

Région Auvergne-Rhône-Alpes

VELOROUTE VOIE VERTE VIA LE MONT-GERBIER-DE-JONC ETUDE HYDRAULIQUE

Rapport

57462(013) | Mai 2025 – V1 | G MENEZ

Setec hydratec Immeuble le Corner 97-101 boulevard Vivier Merle CS 53324 69329 Lyon cedex 03 Courriel : hydratec@hydra.setec.fr T : 04 27 85 48 80				Directeur de projet	G. MENEZ
				Responsable d'affaire	G MENEZ
				N° Affaire	57462(013)
Fichier : 57462_RAP_VMGJ-Etude-hyd-passerelle-Audinet_v1.docx_RAP.docx					
V.	Date	Établi par	Approuvé par	Nb. pages	Observations / Visa
V1	Mai 2025	E. PENAUD	G. MENEZ	30	Emission

TABLE DES MATIERES

I. CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE	4
I. 1. Présentation du contexte	4
I. 2. La Loire	5
I. 2. 1. Présentation	5
I. 2. 2. Crues historiques	5
I. 3. La passerelle d'Audinet	7
I. 4. Système d'endiguement de Brives-Charensac	8
II. SYNTHÈSE HYDROLOGIQUE	9
III. ANALYSE HYDRAULIQUE SITUATION INITIALE ET PROJET	11
III. 1. Modélisation numérique des écoulements	11
III. 1. 1. Présentation du logiciel de modélisation	11
III. 1. 2. Données topographiques	11
III. 1. 3. Emprise et architecture du modèle	11
III. 2. Situation initiale	15
III. 2. 1. Situation initiale de référence – Calage sur le scénario PPRI du Puy-en-Velay	15
III. 2. 2. Situation initiale avec passerelle démontée	17
III. 3. Analyse hydraulique - situation projet	18
III. 3. 1. Scénario n°1 – Rehausse de la passerelle avec rampe en remblais	19
III. 3. 2. Scénario n°2 – Rehausse de la passerelle avec rampe sur pilotis	24
III. 4. Application à la crue d'octobre 2024	28
III. 4. 1. Hydrologie	28
III. 4. 2. Impact sur les lignes d'eau	28
IV. CONCLUSION	30

I. CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

I. 1. Présentation du contexte

Le projet de véloroute Via Mont Gerbier de Jonc (VMGJ), qui relie Brives-Charensac au Mont Gerbier de Jonc, s'inscrit dans le cadre plus vaste de réalisation d'un itinéraire touristique permettant de longer à vélo la Loire sur tout son linéaire, depuis sa source (Mont Gerbier de Jonc) jusqu'à son embouchure. A Brives-Charensac, le tracé de la future véloroute prévoit de franchir la Loire en empruntant une passerelle existante, la passerelle Audinet, sur laquelle des adaptations sont rendues nécessaires.

Actuellement, dans le cadre du Plan Communal de Sauvegarde (PCS) de Brives-Charensac, la passerelle d'Audinet est déposée par sécurité de mi-septembre à mi-avril, cette dernière pouvant constituer un obstacle lors des crues (phénomènes cévenols), et être emportée ou endommagée.

Pour garantir la praticabilité de la véloroute en toutes saisons, le projet prévoit de modifier la passerelle existante pour la rendre permanente. Ce maintien permettrait de conserver un unique tracé sécurisé durant toute l'année pour la véloroute du Mont-Gerbier-de-Jonc, et d'éviter un franchissement partagé avec les véhicules sur le pont de Galard.

La pérennisation de la passerelle d'Audinet nécessite la rehausse du tablier de la passerelle au dessus de la cote de sécurité définie par le PPRI et la création de rampes d'accès des deux cotés de la Loire. Les appuis en rivière sont conservés. Deux scénarios d'aménagement ont été étudiés pour le raccordement de la passerelle aux voies latérales.

La présente étude vise à définir les impacts de ces deux scénarios sur le comportement de la Loire lors la crue de référence du PPRI, à Brives-Charensac. Cela passera par la modélisation de l'évènement de référence et l'analyse les écoulements en crue avec l'ouvrage actuel puis dans les deux configurations d'aménagement proposées.

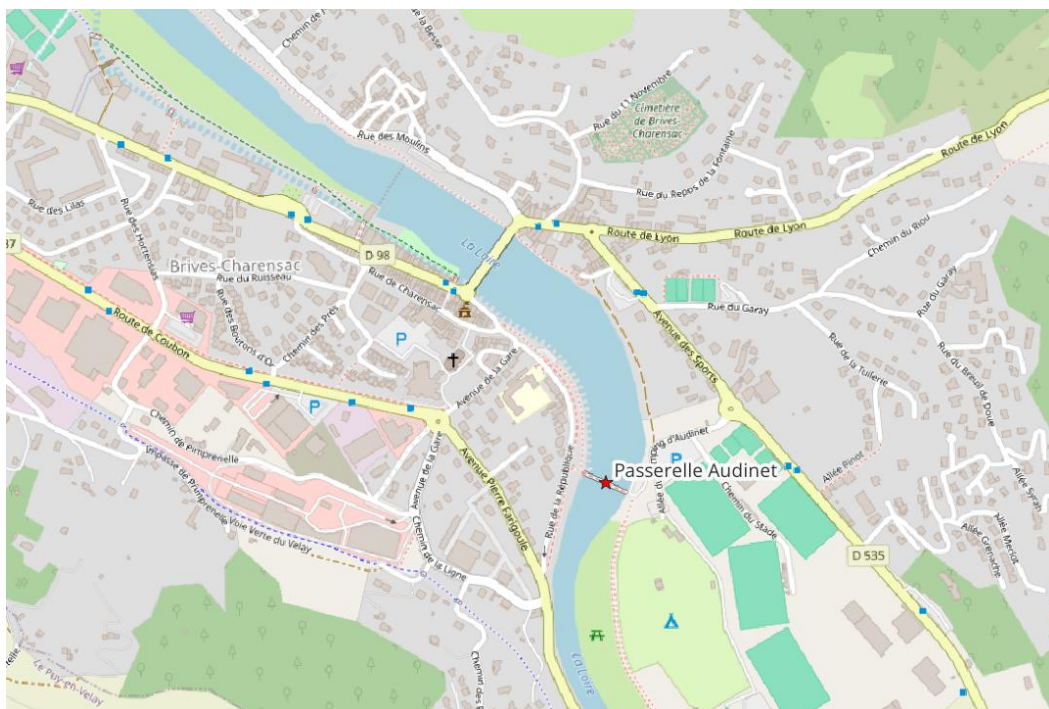


Figure I-1 : Plan de situation du projet

I. 2. La Loire

I. 2. 1. Présentation

Le bassin versant de la Loire s'étend sur près de 117 500 km², ce qui représente environ le cinquième de la France métropolitaine. Son fleuve principal, la Loire, mesure 1006 kilomètres.

La Loire prend sa source au sud du bassin versant dans le mont Gerbier-de-Jonc dans le département de l'Ardèche et se jette dans l'océan Atlantique par un estuaire situé en Loire-Atlantique.

La passerelle d'Audinet à Brives-Charensac se situe dans le sous-bassin hydrologique de la Loire supérieure, qui s'étend de sa source jusqu'au bec d'Allier.

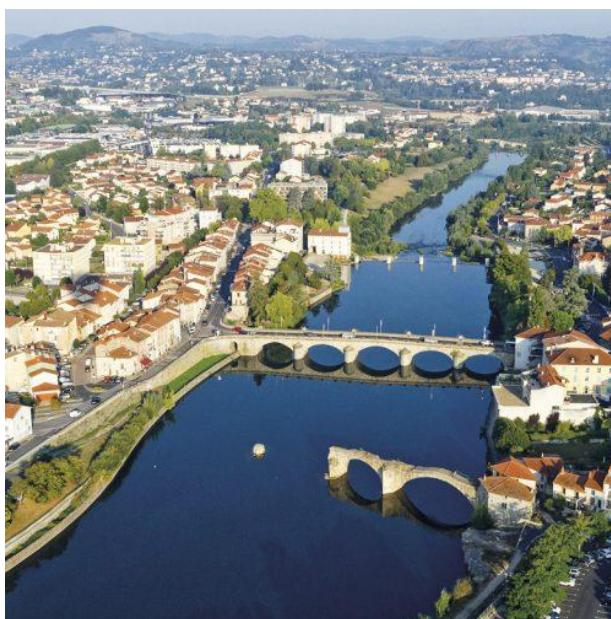


Figure I-2 : La Loire à Brives-Charensac

I. 2. 2. Crues historiques

Les plus fortes crues sur le bassin du Puy se produisent en général à la suite de précipitations intenses dues à des épisodes cévenols, le plus souvent à l'automne. Les crues historiques les plus marquantes sont listées dans la note de présentation du PPRI ; sur la Loire à Brives-Charensac on note les événements suivants : 17 octobre 1846, 16 octobre 1907, 21 septembre 1980, 2 et 3 novembre 2008.

a) **Crue de 1980 : crue de référence à Brives-Charensac**

La commune de Brives-Charensac a connu de nombreuses crues au cours de son histoire, la crue du 21 septembre 1980 est l'une des plus destructrices. Le niveau d'eau était monté jusqu'à 6,80 mètres au dessus de la cote d'alerte de la population pour un débit estimé de 2000 m³/s, provoquant la mort de sept personnes et générant d'importants dégâts matériels. **En amont de la Borne, cette crue constitue la crue de référence PPRI.**



Figure I-3 : Photo de la crue de 1980 (Source : Site de la commune de Brives-Charensac)

b) Crue de 2024

Plus récemment, le 17 octobre 2024, une autre crue majeure de la Loire a touché la commune de Brives-Charensac. Cet évènement avait un débit estimé à 1400 m³/s contre 2000 m³/s pour la crue de 1980. D'après les données récoltées sur les stations hydrométriques, le niveau de la Loire s'est élevé d'environ 5.00m.

Cet ordre de grandeur semble cohérent en analysant le niveau de la Loire à Brives-Charensac lors de ce même épisode climatique :

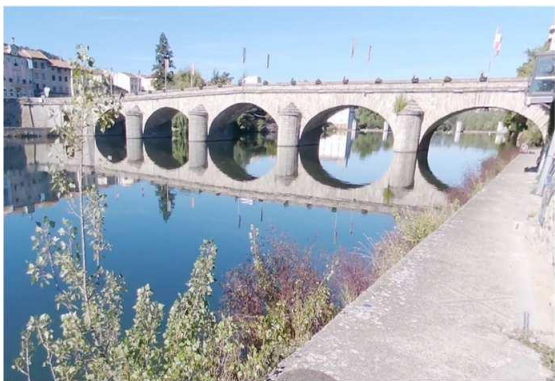
Niveau de la Loire courant	Niveau de la Loire 18 octobre 2024
	
	

Tableau I-1 : Photos du niveau de la Loire - Crue d'octobre 2024 (Source : L'Eveil)

I. 3. La passerelle d'Audinet

La passerelle d'Audinet permet le franchissement de la Loire à Brives-Charensac entre la rue de la République et l'allée du camping d'Audinet. Cet ouvrage est composé d'un tablier en aluminium et en bois de 73 m de long, actuellement amovible. Cette structure repose sur 5 piles de pont en béton armé de 3.4 m de haut et respectivement 1.6m de largeur.

Cet ouvrage comporte 4 passes de 13.65 m de long, équipées de clapets amovibles manœuvrés par des vérins hydrauliques. Ces clapets permettent de réguler le bief amont afin de conserver une certaine hauteur d'eau amont à l'étiage. En crue, les clapets s'abaissent dans une fosse prévue à cet effet dans le radier. Dans le cas de notre étude, **nous considérerons les clapets en situation abaissés.**

Le radier a été réalisé en béton armé.



