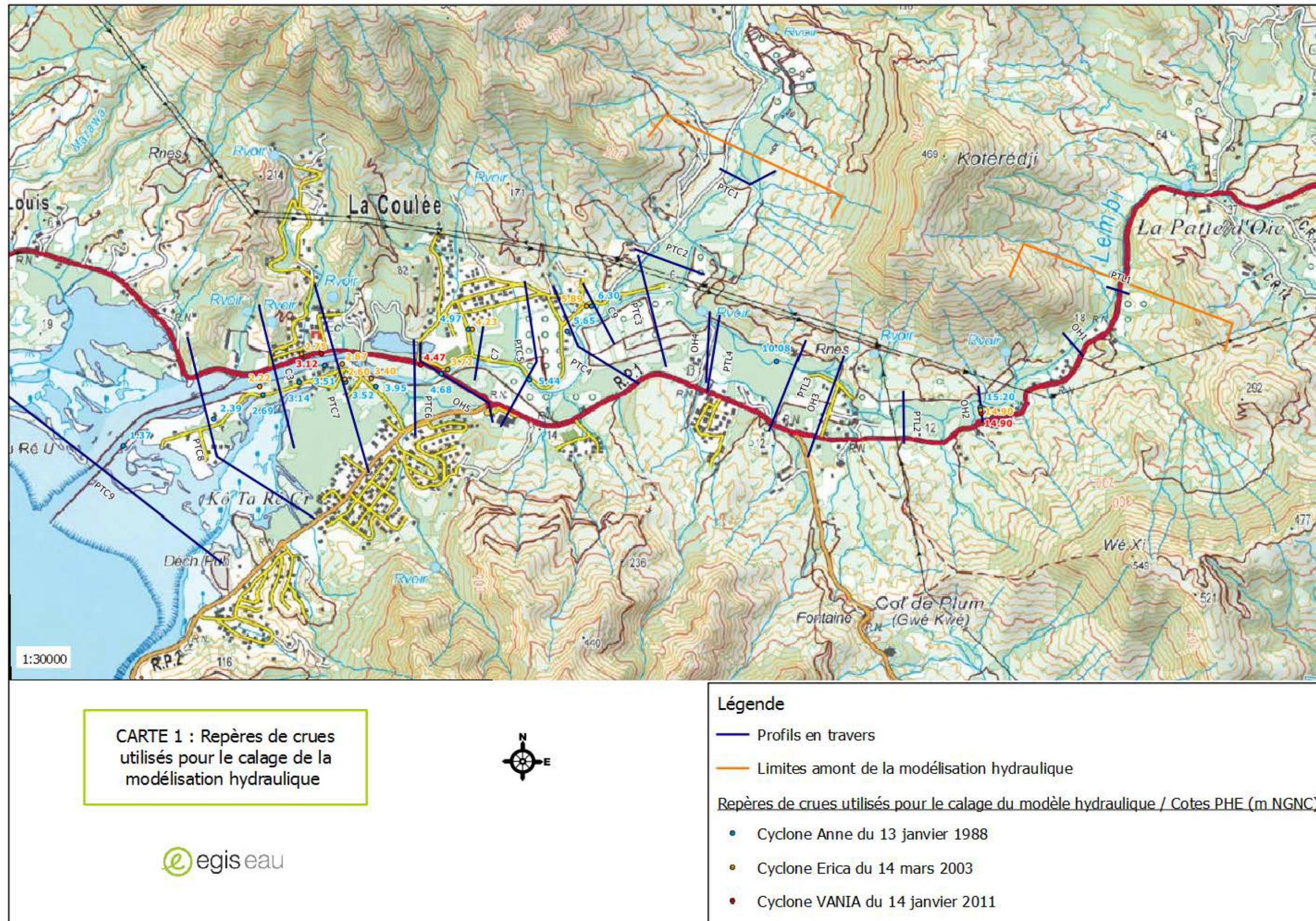
On note que les données issues des 3 crues historiques: ANNE, ERICA et VANIA sont abondantes et largement suffisantes pour le calage du modèle hydraulique de la Coulée : 22 repères de crues sont exploités.

Par contre les données exploitables pour le calage du modèle hydraulique Lembi sont beaucoup plus limitées : 3 repères de crues (Voir figure 7 et paragraphe 3) et pas de données de station hydrométrique concernant les débits d'ANNE et ERICA.

On note que des crues ont été observées après le démarrage de l'étude : Janvier 2013 et Juillet 2013. Hors d'après les données transmises en octobre 2013, on ne recense aucun repère de crue exploitable sur la Lembi.



Figure 10 : Repères de crues utilisées pour le calage du modèle hydraulique





### 3.3 Résultats de calage du modèle Coulée-Lembi

Lorsqu'il y a plusieurs repères de crues disponibles au droit d'un même secteur, on ne conserve que le repère le plus fiable et le plus représentatif du fonctionnement hydraulique de la rivière.

On note que la modélisation d'événement naturel comme les inondations n'est jamais parfaite car chaque événement climatique est unique et que certains phénomènes naturels imprévisibles ne sont pas pris en compte par le modèle hydraulique:

- Conjonction des débits de pointe de la Coulée, de la Lembi et des creeks différents en fonction de la direction et de la vitesse de l'épicentre de la pluie,
- Embâcles, effondrements ponctuels générant des pertes de charge provisoire pendant l'événement,
- Transport solide non pris en compte : la modélisation hydraulique fait l'hypothèse qu'il n'y a que de l'eau pure qui circule dans le lit mineur et majeur. Le charriage de sédiments peut localement et de manière transitoire entraîner des modifications de géométrie. Ces phénomènes ne sont pas prévisibles et ne peuvent pas être appréhendés par la modélisation.

Par ailleurs, ils existent de nombreuses imprécisions sur la valeur de la laisse : influence du batillage (vaguelette), microphénomène hydraulique du type rétrécissement très local, flux d'origine pluvial, approximation du témoignage.

Compte tenu de la non prise en compte de certains phénomènes naturels dans la modélisation hydraulique et de la fiabilité des témoignages, on peut considérer un calage correct si écart inférieur à  $\pm 20$  cm.

#### 3.3.1 Débits injectés dans le modèle hydraulique pour calage

Les principales valeurs de débits injectés dans le modèle pour le calage des 3 crues historiques sont présentées dans le tableau ci-dessous au niveau de leur point d'injection RS.

**Tableau 16 : Données hydrologiques complètes Coulée et Lembi injectées dans le modèle hydraulique HECRAS 1D pour VANIA, ANNE et ERICA**

	River	Reach	RS	VANIA	5ans	10ans	100ans	ANNE	ERICA
1	Coulée	Coulée_amont	12	730	405	570	1080	960	525
2	Coulée	Coulée_aval	10.5714*	1045	670	940	1780	1580	860
3	Coulée	Coulée_aval	8.45454*	1150	700	980	1850	1650	900
4	Lembi	Lembi	8	302.5	220	308	561	385	308
5	Lembi	Lembi	6.05	313.5	227.7	319	583	401.5	319
6	Lembi	Lembi	3	330	237.6	334.4	605	418	334.4

La comparaison entre les cotes calculées et les cotes observées est donnée par le tableau ci-après pour 3 événements climatiques de référence:

- Cyclone Anne du 13 janvier 1988 : 12 PHE caractéristiques de l'évènement,
- Cyclone Erica du 14 mars 2003 : 8 PHE caractéristiques de l'évènement,
- Cyclone Vania du 14 janvier 2011 : 3 PHE caractéristiques de l'évènement,



### 3.3.2 Calage modèle rivière Coulée avec PHE du Cyclone Anne du 13 janvier 1988

La comparaison entre les cotes calculées et les cotes observées est donnée par le tableau ci-après :

**Tableau 17 : Crue Anne 1988, comparaison des cotes calculées et observées**

Profils du modèle HEC le plus proche de la PHE	Cote calculée (m NGNC)	Cote observée (m NGNC)	Delta (cm)	Commentaires
9.43 (C9)-Etat 1991	6.37	6.30	<b>+7 cm</b>	Urbanisation actuel : KRD=8 <b>Urbanisation 1988 : KRD=12</b> Voir justification ci-après avec cartes d'occupation des sols de 1988 et occupation des sols actuels.
9.43 (C9)-Etat actuel	6.57	6.30	+27cm	
8.92 (PTC4)-Etat 1991	5.78	5.65	<b>+13 cm</b>	
8.92 (PTC4)-Etat actuel	5.88	5.65	+23 cm	
7.89 (PTC5)	5.41	5.44	-3 cm	
7.429 (C7)	5.16	4.97	+19 cm	
6 (OH5)	4.84	4.68	+16 cm	
3. 53846*	4.09	3.95	+14 cm	
3.07692*	3.53	3.52	+1 cm	
3 (PTC7)	3.48	3.51	-3 cm	
2.75*	3.23	3.14	+9 cm	
2.5 (C3)	2.83	2.69	+14 cm	
2 (PTC8)	2.39	2.39	-0 cm	
1 (PTC9)	0.94 avec CLA = 0.55 m  1.35 avec CLA =1.1m	1.37	-43 cm avec CLA = 0.55 m - 2 cm avec CLA =1.1m	Il faut prendre en compte l'effet entonnoir au niveau de l'embouchure. Une surcote marine de +1.1 m NGNC en condition limite aval semble plus représentative.

#### Bilan du calage

Au niveau de l'embouchure, une surcote marine de +1.1 m NGNC en condition limite aval semble plus représentative que la cote de 0.55 m NGNC initialement retenu.

Cette condition limite aval a été retenue pour l'ensemble des événements pour tenir compte de l'effet d'entonnoir dans la baie de Murari et pour être cohérent avec les niveaux aval préconisés dans le cadre des études hydrauliques de zones inondables réalisées dans le quart sud-ouest du territoire (Voir paragraphe 4.1 : choix des conditions limites aval).

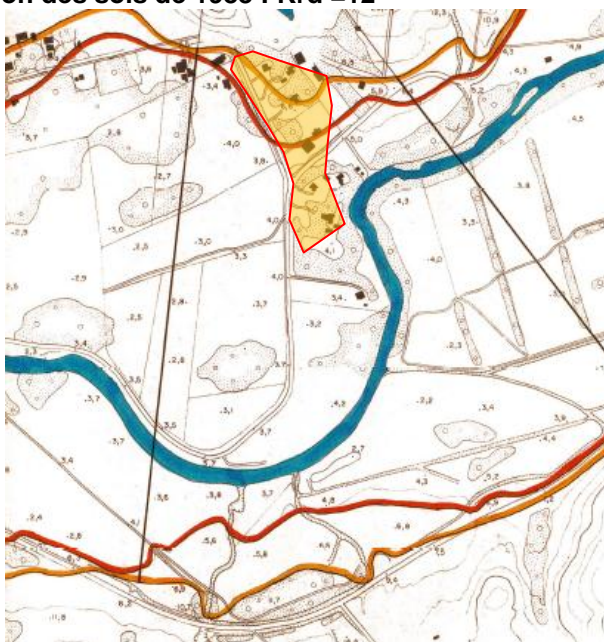
Au niveau et en amont du pont de la RP1, on note que le modèle hydraulique a tendance à surestimer légèrement la perte de charge : jusqu'à +23 cm / PHE.

On observe une urbanisation récente entre les profils C9 et le PTC4 qui accentue la perte de charge hydraulique induit par le verrou hydraulique naturel : Voir FIGURES 8 et 9.

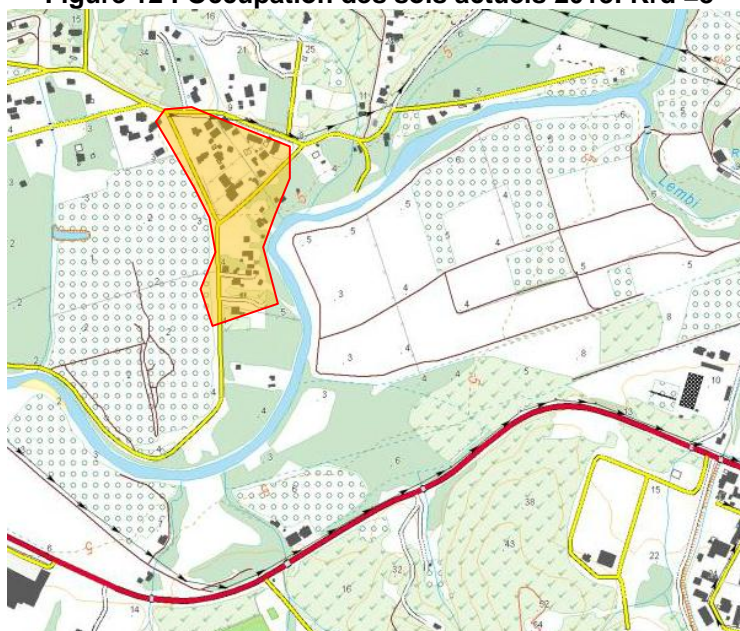
Un fichier « Coulée-géométric1988 » reconstituant la rugosité de 1988 au droit de ce secteur a été élaboré. La simulation de l'état de l'urbanisation de 1988 ( $K=12$  au lieu de 8 dans le lit majeur rive droite de la Coulée) permet alors de s'approcher des cotes observées : Différence de +7 cm et +13 cm. Cette augmentation de rugosité permet de reproduire les obstructions provoquées par les bâtiments et les aménagements périphérique (haies, clôtures...). Ce point illustre donc l'importance de préserver les zones d'écoulement dans les secteurs contraints en limitant leur urbanisation.

On obtient alors partout un écart < 20 cm et on peut considérer le calage comme très satisfaisant.

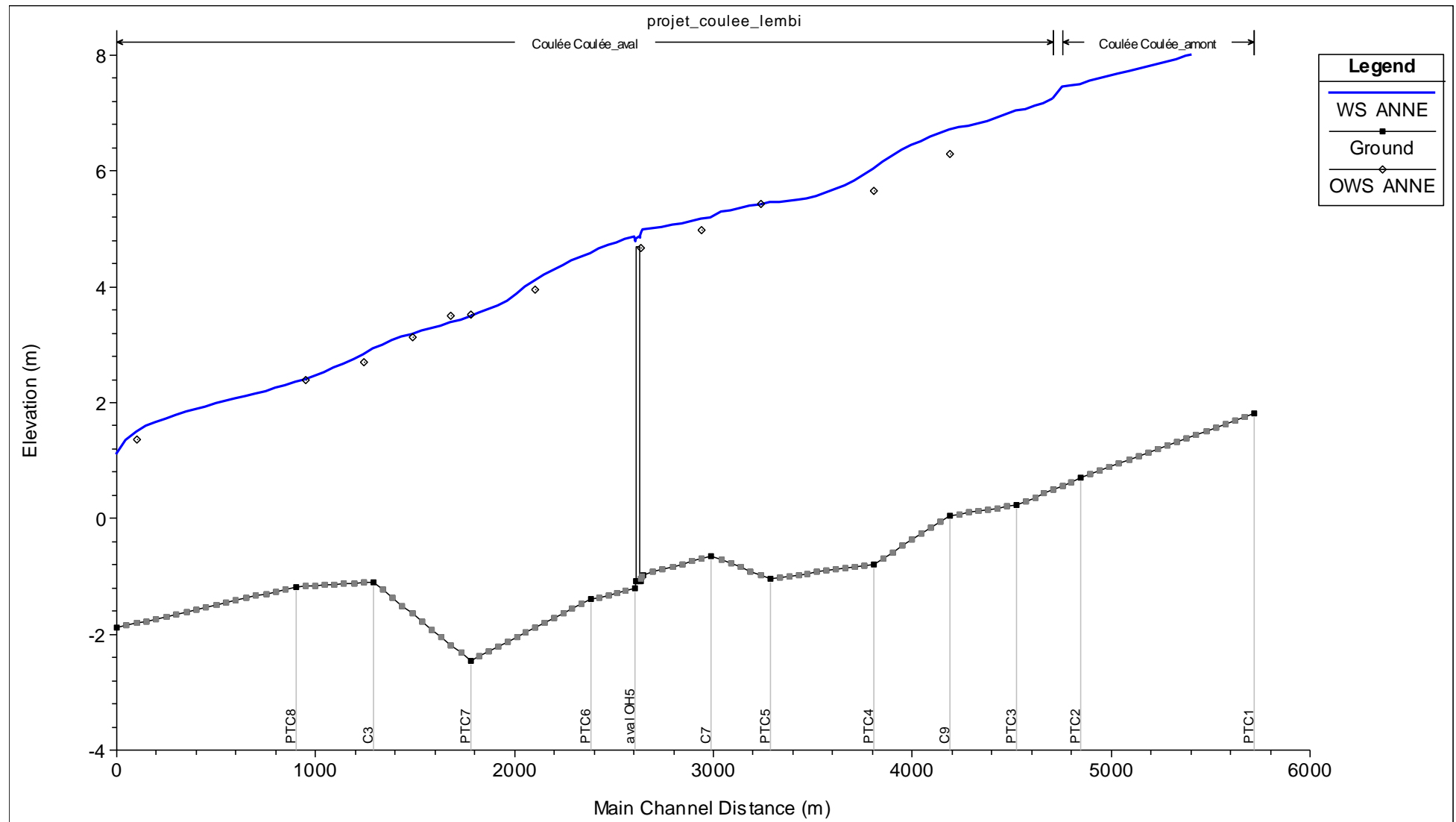
**Figure 11 : Occupation des sols de 1988 :  $K_{rd}=12$**



**Figure 12 : Occupation des sols actuels 2013:  $K_{rd}=8$**



Pour éviter les exhaussements, il faut absolument proscrire la création de nouveaux obstacles dans ces secteurs déjà naturellement contraints.

**Figure 13 : Profil en long de la Coulée – Calage ANNE (avec condition limite aval à +1.1 m NGNC et coefficients de Strickler actuel)**



### 3.3.3 Calage modèle rivière Coulée avec PHE du Cyclone Erica du 14 mars 2003

La comparaison entre les cotes calculées et les cotes observées est donnée par le tableau ci-après :

**Tableau 18 : Crue Erica du 14 mars 2003, comparaison des cotes calculées et observées**

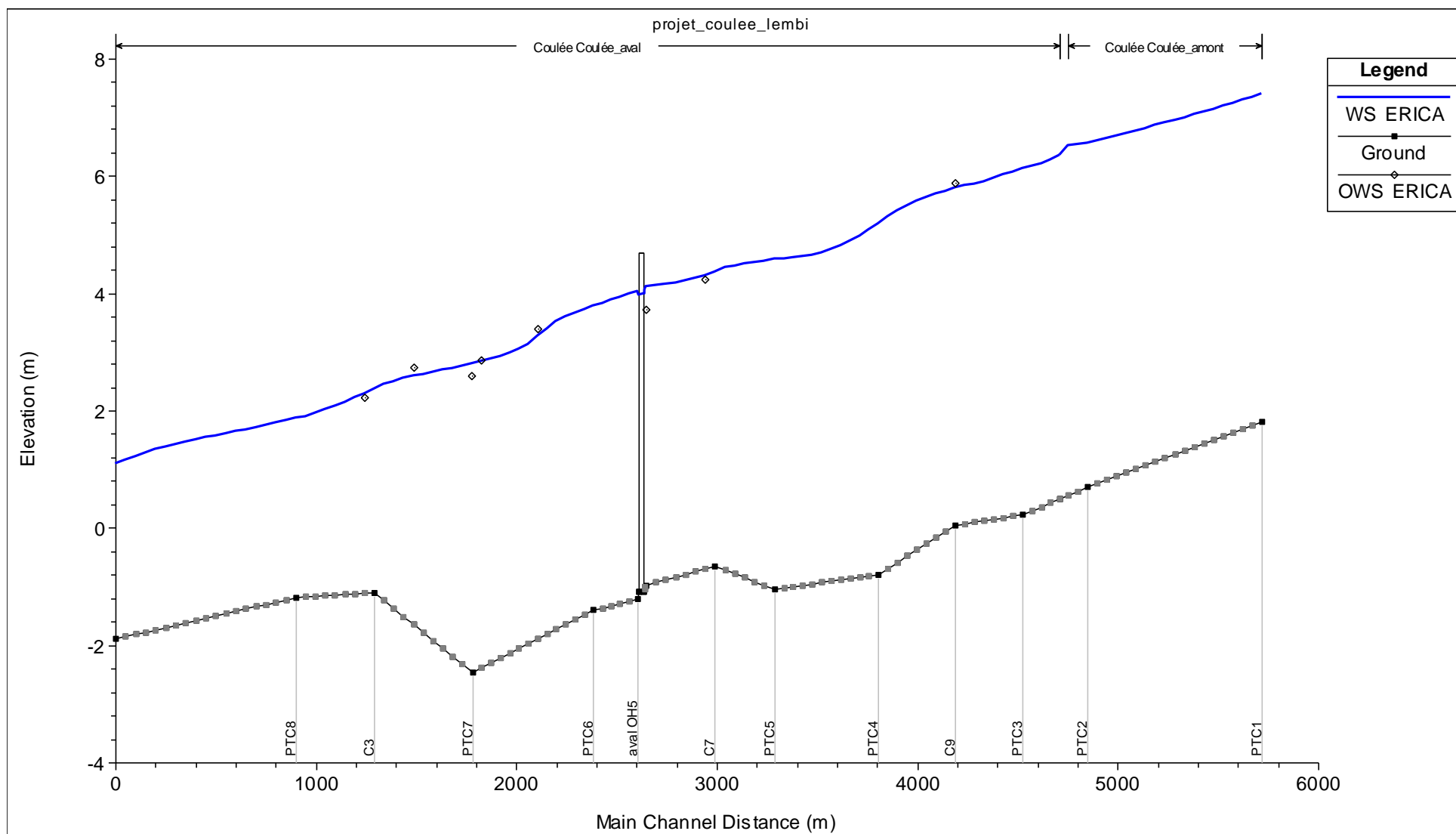
Profils du modèle HEC le plus proche de la PHE	Cote calculée (m NGNC)	Cote observée (m NGNC)	Delta (cm)	Commentaires
9.5 (C9)	5.91	5.89	+2 cm	
7.28571*	4.22	4.23	-1 cm	
3.53846*	3.28	3.40	-12 cm	
3.07692*	2.83	2.87	-4 cm	
3 (PTC7)	2.79	2.60	+19 cm	
2.85*	2.69	2.75	-6 cm	
2.5 (C3)	2.29	2.22	+7 cm	

#### Bilan du calage

On considère le calage comme très satisfaisant : Ecart < 20 cm d'écart.

On note que la PHE de 3.72 m NGNC à l'amont immédiat du pont OH5 fournissait un profil en long de ligne d'eau incohérent. Après vérification, il n'y a pas de support identifié pour ce repère de crue qui est issu d'un témoignage approximatif. On considère ce repère comme non fiable et il n'a donc pas été utilisé pour le calage de la crue.

**Figure 14 : Profil en long de la Coulée – Calage ERICA (avec condition limite aval à +1.1 m NGNC)**



### 3.3.4 Calage modèle rivière Coulée avec PHE du Cyclone Vania du 13 janvier 2011

La comparaison entre les cotes calculées et les cotes observées est donnée par le tableau ci-après:

**Tableau 19 : Crue Vania du 13 janvier 2011, comparaison des cotes calculées et observées**

	Profils du modèle HEC le plus proche de la PHE	Cote calculée (m NGNC)	Cote observée (m NGNC)	Delta (cm)	Commentaires
Coulée	7 (amont OH5)	4.43	4.47	-3 cm	
	3 (PTC7)	3.05	3.12	-7 cm	
Lembi	6 (OH2)	14.92	14.90	+2 cm	La valeur du débit de pointe de la Lembi est prise égale à 330 m3/s.

#### Bilan du calage

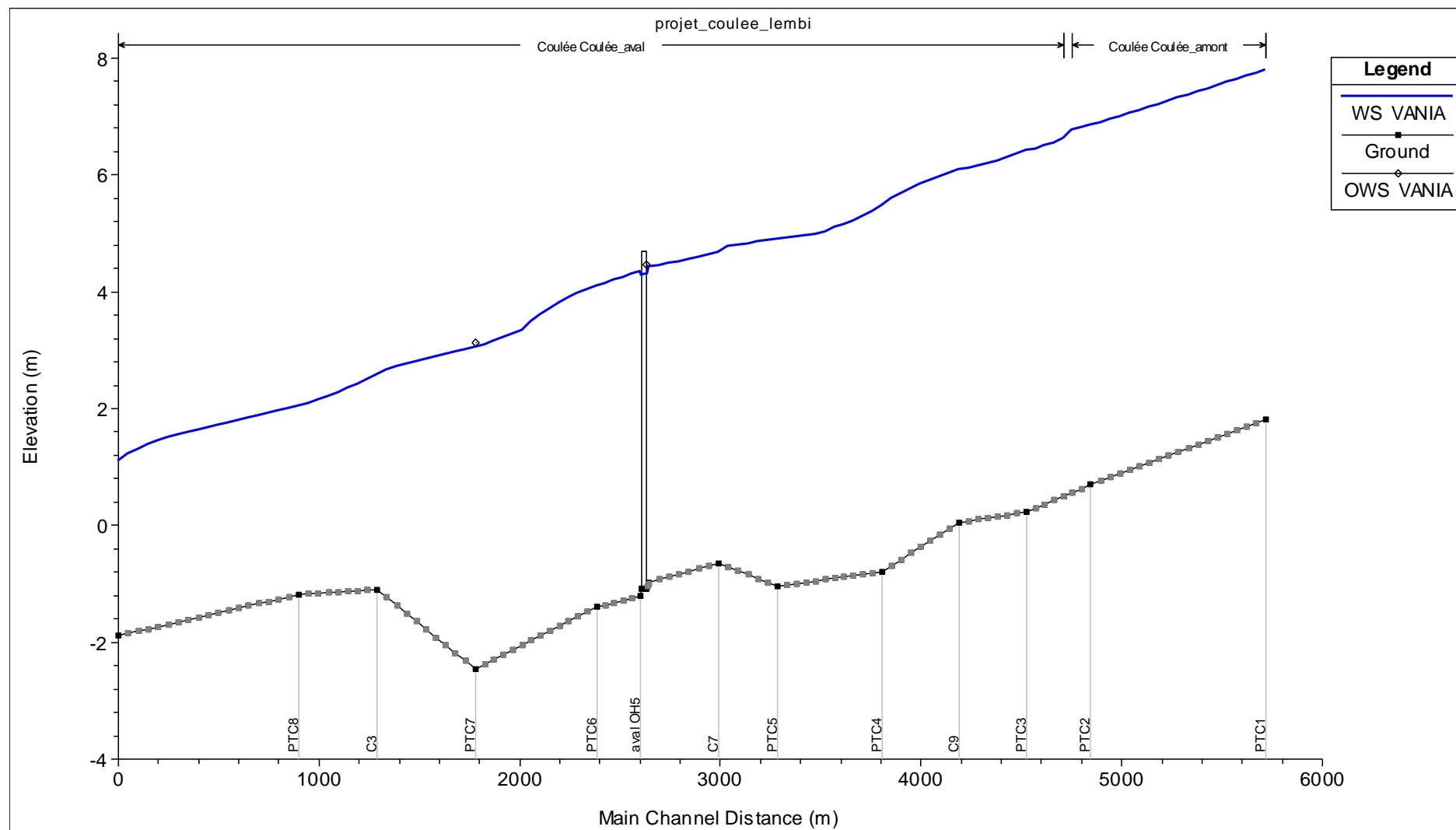
Pour Vania, il semble que les valeurs de débit de pointe représentative de la crue ont été, dans un premier temps, sous-estimées.

La valeur de débit permettant d'optimiser le calage de la Lembi correspond à un événement de type décennal : 330 m3/s au niveau de la confluence avec La Coulée. Pour la Coulée, on prend un débit qui correspond à un débit d'ordre de retour compris entre 10 ans et 20 ans.

En l'absence de station hydrométrique fiable sur la rivière Lembi pour les crues débordantes, cette adaptation est totalement admissible. Avec ces valeurs de débit de pointe, le calage du modèle est très correct : Ecart < 20 cm d'écart.



**Figure 15 : Profil en long de la Coulée – Calage VANIA (avec condition limite aval à +1.1 m NGNC)**



### 3.3.5 Calage modèle rivière Lembi

On note qu'il n'existe aucune information sur les débits de la Lembi pour ANNE (station inexistante en 1988) et ERICA (panne de la station), on cale le modèle avec VANIA puis on vérifie la cohérence des résultats avec les 3 PHE disponibles d'ANNE et ERICA.

