

5. ANALYSE HYDRAULIQUE

Cette partie présente la méthodologie mise en œuvre et les résultats obtenus secteur par secteur.

5.1. METHODOLOGIE

Dans le cadre de la présente étude, il s'agit ici, non pas de mettre en œuvre des modélisations fines des écoulements mais plutôt d'élaborer des outils de calcul permettant d'avoir une quantification approchée des écoulements (notamment en termes de niveaux, charges et vitesses).

En regard des objectifs poursuivis, il était en effet inutile de s'engager dans une représentation très détaillée des écoulements, qui aurait nécessité par ailleurs des acquisitions topographiques très lourdes et aurait conduit à une précision des résultats en inadéquation avec celle obtenue sur d'autres paramètres tels que l'hydrologie.

La méthodologie de calcul proposée est présentée ci-dessous et adaptée à la morphologie locale de chaque secteur. Elle repose sur l'exploitation du régime permanent (débit constant) et, sur des modélisations hydrauliques simplifiées.

Notons en préambule que la méthodologie employée ne permet pas d'avoir une très grande précision sur les grandeurs obtenues (niveaux et vitesses d'écoulement), mais reste en accord avec l'objectif recherché.

L'ordre de grandeur de l'erreur est toutefois difficilement appréciable car relatif à différents paramètres (incertitudes liées notamment à la précision des fonds de plan topographiques ainsi qu'à l'hydrologie qui s'appuie sur des postes pluviométriques dont la représentativité en termes de pluviométrie locale peut être approximative).

Notons qu'une surcote marine exceptionnelle de 1,40 m NGNC a été appliquée sur la mer à l'aval pour la période de retour 100 ans, de même que lors de la première étude (condition aval retenue par le comité de pilotage de la première étude).

Pour les bassins versants affluents de la Coulée (secteurs Coulée Nord et Coulée Sud), la condition limite aval est issue de la modélisation bidimensionnelle réalisée par SOGREAH dans le cadre du projet de franchissement routier de la Coulée³ (état actuel – crue centennale ou crues de calage).

Pour les bassins affluents de la Lembi (amont du secteur Coulée Sud), la condition limite aval est le niveau centennal issu de l'étude Hydrex.

³ Etude hydraulique du franchissement de la rivière Coulée par une nouvelle liaison routière entre Boulari et la Coulée - Province Sud - n°4330399 - avril 2009

Le tableau présenté ci-après récapitule succinctement les conditions limites utilisées sur les différents secteurs.

Secteur	Condition limite aval des modèles
Yahoué	Surcote marine de 1,4 m NGNC
Conception	Surcote marine de 1,4 m NGNC
Saint-Michel	Cote d'écoulement déterminée dans l'étude antérieure ⁴
3 BV RP1	Surcote marine de 1,4 m NGNC
Coulée Sud	Cotes centennales de la Coulée ou de la Lembli (issues des études antérieures ⁵⁶)
Coulée Nord	Cotes centennales de la Coulée (issues des études antérieures)
Val Boisé - Plum	Colardeau : surcote marine de 1,4 m NGNC Val Boisé : Cote d'écoulement déterminé dans l'étude antérieure ⁷
Corniche - Vallon Dore	Surcote marine de 1,4 m NGNC

5.1.1. Modélisations hydrauliques simplifiées

Les secteurs étudiés étant caractérisés par un lit marqué donnant lieu à des débordements francs, des modélisations hydrauliques unidimensionnelles simplifiées (à l'aide du logiciel HEC-RAS développé par le corps des ingénieurs de l'armée américaine) ont été mises en œuvre.

Remarque :

Notons que l'ensemble des bassins versants a fait l'objet d'une modélisation à l'exception du bassin versant CN3h (Coulée Nord) totalement noyé par la Coulée et le bassin versant. HAG2 (RP1) sur lequel la topographie était manquante.

↳ Construction des modèles locaux

Les modèles ont été construits sur la base des éléments topographiques fournis en 2006-2007, à savoir de la topographie existante (fonds de plan au 1/2 000^{ème}, au 1/10 000^{ème} et plan topographique sur le secteur de l'extension du lotissement industriel de la Coulée), des profils en travers du lit mineur et du lit majeur levés par la commune dans le cadre de l'étude et représentatifs de tronçons homogènes de cours d'eau, du levé des ouvrages de franchissement.