Figure I-4 : Photo de l'ouvrage de franchissement – Vue amont

La rive gauche de l'ouvrage comporte une prise d'eau pour le canal de la Dunière. En rive droite, une passe à poisson permet le maintien de la continuité écologique.

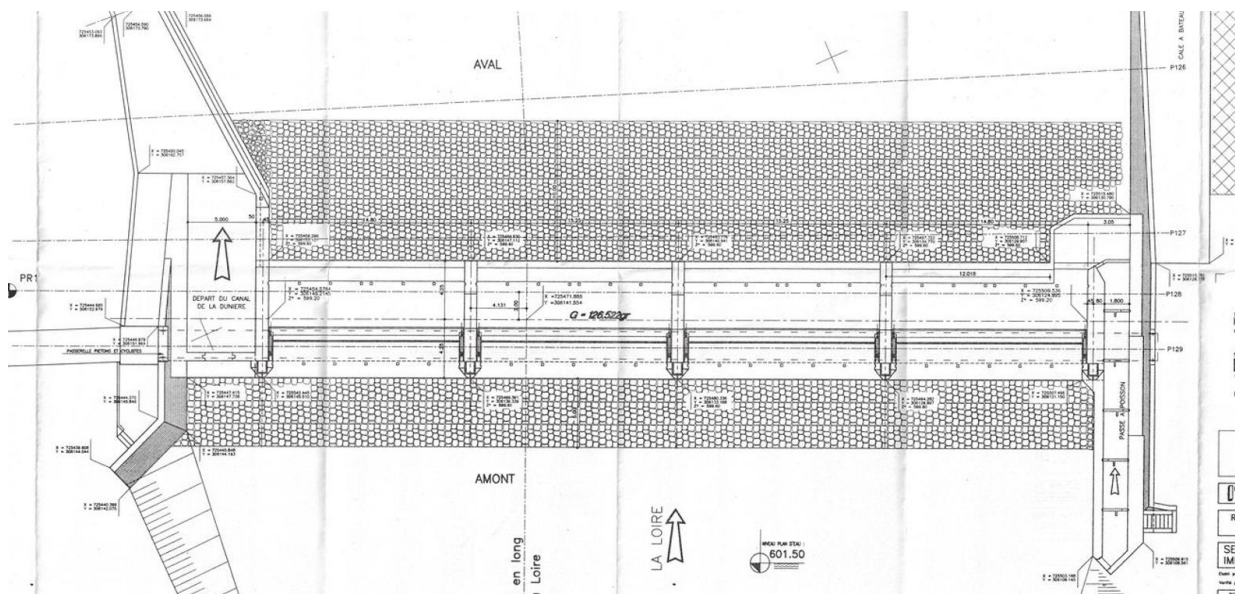


Figure I-5 : Vue en plan du génie civil de la passerelle d'Audinet

I. 4. Système d'endiguement de Brives-Charensac

Le système d'endiguement de Brives Charensac, de classe C, est composé de la digue de Brives Charensac située en rive gauche de la Loire, de longueur 354m. Deux ouvrages sont associés au système d'endiguement, dont la gestion est nécessaire pour garantir le niveau de protection : le seuil d'Audinet et le seuil de la Minoterie.

Le niveau de protection assuré par le système d'endiguement correspond à une crue de Loire atteignant la cote de 606 mNGF au niveau de l'échelle limnimétrique en amont de la digue, ce qui équivaut à un débit de 1930 m³/s (crue centennale). Pour mémoire, l'événement de référence sur ce secteur est la crue de 1980 (supérieure à Q100).

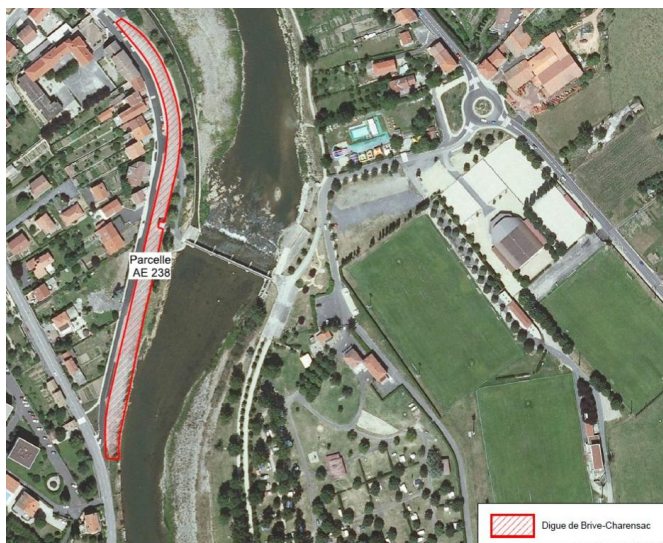


Tableau I-2 : Localisation de la digue de Brives-Charensac

La géométrie de la digue est donnée dans le tableau suivant :

Longueur	350 m
Emprise au sol	3 900 m²
Largeur en crête	2 à 4 m
Cote finie	Variable et comprise entre 606,2 m NGF et 605,1 m NGF
Hauteur	Au maximum égale à 1,6 m/TN
Fruit	2L/1H en moyenne pour le talus côté Loire et 3L/1H pour le talus côté rue

Tableau I-3 : Caractéristiques de la digue de Brives-Charensac

II.SYNTHESE HYDROLOGIQUE

Sur la base d'une analyse hydrologique du bassin versant de la Loire supérieure, le PPRI propose les débits de la Loire et ses affluents associés à différentes périodes de retour. La crue de référence du PPRI correspond à la crue centennale, ou à la crue historique la plus forte connue si celle-ci est plus importante. La crue de 1980 a été retenue comme crue de référence à de Brives-Charensac (en amont de la confluence avec la Borne), son débit de pointe associé est **Q_{réf} = 2000 m³/s**.

Cours d'eau	Crue décennale	Crue trentennale	Crue centennale	Crue de référence
Loire (Brives-Charensac)	750	1270	1931	2000
Loire (aval Borne-Chadrac)	811	1339	2000	2000
Borne (aval Ceyssac)	137	237	344	344
Borne (aval Dolaizon)	157	271	393	393
Dolaizon (confluence Borne)	49	96	133	133
Le Ceyssac	28,6	56,1	78,1	78,1
Le Riou	10,2	20,1	27,9	27,9
Le Taulhac	9,1	13,5	16,8	16,8

Figure II-1 : Débits (en m³/s) de La Loire et de ses affluents (Source : PPRI du bassin du Puy-en-Velay)

Les trois crues analysées dans le cadre de cette étude sont : la crue décennale (Q10), la crue trentennale (Q30) et **la crue de référence du PPRI (Q_{réf})**.

Les hydrogrammes de crues ont été ensuite construits selon la formule suivante :

$$Q(t) = 2 \times Q_p \times \frac{\left(\frac{t}{D}\right)^\alpha}{1 + \left(\frac{t}{D}\right)^{2\alpha}}$$

Avec Q_p le débit de pointe, t le pas de temps, D la durée caractéristique de la crue (temps de concentration), α un coefficient paramétrique.

Dans le cas de l'étude, les paramètres sont :

D (h)	8
T (h)	0.1
α	5

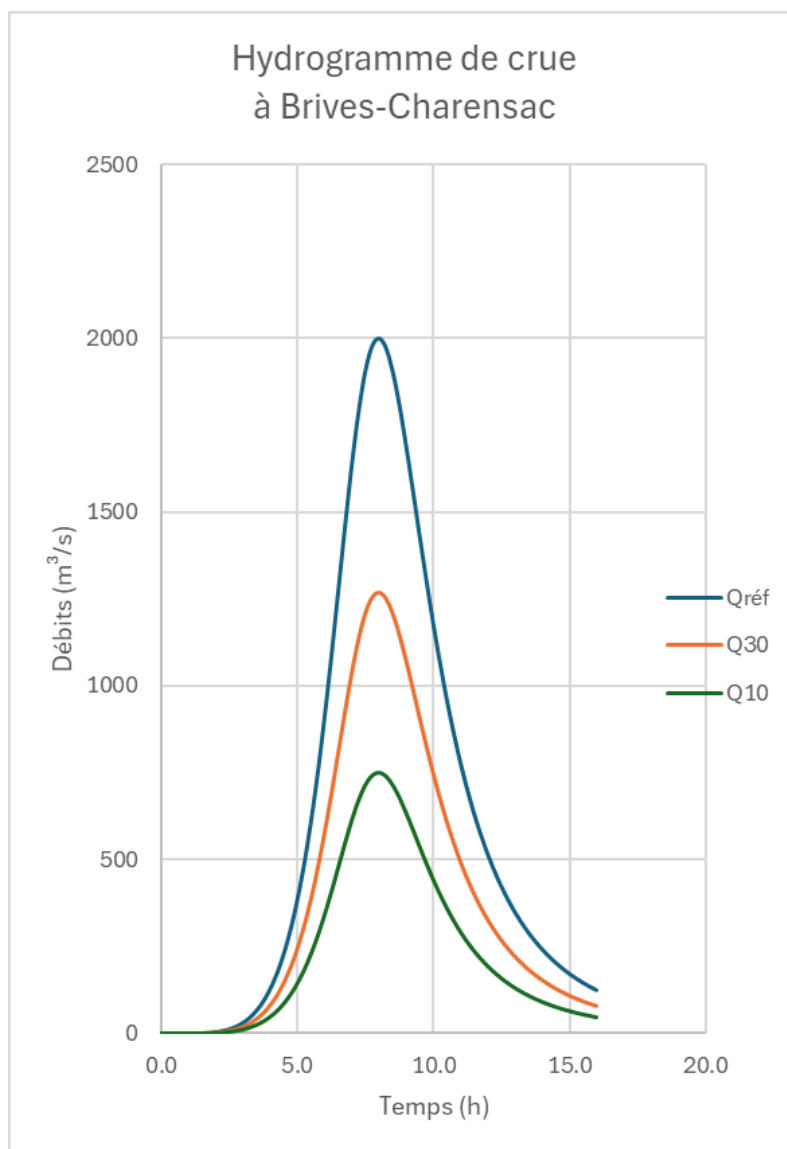


Figure II-2 : Hydrogrammes des crues de projet à Brives-Charensac

III. ANALYSE HYDRAULIQUE SITUATION INITIALE ET PROJET

III. 1. Modélisation numérique des écoulements

L'analyse des conditions d'écoulements au niveau de la Passerelle d'Audinet est réalisée à partir de l'exploitation d'un modèle hydraulique numérique de la Loire au droit du projet avec le logiciel hydra.

III. 1. 1. Présentation du logiciel de modélisation

Hydra est une plateforme de modélisation hydrologique et hydraulique fonctionnant comme un plugin de QGIS (open source). L'application est couplée à une base de données Postgis et à un moteur de calcul robuste et performant, fruit de plus de 30 années de développements et d'exploitation.

Il possède une gamme très étendue de fonctionnalités, forgées par l'expérience et les besoins ressentis par Setec Hydratec en matière d'aménagements de cours d'eau, qui se traduit notamment par des schémas de représentations qui peuvent être différents d'un secteur géographique à l'autre, tout en coexistant dans un même modèle : représentation filaire (écoulements de surface ou souterrains), découpage en casiers, maillages et écoulements bidimensionnels, écoulements en secteurs urbains denses.

III. 1. 2. Données topographiques

Les données topographiques utilisées pour la construction du modèle numérique sont :

En lit majeur :

- Le LIDAR HD au pas de 0.5m diffusé par l'IGN.