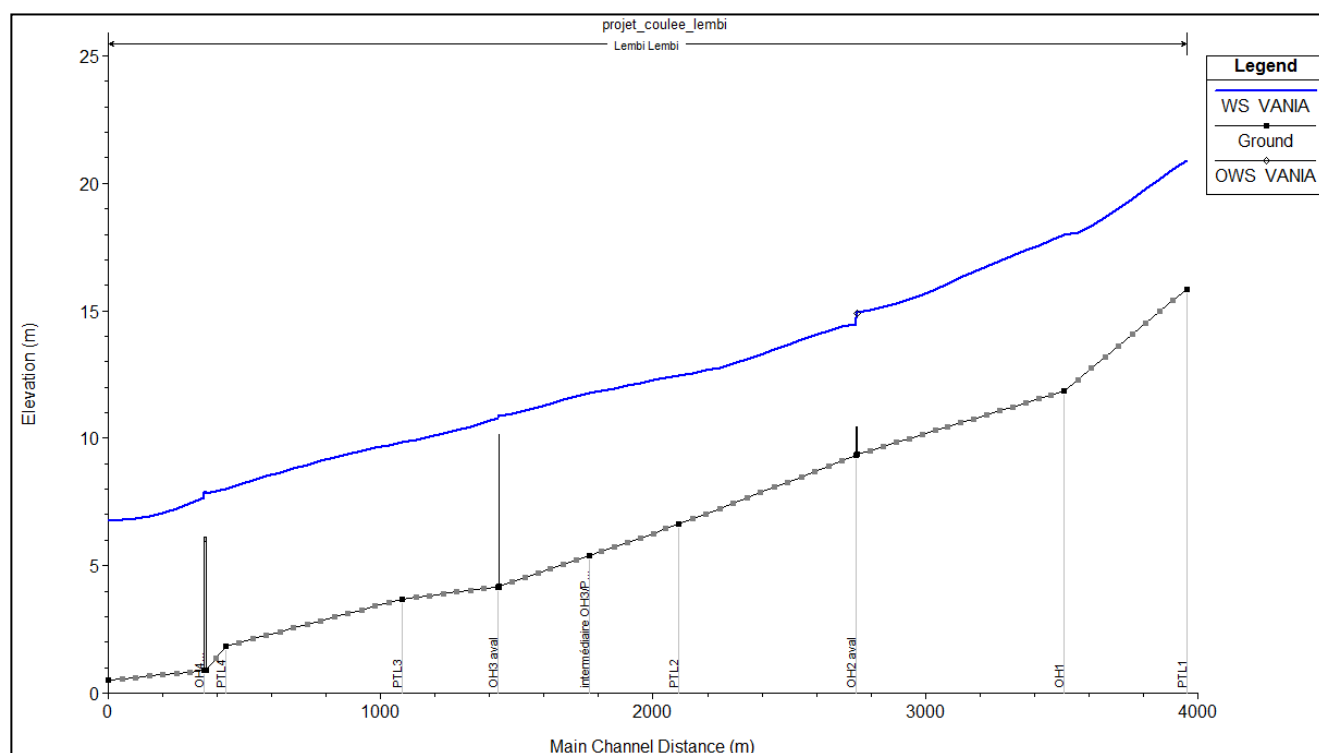
La PHE 2 a été abandonnée car après examen complémentaire, l'habitation servant de repère a été surélevée suite à l'événement VANIA et le repère n'est donc plus fiable.

Le calage de VANIA ne peut donc être effectué que sur une laisse unique.

**Tableau 20 : Comparaison des cotes calculées et observées pour Vania**

	Profils du modèle HEC le plus proche de la PHE	Cote calculée (m NGNC)	Cote observée (m NGNC)	Delta (cm)
Vania	6 (OH2)	14.90	14.90	+0 cm

**Figure 16 : Profil en long de la Lembi – Calage VANIA**



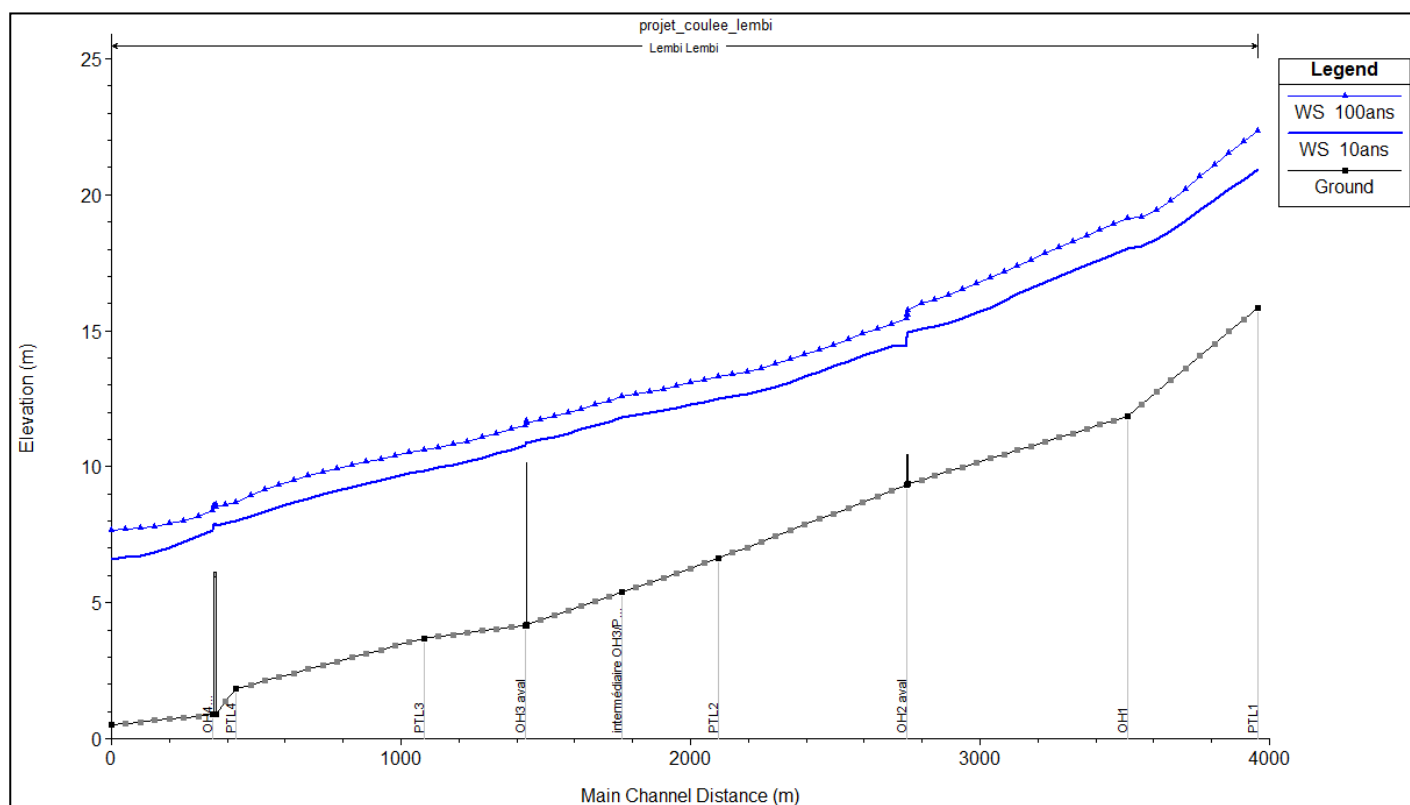
Les 3 PHE disponibles d'ANNE et ERICA sont cohérentes : les PHE d'ANNE se situent juste entre Q10 et Q100 et celle d'ERICA au niveau de la Q10 (Voir tableau 16 ci-avant). Les débits pris pour ANNE et ERICA sont présentés dans le tableau de synthèse des débits injectés dans le modèle Tableau n°16.

**Tableau 21 : Comparaison des cotes calculées et observées pour ANNE et ERICA**

	Profils du modèle HEC le plus proche de la PHE	Cote calculée (m NGNC)	Cote observée (m NGNC)	Delta (cm)
Anne	6 (OH2)	15.19	15.20	-1 cm
	3 (aval PTL3)	10.13	10.08	+5 cm
Erica	6 (OH2)	14.94	14.90	+4 cm

Ces résultats de calage qui sont très satisfaisants permettent de confirmer la pertinence des hypothèses utilisées pour le calage de la Lembi réalisé à partir de VANIA.

**Figure 17 : Profil en long de la Lembi – Résultats pour Q10 et Q100**





### 3.4 Bilan du calage du modèle et fonctionnement hydraulique en crue des cours d'eau Coulée et Lembi

Compte tenu des différents résultats issus du calage à partir des 3 événements historiques de référence, nous pouvons considérer que les résultats sont cohérents avec les observations et que les modèles hydrauliques de la Lembi et de la Coulée sont maintenant très correctement calés pour définir la cote des crues de projet.

Les simulations de calage ont entraîné une modification dans les paramètres hydrologiques d'entrée: augmentation de la condition limite aval à 1.1 m pour le calage des événements historiques.

### 3.5 Test de sensibilité du modèle hydraulique 1D Coulée-Lembi

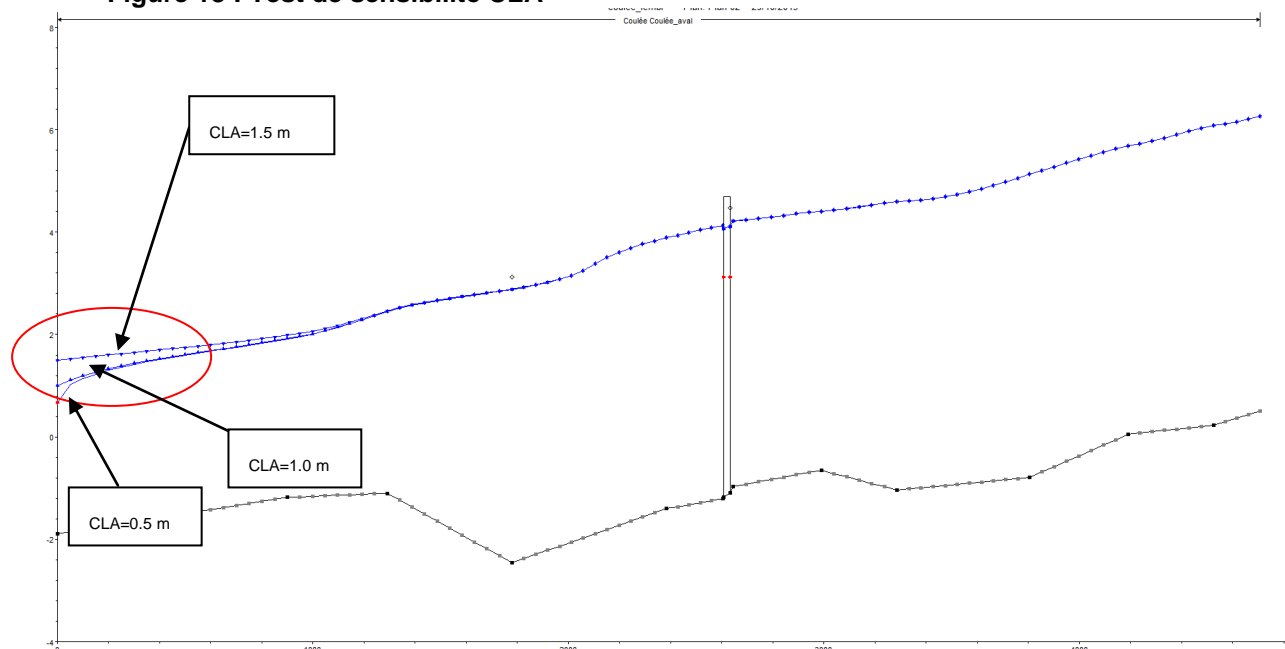
#### 3.5.1 Test de sensibilité de la condition limite aval pour la rivière Coulée

Pour mesurer la sensibilité du modèle hydraulique à la condition limite aval (CLA), on fait le choix des 3 hypothèses suivantes :

- CLA de 0.5m,
- CLA de 1.0m,
- CLA de 1.5 m.

Pour la crue centennale, l'influence de la CLA se fait ressentir sur 600 m sur le tronçon aval de la rivière Coulée. Au niveau des premières habitations du quartier Ardimani, l'impact du choix de la CLA pour la crue centennale peut atteindre jusqu'à +20 cm puis s'atténue progressivement.

**Figure 18 : Test de sensibilité CLA**



#### 3.5.2 Test de sensibilité pour coefficient de rugosité Ks

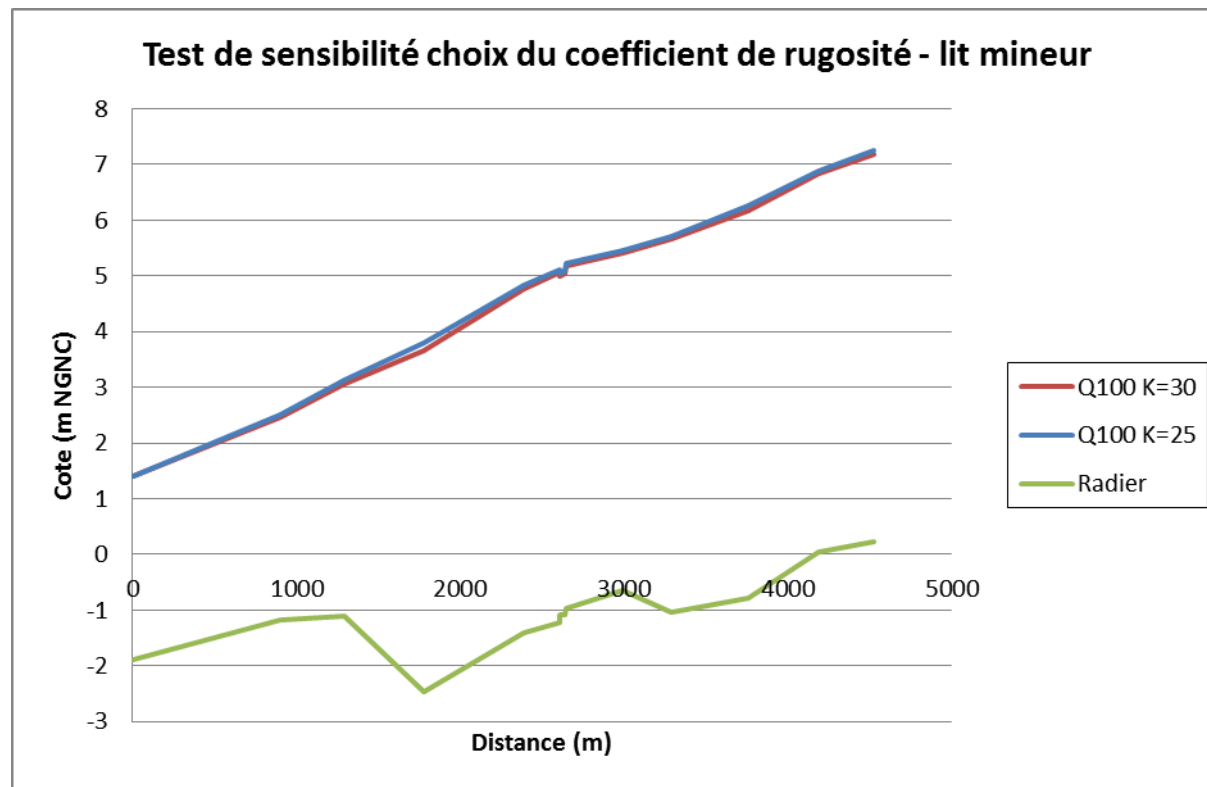
Les coefficients Ks permettant de représenter la rugosité des cours d'eau sont les suivant.

**Tableau 22 : Choix des coefficients de Manning-Strickler pour modèle hydraulique Coulée-Lembi**

Rivière	Lit mineur	Lit majeur
Coulée	25 (partie amont) à 30 (partie aval)	8 (partie amont) à 17 (partie aval)
Lembi	18 (partie amont) à 25 (partie aval)	8 (partie amont) à 12 (partie aval)

La variation de l'ensemble des Ks de 20% (par exemple, passage de Ks=30 à Ks=25 dans le lit mineur) entraîne des écarts sur les lignes d'eau de 3 cm à 15 cm.

Figure 19 : Profil en long de la Coulée – Test de sensibilité choix du coefficient de rugosité - lit mineur



	Q100 K=30	Q100 K=25	
Distance (m) / PTC9	W.S. Elev	W.S. Elev	Ecart
	(m)	(m)	(m)
4526	7.18	7.26	0.08
4190	6.84	6.89	0.05
3759	6.17	6.26	0.09
3286	5.66	5.7	0.04
2991	5.4	5.46	0.06
2646	5.19	5.22	0.03
2634	5.04	5.09	0.05
2609	4.99	5.04	0.05
2604	5.07	5.11	0.04
2384	4.77	4.83	0.06
1779	3.65	3.8	0.15
1290	3.06	3.13	0.07
900	2.47	2.51	0.04
0	1.4	1.4	0

### 3.5.3 Test de sensibilité pour débits de pointe injectés dans le modèle hydraulique

On note qu'une variation de 20% du choix du débit de pointe (par exemple passage de Q100Lembi de 600m<sup>3</sup>/s à 720m<sup>3</sup>/s entraîne jusqu'à 30 cm de variation de la ligne d'eau. Plus la vallée est étroite, plus les résultats de calcul de la ligne d'eau du modèle hydraulique sont sensibles au choix du débit.

Il a été testé une simulation du débit « extrême » issue de l'analyse statistique ajustée par la loi des extrêmes généralisés (GEV) : Voir analyses hydrologiques des tableaux 11 et 12.

Ce choix de valeur extrême du débit de pointe entraîne des écarts sur les lignes d'eau de la Coulée et de la Lembi entre 30 cm à 70 cm.

Du fait de la morphologie en U des vallées de la Coulée et de la Lembi, ces variations de hauteur ont néanmoins un impact limité sur les limites des cartes d'aléas.

Pour la cartographie de la crue centennale de référence, on conservera la valeur du débit de pointe issue de l'ajustement par la loi de Gumbel car l'analyse hydrologique régionale à l'échelle de la Grande Terre privilégie pour la station de la Coulée l'ajustement Gumbel et que cette hypothèse de débit est cohérente avec l'ensemble des études hydrologiques et hydrauliques précédentes.

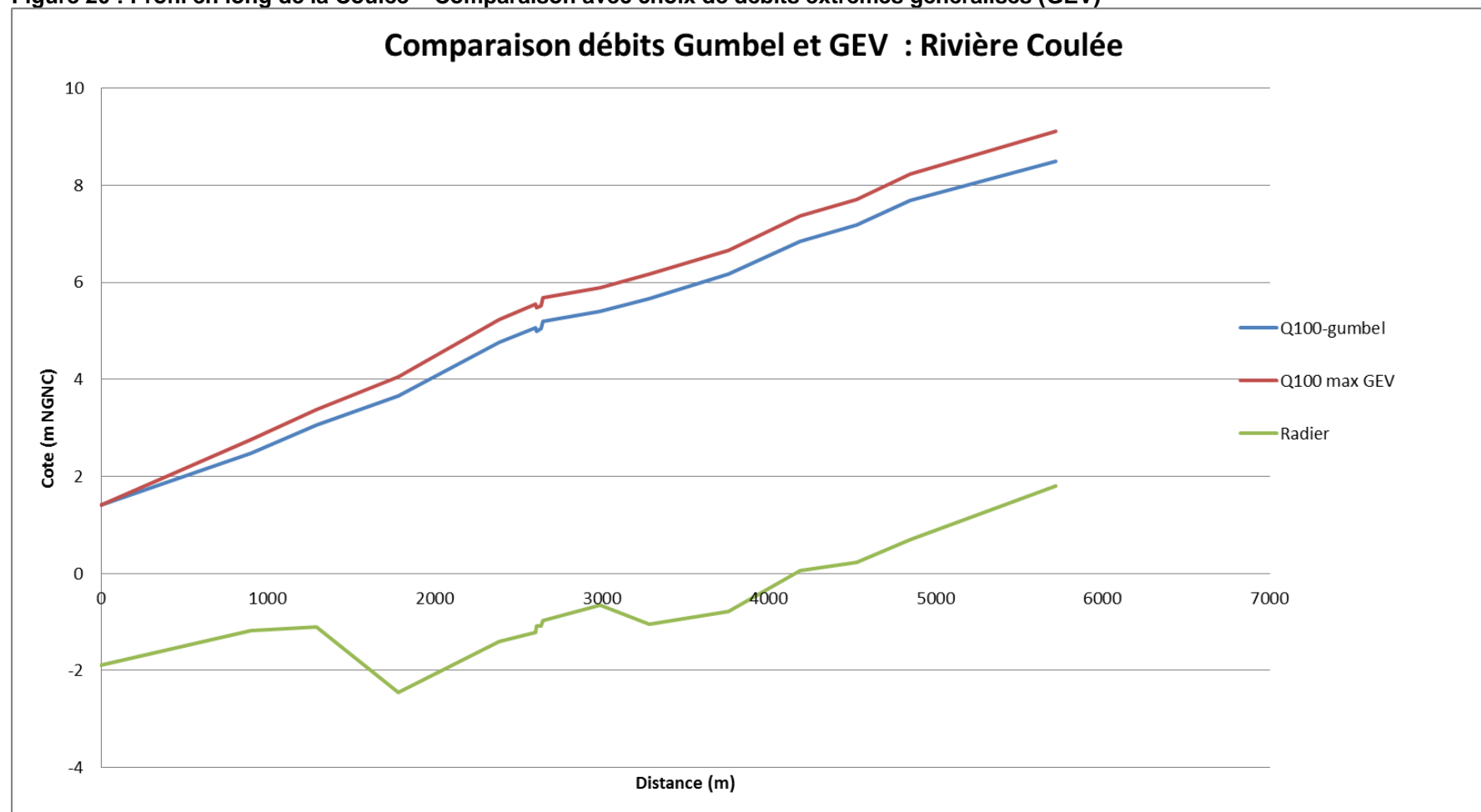
Le tableau suivant présente les débits injectés dans le modèle hydraulique pour simuler les 3 crues historiques Vania, Anne et ERICA ainsi que les 3 crues de projet d'ordre de retour 5 ans, 10 ans et 100 ans.

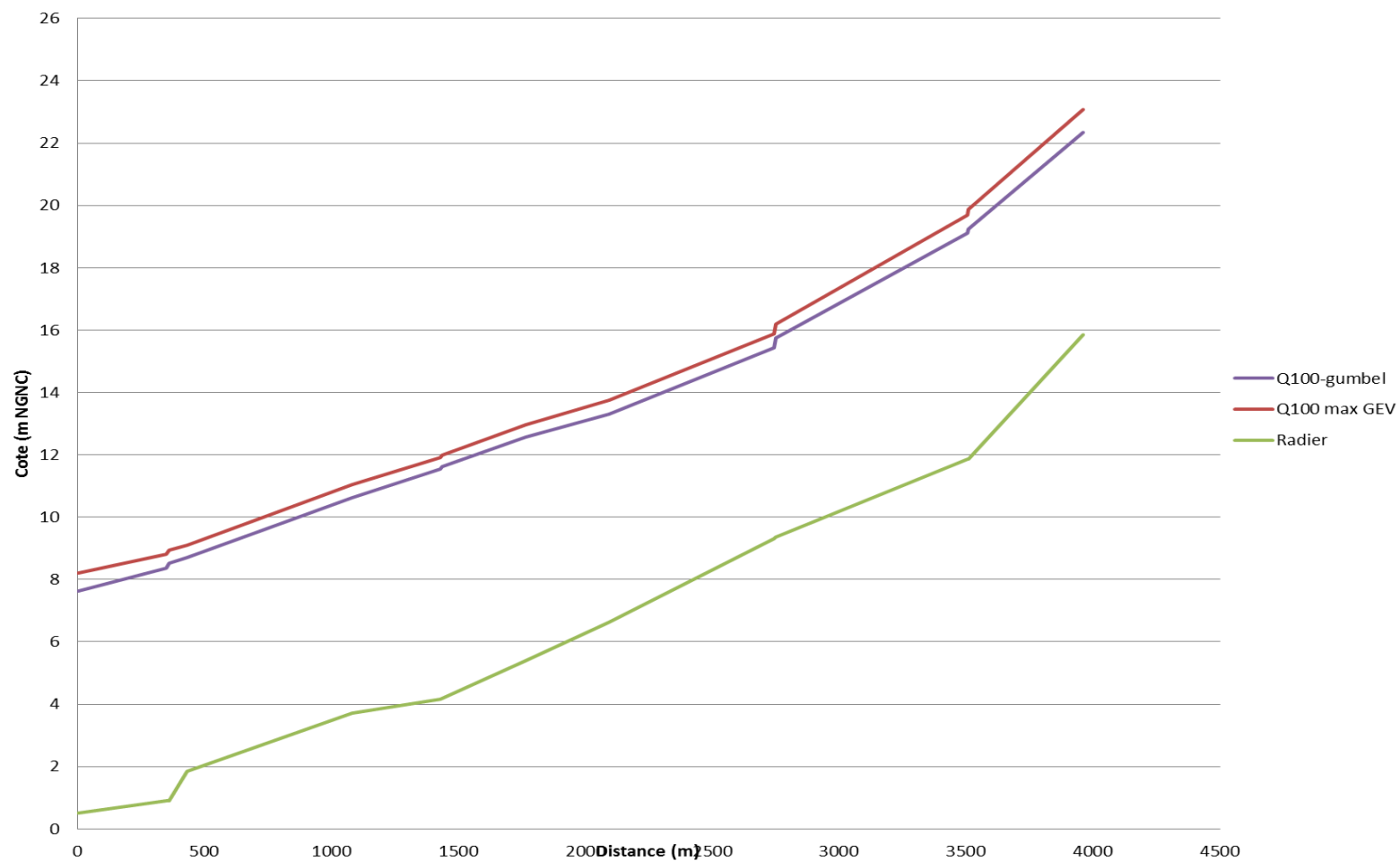
**Tableau 23 : Données hydrologiques complètes Coulée et Lembi injectées dans le modèle hydraulique HECRAS 1D pour VANIA, ANNE et ERICA**

	River	Reach	RS	VANIA	5ans	10ans	100ans	ANNE	ERICA
1	Coulée	Coulée_amont	12	730	405	570	1080	960	525
2	Coulée	Coulée_aval	10.5714*	1045	670	940	1780	1580	860
3	Coulée	Coulée_aval	8.45454*	1150	700	980	1850	1650	900
4	Lembi	Lembi	8	302.5	220	308	561	385	308
5	Lembi	Lembi	6.05	313.5	227.7	319	583	401.5	319
6	Lembi	Lembi	3	330	237.6	334.4	605	418	334.4

Ces valeurs de débits de pointe permettent un calage optimum du modèle hydraulique Coulée-Lembi.



**Figure 20 : Profil en long de la Coulée – Comparaison avec choix de débits extrêmes généralisés (GEV)****Figure 21 : Profil en long de la Lembi – Comparaison avec choix de débits extrêmes généralisés (GEV)**

**Comparaison débits Gumbel et GEV : Rivière Lembi**

### 3.5.4 Bilan des tests de sensibilité

Les tests de sensibilité montrent que les choix des hypothèses de conditions limites et de coefficient de rugosité ont une influence faible et très localisée sur les résultats de la modélisation hydraulique.

Le choix de valeurs des débits de pointe de la crue centennale a par contre une influence significative sur les résultats de la modélisation hydraulique. On retiendra le choix du débit centennal défini à partir de l'ajustement Gumbel car il est plus cohérent à l'échelle régionale et on retiendra les résultats de la simulation à partir de l'ajustement GEV pour permettre une évaluation de la fourchette haute et des incertitudes.

De manière générale, compte tenu de la morphologie de la vallée en U de la Coulée et de la Lembi, les variations de hauteur ont un impact très limité sur les limites des cartes d'aléas. Les limites de la cartographie centennale sont peu influencées par les hypothèses de modélisation, en dehors du choix des débits de référence.

## 3.6 Résultats des simulations hydrauliques

### 3.6.1 Rappel hypothèses hydrologiques pour simulation des crues de références

L'objectif est de faire la simulation des 3 crues de projet représentatives des événements d'occurrence :

- 5 ans,
- 10 ans,
- 100 ans.

On injecte dans le modèle hydraulique les débits de crues correspondants avec les conditions limites aval définies en phase 1 de la présente mission.