↳ Calage et exploitation des modèles

Sur la base des informations recueillies sur les niveaux atteints lors des crues antérieures, un profil en long des crues historiques a été réalisé.

Les modèles ont alors été calés sur ces niveaux de crue par ajustement des coefficients de rugosité (estimés à partir des enquêtes de terrain), voire des débits évalués dans l'analyse hydrologique.

⁴ Étude hydraulique complémentaire sur le Thabor à Saint Michel - DEPS - SOGREAH - juillet 2006

⁵ Études hydrauliques du franchissement de la rivière Coulée par une nouvelle liaison routière entre Boulari et la Coulée - Province Sud - Avril 2009

⁶ Études hydrauliques sur la Lambi-Hydrex

⁷ Études hydrauliques sur la commune du Mont Dore - DEPS - SOGREAH - février 2006

Les modèles ont ensuite été exploités en régime permanent pour les crues caractéristiques de période de retour 100 ans et ont permis de préciser, en chaque profil de calcul :

- le niveau d'écoulement ;
- la charge ;
- la vitesse moyenne en lit mineur, en rive gauche et en rive droite ;
- la répartition des débits entre lits mineur et majeur.

Les pertes de charge au niveau des ouvrages hydrauliques ont été directement calculées dans le modèle hydraulique. Une interface permet en effet, dans HEC-RAS, de renseigner les différents paramètres géométriques et les caractéristiques d'un pont (forme des piles, dimensions et position du remblai, dimensions du tablier...).

Remarque :

De manière générale, en regard des reconnaissances de terrain réalisées et des types d'ouvrages concernés (par rapport à la table d'information sur les pertes de charge à l'entrée des ouvrages), le coefficient de perte de charge à l'entrée des ouvrages a été fixé dans la plupart des cas à 0,5. Notons en outre qu'une grande partie des modèles a été calée sur des laisses de crue sans que cela nécessite une modification de ce paramètre.

Toutefois, à titre indicatif, nous avons testé sur un modèle terrain non calé (secteur RP1 - modèle HAG2) l'influence de ce paramètre en simulant deux cas :

- un coefficient de 0,5 sur l'ouvrage OH3 ;
- un coefficient 0,9 sur l'ouvrage OH3.

Aucune modification des conditions d'écoulement n'est constatée. Ce paramètre paraît peu sensible.

Il est possible de sélectionner l'une ou l'autre des méthodes de calcul à employer (parmi 4 méthodes : l'équation d'énergie, l'équation de la quantité de mouvement, l'équation de Yarnell, la méthode FHWA WSPRO) ou même d'en choisir plusieurs. Dans ce dernier cas, HEC-RAS choisira la réponse pour laquelle la perte de charge est maximale.

Les méthodes « énergétique » et de « la quantité de mouvement » prennent en compte les pertes de charge et les changements de géométrie au niveau du pont. La méthode « énergétique » modélise mieux les pertes supplémentaires dues aux changements d'écoulement ainsi que la turbulence grâce à la prise en compte de coefficients de contraction et d'expansion. La méthode de la quantité de mouvement prend en compte de façon plus précise les pertes de charge liées aux piles.

La méthode FHWA WSPRO a d'abord été développée pour des ouvrages de franchissement d'écoulements larges avec un lit majeur très encombré.

L'équation de Yarnell est une formule empirique qui s'applique uniquement pour certains modèles.

Dans notre cas, nous avons privilégié la méthode énergétique, méthode la plus adaptée aux caractéristiques des ouvrages et écoulements en présence.

5.7. SECTEUR VAL BOISE/PLUM/COLARDEAU

Sur le secteur Val Boisé/Plum/Colardeau, la méthodologie s'appuie également sur des modélisations hydrauliques (un modèle principal et un modèle secondaire).

5.7.1. Construction des modèles

Le modèle principal qui s'étend sur un linéaire d'environ 2 500 m depuis le lotissement de Colarieu à l'aval a été construit sur la base des profils lit mineur/lit majeur de la Plum et de ses affluents et des caractéristiques des ouvrages levés pour l'étude (cf. annexe n°2) ainsi que des fonds de plan au 1/2 000^{ème} et 1/10 000^{ème} (topographie 2006-2007).

Notons en outre que nous avons réutilisé en partie les profils en travers élargis en lit majeur réalisés sur la Plum lors de la première étude.