En lit mineur :

- Les levés bathymétriques réalisés pour le PPRI du bassin du Puy en Velay, répartis sur 21 profils sur l'emprise du modèle (2010),
- Les levés topographiques des ouvrages de franchissement de la Loire réalisés pour le PPRI (2010).

III. 1. 3. Emprise et architecture du modèle

Le modèle représente la Loire et sa plaine inondable, depuis la confluence avec la Gagne (1.6 km en amont de la passerelle Audinet) jusqu'au pont de la RN 88 (1.8km en aval), soit une emprise totale du modèle de 3.4km.

Le lit mineur de la Loire est représenté par un bief filaire dont la géométrie est définie par des profils en travers.

La modélisation du lit majeur adoptée est une schématisation de type bidimensionnelle sur le territoire couvert par le LIDAR. La structure du maillage bidimensionnel s'appuie sur les lignes de contraintes identifiées :

- Dignes,
- Berges des cours d'eau,
- Voiries et chemins en remblai
- Eléments d'aménagement étudiés...

La taille des mailles varie selon les secteurs, le relief et les enjeux présents. Les abords de la passerelle d'Audinet ont fait l'objet d'un maillage particulièrement détaillé, pour pouvoir représenter les futures rampes d'accès ainsi que leurs impacts sur les écoulements en cas de crue.

La connexion de ces différents domaines de modélisation (et plus généralement des différents objets de modélisation) est assurée par des **liaisons**, de natures différentes selon la topographie ou le type d'ouvrage le cas échéant.

La présence d'obstacles à l'écoulement (remblais routiers, ouvrages hydrauliques, etc.) est prise en compte grâce aux différentes singularités qu'offre le logiciel hydra (lois d'orifice, pertes de charge paramétrées, surverses sur remblais...).

a) Conditions aux limites

Condition limite amont : L'hydrogramme défini dans le paragraphe II est injecté ponctuellement à l'aval de la confluence avec la Gagne.

Condition limite aval : la condition limite est localisée environ 1.8 km en aval de la passerelle, avant la confluence entre la Loire et la Borne. La condition limite aval est de type loi de hauteur/débit, basée sur les hauteurs d'eau des différentes crues modélisées lors des études hydrauliques préalables au PPRI.

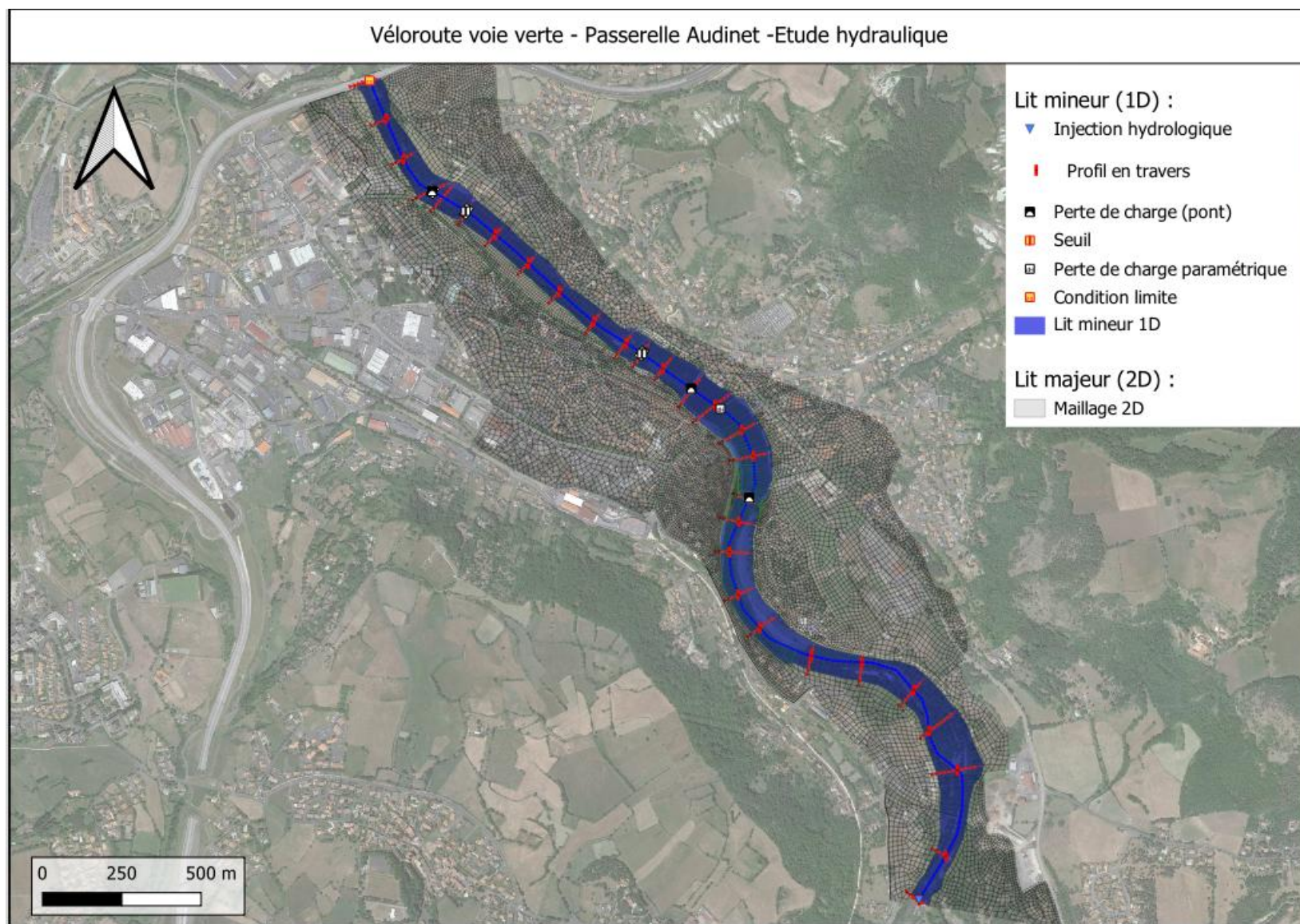
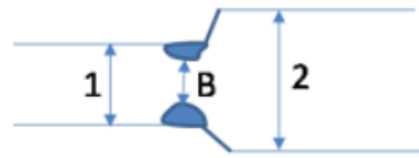


Figure III-1 : Architecture du modèle hydraulique sous Hydra

b) Modélisation de la Passerelle d'Audinet

L'implantation de l'ouvrage induit une perte de charge ponctuelle sur le cours d'eau. Cette perte de charge est due à la contraction de la section transversale au droit de la Passerelle, elle est calculée grâce à la formule suivante :



$$E_1 - E_2 = \frac{1}{2g} (u_{B'} - u_2)^2 = \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{CS_B} - \frac{1}{S_2} \right)^2$$

Figure III-2 : Loi de contraction

E_1 et E_2 sont les charges hydrauliques de part et d'autre du pont.

Les sections S_1 et S_2 représentent respectivement la surface amont et aval de la passerelle, et B la section d'ouverture de l'ouvrage.

Si la ligne d'eau amont devient supérieure à la cote supérieure du pont, une loi de déversement au dessus de la passerelle est modélisée. Il faut noter que **la passerelle** (composée du tablier et de la rambarde) **qui surplombe les piles est considérée comme une obstruction pleine de la section d'écoulement**, comme le montre la figure suivante. En crue, les clapets sont considérés abaissés.

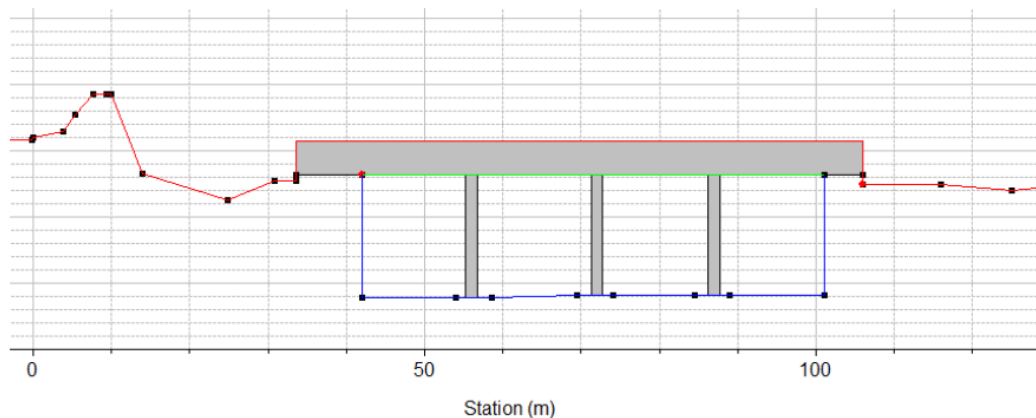


Figure III-3 : Section en travers de la passerelle d'Audinet (Source : PPRI du bassin du Puy-en-Velay)

III. 2. Situation initiale

III. 2. 1. Situation initiale de référence – Calage sur le scénario PPRI du Puy-en-Velay

a) Crue de calage

Le modèle Hydra a été calé sur la **crue de référence du PPRI au droit du secteur d'étude - la crue de 1980**. Pour réaliser ce calage, nous sommes partis des mêmes hypothèses que celles prises dans le PPRI, à savoir :

- Hypothèse de fond du lit identique à celui du PPRI, utilisation de la même bathymétrie ;
- Prise en compte du système d'endiguement de Brives-Charensac, aux vues du caractère sensible du secteur urbain en aval de la digue ;
- Passerelle Audinet considérée comme en place (non démontée), avec les rambardes considérées comme pleines sur toute leur hauteur.

En termes d'architecture cependant, le modèle utilisé dans le cadre de l'établissement du PPRI est un modèle unidimensionnel (1D), le lit majeur et le lit mineur étant représentés par des profils en travers, alors que le modèle hydra mis en œuvre dans le cadre de la présente étude hydraulique est un couplage 1D/2D améliorant la représentation des écoulements en lit majeur, nécessaire pour l'étude des scénarios d'aménagement.

b) Synthèse du calage

Le calage du modèle a consisté à ajuster les coefficients de Strickler du lit mineur et du lit majeur ainsi que les coefficients associés aux liaisons et singularités représentant les ouvrages de manière à reproduire le plus fidèlement possible les conditions d'écoulements modélisées dans le cadre du PPRI, en particulier pour la crue de référence.

Les coefficients de Strickler du lit mineur de la Loire ont été ajustés dans une fourchette de 17 à 30 en fonction principalement du niveau de végétalisation des berges (berges végétalisées principalement en amont et aval de Brives-Charensac), et ceux du lit majeur sont fixés entre 8 et 15.