Les données hydrologiques d'entrée pour la modélisation en régime permanent sont les valeurs suivantes :

**Tableau 24 : Données hydrologiques Coulée et Lembi injectées dans le modèle hydraulique**

Bassin versant	Débit fréquence 5 ans (m <sup>3</sup> /s)	de Débit de fréquence 10 ans (m <sup>3</sup> /s)	Débit de fréquence 100 ans (m <sup>3</sup> /s)
Coulée amont	405	570	1090
Lembi	216	304	560
Coulée aval	700	980	1880
Niveau aval Coulée (m NGNC)	1.1	1.1	1.4

Le niveau d'eau imposé à l'aval du modèle est horizontal sur toute la section de la baie de Murari.

Les niveaux aval utilisés au niveau de la mer sont ceux préconisés dans le cadre des études hydrauliques de zones inondables réalisées sur l'ensemble du territoire et correspondent aux niveaux de marée haute de vive eau augmentés d'une surcote dépressionnaire.



### 3.6.2 Résultats des simulations hydrauliques pour les 3 crues de projet

Le tableau et la carte suivants présentent les principaux résultats des simulations.

**Tableau 25 : Cotes de référence pour les crues 5, 10 et 100 ans pour la Coulée**

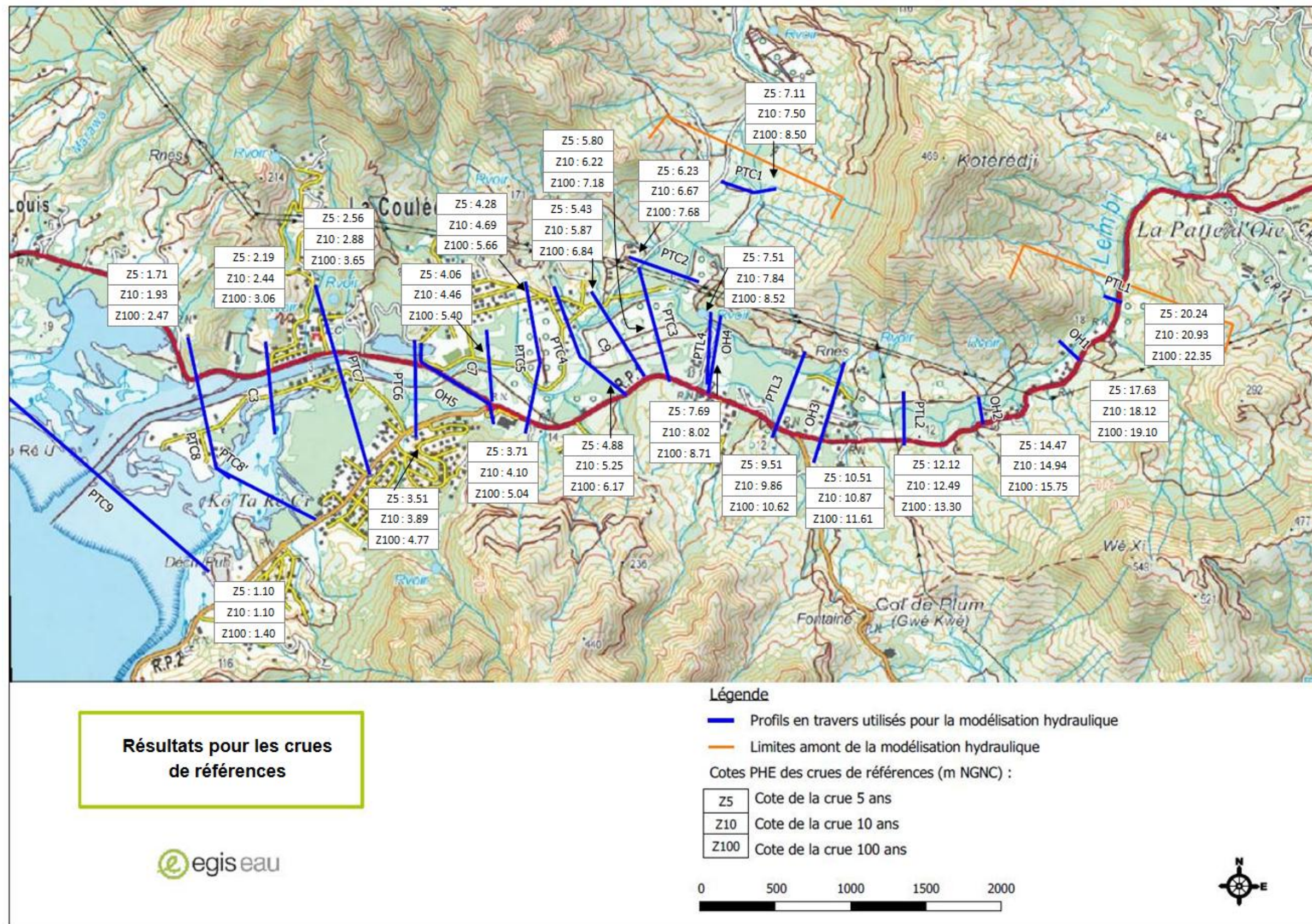
Profils	Z 5ans (m NGNC)	Z 10ans (m NGNC)	Z 100ans (m NGNC)
PTC1	7.11	7.50	8.50
PTC2	6.23	6.67	7.68
PTC3	5.80	6.22	7.18
C9	5.43	5.87	6.84
PTC4	4.88	5.25	6.17
PTC5	4.28	4.69	5.66
C7	4.06	4.46	5.40
amont OH5	3.81	4.22	5.19
OH5	3.71	4.10	5.04
PTC6	3.51	3.89	4.77
PTC7	2.56	2.88	3.65
C3	2.19	2.44	3.06
PTC8	1.71	1.93	2.47
PTC9	1.10	1.10	1.40

**Tableau 26 : Cotes de référence pour les crues 5, 10 et 100 ans pour la Lembi**

Profils	Z 5ans (m NGNC)	Z 10ans (m NGNC)	Z 100ans (m NGNC)
PTL1	20.24	20.93	22.35
OH1	17.63	18.12	19.10
OH2	14.47	14.94	15.75
PTL2	12.12	12.49	13.30
OH3	10.51	10.87	11.61
PTL3	9.51	9.86	10.62
OH4	7.69	8.02	8.71
PTL4	7.51	7.84	8.52



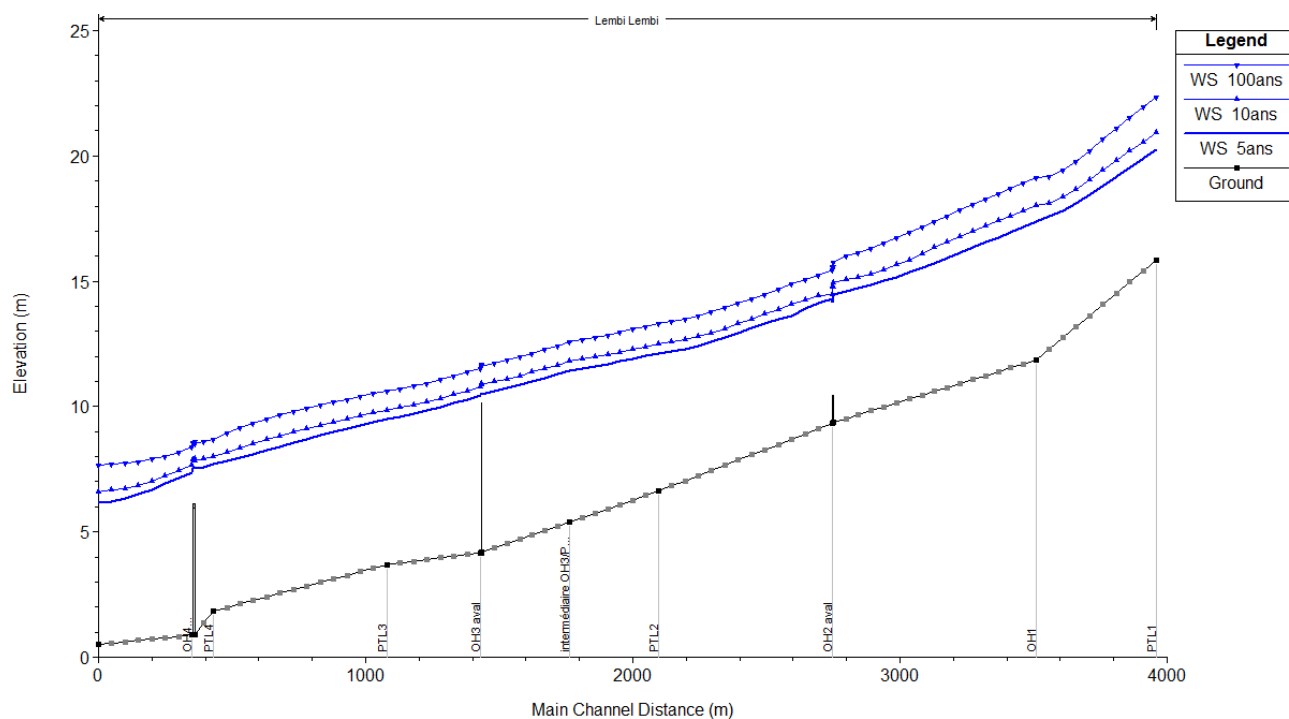
Figure 22: Localisation des cotes de référence pour les crues 5, 10 et 100 ans



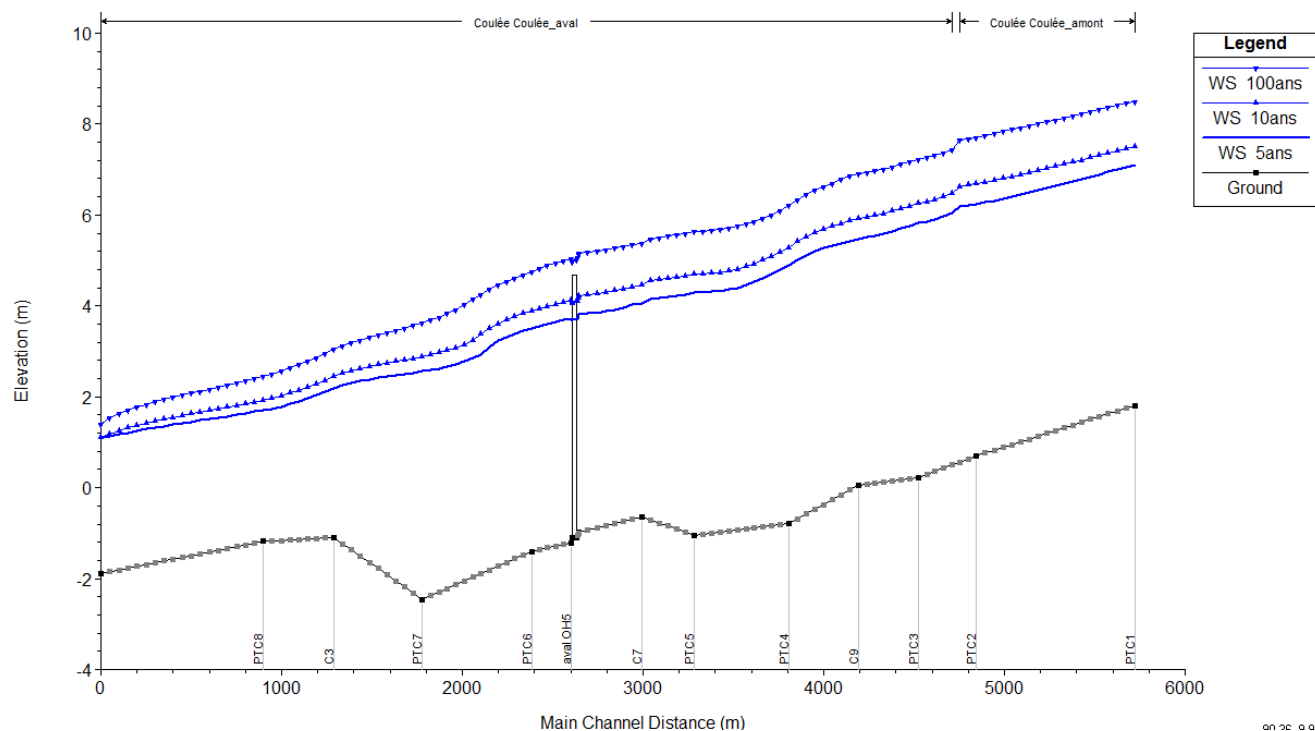


Le schéma suivant présente le profil en long du modèle Coulée pour les 3 crues de référence.

**Figure 23 : Profil en long du modèle Lembi pour les crues de références : 5, 10 et 100 ans**



**Figure 24 : Profil en long du modèle Coulée pour les crues de références : 5, 10 et 100 ans**





## Chapitre 4      Autres modèles hydrauliques existants exploitables pour la cartographie consolidée des zones inondables Coulée-Lembi

---

### 4.1      Modélisations hydrauliques au niveau des creeks affluents

Les extrémités aval des modèles hydrauliques se situent dans la partie basse des cônes de déjections des creeks et les résultats issus des simulations existantes ne sont plus adaptés pour caractériser l'aléa inondation. Nous sommes en dehors des limites d'utilisation des modèles filaires.

Une vérification de l'impact du choix de la condition limite sur les résultats des 13 modèles a quand même été réalisée dans le cadre de cette mission. Cette actualisation permet de mesurer l'éventuelle influence du choix de la CLA sur les débordements amont des creeks, hors zone de confluence.

Pour le creek du lotissement industriel, le modèle hydraulique réalisé par SOPRONER en 2011 n'atteint pas la zone de débordement de la Lembi. Une extension du modèle hydraulique du creek du lotissement industriel a été réalisée pour permettre la jonction entre la zone inondable de la Lembi et le modèle réalisé par SOPRONER en 2011.

#### 4.1.1      Actualisation des simulations hydrauliques pour 13 affluents de la Coulée et de la Lembi modélisés par SOGREAH en 2010

Dans le cadre de l'étude SOGREAH de 2010, 13 petits affluents (bassin versant < 2 km<sup>2</sup>) de la Coulée et de la Lembi ont été modélisés à l'aide d'un modèle filaire HEC RAS : voir localisation sur la carte ci-après.

Pour la condition limite aval, les données disponibles en 2010 de côtes de submersion sur la rivière Coulée et sur la rivière Lembi ont été utilisées par SOGREAH. Aucune donnée précise sur la Lembi n'était alors disponible car il n'y avait pas de modèle récent sur ce cours d'eau.

Afin d'actualiser les résultats des 13 modèles hydrauliques, on utilise les nouvelles valeurs du niveau de la Coulée ou de la Lembi au niveau de la confluence avec l'affluent issue des modèles filaires 1D. On actualise les modélisations hydrauliques en intégrant la condition limite estimée à partir du modèle consolidé Coulée-Lembi. Comme dans les études précédentes, on fait l'hypothèse d'une concomitance des crues de la Coulée et de la Lembi avec les crues des petits creeks affluents.

Ces calculs permettent de mesurer l'influence éventuelle de la CLA sur les débordements amont des creeks, hors zone de confluence.

Le tableau suivant présente les résultats des simulations actualisées pour la crue centennale des 13 affluents.

**Tableau 27 : Synthèse des simulations hydrauliques sur les 13 Creeks affluents**

Rivière	Conditions limites aval originale (SOGREAH 2010) (m NGF)	Conditions limites aval issue du modèle 1D Coulée-Lembi 2013	Influence sur la simulation		
				Différence de ligne d'eau	sur un linéaire de :
COULEE NORD 1	2.75	2.79	Faible	< 5 cm	70m
COULEE NORD 2	3.45	3.51	Faible	< 5 cm	160m
COULEE NORD 2 EST	3.80	3.75	Faible	< 5 cm	200m
COULEE NORD 3	5.20	5.24	Faible	< 5 cm	380m
COULEE SUD 1	1.40	1.40	/		
COULEE SUD 2	3.10	3.04	aucune influence		
COULEE SUD 2.3	3.10	3.51	aucune influence		
COULEE SUD 3	6.31	4.68	aucune influence		
COULEE SUD 5	6.10	5.63	aucune influence		
COULEE SUD 6	6.80	6.09	aucune influence		
COULEE SUD 8	12.28	11.07	Faible	10 cm	20 m
COULEE SUD 9	13.53	12.66	Moyenne	jusqu'à 0.8m	200 m
COULEE SUD 10	15.31	14.11	Moyenne	jusqu'à 1m	250 m

Il apparait qu'en l'absence de modélisation hydraulique récente sur la Lembi, les cotes centennales de la Lembi avaient été plutôt surévaluées. Mais le changement de condition limite aval à néanmoins très peu d'influence sur les lignes d'eau estimées à partir des modèles hydrauliques filaires sauf pour les 2 creeks les plus en amont affluents rive gauche de la Lembi : « Coulée SUD9 » et « Coulée SUD10 ».

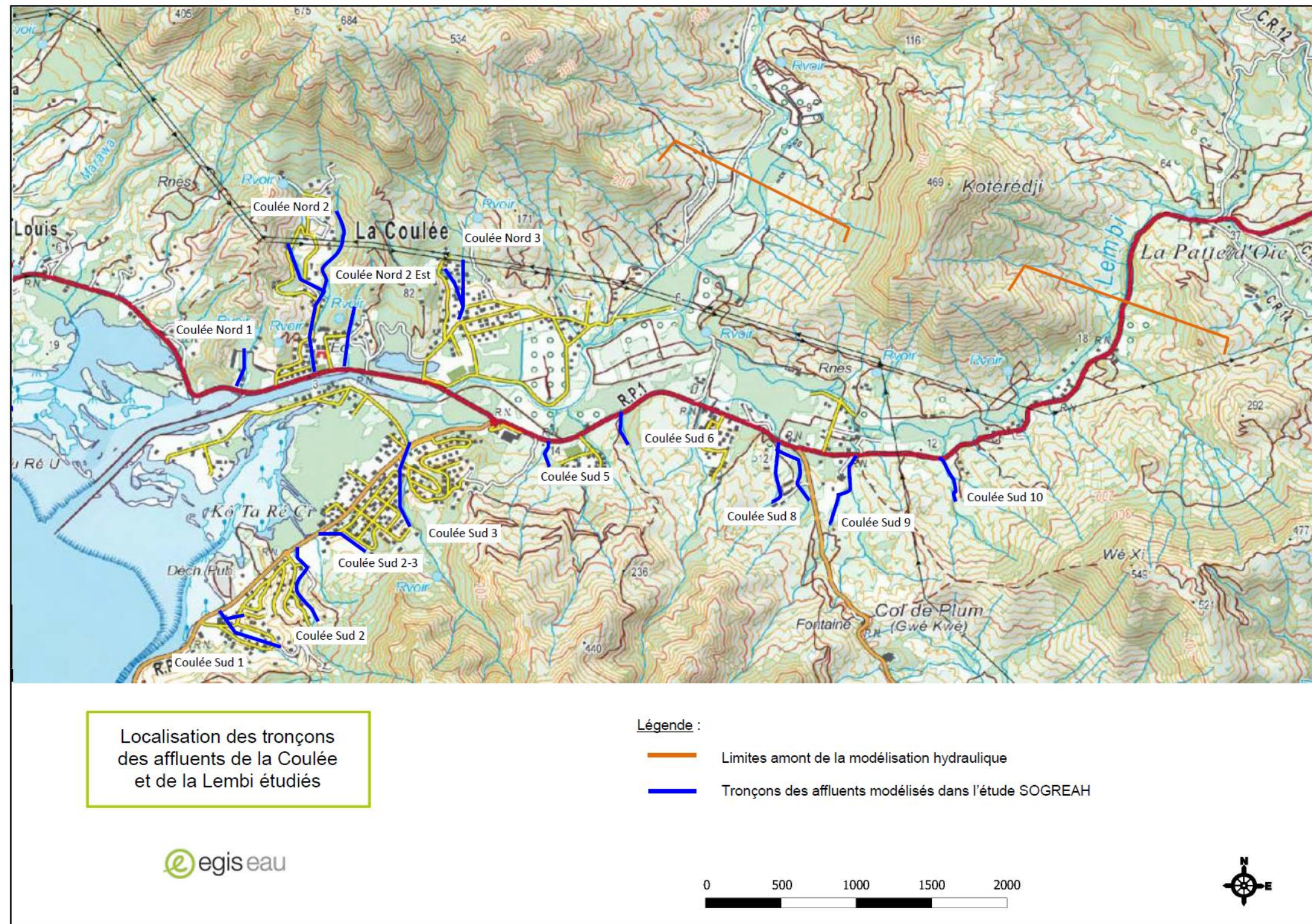
L'hypothèse des conditions limites actualisées a une influence qui se limite à quelques centaines de mètres en amont, on se situe donc toujours dans le cône de déjection au droit du tronçon où les modèles hydrauliques filaires ne sont pas adaptés pour caractériser l'aléa inondation.

Cette actualisation des modèles ne permet donc pas une caractérisation plus précise de l'aléa inondation. La jonction des modèles hydrauliques filaires des creeks avec le modèle hydraulique principal Coulée-Lembi n'a donc pas été réalisée.

Aussi, au niveau des zones de confluence avec les 13 creeks, l'approche qualitative à dire d'expert en croisant l'ensemble des données disponibles (topographiques, hydrogéomorphologiques, historiques) et une enquête de terrain adaptée réalisée par un hydraulicien expérimenté a été privilégiée pour définir les limites des zones inondables.



Figure 25 : Localisation des 13 tronçons de petits affluents ayant fait l'objet d'une modélisation HEC RAS (Sogreah-2010)





#### 4.1.2 Actualisation et prolongement du modèle hydraulique du creek du lotissement industriel

Pour le creek du lotissement industriel, le modèle hydraulique réalisé par SOPRONER en 2011 s'arrête au niveau de l'ouvrage de la RT1 et n'atteint pas la zone de débordement de la Lembi.

Une extension du modèle hydraulique du creek du lotissement industriel est réalisée sur un tronçon de 400 m pour permettre la jonction entre la zone inondable de la Lembi et le modèle réalisé par SOPRONER en 2011.

Le lit mineur du creek du lotissement industriel a une dimension homogène qui correspond au profil le plus à l'aval levé dans le cadre de l'étude SOPRONER de 2011. Cette section est utilisée comme section de référence pour toute la partie complémentaire du modèle.

Les valeurs de débits de référence du Creek sont les mêmes que dans l'étude SOPRONER de 2011 :  $Q_{i100}=78\text{m}^3/\text{s}$ .

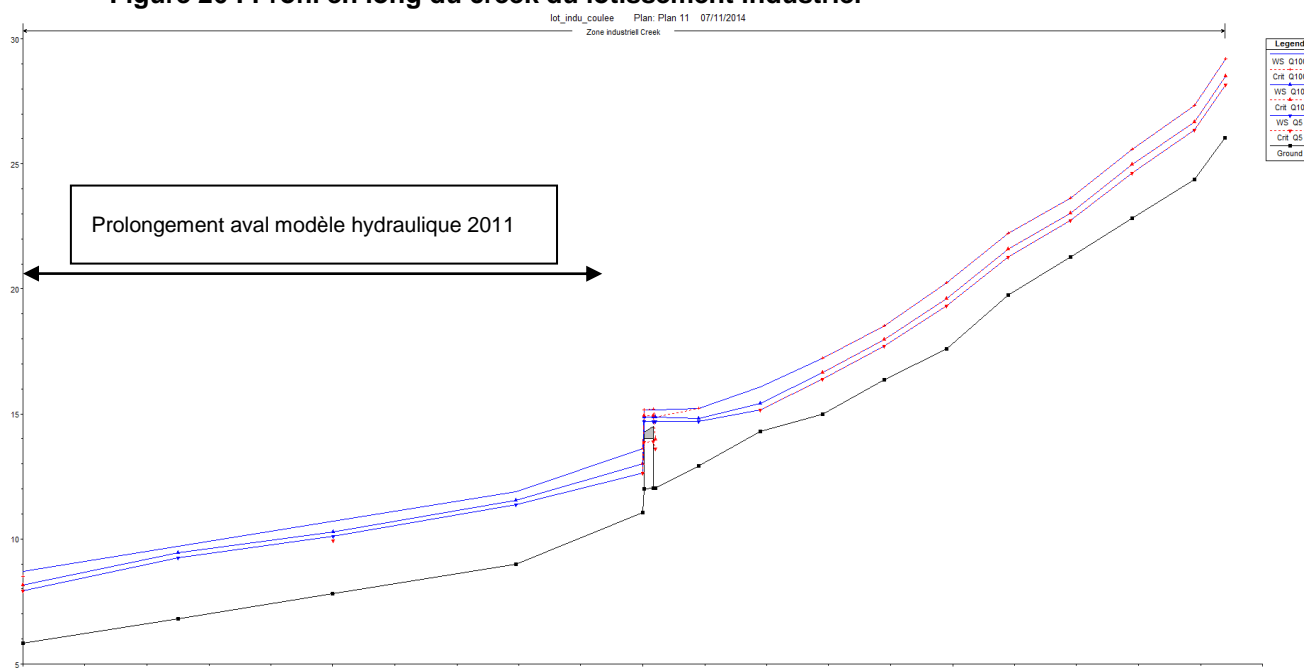
Les conditions limites ont été actualisées en utilisant les cotes de débordement de la Lembi au droit de la confluence  $Z_{CLA100}=8.71\text{mNGF}$ .

Pour cette simulation, on fait donc 2 hypothèses:

- Totalité du débit de pointe du creek arrivant dans le tronçon aval du creek or d'après l'étude SOPRONER, une partie du débit serait dérivé le long de la RT1 sans rejoindre ce tronçon,
- Concomitance des pointes de crue de la Lembi et du creek du lotissement industriel.

Le profil en long suivant présente la cote de la crue centennale du creek au droit de son lit mineur. Le détail des résultats est transmis en ANNEXE 5.

**Figure 26 : Profil en long du creek du lotissement industriel**





#### 4.1.3 Méthode concernant la cartographie de l'aléa inondation au droit des zones de confluence avec les creeks

Pour la cartographie de l'aléa inondation au niveau des confluences avec les 14 creeks, on distingue 3 secteurs :

- Les zones de débordements des creeks couvertes par la modélisation hydraulique filaire et qui ne sont pas impactées par les modifications de CLA. Pour ces creeks, on conserve la carte d'aléa issue des études SOGREAH 2010 ou SOPRONER 2011 ;
- Les zones de débordements des creeks couvertes par la modélisation hydraulique filaire et qui sont impactées par les modifications de CLA. Pour ces creeks, on modifie la carte d'aléa issue des études SOGREAH 2010 ou SOPRONER 2011. Ces modifications sont très localisées;
- Les zones de débordements des creeks non couvertes par la modélisation hydraulique. Il s'agit des extrémités aval de certains creeks dont le modèle hydraulique HECRAS commence trop en amont de la zone de débordement de la Coulée ou de la Lembi. Pour assurer la jonction cartographique, on a réalisé une cartographie à dire d'expert à partir de l'analyse de terrain et des données hydrauliques existantes. Les 4 zones concernées sont présentées sur la carte ci-après (Figure 27).

Au niveau des zones de confluence, l'approche qualitative à dire d'expert en croisant l'ensemble des données disponibles (topographiques, hydrogéomorphologiques, historiques) et une enquête de terrain adaptée réalisée par un hydraulicien expérimenté est privilégiée pour définir les limites des zones inondables. Les données topographiques disponibles dans le lit majeur au droit des zones de confluence ont été principalement exploitées pour réaliser une jonction réaliste entre les limites issues des modèles creeks en amont et du modèle Coulée-Lembi en aval. En l'absence de singularité hydraulique forte pouvant provoquer une rupture brutale de la ligne d'eau (remblai routier), l'interpolation est réalisée de manière linéaire aussi bien pour la définition des isohauteurs que des isocotes.

On note qu'une étude menée par la province Sud (« Etude des cônes de déjection de la Ville du Mont Dore » -SOPRONER) est en cours 2014-2015. Cette étude a pour objectif de préciser l'enveloppe des aléas d'inondation torrentielle au niveau des cônes de déjection de 3 creeks localisés sur la commune du Mont Dore.



Le tableau suivant présente la méthode et les données exploitées pour cartographier les zones inondables pour les 14 creeks affluents.