Le modèle comprend ainsi les deux creeks traversant le lotissement de Val Boisé situé en mont de la RP2, l'affluent de la Plum rive droite qu'ils constituent en aval de cette route, ainsi que la Plum depuis 250 m en aval de RP1 jusqu'au lotissement de Colarieu.

Soulignons également la réalisation d'un modèle secondaire sur environ 350 m au droit du lotissement Colardeau, en aval du camp militaire.

Les coefficients de rugosité (Strickler) ont été appréciés sur la base des enquêtes de terrain et ajustés en particulier sur le secteur Val Boisé lors de la phase de calage. Les valeurs retenues sont en moyenne pour le lit majeur de 8 à 12,5 sur Val Boisé, 8 à 15 sur Plum, 10 à 12 sur Colardeau et pour le lit mineur, de 15 à 25 sur Val Boisé, 20 à 30 sur Plum et 10 à 25 sur Colardeau.

5.7.2. Calage des modèles

Rappelons que les informations recueillies sur les niveaux atteints lors des crues antérieures caractérisent l'épisode de 2003 et sont exclusivement situées au droit du lotissement de Val Boisé.

La condition limite aval retenue est la cote d'écoulement obtenue lors de l'étude précédente au droit du lotissement Colarieu pour l'événement considéré (soit une cote de 3,50 m NGNC au droit du profil P3).

Le modèle a ensuite été calé sur les niveaux de crue de 2003 par ajustement des coefficients de rugosité. Le profil en long obtenu au droit du lotissement Val Boisé (secteur où sont situées les laisses de crues) est reporté sur les figures 16a et 16b. La bonne cohérence entre les niveaux calculés et les niveaux observés permet de valider le réglage du modèle.

Sur les secteurs ne présentant pas de laisse de crue (tel que le lotissement en aval du camp militaire), les coefficients ont été ajustés en fonction de notre expérience, de nos reconnaissances de terrain et de ajustements réalisés sur les secteurs voisins.

5.7.3. Exploitation des modèles et élaboration des cartes

Les modèles ont été exploités pour la crue de fréquence centennale.

Les conditions d'écoulement ainsi obtenues sont reportées sur le tableau 6 et un profil en long des lignes d'eau est présenté en figures 17a, 17b, et 17c. L'emprise inondable et les hauteurs d'eau associées à la crue de fréquence centennale sont représentées sur les plans 17a et 17b.

- Sur le secteur de Val Boisé au droit duquel est localisée la majeure partie des enjeux habités, l'emprise inondable est de manière générale réduite au lit mineur sur les parties amont des deux biefs. Sur le creek le plus au Nord, l'emprise inondable s'élargit 400 m environ en amont de la RP2, atteignant une emprise maximale d'environ 150 m. Au droit du bief situé au Sud, l'emprise inondable de la crue centennale s'élargit dès 600 m en amont de la RP1 sur un linéaire de 200 m environ, avant de se réduire au lit mineur du fait de son caractère relativement encaissé. En amont immédiat de la RP1, la zone inondable des deux creek se rejoint. La route RP1 est submergée par près de 0,3 m d'eau.

Entre la RP1 et la confluence des deux creeks, l'emprise inondable reste conséquente en lit majeur ; les hauteurs d'eaux attendues sont de l'ordre de 0,5 à 1 m. En aval de cette confluence, les eaux restent confinées en lit mineur sur près de 200 m. Des débordements sont alors à noter en aval, dans un premier temps en rive gauche puis en rive droite. L'emprise inondable s'élargit alors, atteignant près de 500 m en amont de la confluence avec la Plum.

En aval du camp militaire, la zone inondable reste globalement limitée au lit mineur en amont de la RP1 sur un linéaire de 200 m environ, en raison du caractère encaissé du creek. On relève une perte de charge relativement importante au droit de l'ouvrage. En aval de l'ouvrage, la zone inondable s'élargit fortement jusqu'à la baie de Plum ; les hauteurs d'eau attendues restent limitées, de l'ordre de 0,5 m.

- En termes de pertes de charges aux ouvrages, on notera des différences de hauteurs d'eau importantes (comprises entre 0,5 et 2 m) sur les différentes creeks de part et d'autre de la route RP1.
- En termes de vitesses moyennes d'écoulement, notons que les vitesses fortes restent de manière générale confinées en lit mineur.