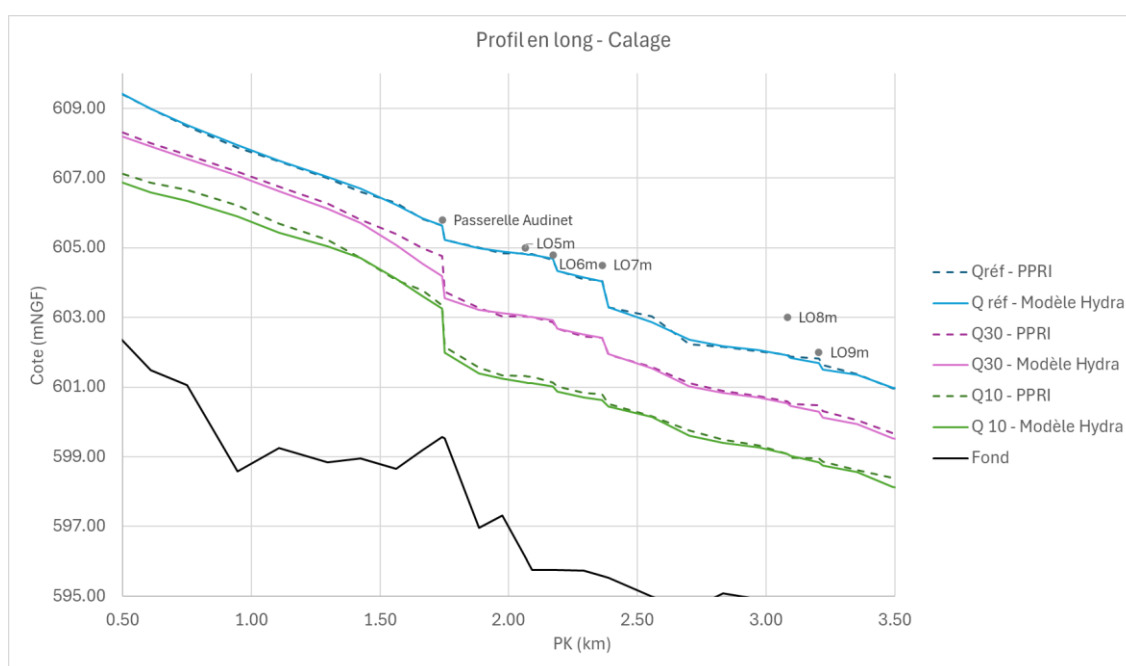


Figure III-4 : Comparaison entre les lignes d'eau PPRI (pointillés) et celles issues du modèle Hydra (traits pleins)

Pour la crue de référence du PPRI, la moyenne des valeurs absolues des **écarts entre la ligne d'eau PPRI et celle du modèle Hydra est inférieure à 5cm**. L'écart absolu maximum est de 16cm à l'aval de l'ouvrage LO7 (pk = 2.6). Au droit de la passerelle, l'écart est d'environ 1cm.

Crue de référence (1980)	PPRI	Etat initial - Modèle Hydra
Cote amont passerelle (mNGF)	605.63	605.64
Cote aval passerelle (mNGF)	605.22	605.24
Pertes de charge (cm)	41	40

Tableau III-1 : Comparaison du modèle de l'étude avec le modèle PPRI - Passerelle Audinet – crue de référence du PPRI

Les écarts moyens pour les crues de décennale et trentennale sont légèrement supérieurs, respectivement 11 cm et 14 cm. Ces écarts proviennent en partie de la différence de prise en compte des débits en lit majeur entre le modèle 1D utilisés pour l'étude hydraulique du PPRI et le modèle 1D/2D de la présente étude.

Dans la suite de l'étude, **les cotes de la crue de référence en situation initiale considérées seront celles du modèle hydra** afin de pouvoir comparer les impacts des scénarios d'aménagement de la passerelle.

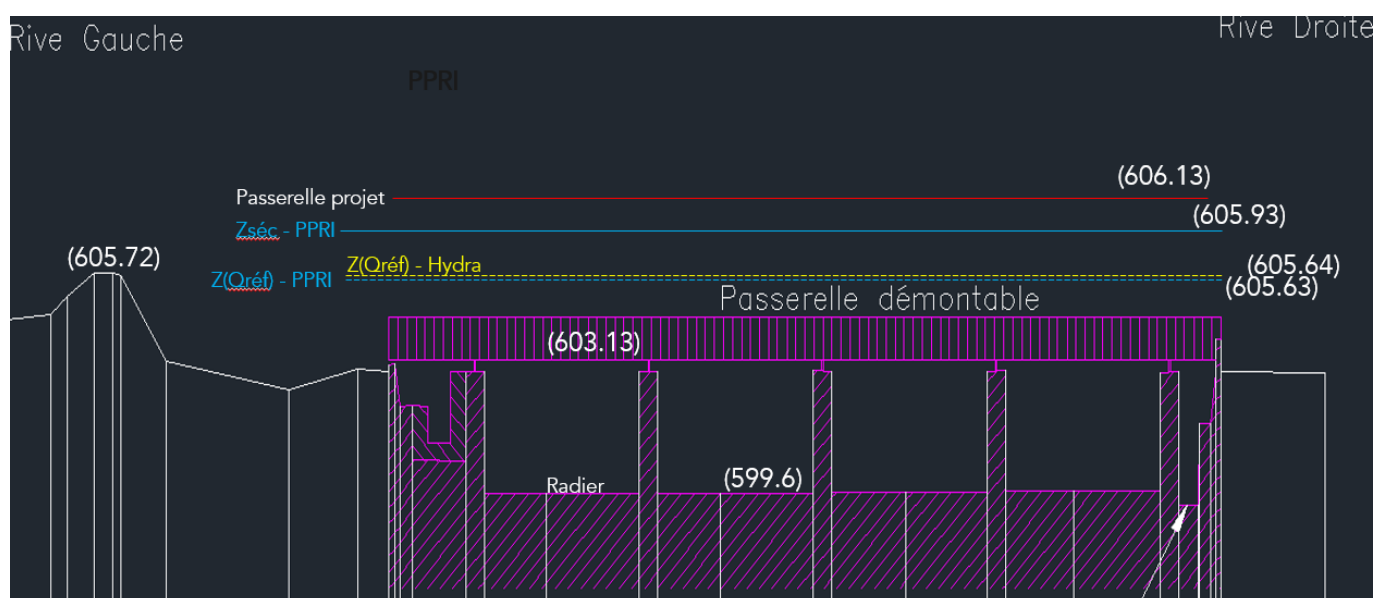


Figure III-5 : Géométrie de la passerelle et cotes d'eau amont

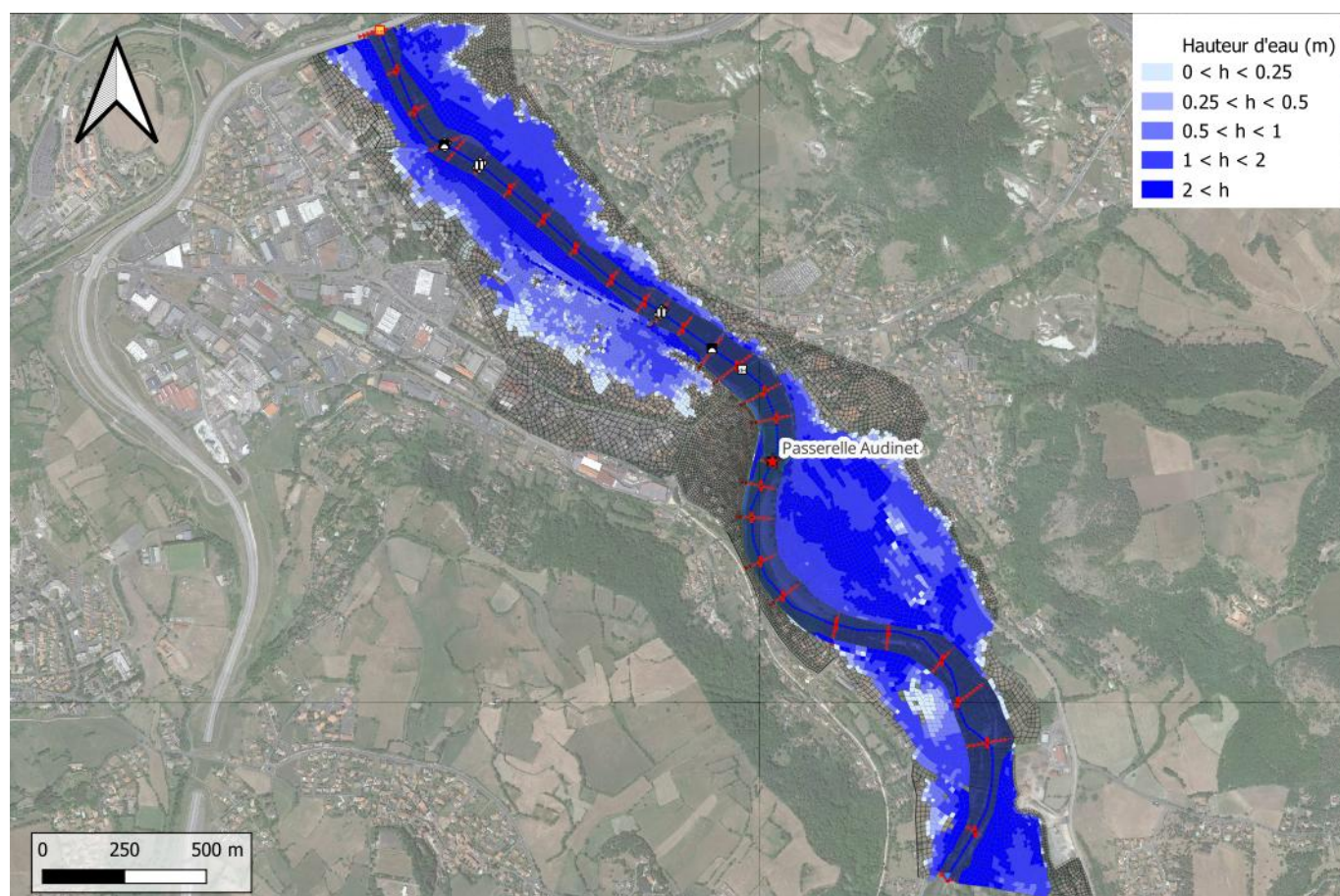


Figure III-6 : Emprise de la crue de référence - Etat initial (sans défaillance de la digue)

Dans le cadre du PPRI, la cartographie des zones inondables en rive droite de la Loire a été faite en tenant compte de présence la digue de Brives-Charensac qui protège la rive gauche des débordements (à Q100) et un scénario de défaillance de la digue a été considéré pour caractériser les zones inondables en rive gauche. Pour la présente étude, la digue de Brives-Charensac est réputée en place, et seule la rive droite est inondée. L'emprise de la crue de référence à l'état initial est cohérente avec celle du PPRI.

III. 2. 2. Situation initiale avec passerelle démontée

A titre indicatif, et pour estimer l'impact de la passerelle (tablier et rambarde) sur les écoulements, un scénario de crue avec la passerelle démontée a été modélisé (les piles et culées restent en place). Cette situation correspond à la **situation « hivernale »** (on rappelle que dans le scénario PPRI la passerelle est considérée comme en place, c'est-à-dire dans sa **situation « estivale »**).

Cette configuration induit une perte de charge bien plus élevée en amont que lorsque la passerelle est démontée, c'est-à-dire en saison hivernale, période pendant laquelle les crues de fortes occurrences sont plus probables.

Le profil en long ci-après présente les lignes d'eau de crue références calculées en tenant compte de la passerelle en place ou démontée.