**Tableau 28 : Méthode pour cartographie des zones inondables sur les Creeks**

Creeks concernés	Méthode pour cartographie des zones inondables sur les Creeks
COULEE NORD 1	Conservation à l'identique des données issues de l'étude SOGREAH 2010
COULEE NORD 2	Conservation à l'identique des données issues de l'étude SOGREAH 2010 et cartographie à dire d'expert au niveau de la confluence avec débordements Coulée : interpolation linéaire. (Voir zone concernée en marron sur la carte ci-avant)
COULEE NORD 2 EST	Conservation à l'identique des données issues de l'étude SOGREAH 2010
COULEE NORD 3	Conservation à l'identique des données issues de l'étude SOGREAH 2010 sur la partie amont et cartographie à dire d'expert au niveau de la confluence avec débordements Coulée : interpolation linéaire. (Voir zone en marron sur la carte ci-avant)
COULEE SUD 1	Conservation à l'identique des données issues de l'étude SOGREAH 2010
COULEE SUD 2	Conservation à l'identique des données issues de l'étude SOGREAH 2010
COULEE SUD 2.3	Conservation à l'identique des données issues de l'étude SOGREAH 2010
COULEE SUD 3	Conservation à l'identique des données issues de l'étude SOGREAH 2010 sur la partie amont et cartographie à dire d'expert au niveau de la confluence avec débordements Coulée : interpolation linéaire. (Voir zone en marron sur la carte ci-avant)
COULEE SUD 5	Conservation à l'identique des données issues de l'étude SOGREAH 2010
COULEE SUD 6	Conservation à l'identique des données issues de l'étude SOGREAH 2010
COULEE SUD – creek du lotissement industriel	Prolongement du modèle hydraulique filaire et cartographie à dire d'expert sur la partie aval au niveau de la confluence avec débordements Lembi (voir zone en marron sur la carte ci-avant)
COULEE SUD 8	Conservation à l'identique des données issues de l'étude SOGREAH 2010
COULEE SUD 9	Reprise de l'extrémité aval au niveau de la confluence suite à expertise de terrain et réévaluation de la condition limite aval (12.66mNGF)
COULEE SUD 10	Reprise de l'extrémité aval au niveau de la confluence suite à expertise de terrain et réévaluation de la condition limite aval (14.11mNGF)

Les modifications cartographiques concernent donc 4 creeks au niveau de leur confluence: Coulée sud 2, 3, 9 et 10 et le creek du lotissement industriel.

Ces précisions permettent d'assurer une cohérence pour la cartographie de l'aléa inondation de la Coulée et de la Lembi.

## 4.2 Bilan et comparaison avec le modèle 2D existant sur la partie aval de la rivière Coulée

On note que le modèle 2D ARTELIA utilise les mêmes données d'entrée que le modèle filaire 1D présenté ci-avant:

- Condition limite aval identique entre les deux modèles : Surcote marine de 1,4 m NGNC,
- Choix des débits de références identiques,
- 2 Crues de calage identique : Anne et Erica, le modèle filaire 1D bénéficie d'une crue de calage complémentaire,
- Données topographiques identiques dans le lit majeur, le modèle 1D bénéficie de 7 profils en travers complémentaires du lit mineur sur la partie commune entre les deux modèles hydrauliques
- Choix des coefficients de rugosité très proches : Klitmineur=33 pour le modèle 2D et : Klitmineur=30 pour le modèle 1D

La carte ci-après permet de comparer les résultats pour la crue centennale du modèle 1D HECRAS avec le modèle 2D TELEMAC réalisée en 2012 par le bureau d'études Artelia.

Le modèle 2D TELEMAC réalise les calculs de ligne d'eau par casiers et les hauteurs d'eau peuvent donc être variables en fonction de la position sur le profil en travers de la rivière.

Par contre, le modèle 1D HEC RAS fournit une cote unique au droit d'un profil en travers.

Une comparaison avec les isocotes du modèle 2D et les cotes au droit des profils en travers du modèle 1D montrent que les résultats sont très proches et que les isocotes du modèle 2D sont pratiquement partout perpendiculaire à l'axe de la rivière.

Cette comparaison montre que le choix du modèle filaire permanent est pertinent pour la représentation de l'emprise des zones inondables des crues importantes de la rivière Coulée.

Le seul tronçon sur lequel on observe des divergences de résultat est le tronçon de Coulée encadrant le pont de la RP1. Le biais du remblai entraîne un écart de l'ordre de 50 cm entre la rive droite et la rive gauche que ne peut pas retranscrire aussi précisément avec le modèle 1D filaire. C'est sur ce tronçon au droit de l'ouvrage de franchissement qu'on observe également les plus gros écarts de calage avec les crues existantes (jusqu'à 39 cm d'écart pour VANIA).

La comparaison entre les profils en long entre le modèle 1D HECRAS et le modèle 2D TELEMAC au niveau du lit mineur (Voir profil en long de la figure 19 ci-après) montre qu'au niveau du lit mineur la différence entre les 2 modèles est très faible (<20 cm). On note d'après le profil en long ci-après que la jonction amont entre les deux modèles ne présente aucun écart significatif.

Compte tenu du choix identique des données d'entrée et des résultats très proches des simulations issues des modèles filaires 1D et 2D, on observe une cohérence de résultats entre les deux modélisations.

Dans ces conditions, les deux modèles sont compatibles et les résultats du modèle filaire 1D de la Coulée amont et de la Lembi est cohérent avec les résultats du modèle 2D de la Coulée aval.



**Figure 28 : Extrait carte des niveaux d'eau Q100 du modèle 2D de 2012 SOGREAH**

On note que sur les tronçons de cours d'eau non couvert par le modèle 2D, amont de la Coulée et Lembi, il n'y a pas d'autre singularité particulière entraînant une répartition artificielle des flux rive droite/ rive gauche et pouvant générer le même phénomène que pour celui du remblais de la RT1.

Les données issues du modèle 1D sont suffisamment précises pour réaliser la cartographie de la zone inondable et les carte d'isohauteurs.

Pour la carte des isovitesses, on utilisera également les informations issues de l'analyse de terrain et la topographie pour représenter les éventuelles concentrations de débordement comme les axes routiers longitudinaux.

Pour la cartographie des zones inondables, il nous paraît judicieux d'exploiter les résultats du modèle 2D pour les cartes d'aléa de la partie aval car ceux-ci fournissent des résultats plus précis dans le lit majeur. En effet, le modèle 2D peut simuler la pente transversale de la ligne d'eau qui est engendré par le biais de la RT1 (Voir figure ci-dessus).



Figure 29 : Comparaison modèle 2D de 2012 SOGREAH et modèle HECRAS 1D pour la partie aval de la rivière Coulée – Vue en plan

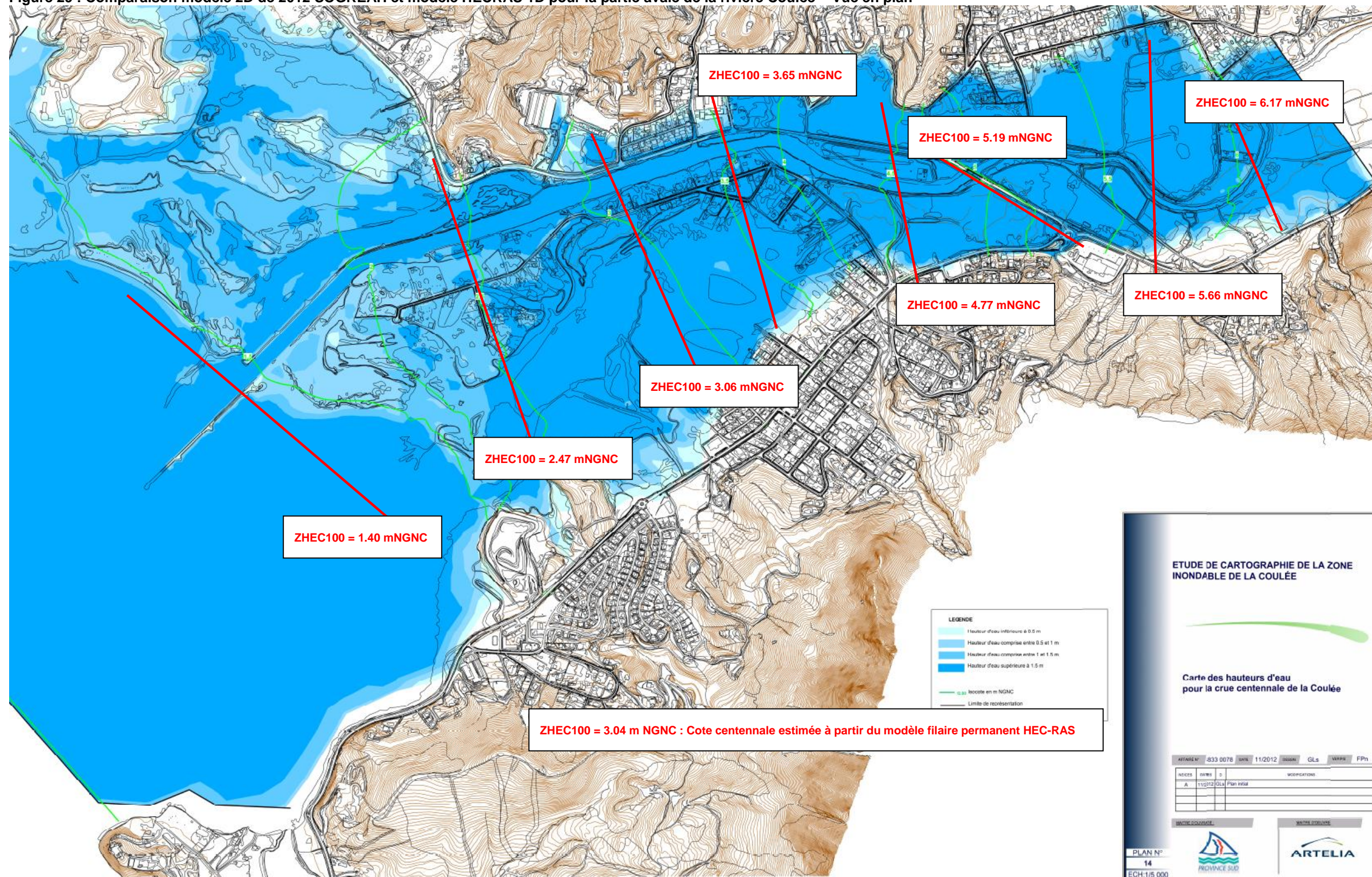
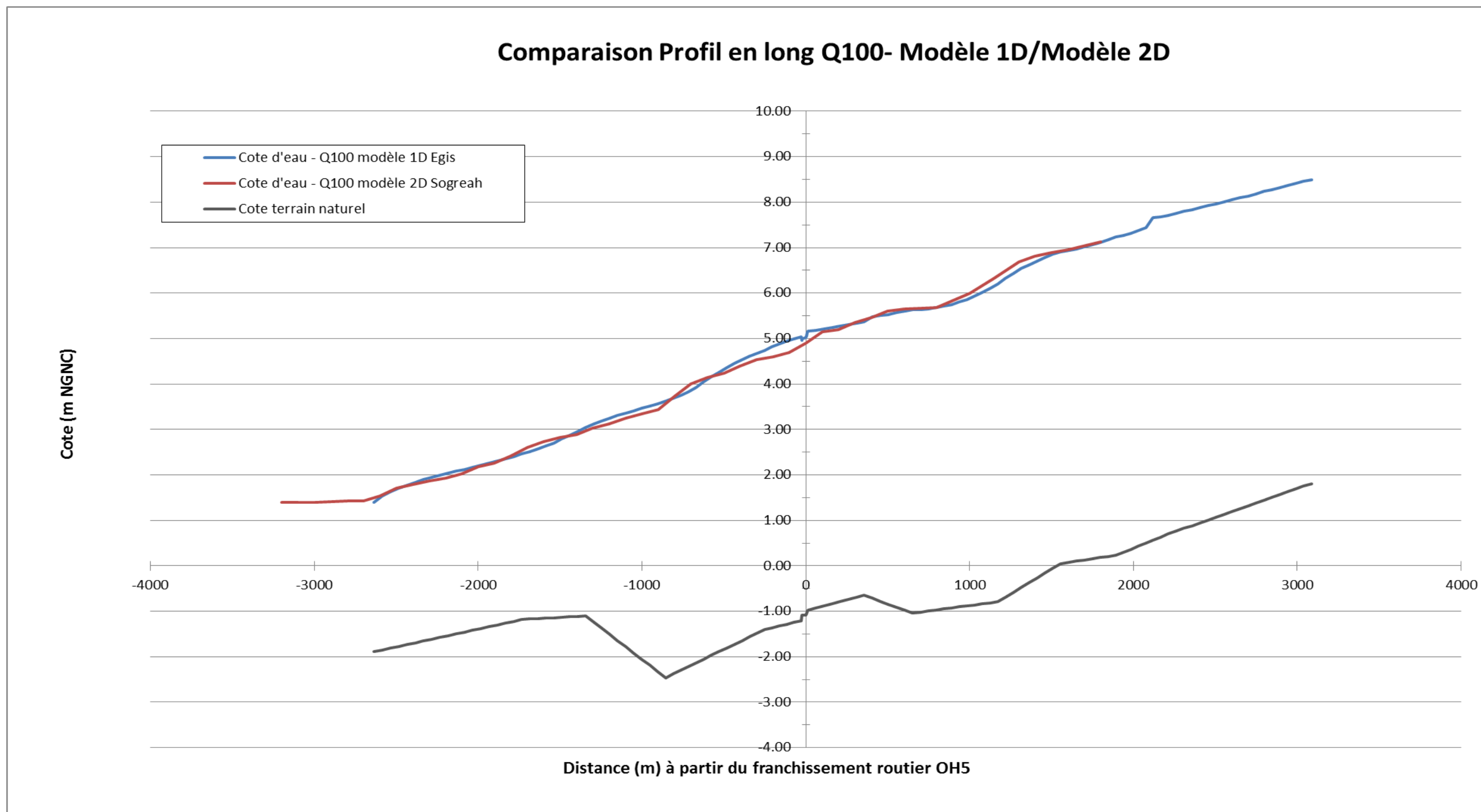




Figure 30 : Comparaison modèle 2D de 2012 SOGREAH et modèle HECRAS 1D pour la partie avale de la rivière Coulée – Profil en long



### 4.3 Principaux enjeux dans la zone inondable pour l'événement pluvieux centennal

Dans le champ d'inondation de la Coulée et de la Lembi, on recense les principaux secteurs sensibles suivant:

- L'ensemble des voiries qui se situent dans la vallée de la Coulée et en particulier : La RP1 qui est un axe stratégique pour le sud du territoire et les rues de Morari et de Pandanus qui sont des voiries riveraines de la Coulée respectivement en rive droite et en rive gauche qui permettent l'accès à des quartiers résidentiels. Les chaussées de ces routes sont submergées pour des crues fréquentes de la Coulée et de la Lembi (Ordre de retour < 5ans)

**Photo 31 : Submersion de la RP1 pendant l'événement VANIA (Rond-point rive gauche)**



- Le quartier résidentiel d'Ardimani qui s'étend sur la berge rive gauche de la rivière Coulée : Environ 50 habitations concernées par les inondations. Le lotissement d'Ardimani est submergé pour des crues fréquentes de la Coulée (Ordre de retour < 5ans).
- Le quartier résidentiel de Doudeuil qui s'étend sur la berge rive gauche de la rivière Lembi : Environ 15 habitations concernées par les inondations. Ce quartier résidentiel est submergé pour des crues fréquentes de la Lembi (Ordre de retour < 5ans).



**Photo 32 : Quartier DOUDEUIL pendant l'événement VANIA**

- Le quartier résidentiel de Morari qui se situe sur la berge rive droite de la rivière Coulée: Environ 10 habitations concernées par les inondations. Ce quartier accentue le phénomène de rétrécissement naturel de la vallée de la Coulée et la perte de charge hydraulique singulière. Il est inondé pour des crues courantes (entre 5 et 10 ans).
- 2 écoles en fond ou à proximité de talweg débordant : Ecole maternelle « La Coccinelle » à proximité du Creek « Coulée Sud 1 » et école élémentaire à proximité du Creek « Coulée Nord 2 » qui est inondée pour des crues rares de la Coulée (Ordre de retour > 10 ans). On note que les deux écoles se situent sur les cônes de déjection des creeks riverains et peuvent donc être concernés par des débordements très difficilement prévisibles en provenance des creeks. La fréquence des débordements provenant des creeks pouvant affecter ces deux écoles ne peut pas être estimée à ce jour. Une étude menée par la Province Sud (« Etude des cônes de déjection de la Ville du Mont Dore » -SOPRONER) est en cours. Cette étude a pour objectif de préciser l'aléa inondation au niveau des cônes de déjection.

**Photo 33 : Ecole élémentaire en rive droite de la Coulée**

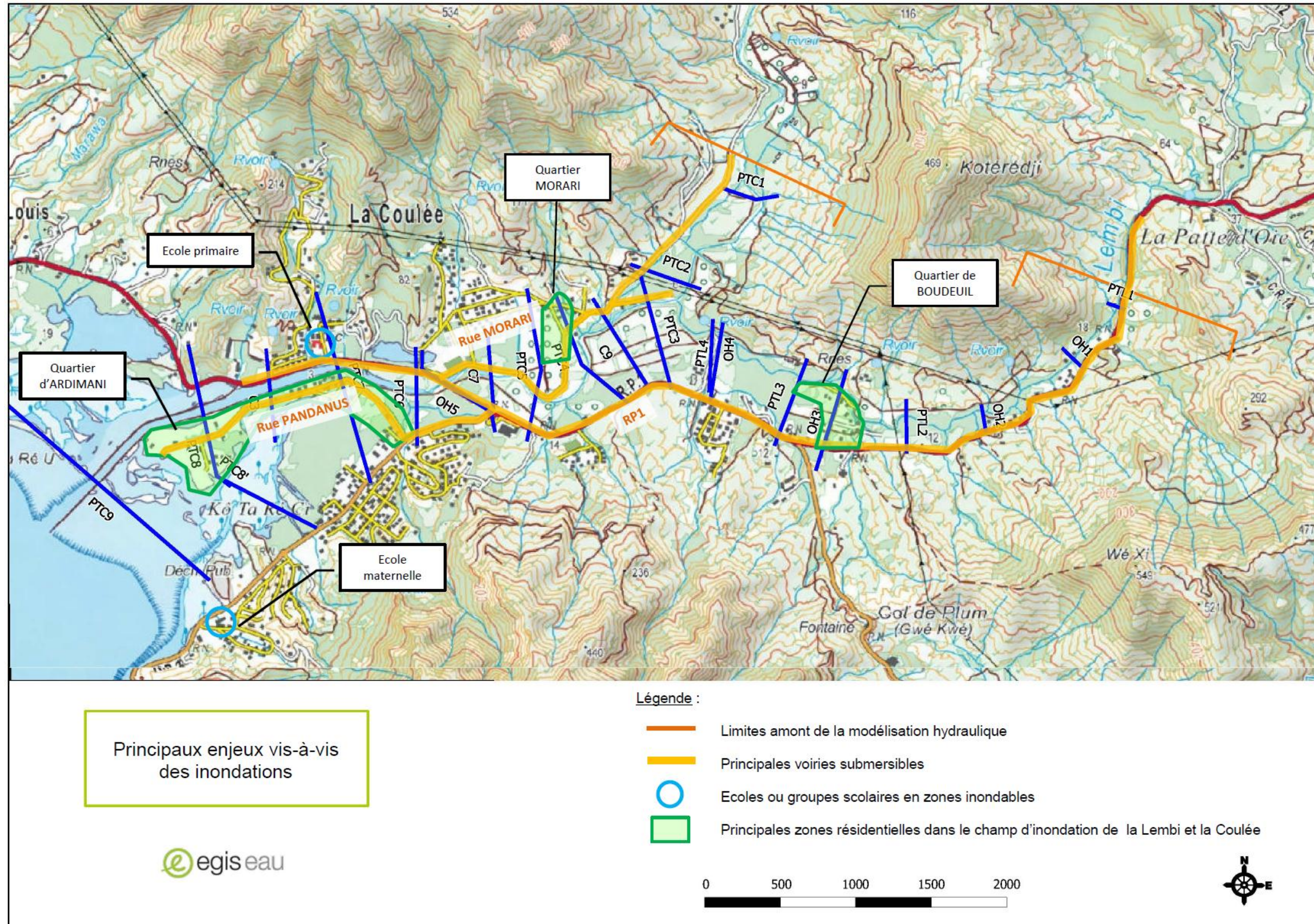
Tous les secteurs à enjeux (quartiers résidentiels et voiries) cités ci-dessus et représentés sur la carte ci-après sont inondés pour les crues d'ordre de retour 5 ans. La hauteur de submersion varie en fonction du plancher des habitations ou de la cote voirie et de l'occurrence de la crue.

En dehors des quartiers d'Ardimani, de Morari et de Doudeuil qui se situent dans la vallée de la Coulée et de la Lembi, on note que l'urbanisation s'est essentiellement développée en retrait du champ d'inondation de la Coulée et de la Lembi sur les cônes de déjection des petits affluents riverains.

La carte de synthèse ci-après permet de localiser les principaux enjeux.



Figure 34 : Principaux enjeux dans le champ d'inondation de la Coulée-Lembi





## Chapitre 5 Phase 3 : Cartographie consolidée de l'aléa inondation

### 5.1 Méthode pour cartographie consolidée des zones inondables de la Coulée et de la Lembi

A l'issue de la phase 2, il apparaît qu'il faut adapter la méthode pour cartographier les zones inondables en fonction des types de débordement, des données disponibles et de leur précision.

Compte tenu du choix identique des données d'entrée et des résultats très proches des simulations issues des modèles filaires 1D et 2D sur la partie aval de la Coulée, on observe une cohérence de résultats entre les modélisations. Dans ces conditions, les résultats du modèle filaire 1D de la Coulée amont et de la Lembi sont cohérents avec les résultats du modèle 2D de la Coulée aval et peuvent être utilisés comme extension pour la cartographie des zones inondables sur les parties non couvertes par le modèle 2D de 2012.

Pour la cartographie des zones inondables au niveau des Creeks, les modèles hydrauliques 1D, on croise la connaissance des emprises issues des analyses hydrauliques existantes avec l'expertise de terrain d'octobre 2012 (voir détails creeks par creeks dans le tableau 28).

Selon les secteurs à étudier, on s'appuiera donc sur les données suivantes pour cartographier les zones inondables au droit de la zone d'étude :

**Tableau 29 : Méthode pour cartographie des zones inondables de la phase 3**

Tronçons de cours d'eau	Emprise des zones inondables	Carte des isohauteurs	Carte des isovitesses
<b>Partie aval Coulée (Emprise du modèle 2D SOGREAH- 2012)</b>	Résultat du modèle 2D avec vérification données MNT	Résultat du modèle 2D avec vérification données MNT	Résultat du modèle 2D
<b>Partie amont Coulée (Hors emprise du modèle SOGREAH)</b>	Résultat du modèle 1D –EGIS EAU	Résultat du modèle 1D- EGIS EAU	Résultat du modèle 1D et données enquêtes de terrain et MNT pour représenter les concentrations de débordement dans le lit majeur
<b>Lembi</b>	Résultat du modèle 1D –EGIS EAU	Résultat du modèle 1D –EGIS EAU	Résultat du modèle 1D et données enquêtes de terrain et MNT pour représenter les concentrations de débordement dans le lit majeur
<b>Confluences Creek-Lembi et Creek-Coulée</b>	Croisement expertise de terrain et connaissance des emprises issues des analyses hydrauliques existantes (Voir tableau 28)		

## 5.2 Carte des hauteurs d'eau en crue centennale

A l'issue de l'analyse hydraulique, des cartographies de l'emprise des zones inondables ont été élaborées à partir de la topographie existante et levée pour l'étude, sur chaque secteur étudié et pour la période de retour 100 ans.

Sur les cartographies figurent également les niveaux atteints sous forme d'isocotes avec un pas de hauteur de 0.5 m au droit de la zone d'étude. Cette dernière information permet de faciliter l'exploitation des résultats de l'étude.

On observe que la jonction entre les modèles Coulée 1D et 2D est très bonne et qu'il n'y a aucune incohérence entre les limites des zones inondables.

Pour les creeks (Surface bassin versant < 2km<sup>2</sup>), au droit des confluences la valeur des isocotes issues des modèles hydrauliques n'est qu'indicative et n'est représentative que du lit mineur. La morphologie de lit en toit et le reprofilage des cours d'eau des creeks provoquent des écarts importants de niveau d'eau entre le lit mineur et le lit majeur pour un même profil en travers.

## 5.3 Carte isohauteurs et isovitesses d'aléa inondation pour la crue centennale

La délimitation des emprises des iso-hauteurs ( $h=0.5\text{m}$ ,  $h=1.0\text{m}$  et  $h=1.5\text{m}$ ) et des isovitesses ( $v=1\text{ m/s}$ ) ont été définies pour la crue de période de retour 100 ans de la Coulée et de la Lembi.

Les cartes d'aléas ont été établies à partir de la grille suivante issue du cahier des charges et croisant les paramètres hauteur d'eau et vitesse moyenne d'écoulement :

**Tableau 30 : Grille d'aléa inondation**

HAUTEUR D'EAU \ VITESSE	VITESSE	
	Faible à modérée $\leq 1\text{ m/s}$	Forte à très forte $> 1\text{ m/s}$
$0\text{ m} < H \leq 1\text{ m}$	Moyen	Fort
$1 < H \leq 1,5\text{ m}$	Fort	Très fort
$H > 1,5\text{ m}$	Très fort	Très fort

On observe que la jonction entre les modèles Coulée 1D et 2D est très bonne et qu'il n'y a une parfaite cohérence entre les limites des isovitesses, isohauteurs et donc aléas inondation.