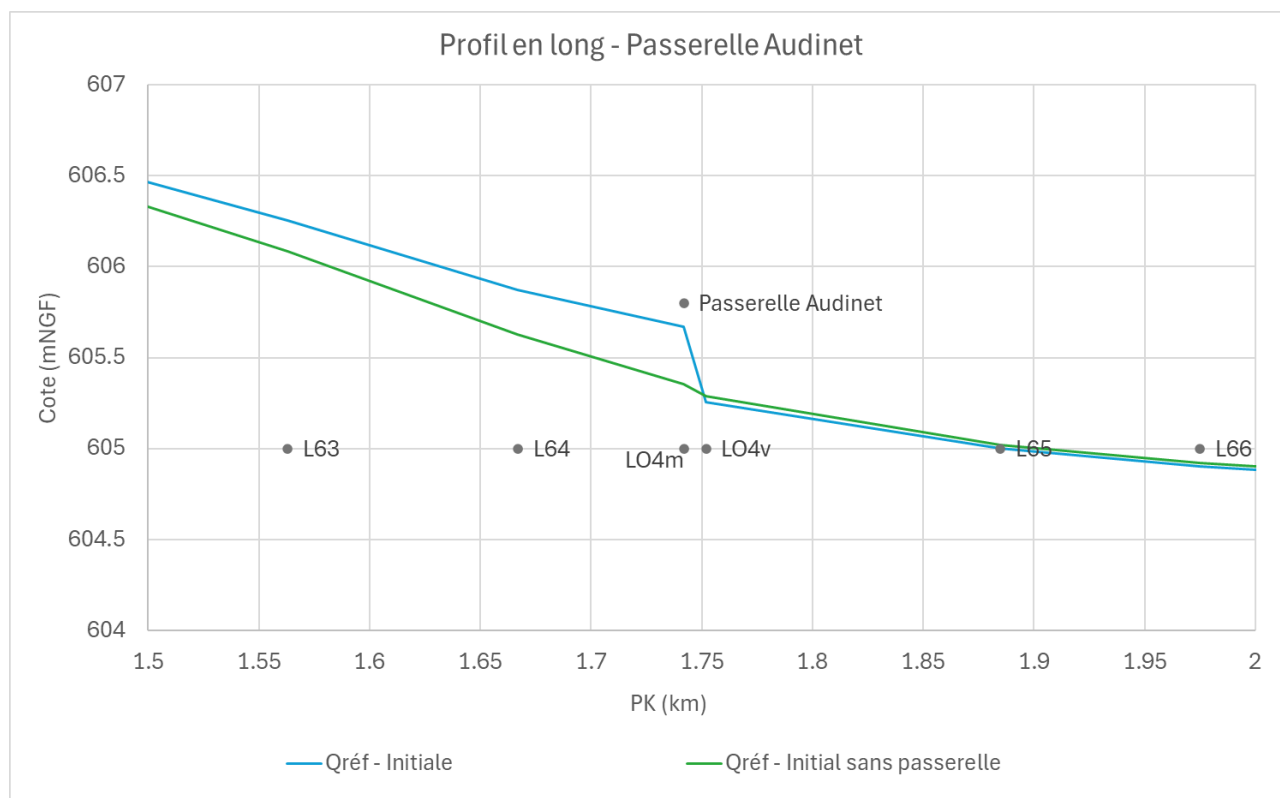


Figure III-7 : Comparaison de l'état initial de référence (passerelle en place) avec la situation passerelle démontée

La modélisation de cette situation met en lumière l'impact potentiel de la passerelle (tablier et rambardes) sur les écoulements en crue et qui induit une perte de charge supplémentaire +35cm par rapport à la situation passerelle démontée.

Le scénario sans passerelle admet une ligne d'eau légèrement plus élevée en aval de la passerelle d'Audinet. Cette surélévation s'explique par une intensité accrue des débordements au droit de l'ouvrage dans la configuration PPRi, lesquels induisent un détournement plus important du débit hors du lit mineur de la Loire.

III. 3. Analyse hydraulique - situation projet

Pour pérenniser le franchissement, le principe de conception retenu repose sur une surélévation de la passerelle de façon à la mettre hors d'eau pour la crue de référence PPRi ; la cote de calage du tablier actuellement à 603.30 m NGF sera montée à 606.13 m NGF, soit une surélévation de près de +3.0 m.

Le raccordement de la passerelle surélevée aux cheminements rive droite et rive gauche nécessite la mise en place de rampes d'accès dans le lit. Deux scénarios d'aménagements ont été étudiés :

- Scénario n°1 : Rehausse de la passerelle avec rampe d'accès en remblais
- Scénario n°2 : Rehausse de la passerelle avec rampe d'accès sur pilotis

Les deux scénarios représentent la rehausse de la passerelle jusqu'à la cote de 606.43 mNGF avec une hauteur de tablier de 30cm, soit une **cote inférieure du tablier de 606.13 mNGF**. Cette surélévation de la passerelle implique une rehausse des cinq piles de pont jusqu'à cette nouvelle cote et la création de rampe d'accès latérales.

La différence entre ces deux scénarios réside sur le mode de conception des rampes d'accès latérales à la passerelle surélevée : le scn n°2 présente une meilleure transparence hydraulique que le scn n°1.

III. 3. 1. Scénario n°1 – Rehausse de la passerelle avec rampe en remblais

a) Hypothèses

Le scénario n°1 correspond à la rehausse de la passerelle avec accès via des rampes sur remblais. La crue modélisée est la crue de référence PPRI.

Ce scénario a été modélisé avec les caractéristiques suivantes :

- Conservation des paramètres :
 - Cote de radier et largeur d'ouverture de l'ouvrage de franchissement inchangées ;
 - Conservation de la hauteur de garde-corps de la passerelle ;
 - Conditions limites amont et aval inchangées.
- Caractéristiques modifiées par rapport à la situation initiale :
 - Rehausse de la cote inférieure de la passerelle de 603.3 mNGF à 606.13mNGF
 - Rehausse des piles jusqu'à 606.13 mNGF
 - Création de deux rampes d'accès pentées à 4% et réalisées en remblai entre le terrain naturel et la passerelle. Ces rampes seront installées de part et d'autre de la passerelle, la rampe en rive gauche longe la digue de Brives-Charensac. (Voir les deux figures ci-dessous.)

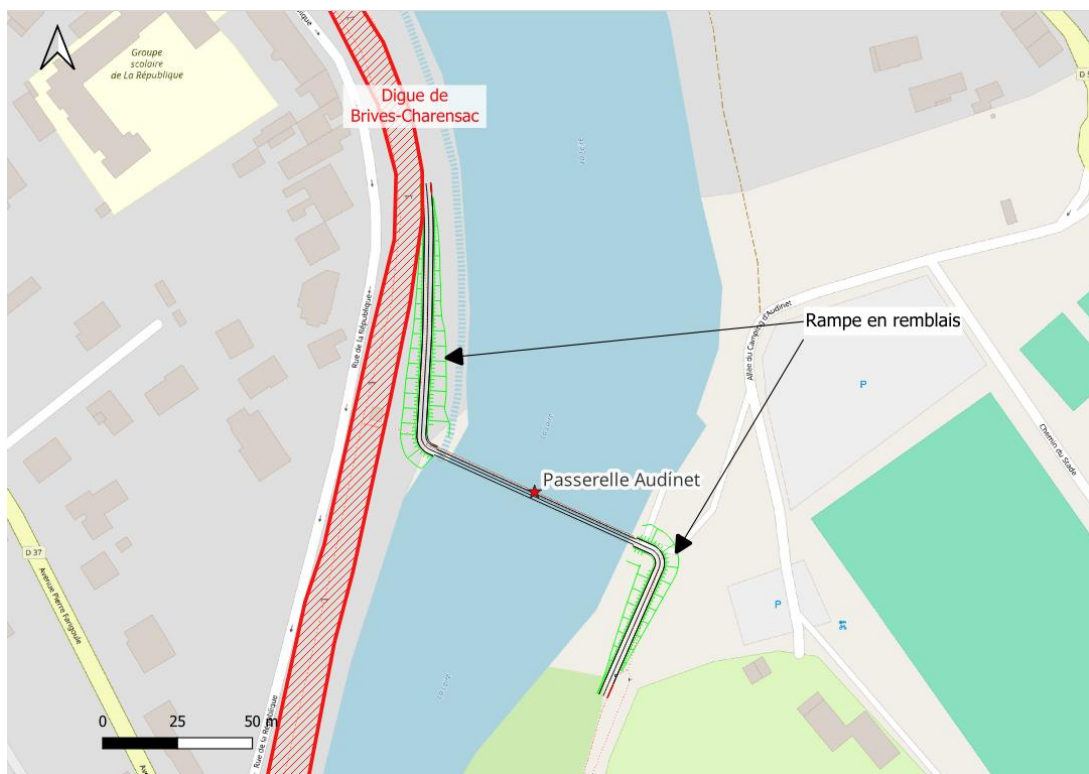


Figure III-8 : Vue en plan de la rampe en remblais – scénario n°1

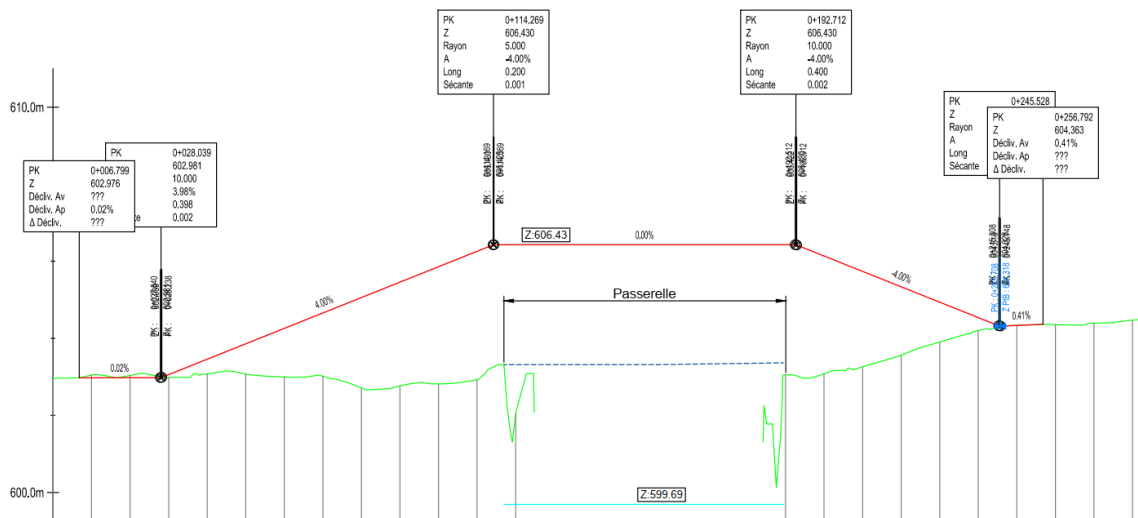


Figure III-9 : Schéma de principe de la rampe en remblais - scénario n°1

b) Impact sur la ligne d'eau (crue PPRi)

Par rapport à la situation de référence (passerelle en place), la rehausse de la passerelle avec la création des rampes d'accès en remblais abaisse la ligne d'eau au droit de la passerelle Audinet. La perte de charge due à l'ouvrage est estimée à +40cm à l'état initial (en **bleu** ci-dessous), elle s'abaisse à +18 cm pour le scénario n°1 (en **violet** ci-dessous).

En effet, la rehausse de la passerelle permet de mettre hors d'eau pour la crue PPRi le tablier et la rambarde, qui forment actuellement un obstacle aux écoulements, et la passerelle n'est plus en charge. Ce gain de section transversale compense la perte de section d'écoulement due à la création des rampes d'accès dans le lit

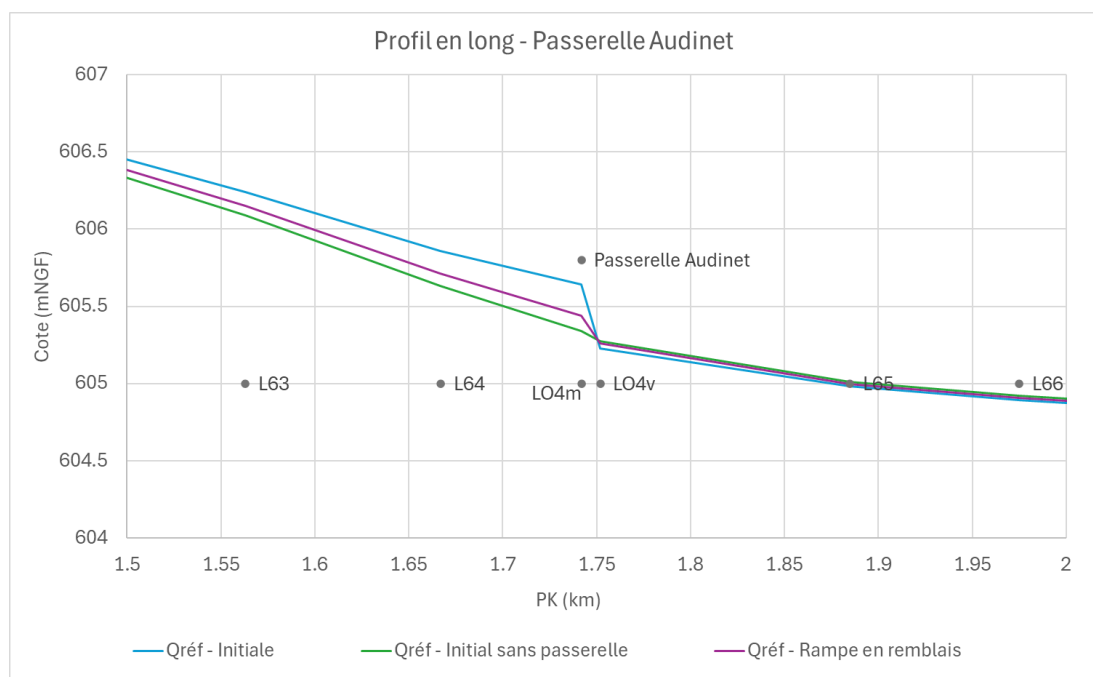


Figure III-10 : Comparaison des lignes d'eau pour la crue de référence du PPRi : Etat initial vs état avec rampe en remblais

c) Impact sur les conditions d'inondation

Les cartes d'impact du scénario « rampe en remblai » sont présentées page suivante pour la crue de référence PPRi ; les impacts sur les hauteurs d'inondation sont calculés par rapport à la situation actuelle, en considérant les deux états : passerelle en place (situation de référence) et passerelle enlevée.

Par rapport à la situation initiale de référence (incluant la passerelle en place), le **scénario « rampe en remblai »** présente des hauteurs d'inondation inférieures sur la quasi-totalité de zone inondable de rive droite en amont d'Audinet entre le méandre de la Loire et la D535. Ce scénario induit une diminution généralisée des hauteurs d'eau sur la rive droite, avec des réductions pouvant atteindre jusqu'à **-15 cm**.

La comparaison entre le **scénario « rampe en remblais »** et l'état initial **sans passerelle** met en évidence les effets induits par les rampes en remblais de part et d'autre de l'ouvrage. Les impacts sur les hauteurs d'inondations restent globalement inférieurs à +5cm sur la quasi-totalité de la zone inondée, avec localement des impacts comprises entre **+5 cm et +15cm** au niveau des bâtiments du camping situés à proximité immédiate de l'ouvrage d'Audinet.

Concernant le **champ de vitesses en lit majeur**, la comparaison avec les deux scénarios initiaux présente des évolutions relativement limitées. Toutefois, la création des rampes en remblais entraîne des **accélérations localisées en rive gauche** dans le lit mineur, dues à la **contraction de la section de passage** entre la digue et le remblai, ainsi qu'aux surverses au-dessus de la rampe.

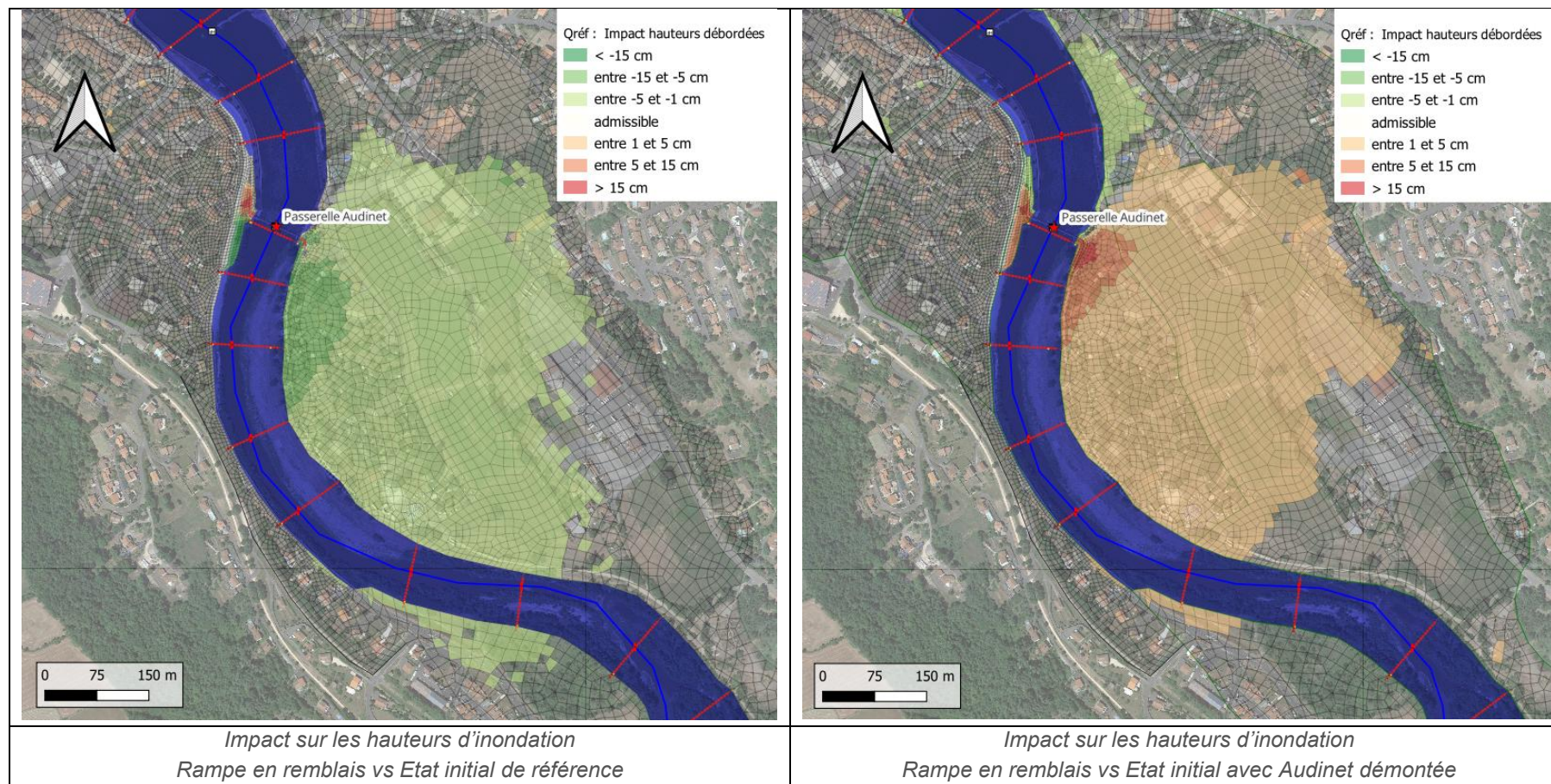


Tableau III-2 : Impacts sur les hauteurs débordées du scénario "rampe en remblais" – crue de référence du PPRI

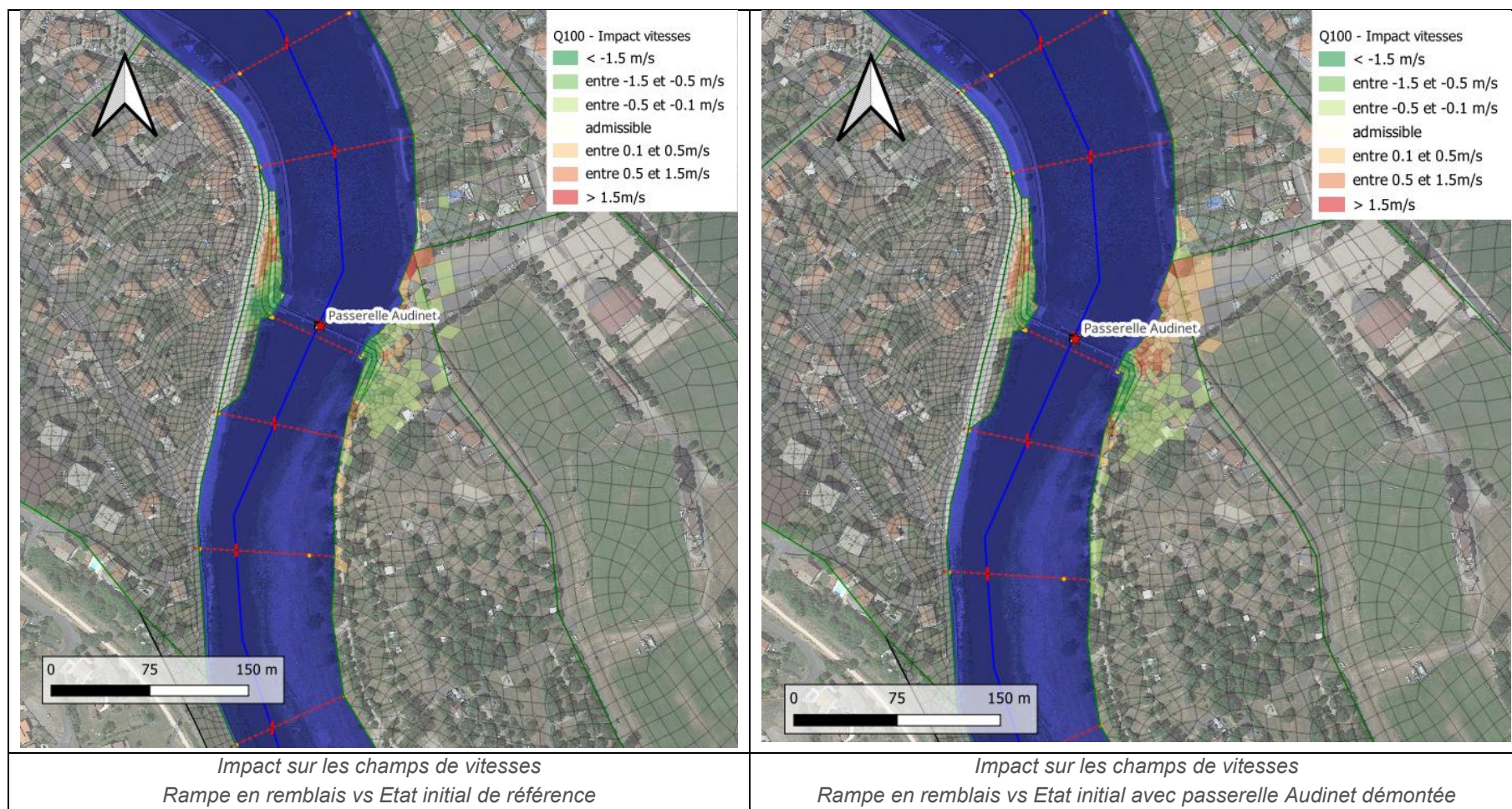


Tableau III-3 : Impacts sur les vitesses du scénario "rampe en remblais" – crue de référence du PPRi

III. 3. 2. Scénario n°2 – Rehausse de la passerelle avec rampe sur pilotis

a) Hypothèses

Le scénario 2 correspond à la rehausse de la passerelle avec accès via des rampes sur pilotis. La crue modélisée est la crue de référence PPRI.