## **ANNEXES**







**Annexe 1 : PHE VANIA**

**Identifiés en octobre 2012 et relevés en mars 2013**


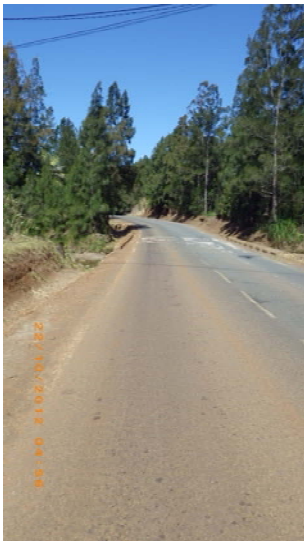
**Etude hydraulique des rivières Coulée et Lembi  
sur la commune du Mont-Dore- PHE VANIA**



Repères de crues -Plus Hautes Eaux (PHE) de l'événement du 14/01/2011 (Cyclone Vania) – Relevés en mars 2013


Numéro du repère et de la photo	Rivière	Photo	Observations	Cote de la PHE Z (mNGNC)	Coordonnées X	Coordonnées Y
PHE 1	Lembi		PHE du 14/01/2011 : hauteur signalée sur le mur par le propriétaire.  Pour Erika (03/2003) : +0,2 m / PHE 1.	14.90	463595.390	218188.567
PHE 2	Lembi		PHE du 14/01/2011 : -0,5 m / Toit de la maison en Algeco posée sur pilotis en parpaings après VANIA ?.	12.66	462554.757	218218.059
PHE 3	Coulée		PHE du 14/01/2011 : - 0,3 m / Point haut du toit de l'abri-bus.	4.47	459808.210	218528.516

Numéro du repère et de la photo	Rivière	Photo	Observations	Cote de la PHE Z (mNGNC)	Coordonnées X	Coordonnées Y
PHE 4	Coulée ou Creek CS3?		PHE du 14/01/2011 : niveau de la barre basse de l'abri-bus. Débordements plutôt en provenance du Creek CS3 que de la rivière Coulée	5.55	459812.802	218084.694
PHE 5	Coulée		PHE du 14/01/2011 : haut de panneau bleu situé sur l'îlot central.	3.12	459234.917	218581.850
PHE 6	Coulée		PHE du 14/01/2011 : hauteur signalée par la maison du propriétaire.	3.35	459192.275	218438.638



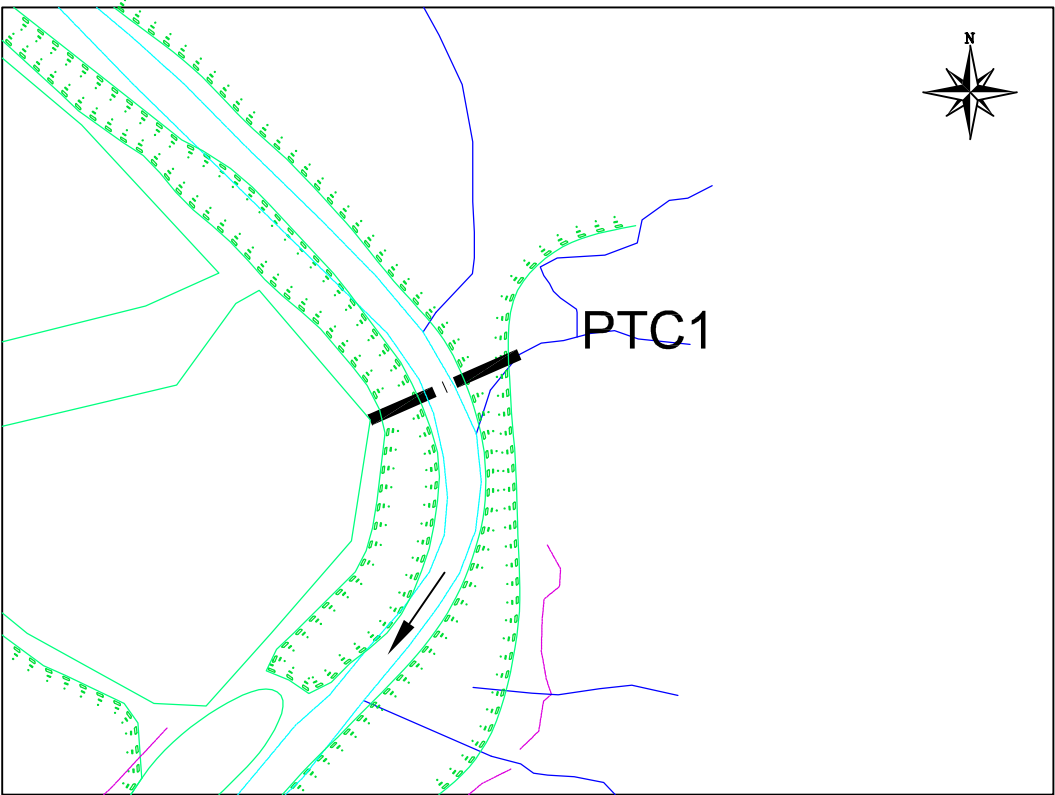
Numéro du repère et de la photo	Rivière	Photo	Observations	Cote de la PHE Z (mNGNC)	Coordonnées X	Coordonnées Y
PHEC – RD1	Creek CN3		PHE du 14/01/2011 : au pied du manguier : Crue du Creek.	8.810	460113.440	218949.170
PHEC – RG1 Lembi	Creek CS 9		PHE du 14/01/2011 : + 1,2 m / point bas de la chaussée au niveau du franchissement du Creek CS9	11.77	462723.250	217995.860

Numéro du repère et de la photo	Rivière	Photo	Observations	Cote de la PHE Z (mNGNC)	Coordonnées X	Coordonnées Y
PHEC – RG2 Lembi 1	Creek CS8		PHE du 14/01/2011 : + 1,0 m / point bas de la chaussée au niveau du franchissement du Creek CS8.	12.31	462287.500	218062.800
PHEC – RG3 ZA	Creek RG zone d'activité		PHE du 14/01/2011 : + 0,4 m / point bas de la chaussée au niveau du franchissement du Creek de la ZA.	14.580	461703.620	218338.255

Numéro du repère et de la photo	Rivière	Photo	Observations	Cote de la PHE Z (mNGNC)	Coordonnées X	Coordonnées Y
PHEC – RG4	Creek CS2-3		PHE du 14/01/2011 : + 1,0 m / point bas de la chaussée.	3.917	459088.909	217404.135



**Annexe 2 : Levés profils du lit mineur et ouvrages réalisées  
en mars 2013**

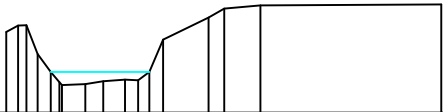


Profil en travers n°PTC1

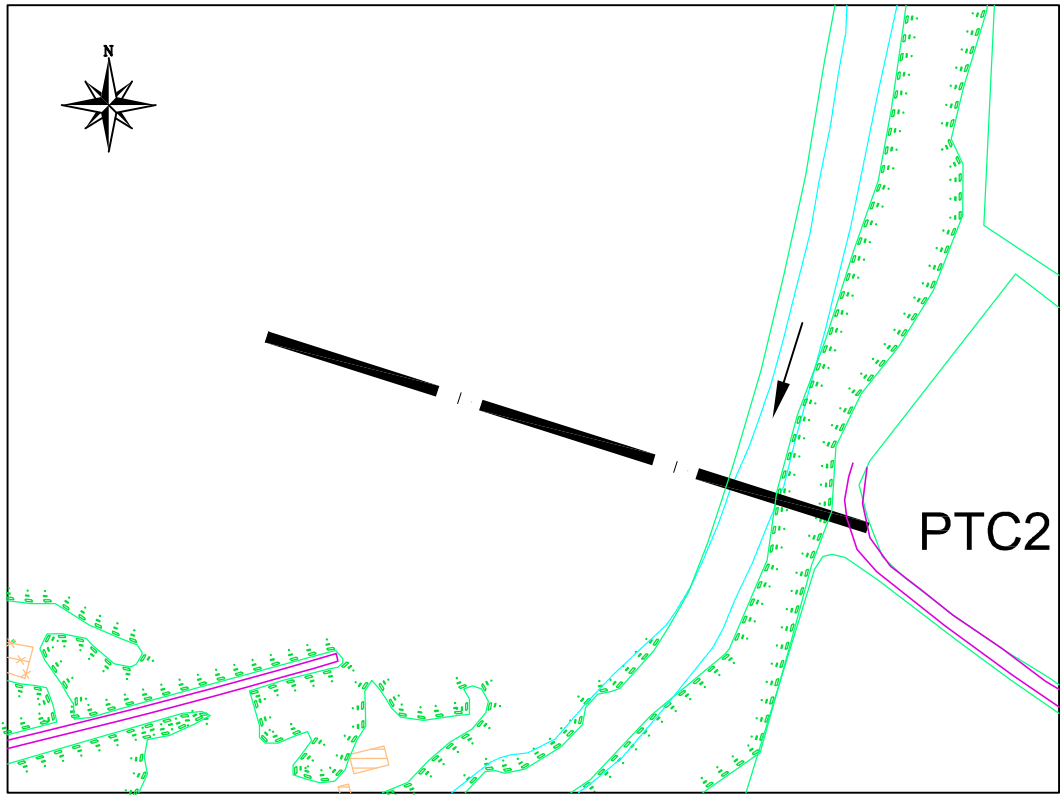
Echelle horizontale : 1/ 1000

Echelle verticale : 1/ 500

Plan de comparaison : -1m

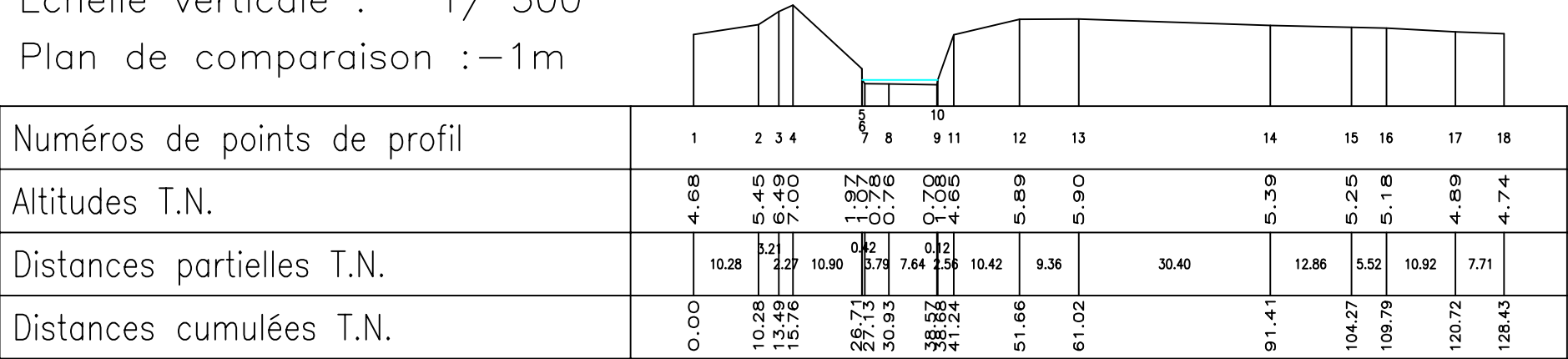


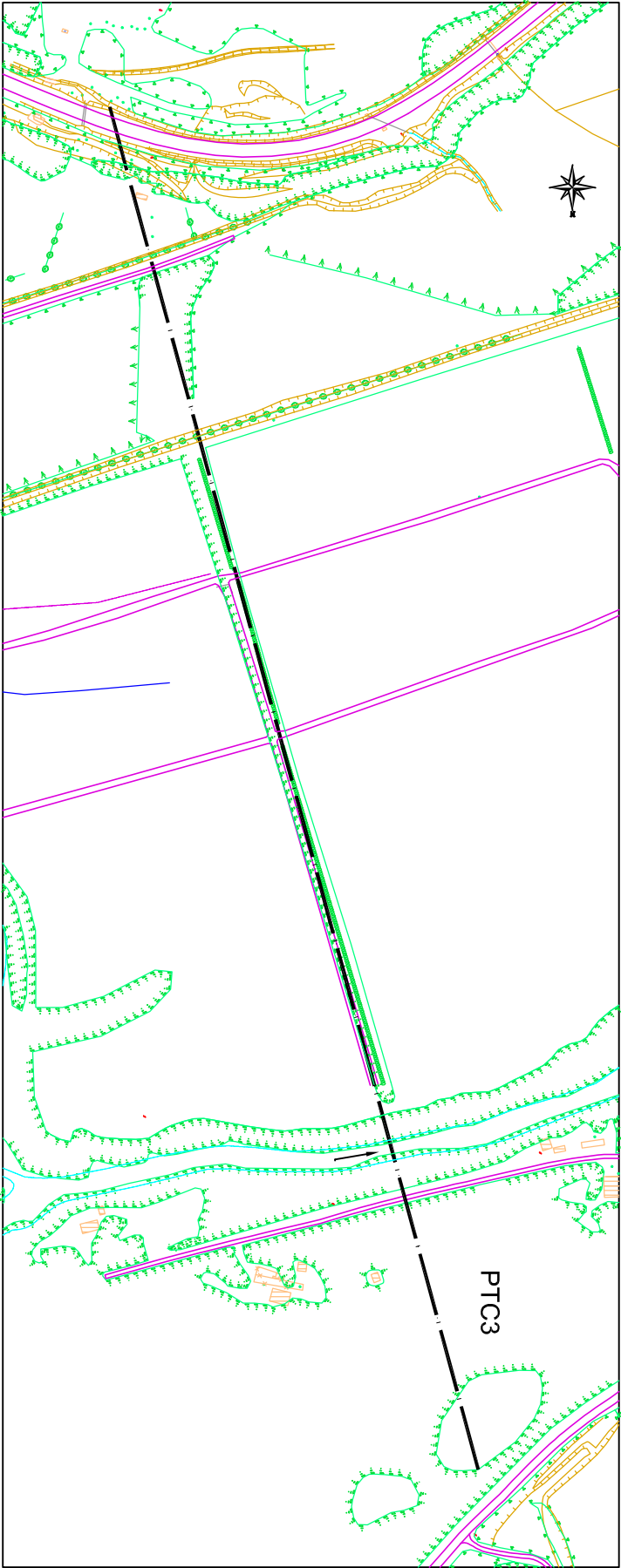
Numéros de points de profil	1234567891011121314151617
Altitudes T.N.	7.15
Distances partielles T.N.	23.91
Distances cumulées T.N.	57.57



Profil en travers n°PTC2

Echelle horizontale : 1/ 1000  
Echelle verticale : 1/ 500  
Plan de comparaison : -1m



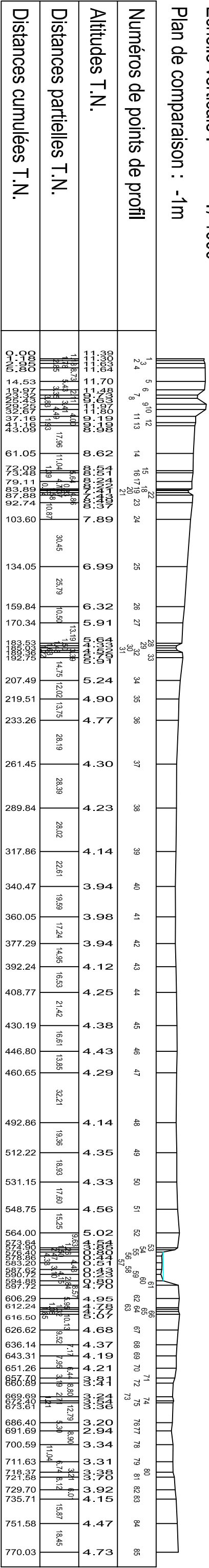


Profil en long n° PTC3

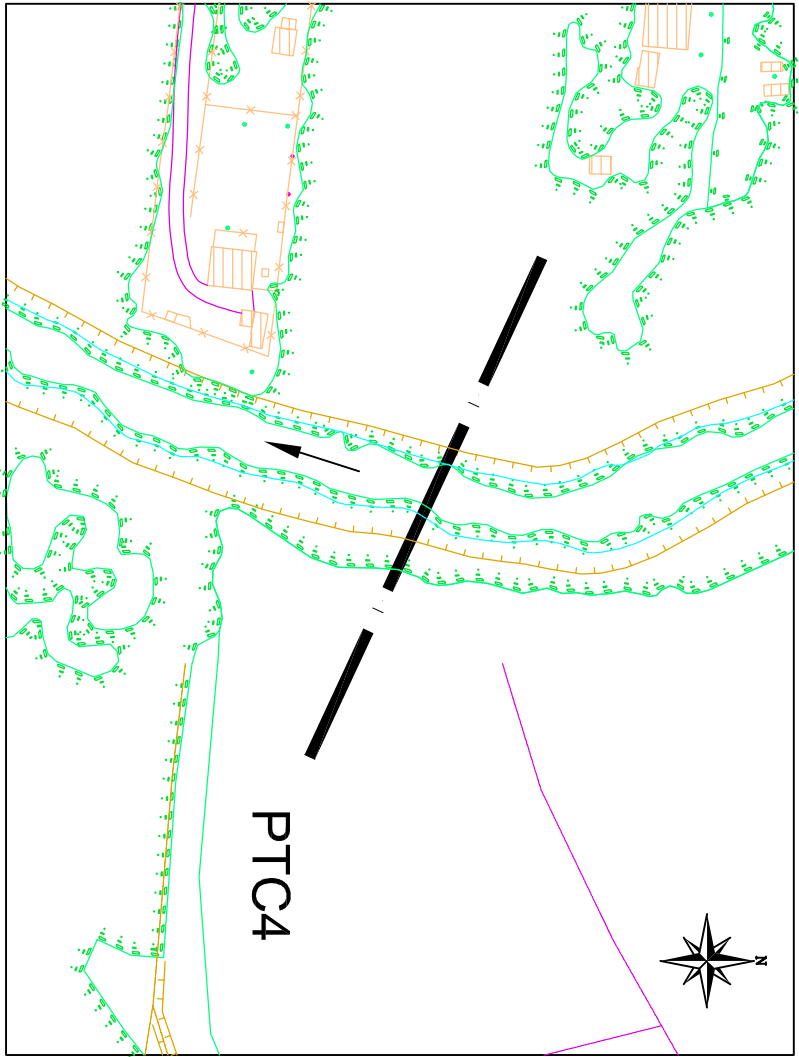
Echelle horizontale : 1 / 2500

Echelle verticale : 1 / 1000

Plan de comparaison : -1m







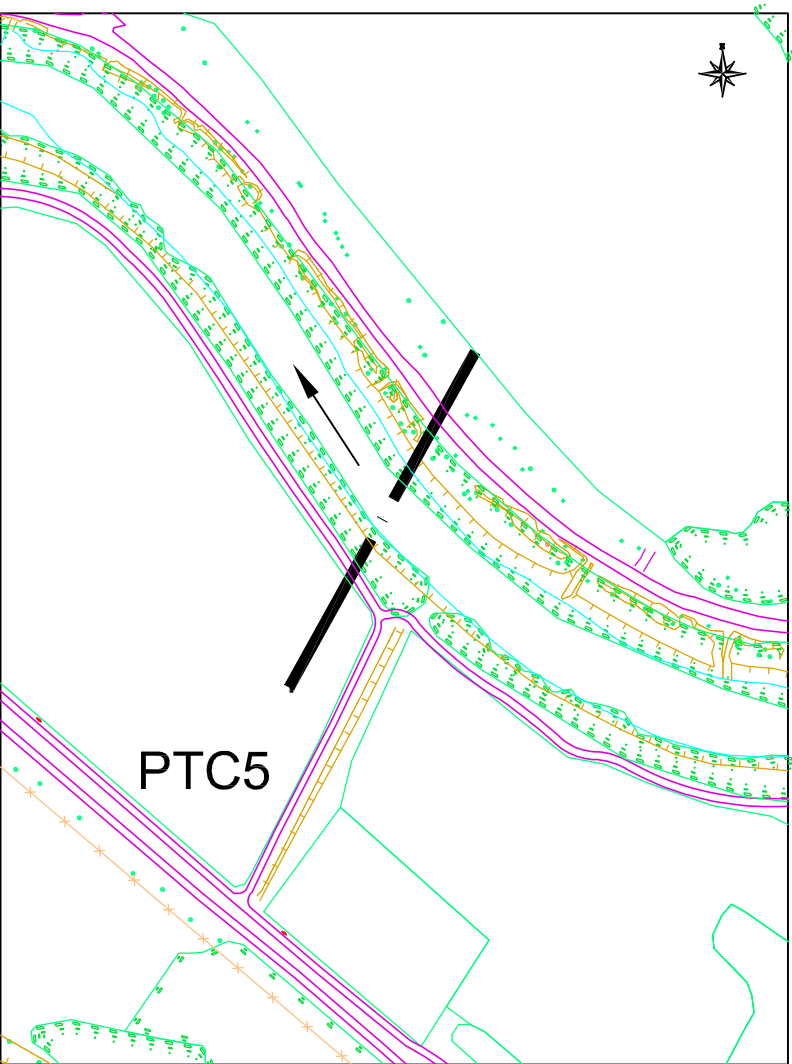
Profil en travers n°PTC4

Echelle horizontale : 1 / 1000

Echelle verticale : 1 / 500

Plan de comparaison : -2m

Numéros de points de profil	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	16	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Altitudes T.N.	2.54	2.47	2.66	0.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Distances partielles T.N.	16.35	19.53	19.74	2.38	7.76	0.83	1.38	3.21	2.84	1.20	2.27	6.49	8.09	4.53	5.59	12.49	9.40	10.95					
Distances cumulées T.N.	0.00	16.35	35.88	59.92	67.68	67.68	68.51	71.72	74.56	75.76	77.93	84.42	92.51	97.04	101.57	114.06	123.46	134.41	145.36	156.31	167.26	178.21	189.16

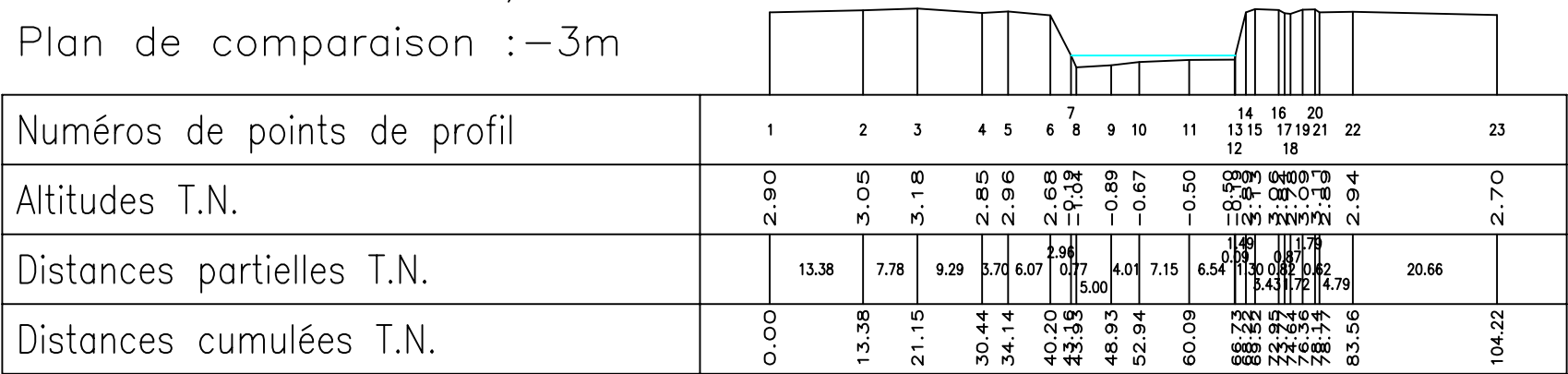


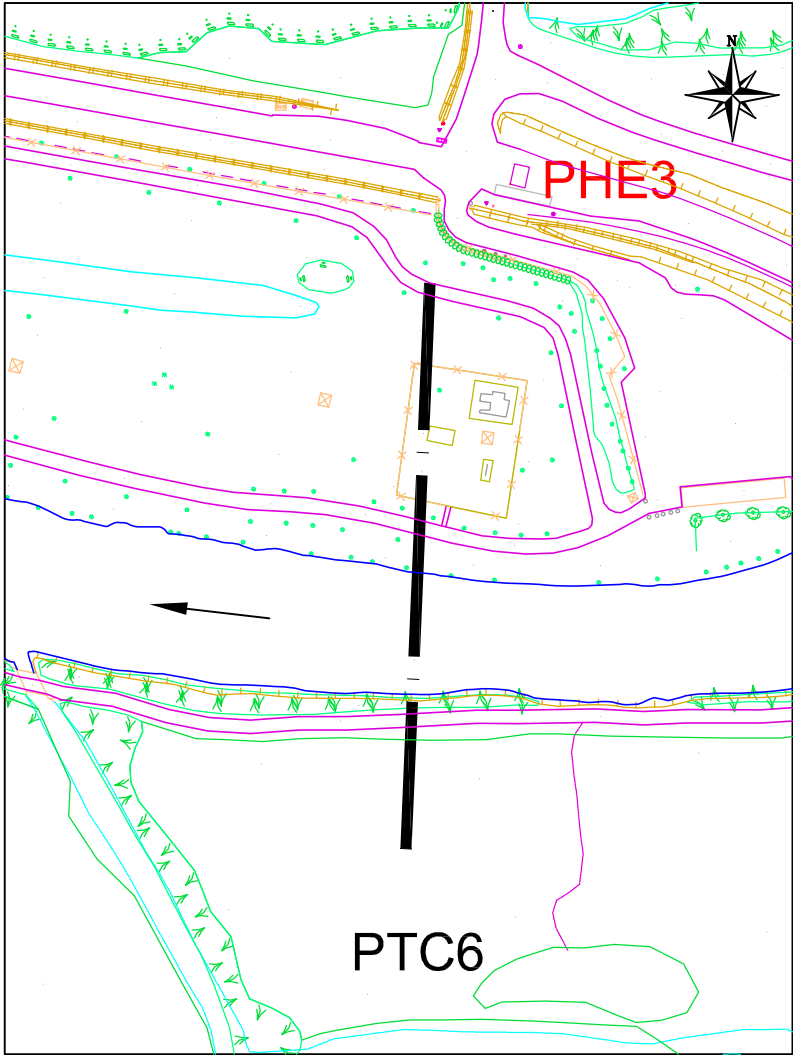
Profil en travers n°PTC5

Echelle horizontale : 1/ 1000

Echelle verticale : 1/ 500

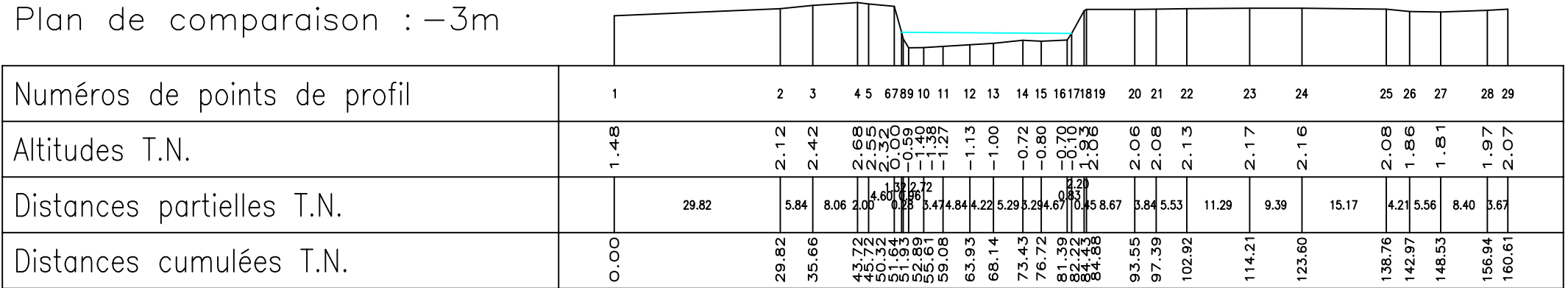
Plan de comparaison : -3m

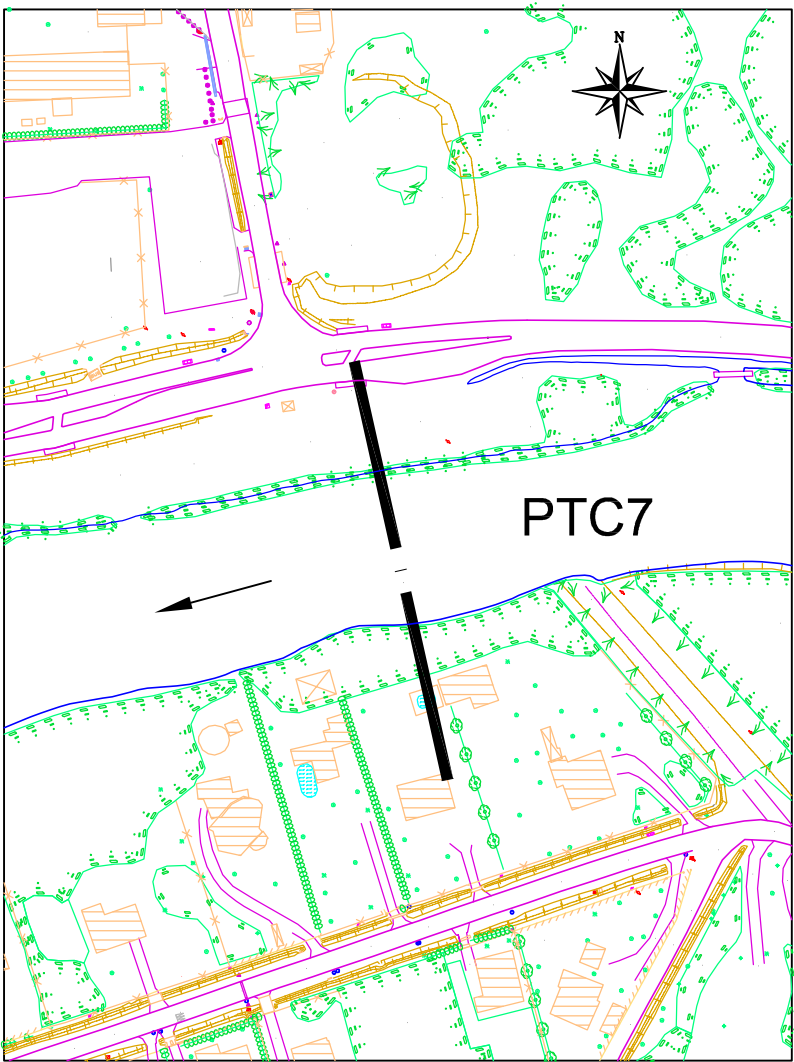




Profil en travers n°PTC6

Echelle horizontale : 1/1000  
Echelle verticale : 1/500  
Plan de comparaison : -3m