Figure III-11 : Exemple de rampe sur pilotis - scénario n°2

Le scénario a été modélisé avec les caractéristiques suivantes :

- Conservation des paramètres :
 - Cote de radier et largeur d'ouverture de l'ouvrage de franchissement inchangées ;
 - Conservation de la hauteur de garde-corps de la passerelle
 - Conditions limites amont et aval inchangées.
- Caractéristiques modifiées par rapport à la situation initiale :
 - Rehausse de la cote inférieure de la passerelle de 603.3 mNGF à 606.13mNGF
 - Rehausse des piles de ponts jusqu'à 606.13 mNGF
 - Création de deux rampes d'accès pentées à 4% sur pilotis de section 40x40cm avec appuis tous les 10 m de type portique. Ces rampes seront installées de part et d'autre de la passerelle, la rampe en rive gauche longe la digue de Brives-Charensac.

b) Impact sur la ligne d'eau (crue PPRI)

Par rapport à la situation de référence (passerelle en place), et comme pour le scénario n°1 (pistes en remblai), la rehausse de la passerelle avec création de rampes sur pilotis permet de **réduire les pertes de charge** liées à l'ouvrage existant. Les rampes sur pilotis permettent en outre **une meilleure transparence hydraulique** que les rampe en remblais, cela mène à une cote d'eau plus basse pour ce scénario que pour le scénario n°1.

Par rapport à la situation actuelle, et en supposant la passerelle enlevée, la mise en œuvre des rampes sur pilotis dans le lit induit une surélévation de la ligne d'eau de +6cm au droit de la passerelle.

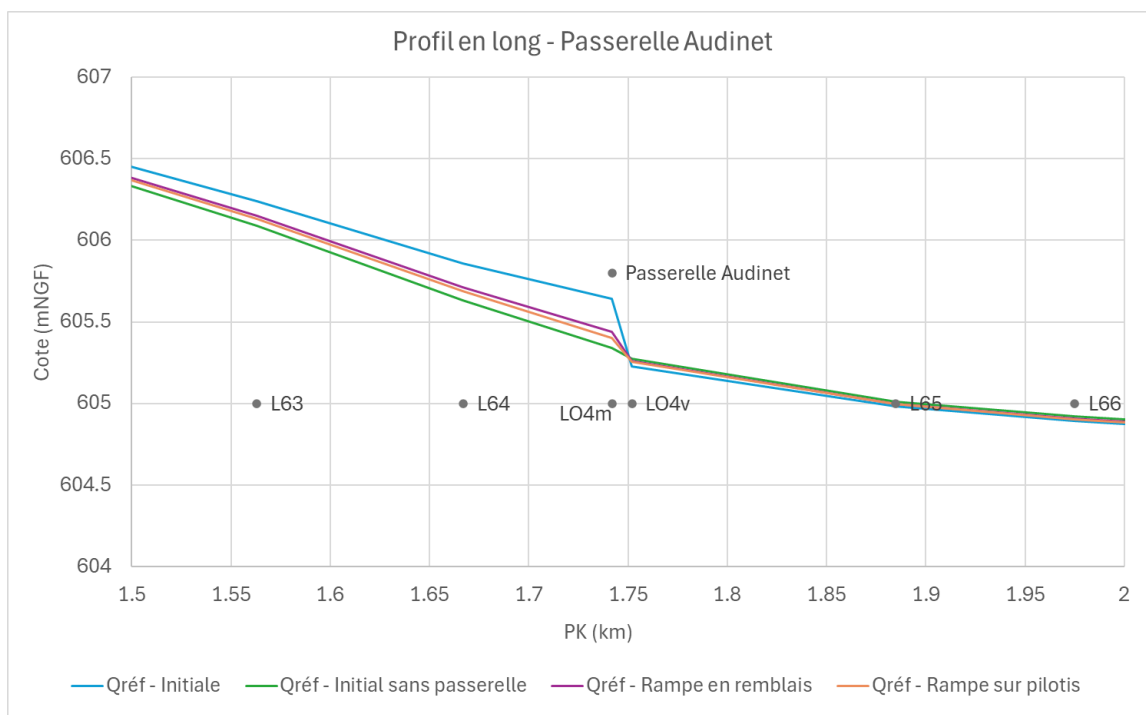


Figure III-12 : Comparaison des lignes d'eau pour la crue de référence du PPRi : Etat initial vs état avec rampe sur pilotis

Remarque : Le schéma de modélisation utilisé pour la représentation des rampes sur pilotis peut sous-estimer les débits passant sous la rampe, l'espace entre les pilotis étant modélisé par des orifices unidirectionnels. La différence des hauteurs d'eau calculées pour les scénarios « rampe en remblais » et « rampe sur pilotis », estimée à 3cm, est donc vraisemblablement **sous-estimée**.

c) Impact sur les conditions d'inondation

Les tendances d'impact du scénario n°2 présentent une **forte similitude** avec celles observées pour le scénario des rampes en remblais. Toutefois, les rampes sur pilotis génèrent des impacts **globalement plus faibles** grâce à leur plus grande transparence hydraulique.

Par rapport au scénario de référence PPRi, et comme pour le scn 1, les hauteurs d'eau calculées en lit majeur sont plus faibles, avec un abaissement calculé entre -5 et -15 cm sur toute la zone inondable de rive droite..

Par rapport à la situation initiale sans passerelle, le projet induit une surélévation des hauteurs d'eau mais dans une moindre mesure que le scn1 ; les impacts sont globalement inférieurs à +5cm sur toute la zone (y compris au niveau des bâtiments du camping), seule une petite zone réduite proche de la passerelle montre des impacts supérieurs à +5cm.

En ce qui concerne le **champ de vitesses en lit majeur**, les évolutions restent relativement limitées. On observe toutefois que la diminution de la hauteur d'eau par rapport à la situation de référence du PPRi entraîne une baisse des vitesses à proximité immédiate de l'ouvrage.

À l'inverse, les vitesses moyennes augmentent légèrement dans le lit majeur par rapport à la situation sans passerelle, notamment sur la rive droite, en aval de la passerelle d'Audinet, où une partie des eaux débordées retourne dans le lit mineur. Ces variations **demeurent localisées et acceptables**.

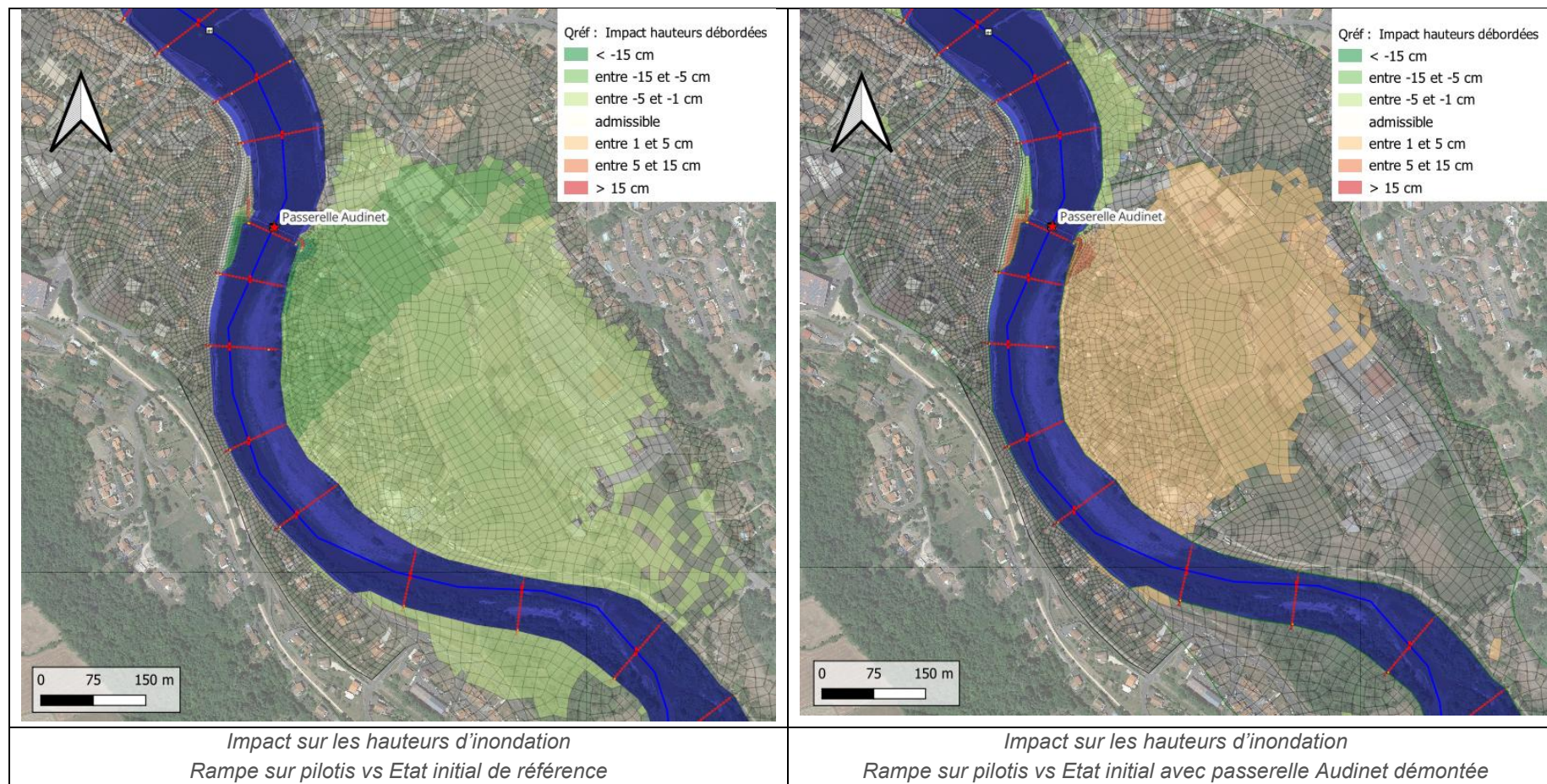


Tableau III-4 : Impacts sur les hauteurs débordées du scénario "rampe en remblais" – crue de référence du PPRI

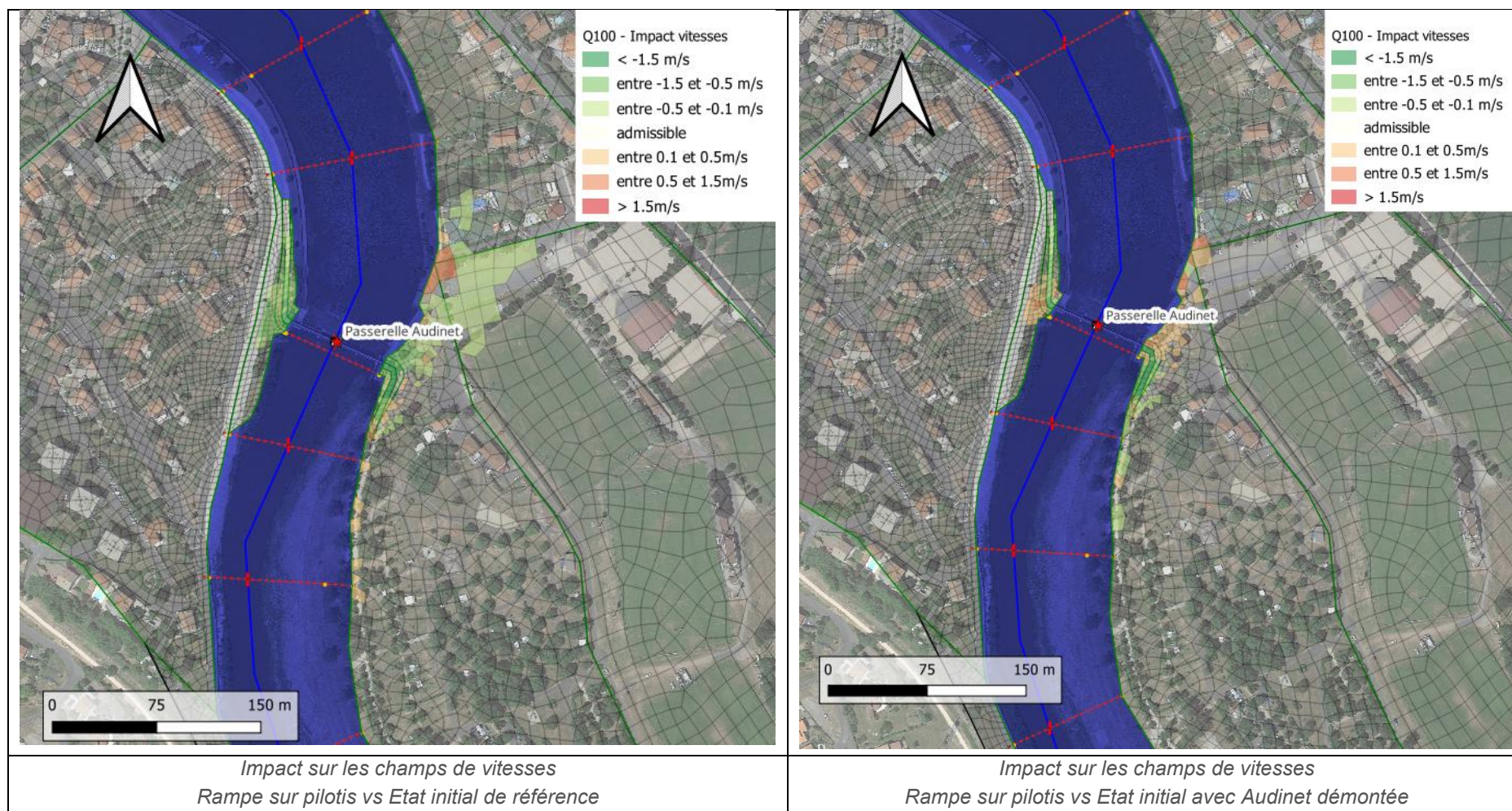


Tableau III-5 : Impacts sur les vitesses du scénario "rampe sur pilotis" - crue de référence du PPRi

III. 4. Application à la crue d'octobre 2024

III. 4. 1. Hydrologie

Dans le but d'évaluer l'influence des scénarios d'aménagement sur la dynamique hydraulique lors d'un événement de crue récent, nous avons choisi d'étudier la crue de la Loire survenue le 17 octobre 2024. Cet événement est caractérisé par un débit de pointe de 1 340 m³/s mesuré à la station hydrométrique de Chadrac en aval de la confluence avec la Borne. La montée des eaux a été particulièrement rapide, le débit maximal ayant été atteint en moins de 10 heures, suivi d'un second pic de moindre amplitude au cours de la nuit du 18 octobre.

Lors de cet événement, le débit maximum mesuré sur la Borne à la station de Aiguilhe est 63 m³/s le 18 octobre à 02h00 (pas de concomitance de crue entre la Borne et la Loire).

L'hydrogramme de crue mesuré à Chadrac, situé à l'aval immédiat du secteur d'étude, est intégré en tant que condition limite amont dans le modèle hydraulique.

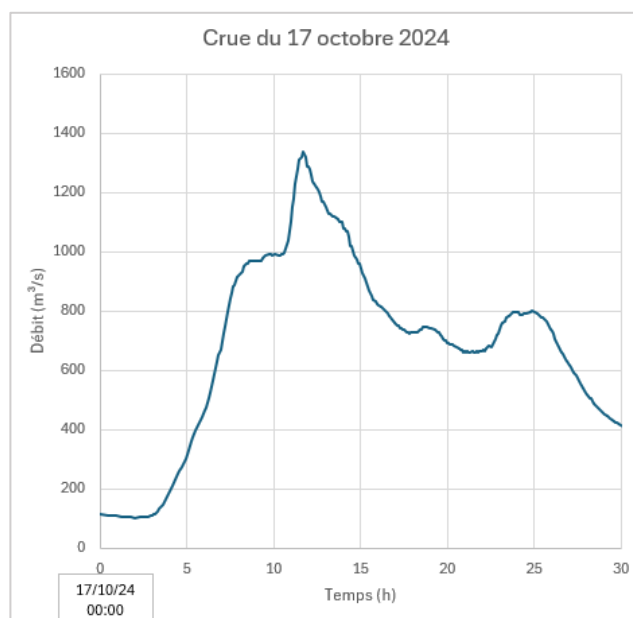


Figure III-13 : Hydrogramme de la crue du 17 octobre 2024 à Chadrac

III. 4. 2. Impact sur les lignes d'eau

Dans le cas de cette crue — moins intense que la crue de 1980 — l'impact des rampes en remblais implantées dans le lit mineur se révèle significatif. Le scénario « rampe en remblais » (en **violet** ci-dessous) génère une ligne d'eau nettement plus élevée que celle des autres configurations.

En revanche, la rehausse de la passerelle et son positionnement hors d'eau permettent de compenser les impacts liés à l'implantation des rampes sur pilotis dans le lit mineur. En effet, la ligne d'eau du scénario « rampe sur pilotis » (en **orange**) diffère peu de celle de l'état initial de référence, tout en apportant une amélioration en termes de sécurité hydraulique.

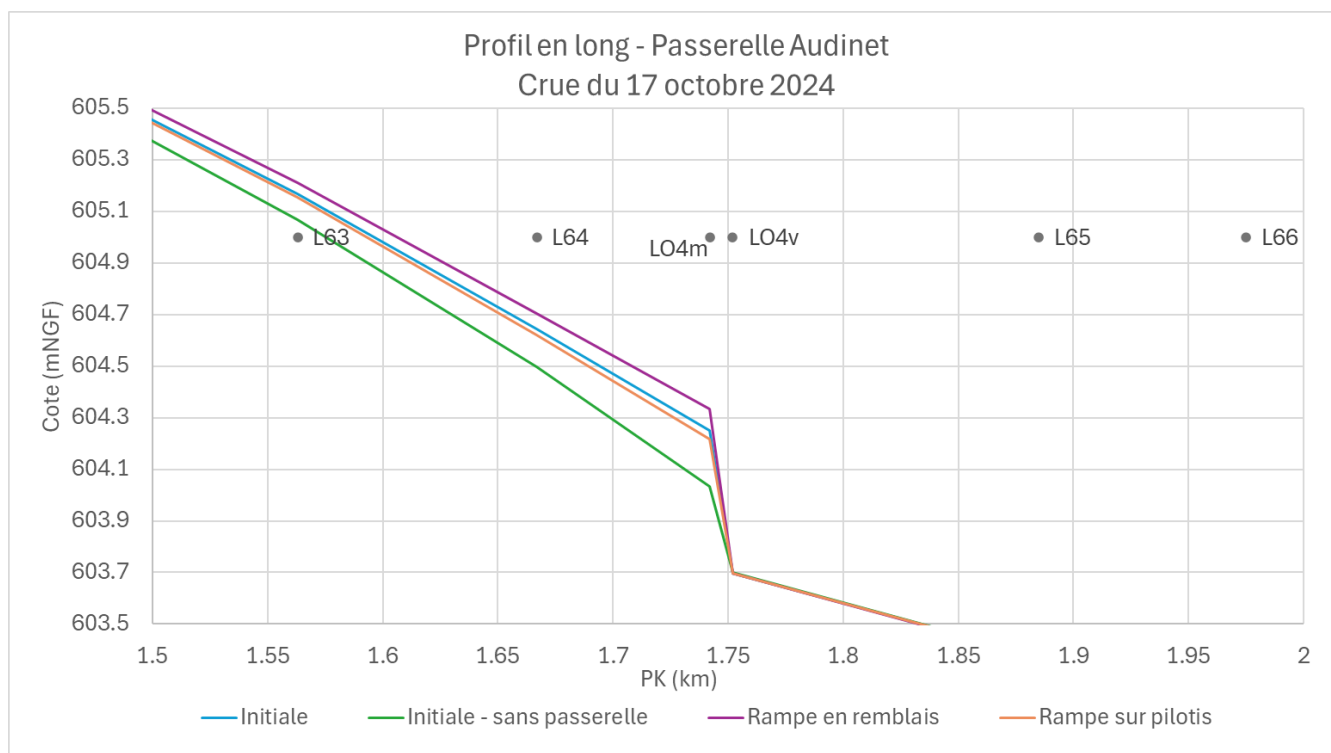


Figure III-14 : Comparaisons des lignes d'eau des différents scénarios pour la crue du 17 octobre 2024

En comparaison avec la situation observée lors de la crue d'octobre 2024, période durant laquelle la passerelle avait été démontée, les scénarios d'aménagement montrent des élévations différentielles notables de la ligne d'eau au droit de l'ouvrage d'Audinet :

- Le scénario avec rampe en remblais (en **violet** ci-dessus) induit une élévation de la ligne d'eau de l'ordre de **30 cm** par rapport à la situation initiale sans passerelle;
- Le scénario avec rampe sur pilotis engendre une élévation plus modérée, de l'ordre de **19 cm**, traduisant un effet plus limité sur la ligne d'eau grâce à la « perméabilité » structurelle de l'aménagement.

Ces résultats confirment l'intérêt hydraulique des structures sur pilotis, qui permettent une meilleure transparence aux écoulements.

IV. CONCLUSION

La pérennisation de la passerelle d'Audinet implique la rehausse du tablier actuel d'environ 3 mètres (jusqu'à la cote 606.13mNGF) pour la mettre hors d'eau pour la crue de référence PPRI, ainsi que la création de rampes d'accès sur les deux rives de la Loire. Ces ouvrages implantés en lit mineur réduisent la section hydraulique disponible pour les écoulements.

Il convient de rappeler que le PPRI prend en compte la présence de la passerelle d'Audinet en situation estivale, c'est-à-dire reposant sur les piles de pont et totalement obstruée (tablier + rambarde). Cette configuration engendre une perte de charge importante pour la crue de référence (1980) et constitue l'état initial de référence.

L'analyse des deux scénarios d'aménagements (avec rampe en remblais et avec rampe en pilotis), met en évidence les éléments suivants :

- La rehausse de la passerelle jusqu'à 606.13 mNGF met l'ouvrage hors d'eau pour la crue de référence du PPRI, permettant une réduction de la perte de charge associée. Cette amélioration hydraulique compense les effets des rampes d'accès. Les scénarios d'aménagement aboutissent ainsi à un fonctionnement hydraulique plus favorable que celui de l'état initial avec passerelle en place (configuration PPRI).
- La comparaison des scénarios d'aménagements avec la situation initiale sans passerelle indique en revanche que les deux scénarios génèrent une surélévation de la ligne d'eau par rapport à la configuration « hivernale » ; cette surélévation est de l'ordre de +10cm pour les rampes en remblai et +6cm pour les rampes sur pilotis.
- Le scénario intégrant des rampes sur pilotis présente un comportement hydraulique plus favorable que celui avec rampes en remblais, notamment pour les crues plus fréquentes comme celle d'octobre 2024.

En conclusion, les deux scénarios proposés se traduisent par une **amélioration hydraulique par rapport à l'état de référence tel que défini dans le PPRI** (passerelle en place). Ils ne conduisent donc pas à une aggravation de l'aléa au sens réglementaire.

Toutefois, la présence de rampes en lit mineur implique une réduction de section hydraulique, avec une surélévation des hauteurs d'eau calculées par rapport à la situation actuelle dans le cas d'une passerelle démontée. Il est donc recommandé de **rechercher une transparence hydraulique maximum** dans la conception de ces ouvrages d'accès, par l'emploi de structures sur pilotis ou autres solutions favorisant la libre circulation des écoulements, afin de limiter leur impact hydraulique.