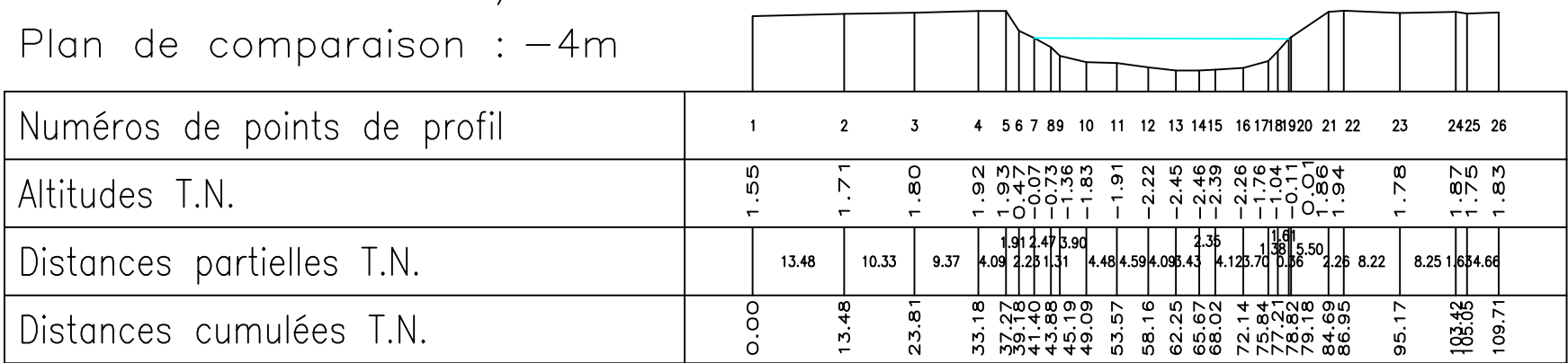


Profil en travers n° PTC7

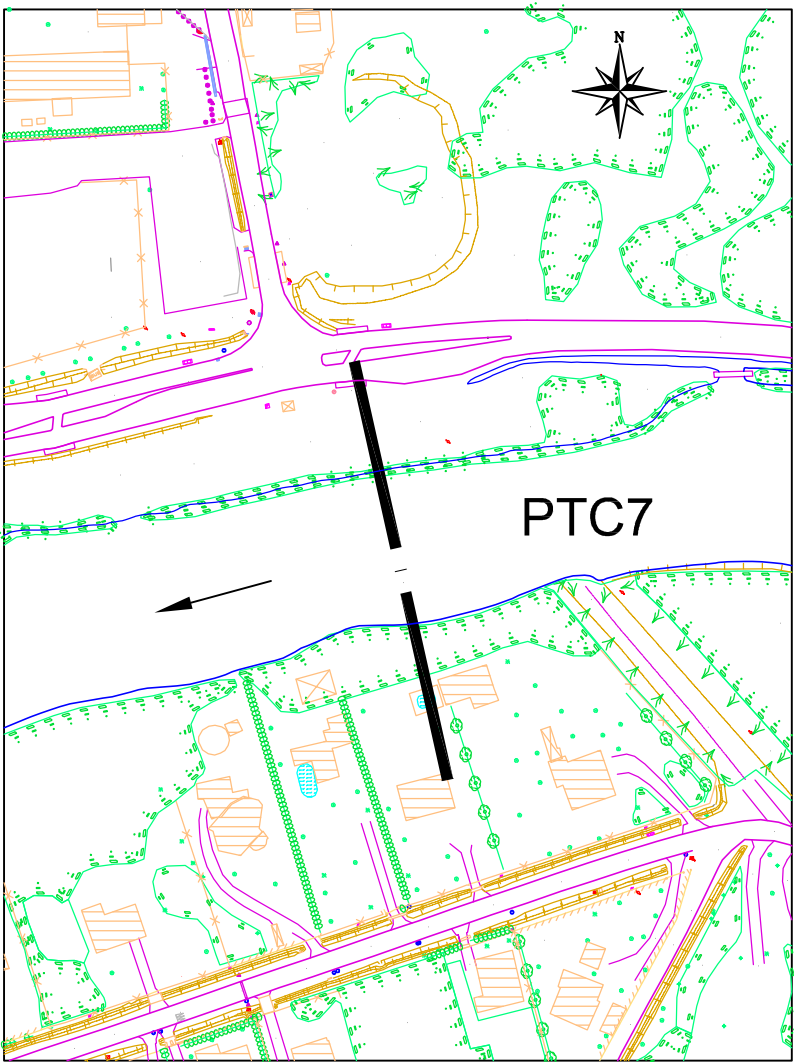
Echelle horizontale : 1/1000

Echelle verticale : 1/500

Plan de comparaison : -4m





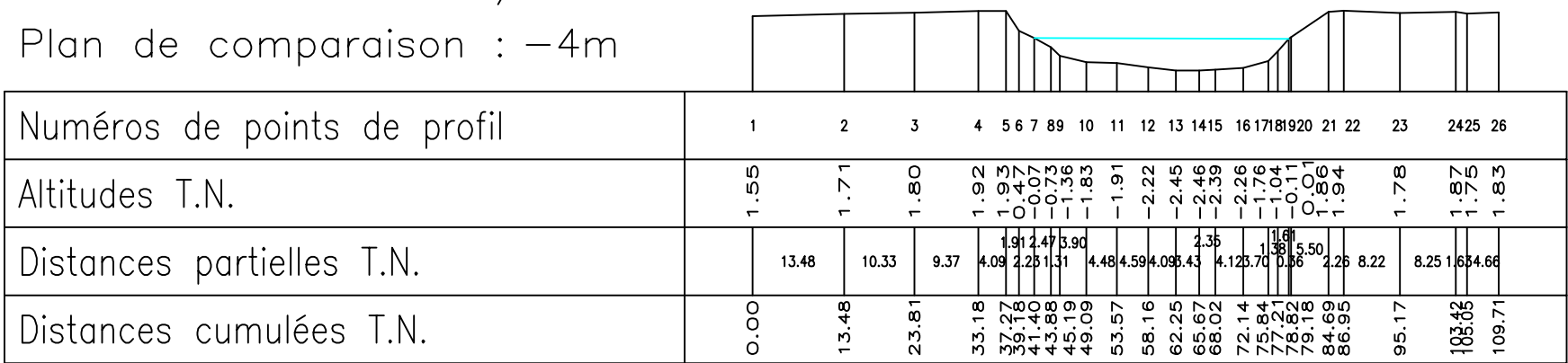


Profil en travers n° PTC7

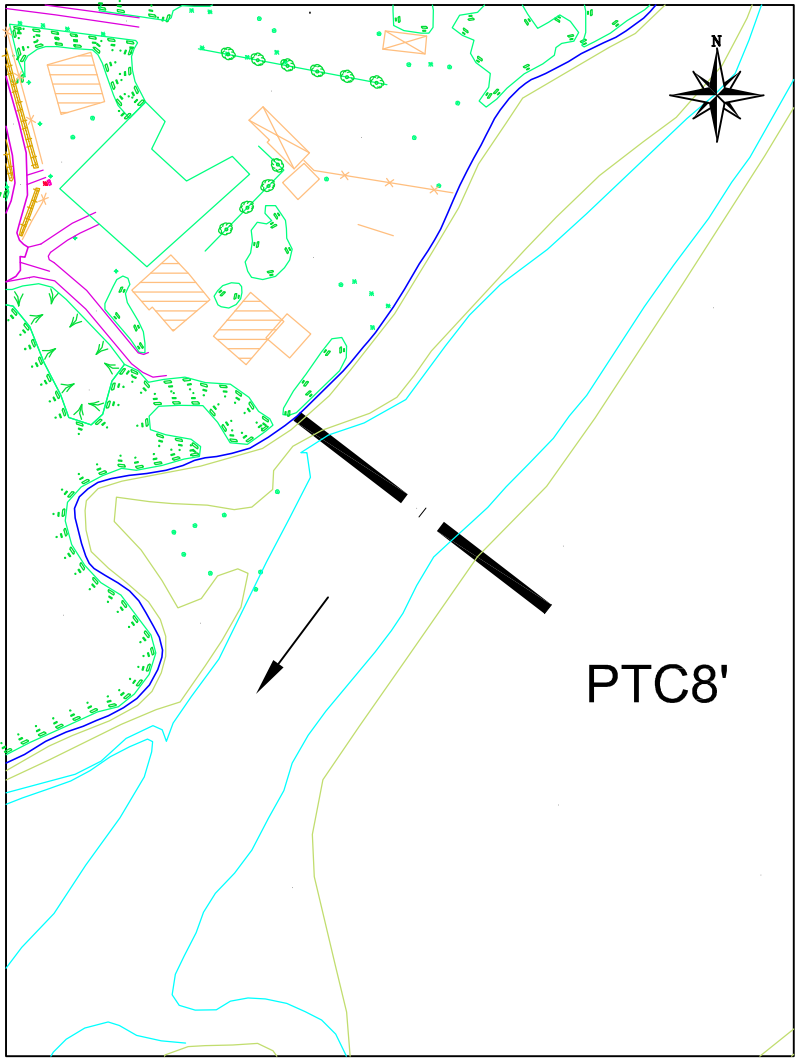
Echelle horizontale : 1/1000

Echelle verticale : 1/500

Plan de comparaison : -4m







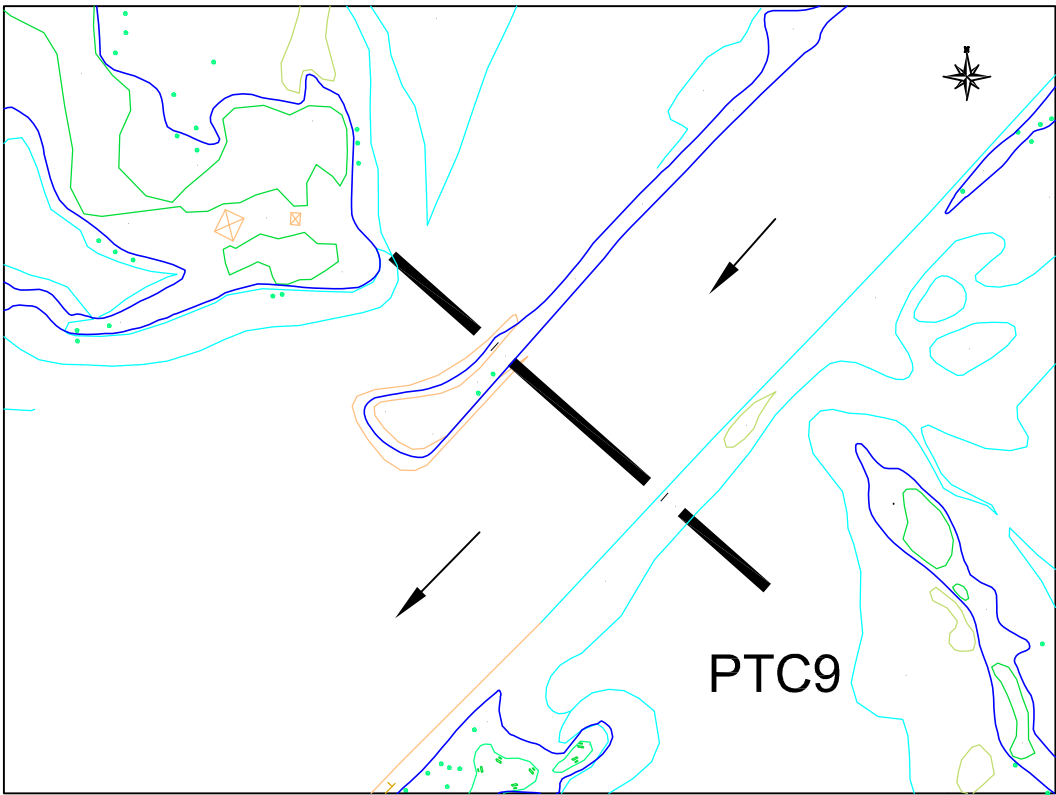
Profil en travers n°PTC8'

Echelle horizontale 1/1000

Echelle verticale : 1/500

Plan de comparaison : -2m

Numéros de points de profil	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Altitudes T.N.	0.36	0.35	0.28	0.13	-0.05	-0.23	-0.23	0.04	-0.00	-0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Distances partielles T.N.		3.36	9.75	10.42	6.90	0.91	5.65	6.29	12.20	1.36	10.54	1.65	1.78	3.64	1.31				
Distances cumulées T.N.	0.00	3.36	13.11	23.54	30.44	31.35	37.00	43.30	55.50	56.85	67.39	69.04	70.82	74.46	75.77	77.08	78.39	84.98	



Profil en travers n° PTC9

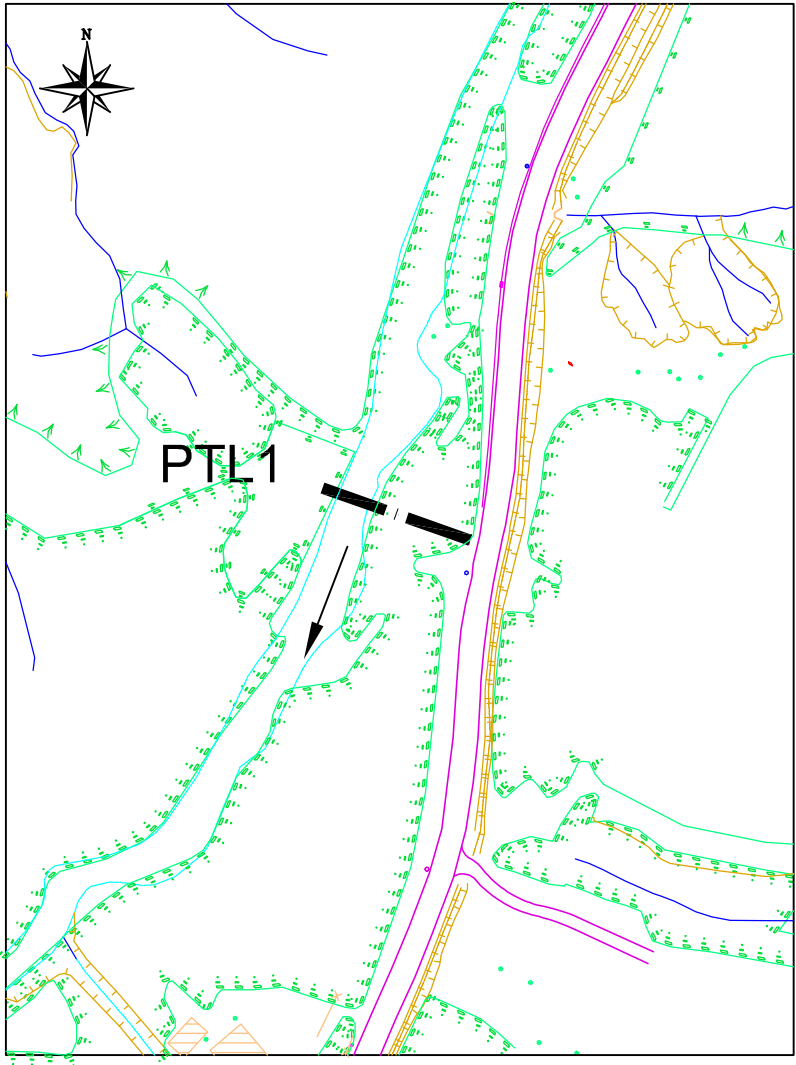
Echelle horizontale : 1/ 1000

Echelle verticale : 1/ 500

Plan de comparaison : -3m

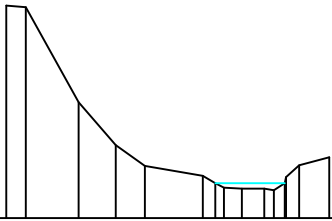
Numéros de points de profil	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
Altitudes T.N.	0.17		-0.24	-0.32	-0.32	-0.26	-0.18	0.55	0.57	-0.10	-1.78		-1.89		-1.81	-1.81	-1.72		-1.54	-1.07	-0.09	0.54	0.95	0.04	-0.97	-1.34	-1.23	-1.17	-1.17	-1.14	-1.08	-0.73	-0.65	-0.08
Distances partielles T.N.		13.91	1.75	1.07	5.32	6.96	3.80	2.57	5.92	10.60	13.54	1.08	7.13	7.10	5.48	2.38	5.04	5.34	2.07	1.74	4.23	4.11	4.24	4.81	5.52	5.10	1.70	7.01						
Distances cumulées T.N.	0.00	13.91	15.67	16.54	18.54	19.62	24.94	31.90	35.70	38.27	44.20	54.79	68.34	69.42	76.55	83.64	87.12	88.94	91.31	96.35	99.69	101.76	103.49	107.73	111.83	116.07	120.89	126.41	131.51	133.22	140.23			



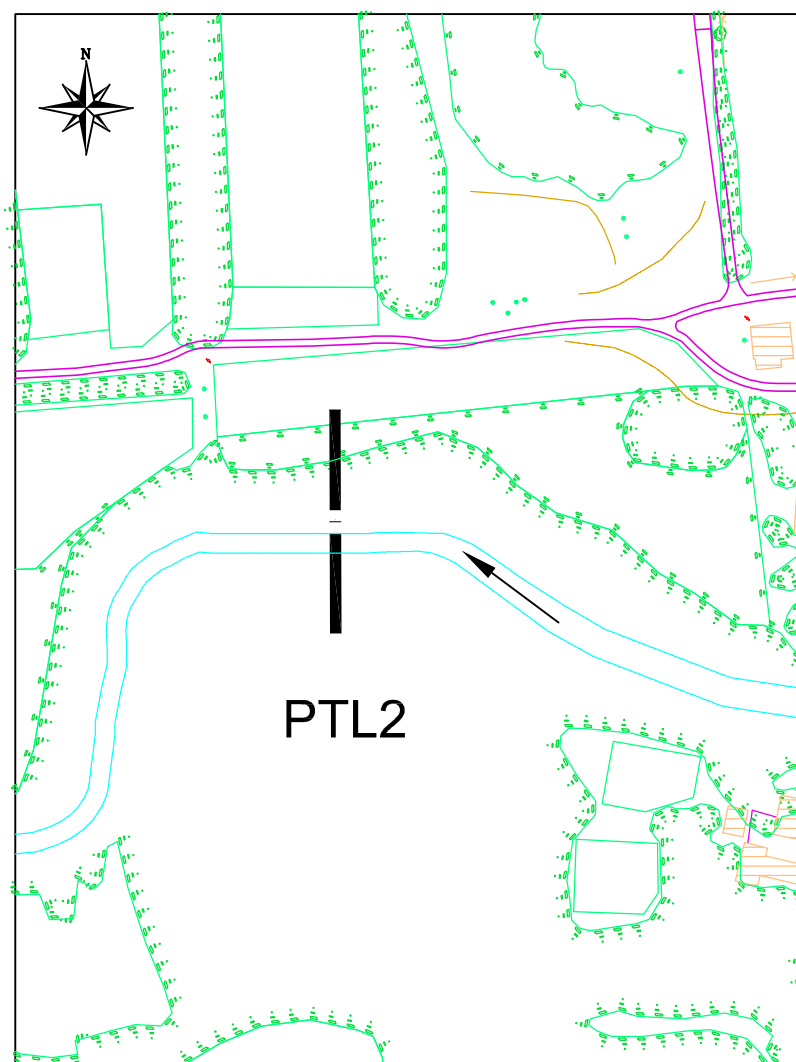


Profil en travers n°PTL1

Echelle horizontale : 1/ 1000  
Echelle verticale : 1/ 500  
Plan de comparaison : 14m



Numéros de points de profil	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Altitudes T.N.	28.06	27.96	21.66	18.82	17.45	18.70	18.00	15.94	15.00	15.00	17.49	18.03	17.49	18.03	17.49
Distances partielles T.N.	2.58	7.01	4.91	3.82	7.70	1.68	2.37	2.96	1.24	1.46	3.99	1.14	1.24	1.17	1.17
Distances cumulées T.N.	0.00	2.58	9.60	14.51	18.33	26.03	27.71	30.67	31.91	33.37	37.36	38.50	39.74	40.91	42.76

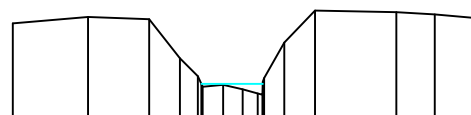


# Profil en travers n°PTL2

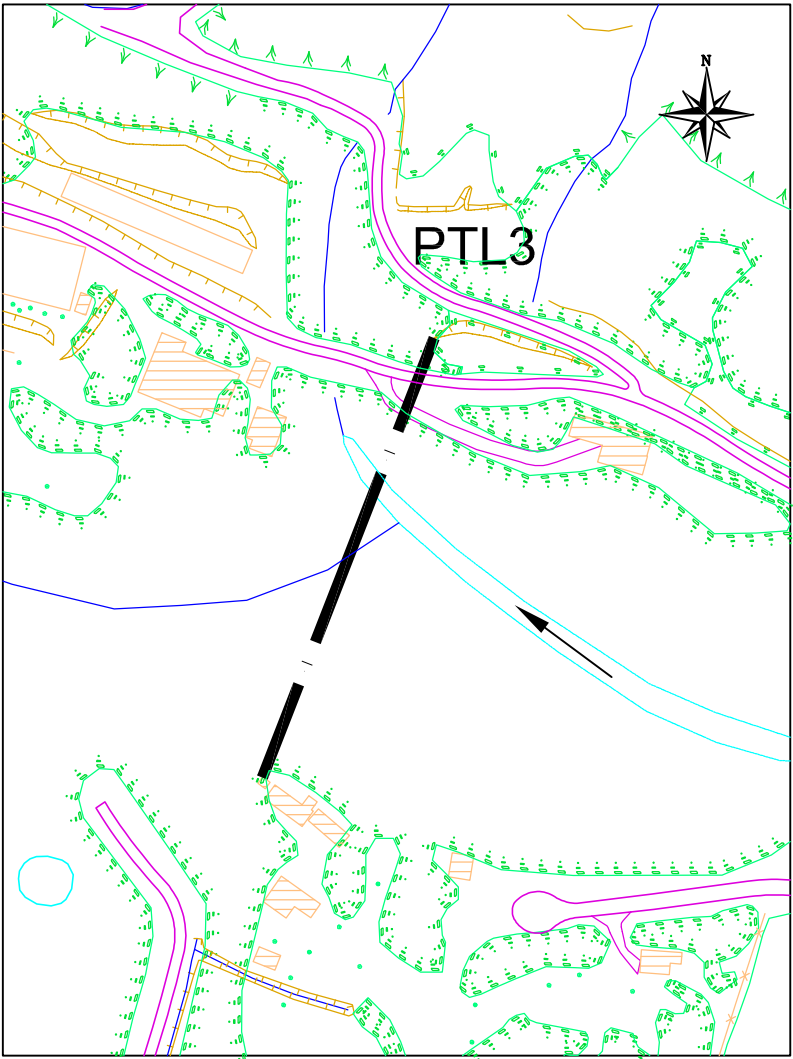
Echelle horizontale : 1/ 1000

Echelle verticale : 1/ 500

Plan de comparaison : 5m



Numéros de points de profil	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Altitudes T.N.	11.34	11.76	11.61	11.61	11.61	11.61	11.61	11.61	11.61	11.61	11.61	11.61	11.61	11.61	11.61	11.61	11.61	11.61
Distances partielles T.N.		9.95	8.11	4.07	2.38	0.06	2.72	0.06	2.58	0.06	4.07	10.75	5.10	5.72				
Distances cumulées T.N.	0.00	9.95	18.05	22.12	24.50	24.56	27.28	27.34	29.92	32.50	36.57	47.32	52.42	58.14	63.86			

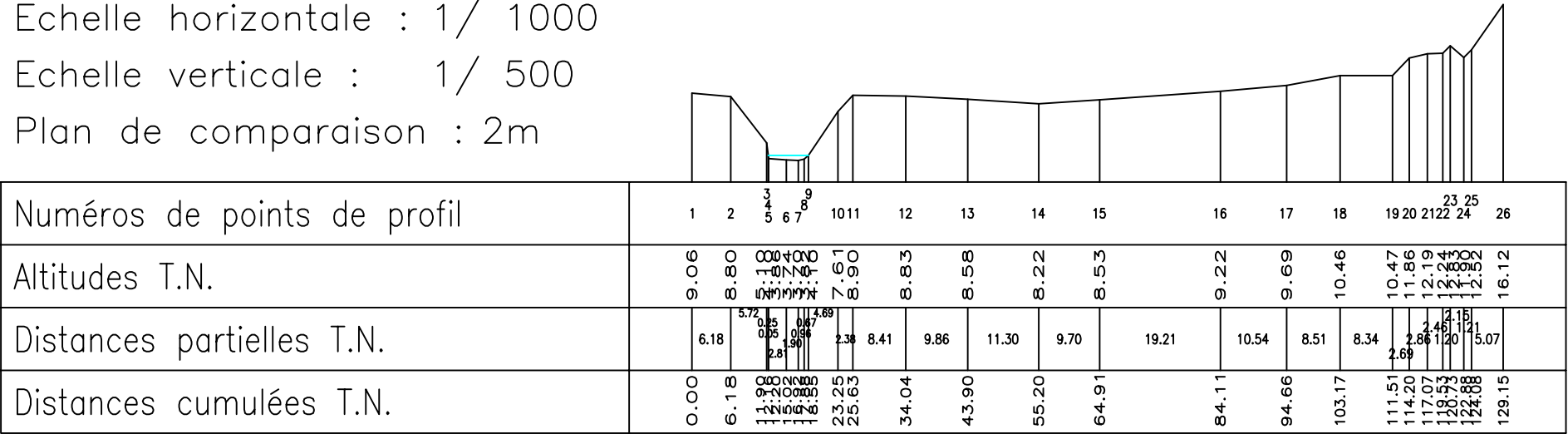


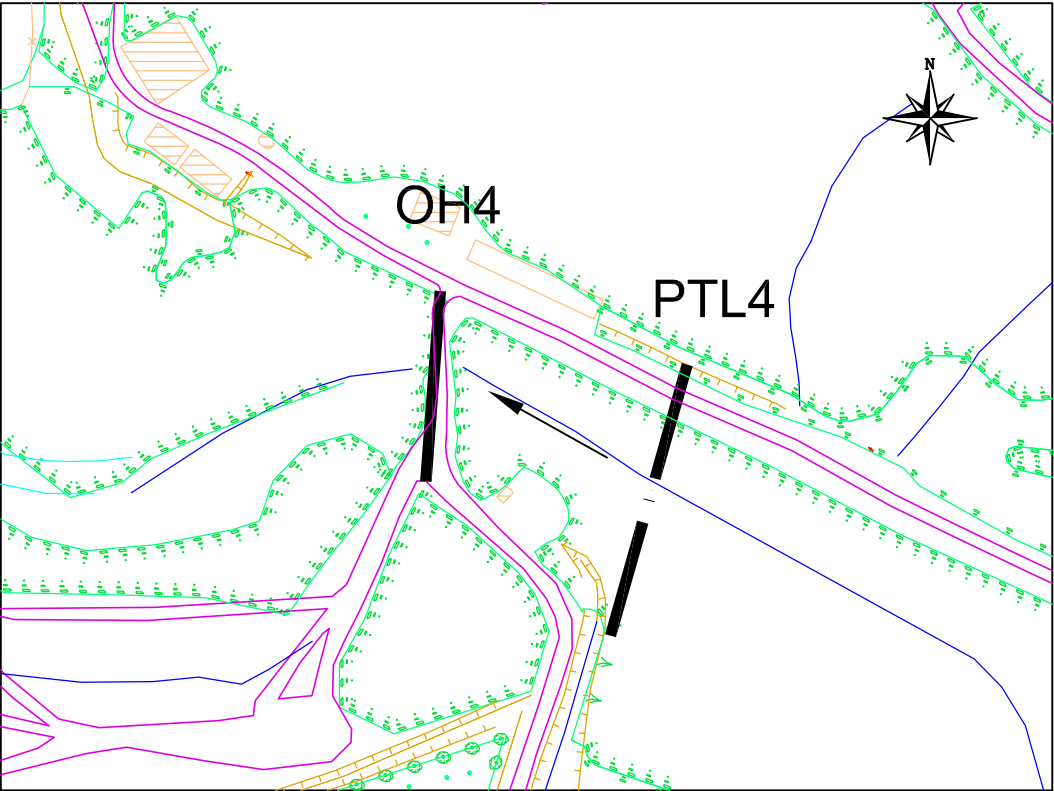
Profil en travers n°PTL3

Echelle horizontale : 1/ 1000

Echelle verticale : 1/ 500

Plan de comparaison : 2m



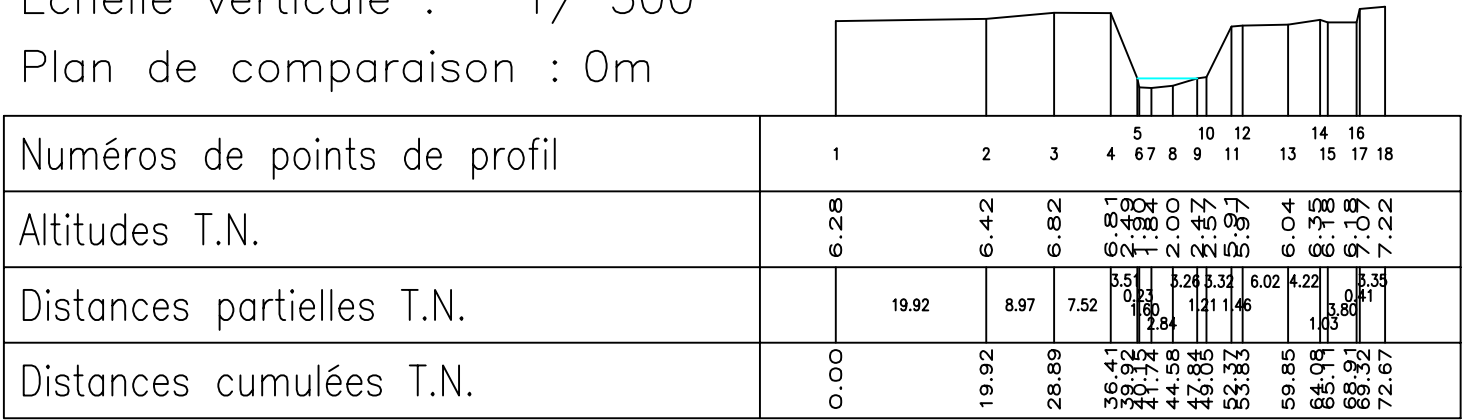


Profil en travers n°PTL4

Echelle horizontale : 1/ 1000

Echelle verticale : 1/ 500

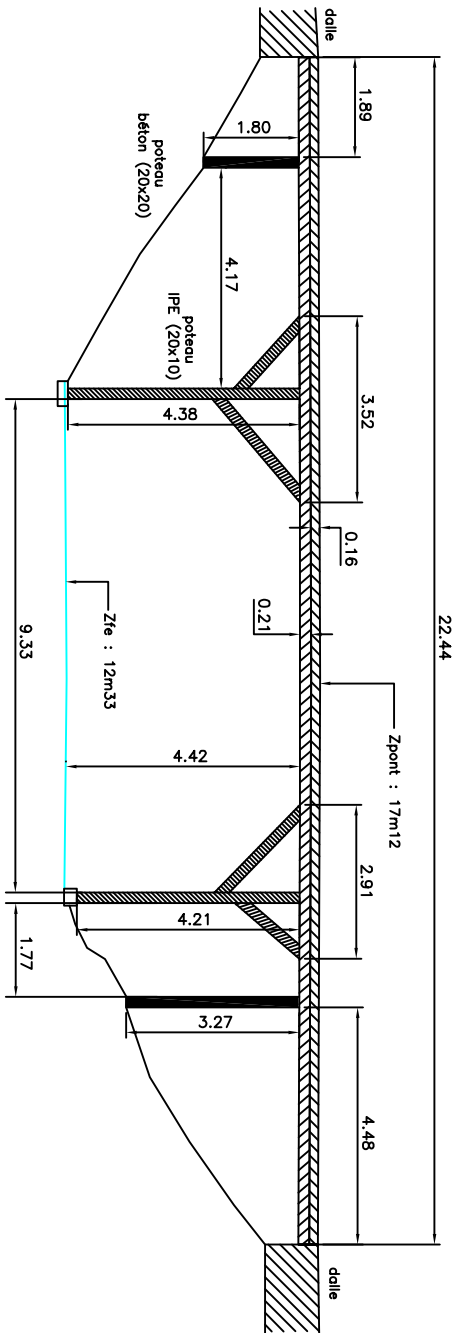
Plan de comparaison : 0m





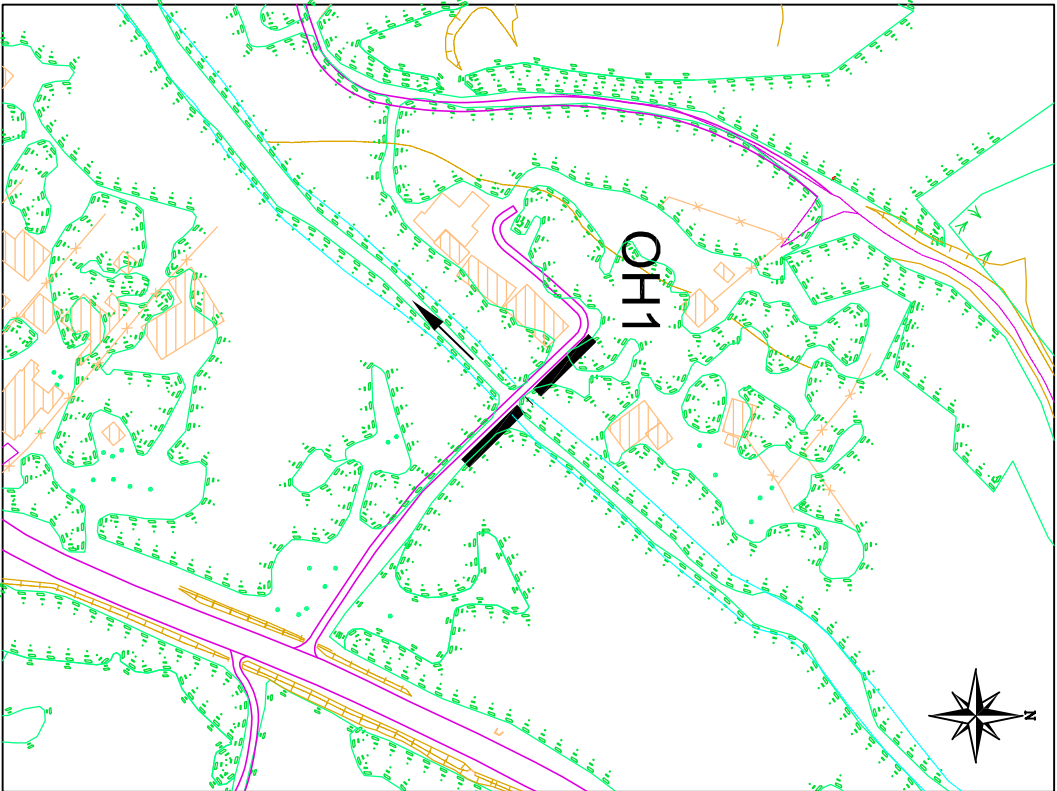
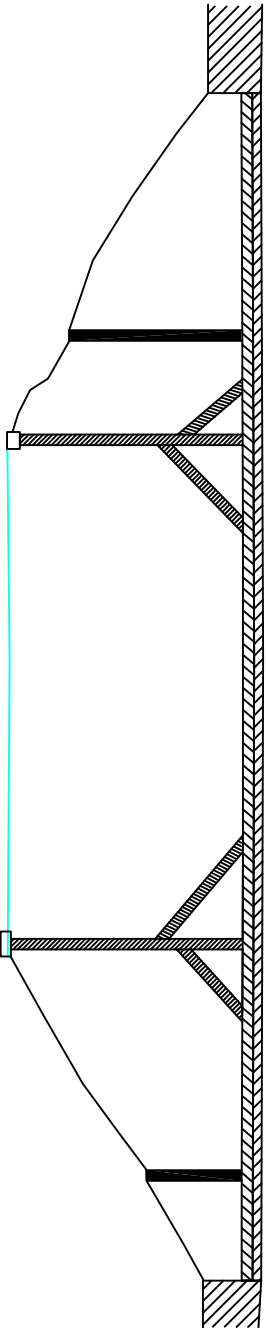
OUVRAGE OH1

AMONT



AVAL

(mêmes dimensions que AMONT)



Profil en travers n°OH1

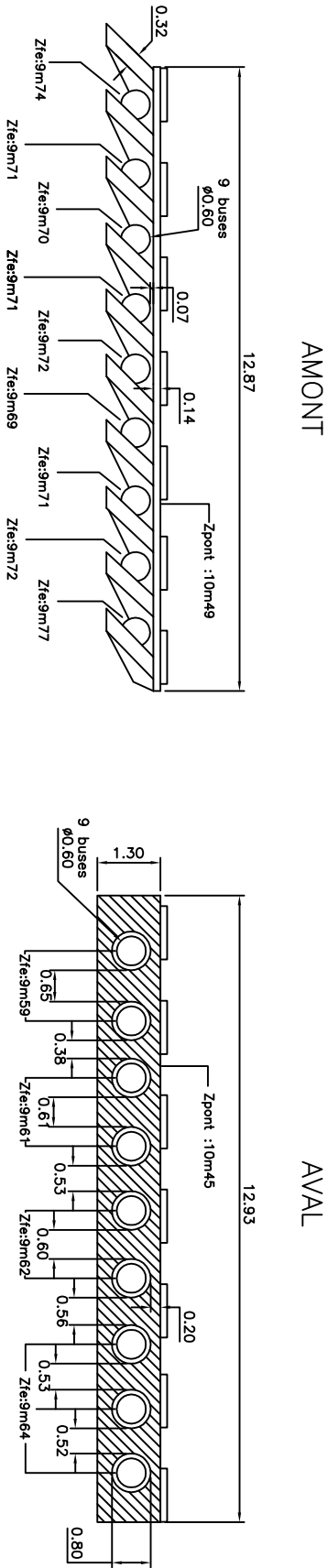
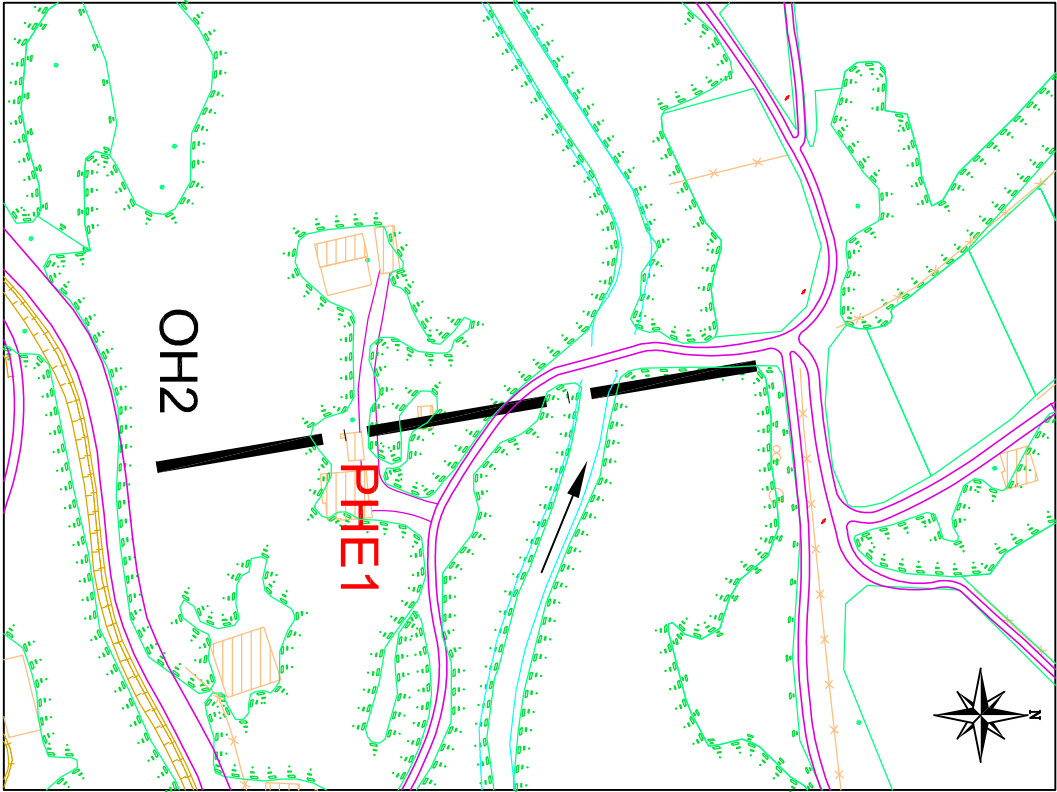
Echelle horizontale : 1 / 1000

Echelle verticale : 1 / 500

Plan de comparaison : 10m

Numéros de points de profil		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Altitudes T.N.		17.12	17.06	17.00	16.94	16.88	16.82	16.76	16.70	16.64	16.58	16.52	16.46	16.40	16.34	16.28	16.22	16.16	16.10	16.04	15.98
Distances partielles T.N.		15.30	5.28	0.53	1.22	0.89	1.54	0.72	1.37	0.91	1.56	0.87	1.52	0.83	1.48	0.74	1.39	0.80	1.45	0.71	1.36
Distances cumulées T.N.		0.00	15.30	15.83	17.05	17.58	18.72	19.61	21.15	22.52	24.08	25.65	27.17	28.65	30.13	31.61	33.09	34.57	36.05	37.53	39.01

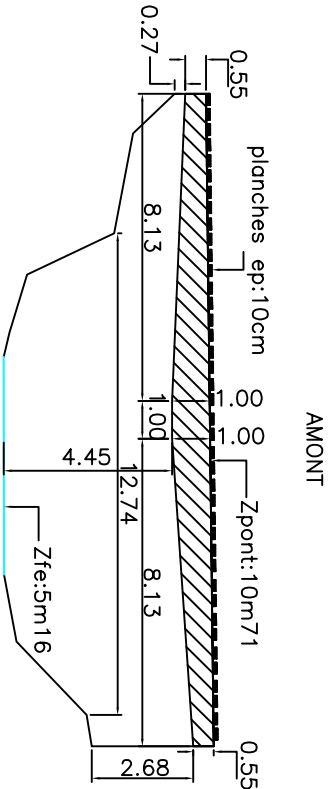
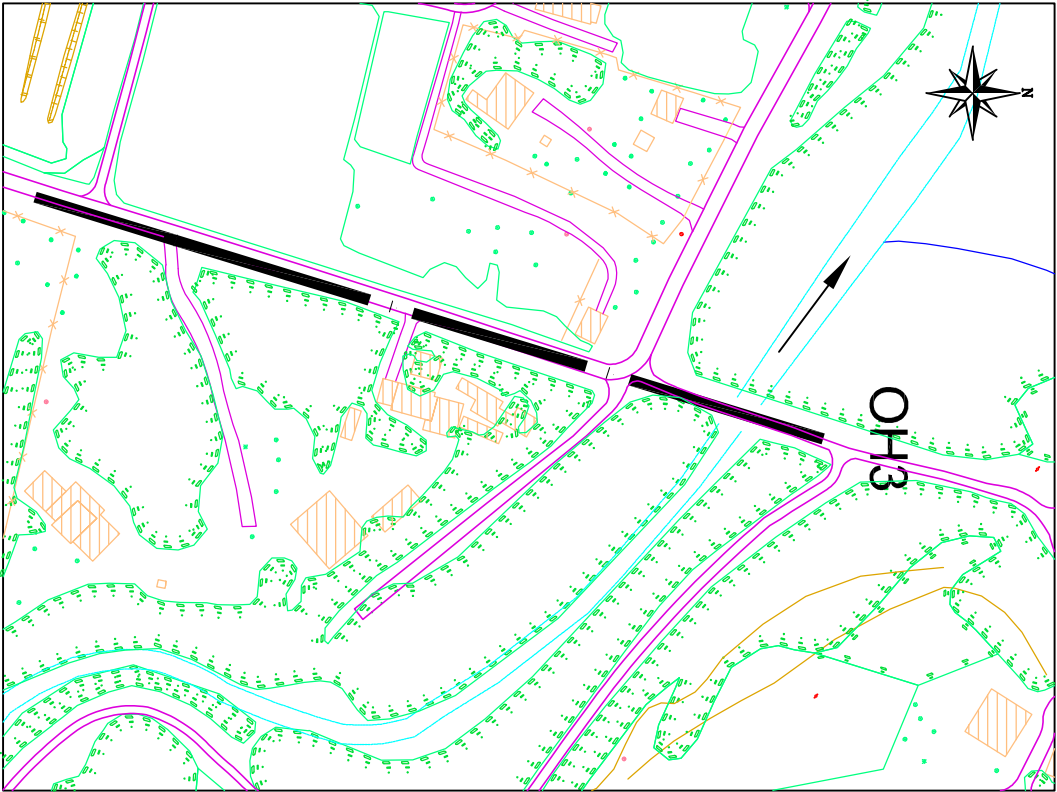
OUVRAGE OH2



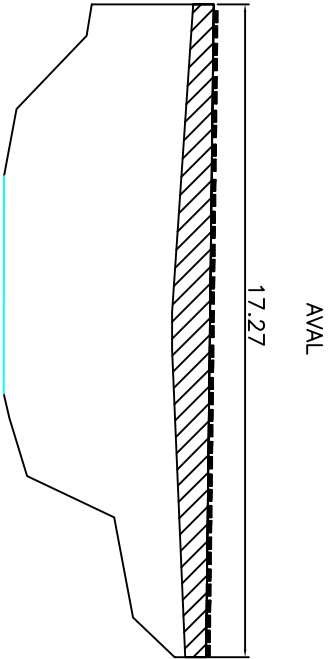
Profil en travers n°OH2

Echelle horizontale : 1 / 1000  
Echelle verticale : 1 / 500  
Plan de comparaison : 8m

Plan de comparaison : 8m																																	
Numéros de points de profil	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
Altitudes T.N.	13.48	13.10	13.47	13.91	13.69	13.70		14.22	14.22	14.41		14.62	14.23	14.03	13.59	13.07	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	
Distances partielles T.N.	9.88	8.59	1.87	4.78	0.10	4.11	20.00	4.34	5.76	15.95	1.26	10.17	3.06	6.38	11.94	2.44	0.33	4.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	
Distances cumulées T.N.	0.00	9.88	18.47	20.34	20.44	24.55	28.66	32.99	38.75	54.70	56.16	66.33	76.50	82.88	94.82	97.26	97.59	101.59	101.92	102.25	102.58	102.91	103.24	103.57	103.90	104.23	104.56	104.89	105.22	105.55	105.88	106.21	



OUVRAGE OH3



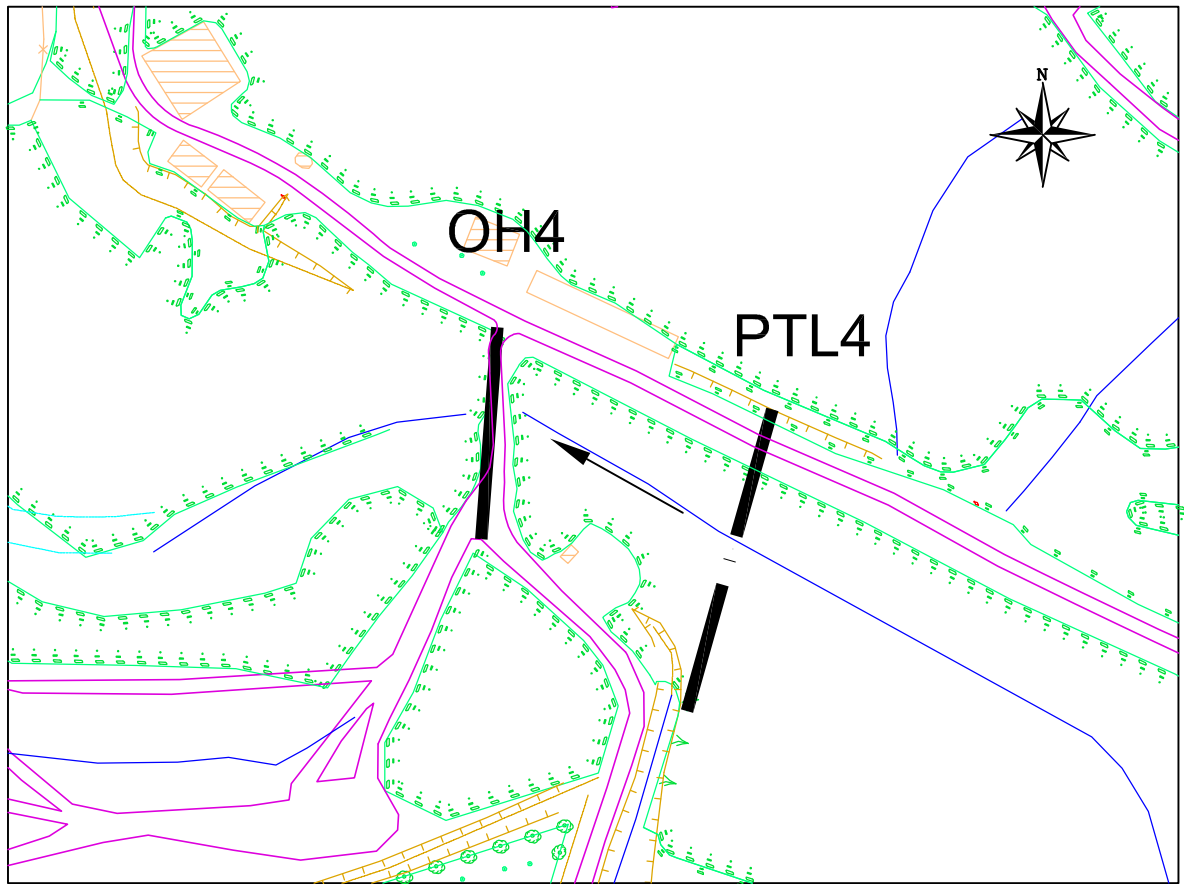
Profil en travers n°OH3

Echelle horizontale : 1 / 1000

Echelle verticale : 1 / 500

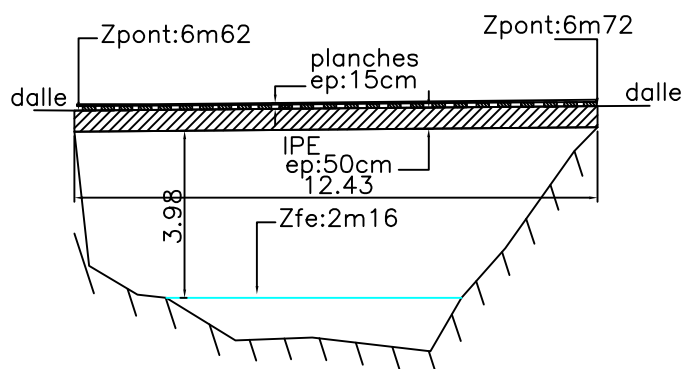
Plan de comparaison : 3m

Plan de comparaison : 3m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Numéros de points de profil	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																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Altitudes T.N.	9.42		9.42		9.43		9.41		9.42		9.43		9.42		9.53		9.67		10.31		11.49		12.80		13.19		13.22		13.24		13.25		13.26		13.27		13.28		13.29		13.30		13.31		13.32		13.33		13.34		13.35		13.36		13.37		13.38		13.39		13.40		13.41		13.42		13.43		13.44		13.45		13.46		13.47		13.48		13.49		13.50		13.51		13.52		13.53		13.54		13.55		13.56		13.57		13.58		13.59		13.60		13.61		13.62		13.63		13.64		13.65		13.66		13.67		13.68		13.69		13.70		13.71		13.72		13.73		13.74		13.75		13.76		13.77		13.78		13.79		13.80		13.81		13.82		13.83		13.84		13.85		13.86		13.87		13.88		13.89		13.90		13.91		13.92		13.93		13.94		13.95		13.96		13.97		13.98		13.99		14.00		14.01		14.02		14.03		14.04		14.05		14.06		14.07		14.08		14.09		14.10		14.11		14.12		14.13		14.14		14.15		14.16		14.17		14.18		14.19		14.20		14.21		14.22		14.23		14.24		14.25		14.26		14.27		14.28		14.29		14.30		14.31		14.32		14.33		14.34		14.35		14.36		14.37		14.38		14.39		14.40		14.41		14.42		14.43		14.44		14.45		14.46		14.47		14.48		14.49		14.50		14.51		14.52		14.53		14.54		14.55		14.56		14.57		14.58		14.59		14.60		14.61		14.62		14.63		14.64		14.65		14.66		14.67		14.68		14.69		14.70		14.71		14.72		14.73		14.74		14.75		14.76		14.77		14.78		14.79		14.80		14.81		14.82		14.83		14.84		14.85		14.86		14.87		14.88		14.89		14.90		14.91		14.92		14.93		14.94		14.95		14.96		14.97		14.98		14.99		15.00		15.01		15.02		15.03		15.04		15.05		15.06		15.07		15.08		15.09		15.10		15.11		15.12		15.13		15.14		15.15		15.16		15.17		15.18		15.19		15.20		15.21		15.22		15.23		15.24		15.25		15.26		15.27		15.28		15.29		15.30		15.31		15.32		15.33		15.34		15.35		15.36		15.37		15.38		15.39		15.40		15.41		15.42		15.43		15.44		15.45		15.46		15.47		15.48		15.49		15.50		15.51		15.52		15.53		15.54		15.55		15.56		15.57		15.58		15.59		15.60		15.61		15.62		15.63		15.64		15.65		15.66		15.67		15.68		15.69		15.70		15.71		15.72		15.73		15.74		15.75		15.76		15.77		15.78		15.79		15.80		15.81		15.82		15.83		15.84		15.85		15.86		15.87		15.88		15.89		15.90		15.91		15.92		15.93		15.94		15.95		15.96		15.97		15.98		15.99		16.00		16.01		16.02		16.03		16.04		16.05		16.06		16.07		16.08		16.09		16.10		16.11		16.12		16.13		16.14		16.15		16.16		16.17		16.18		16.19		16.20		16.21		16.22		16.23		16.24		16.25		16.26		16.27		16.28		16.29		16.30		16.31		16.32		16.33		16.34		16.35		16.36		16.37		16.38		16.39		16.40		16.41		16.42		16.43		16.44		16.45		16.46		16.47		16.48		16.49		16.50		16.51		16.52		16.53		16.54		16.55		16.56		16.57		16.58		16.59		16.60		16.61		16.62		16.63		16.64		16.65		16.66		16.67		16.68		16.69		16.70		16.71		16.72		16.73		16.74		16.75		16.76		16.77		16.78		16.79		16.80		16.81		16.82		16.83		16.84		16.85		16.86		16.87		16.88		16.89		16.90		16.91		16.92		16.93		16.94		16.95		16.96		16.97		16.98		16.99		17.00		17.01		17.02		17.03		17.04		17.05		17.06		17.07		17.08		17.09		17.10		17.11		17.12		17.13		17.14		17.15		17.16		17.17		17.18		17.19		17.20		17.21		17.22		17.23		17.24		17.25		17.26		17.27		17.28		17.29		17.30		17.31		17.32		17.33		17.34		17.35		17.36		17.37		17.38		17.39		17.40		17.41		17.42		17.43		17.44		17.45		17.46		17.47		17.48		17.49		17.50		17.51		17.52		17.53		17.54		17.55		17.56		17.57		17.58		17.59		17.60		17.61		17.62		17.63		17.64		17.65		17.66		17.67		17.68		17.69		17.70		17.71		17.72		17.73		17.74		17.75		17.76		17.77		17.78		17.79		17.80		17.81		17.82		17.83		17.84		17.85		17.86		17.87		17.88		17.89		17.90		17.91		17.92		17.93		17.94		17.95		17.96		17.97		17.98		17.99		18.00		18.01		18.02		18.03		18.04		18.05		18.06		18.07		18.08		18.09		18.10		18.11		18.12		18.13		18.14		18.15		18.16		18.17		18.18		18.19		18.20		18.21		18.22		18.23		18.24		18.25		18.26		18.27		18.28		18.29		18.30		18.31		18.32		18.33		18.34		18.35		18.36		18.37		18.38		18.39		18.40		18.41		18.42		18.43		18.44		18.45		18.46		18.47		18.48		18.49		18.50		18.51		18.52		18.53		18.54		18.55		18.56		18.57		18.58		18.59		18.60		18.61		18.62		18.63		18.64		18.65		18.66		18.67		18.68		18.69		18.70		18.71		18.72		18.73		18.74		18.75		18.76		18.77		18.78		18.79		18.80		18.81		18.82		18.83		18.84		18.85		18.86		18.87		18.88		18.89		18.90		18.91		18.92		18.93		18.94		18.95		18.96		18.97		18.98		18.99		19.00		19.01		19.02		19.03		19.04		19.05		19.06		19.07		19.08		19.09		19.10		19.11		19.12		19.13		19.14		19.15		19.16		19.17		19.18		19.19		19.20		19.21		19.22		19.23		19.24		19.25		19.26		19.27		19.28		19.29		19.30		19.31		19.32		19.33		19.34		19.35		19.36		19.37		19.38		19.39		19.40		19.41		19.42		19.43		19.44		19.45		19.46		19.47		19.48		19.49		19.50		19.51		19.52		19.53		19.54		19.55		19.56		19.57		19.58		19.59		19.60		19.61		19.62		19.63		19.64		19.65		19.66		19.67		19.68		19.69		19.70		19.71		19.72		19.73		19.74		19.75		19.76		19.77		19.78		19.79		19.80		19.81		19.82		19.83		19.84		19.85		19.86		19.87		19.88		19.89		19.90		19.91		19.92		19.93		19.94		19.95		19.96		19.97		19.98		19.99		20.00		20.01		20.02		20.03		20.04		20.05		20.06		20.07		20.08		20.09		20.10		20.11		20.12		20.13		20.14		20.15		20.16		20.17		20.18		20.19		20.20		20.21		20.22		20.23		20.24		20.25		20.26		20.27		20.28		20.29		20.30		20.31		20.32		20.33		20.34		20.35		20.36		20.37		20.38		20.39		20.40		20.41		20.42		20.43		20.44		20.45		20.46		20.47		20.48		20.49		20.50		20.51		20.52		20.53		20.54		20.55		20.56		20.57		20.58		20.59		20.60		20.61		20.62		20.63		20.64		20.65		20.66		20.67		20.68		20.69		20.70		20.71		20.72		20.73		20.74		20.75		20.76		20.77		20.78		20.79		20.80		20.81		20.82		20.83		20.84		20.85		20.86		20.87		20.88		20.89		20.90		20.91		20.92		20.93		20.94		20.95		20.96		20.97		20.98		20.99		21.00		21.01		21.02		21.03		21.04		21.05		21.06		21.07		21.08		21.09		21.10		21.11		21.12		21.13		21.14		21.15		21.16		21.17		21.18		21.19		21.20		21.21		21.22		21.23		21.24		21.25		21.26		21.27		21.28		21.29		21.30		21.31		21.32		21.33		21.34		21.35		21.36		21.37		21.38		21.39		21.40		21.41		21.42		21.43		21.44		21.45		21.46		21.47		21.48		21.49		21.50		21.51		21.52		21.53		21.54		21.55		21.56		21.57		21.58		21.59		21.60		21.61		21.62		21.63		21.64		21.65		21.66		21.67		21.68		21.69		21.70		21.71		21.72		21.73		21.74		21.75		21.76		21.77		21.78		21.79		21.80		21.81		21.82		21.83		21.84		21.85		21.86		21.87		21.88		21.89		21.90		21.91		21.92		21.93		21.94		21.95		21.96		21.97		21.98		21.99		22.00		22.01		22.02		22.03		22.04		22.05		22.06		22.07		22.08		22.09		22.10		22.11		22.12		22.13		22.14		22.15		22.16		22.17		22.18		22.19		22.20		22.21		22.22		22.23		22.24		22.25		22.26		22.27		22.28		22.29		22.30		22.31		22.32			



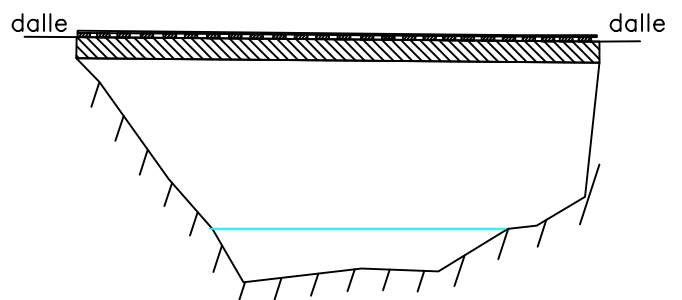
OUVRAGE OH4

AMONT

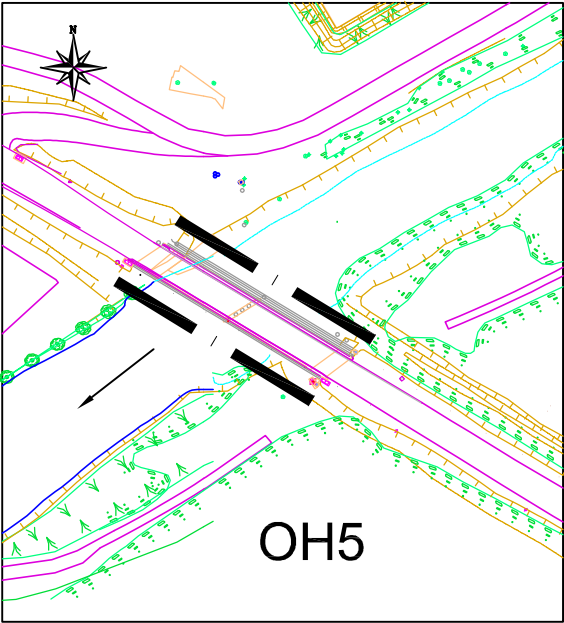


AVAL

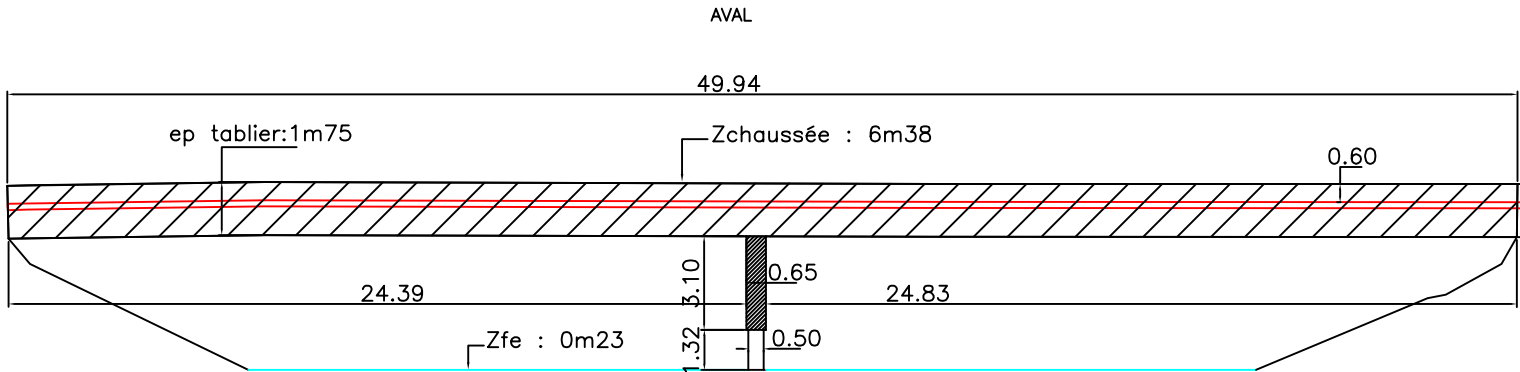
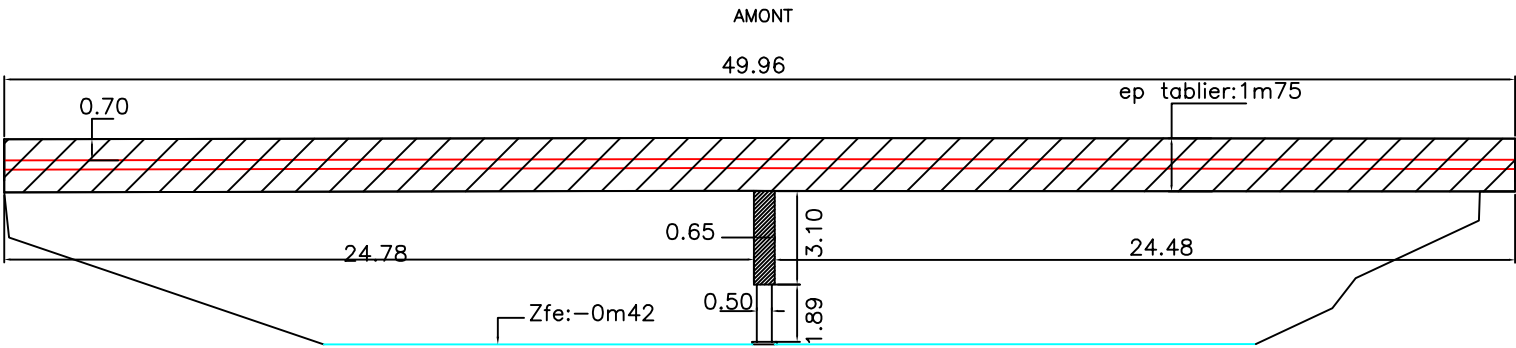
(mêmes dimensions que AMONT)







3 conduites AEP  
+ 1 goulotte (réseau Enercal)



Profil en travers n°OH5 AMONT

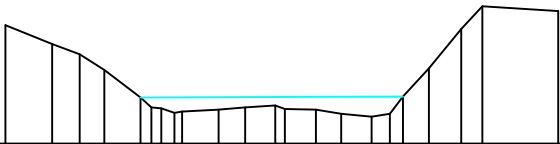
Echelle horizontale : 1/ 1000  
Echelle verticale : 1/ 500  
Plan de comparaison : -2m



Numéros de points de profil	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Altitudes T.N.	2.67	2.76	2.83	2.94	3.04	3.14	3.24	3.34	3.44	3.54	3.64	3.74	3.84	3.94	4.04	4.14	4.24	4.34	3.00
Distances partielles T.N.		6.48	5.26	5.49	2.23	1.44	1.13	0.70	5.11	5.76	6.66	5.58	3.62	1.86	1.52	2.96	4.87	13.04	
Distances cumulées T.N.	0.00	6.48	9.74	15.23	17.52	18.96	20.09	20.79	25.90	31.66	38.32	43.90	47.52	49.38	50.90	54.90	59.77	72.81	

Profil en travers n°OH5 AVAL

Echelle horizontale : 1/1000  
Echelle verticale : 1/500  
Plan de comparaison : -3m

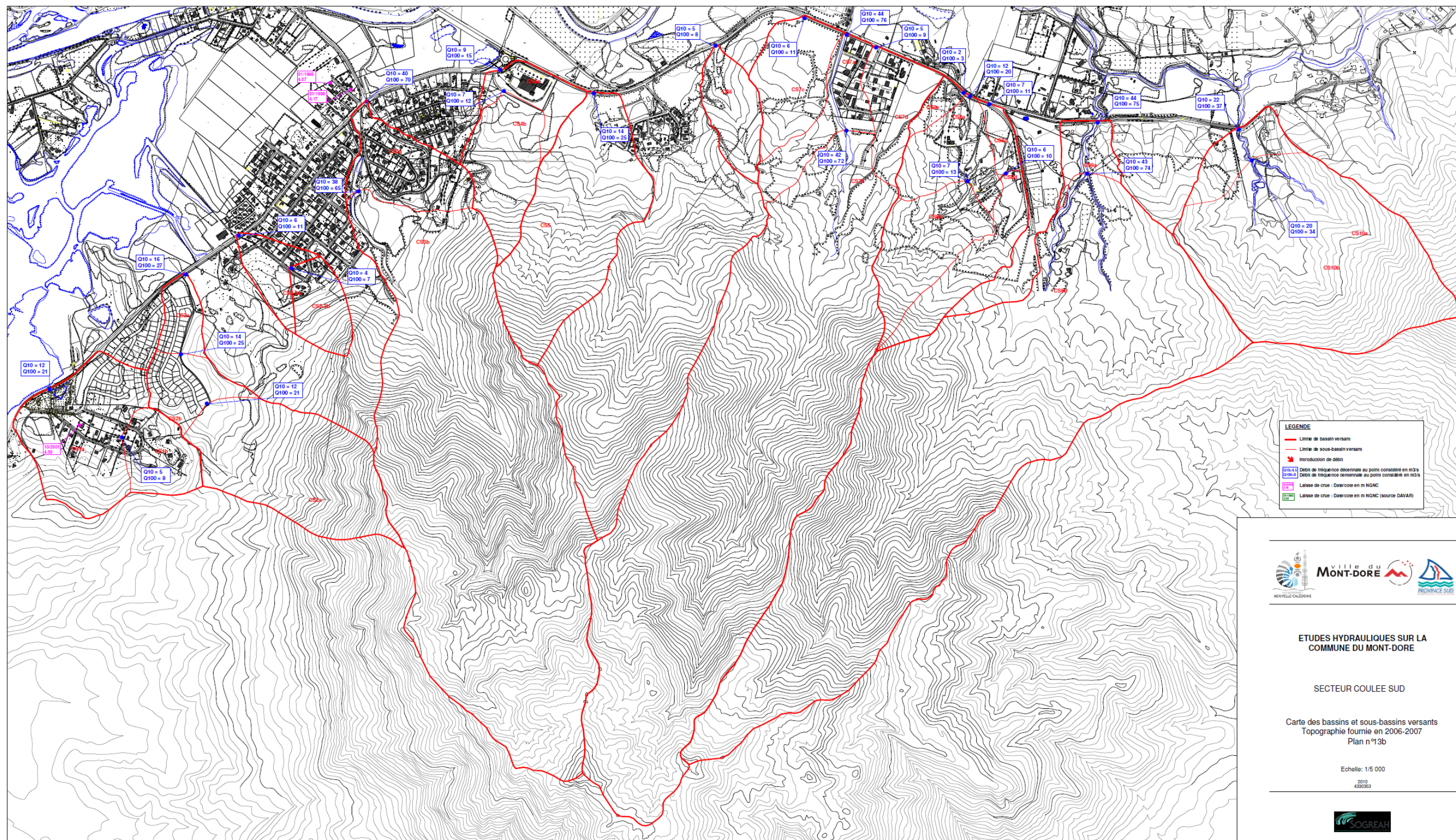


Numéros de points de profil	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Altitudes T.N.	4.83	3.59	2.92	1.88	0.50	0.97	0.98	0.88	0.76	-0.60	-0.48	-0.70	-0.75	-1.03	-1.21	-1.03	-1.97	4.58	6.09			5.76
Distances partielles T.N.		6.18	3.62	3.26	4.79	1.43	1.02	1.74	4.81	3.53	1.27	3.98	4.10	3.34	4.02	2.45	5.43	4.27	2.80	10.01		
Distances cumulées T.N.	0.00	6.18	9.79	13.05	17.84	19.28	20.20	21.94	26.75	30.28	31.55	35.53	39.63	41.04	44.38	48.40	53.83	58.10	60.27	63.07	73.09	

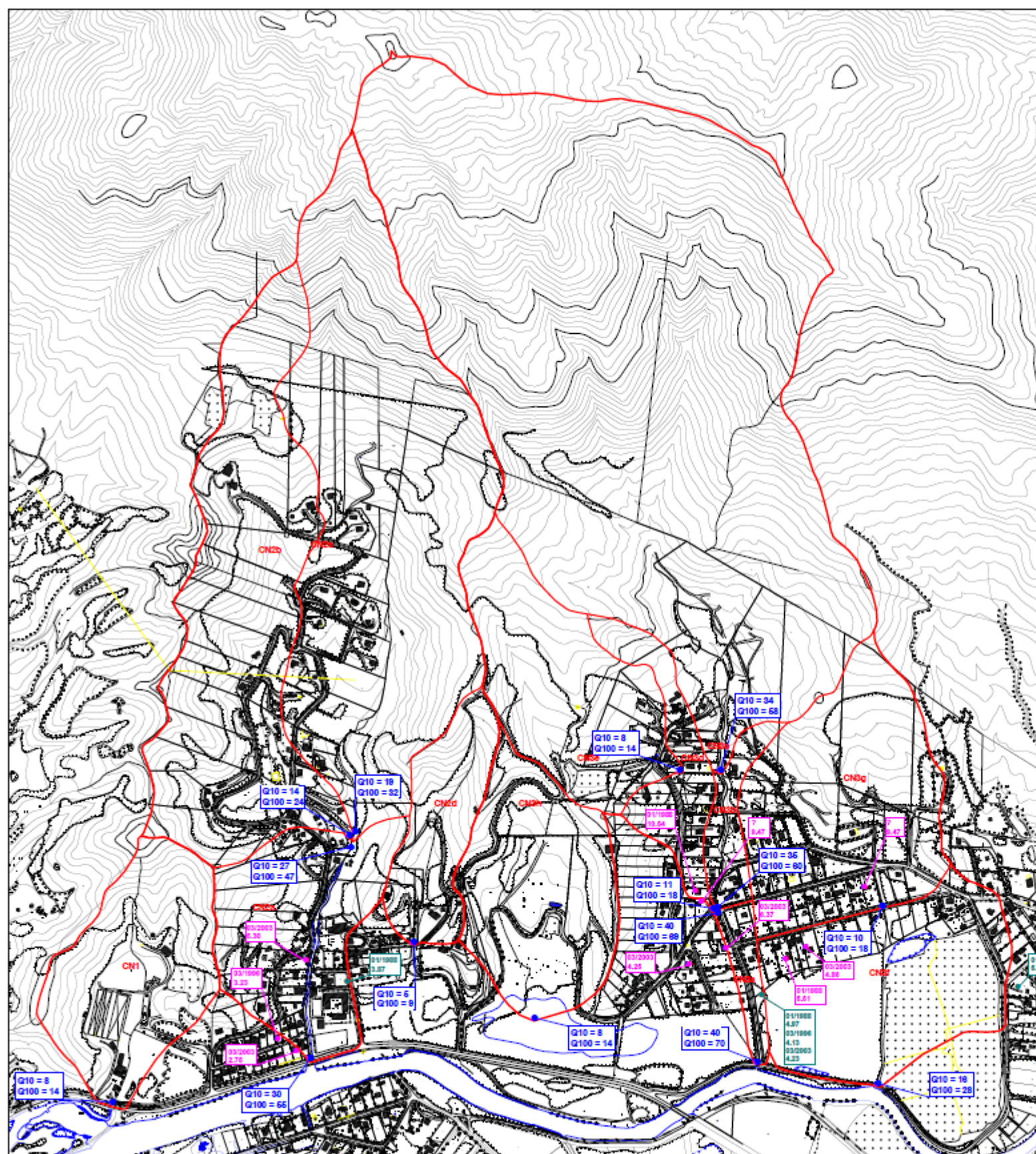
### **Annexe 3 : Analyse Hydrologique sur les Creeks affluents**

Extrait des ETUDES HYDRAULIQUES COMPLEMENTAIRES SUR  
LA COMMUNE DU MONT DORE – SOGREAH 2010 et SOPRONER 2011









**LEGENDE**

<span style="color: red;">—</span>	Limite de bassin versant
<span style="color: red;">—</span>	Limite de sous-bassin versant
<span style="color: red;">■</span>	Introduction de débit
<span style="color: blue;">■</span>	Débit de fréquence décennale au point considéré en m³/s
<span style="color: blue;">■</span>	Débit de fréquence centennale au point considéré en m³/s
<span style="color: pink;">■</span>	Altitude de crue : Datécolte en m NGNC
<span style="color: green;">■</span>	Altitude de crue : Datécolte en m NGNC (source DAVAR)



# ETUDES HYDRAULIQUES SUR LA COMMUNE DU MONT-DORE

## SECTEUR COULEE NORD

Carte des bassins et sous-bassins versants  
Topographie fournie en 2006-2007

Plan n°13a

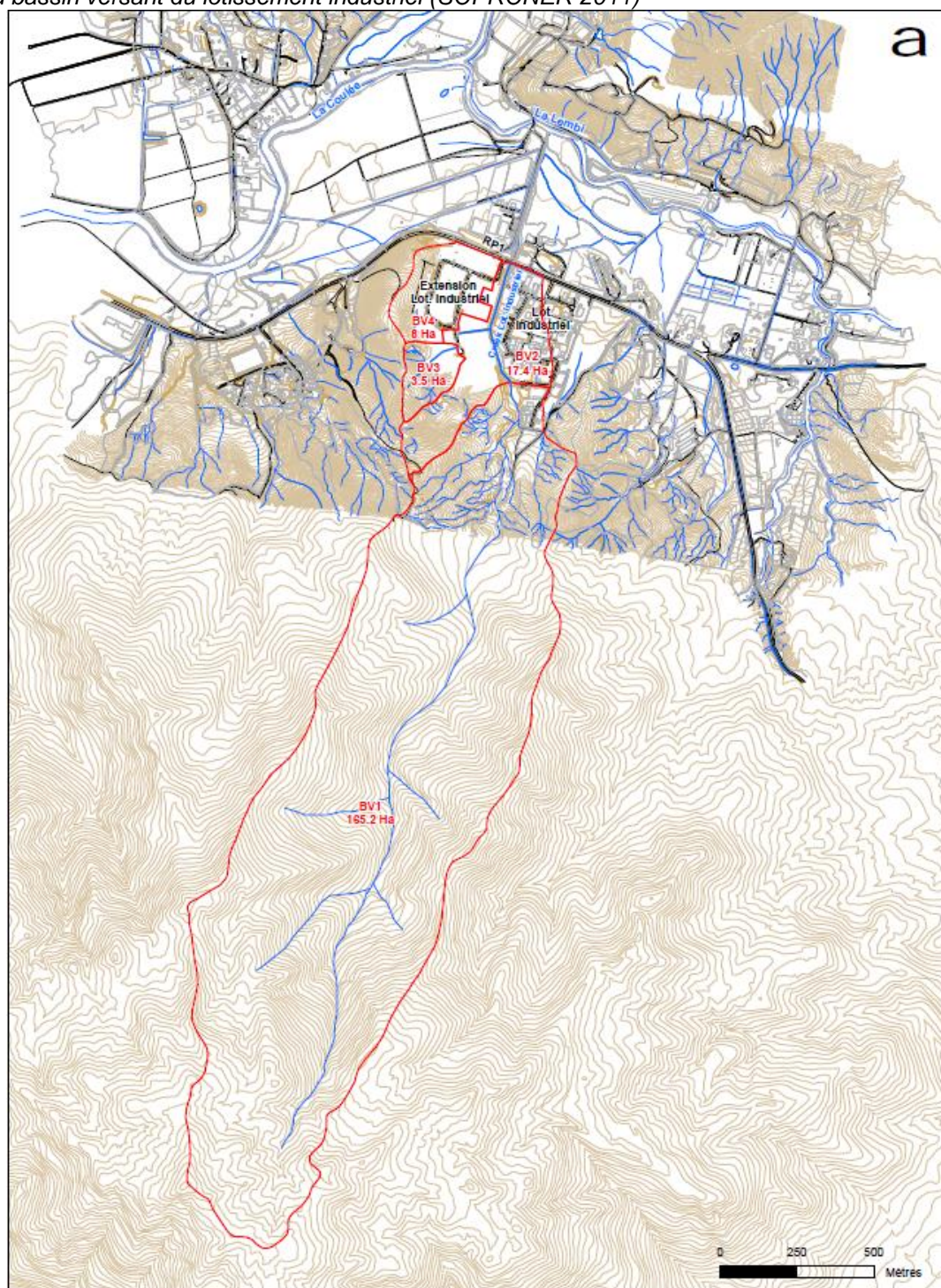
Echelle: 1/5 000

2010  
4300083



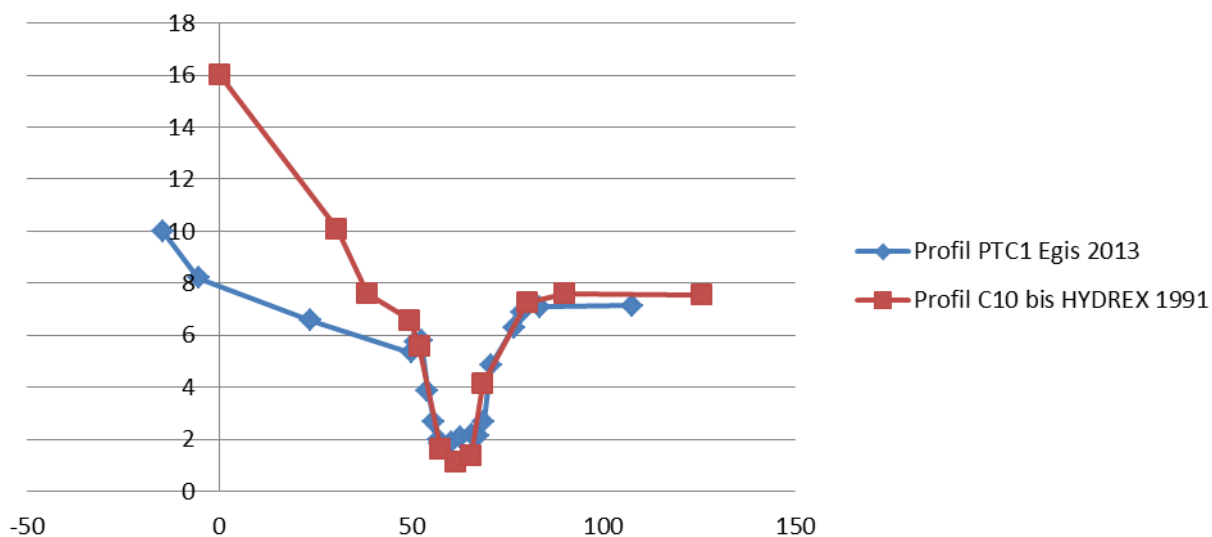


Carte du bassin versant du lotissement industriel (SOPRONER-2011)

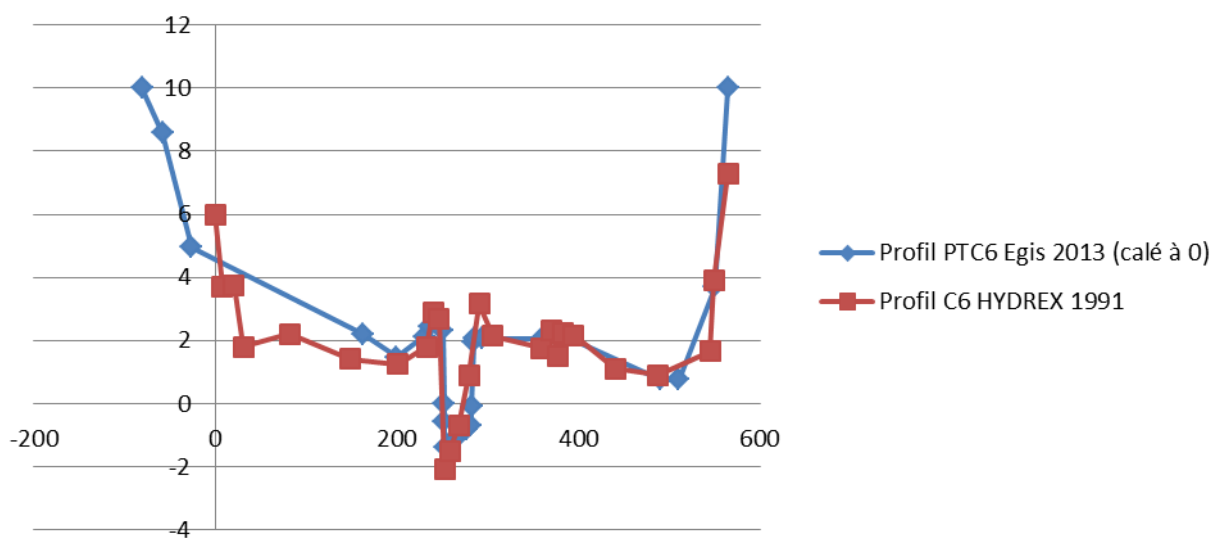


## **Annexe 4 : Comparaison profils HYDREX – Profils 2013**

### Comparaison lit mineur Hydrex 1991/ Egis 2013



### Comparaison Hydrex 1991/ Egis 2013



**Annexe 5 : Résultats simulation creek du lotissement industriel pour le débit centennal avec prolongement aval modèle hydraulique**



*Tableau de résultat issu du modèle hydraulique HECRAS du creek du lotissement industriel avec prolongement aval*

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl
		(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m/s)
22 Profil 2	Q100	72.00	26.05	29.19	4.22
20 profil 3	Q100	72.00	24.37	27.34	4.05
18 Profil 5	Q100	72.00	22.81	25.59	4.01
16 Profil 7	Q100	72.00	21.27	23.63	4.02
14 Profil 9	Q100	78.00	19.74	22.24	4.11
12 Profil 11	Q100	78.00	17.61	20.24	4.05
10 Profil 13	Q100	78.00	16.36	18.53	4.10
8 Profil 15	Q100	78.00	14.99	17.23	3.95
6 Profil 17	Q100	78.00	14.29	16.09	2.25
4 Profil 19	Q100	78.00	12.93	15.23	3.84
2 Profil 21	Q100	78.00	12.02	15.17	2.81
1.5		Bridge			
1 Profil 21 aval p	Q100	78.00	11.05	13.61	3.87
0.5	Q100	78.00	9.00	11.88	2.73
0.4	Q100	78.00	7.82	10.71	2.72
0.3	Q100	78.00	6.82	9.70	2.74
0.2	Q100	78.00	5.82	8.71	2.71