

RN12 – DÉVIATION D'ERNÉE

MODÉLISATION HYDRAULIQUE D'INCIDENCES DES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT DES COURS D'EAU

Décembre 2023

Rapport n° 23-004.53v2

SOMMAIRE

I.	PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE	3
II.	RECUEIL DE DONNÉES	4
II.1	DONNÉES TOPOGRAPHIQUES	4
II.2	HYDROLOGIE	4
III.	RUISSEAU DE BEAUSOLEIL	5
III.1	PRÉSENTATION DU MODÈLE	5
III.1.1	Logiciel HEC-Ras	
III.1.2	Construction du modèle	
III.1.3	Condition aux limites, calage du modèle	
III.2	MODÉLISATION, ÉTAT ACTUEL	6
III.3	MODÉLISATION DU PROJET	6
III.3.1	Ouvrage projeté	
III.3.2	Modélisation du projet	
IV.	ERNÉE	9
IV.1	CONSTRUCTION DU MODÈLE	9
IV.2	MODÉLISATION, ÉTAT ACTUEL	9
IV.3	MODÉLISATION DU PROJET	9
IV.3.1	Ouvrage projeté	
IV.3.1	Modélisation du projet	
V.	RUISSEAU DE SEMONDIÈRES	12
V.1	CONSTRUCTION DU MODÈLE	12
V.2	MODÉLISATION, ÉTAT ACTUEL	12
V.3	MODÉLISATION DU PROJET	13
V.3.1	Ouvrage projeté	
V.3.2	Modélisation du projet	

I. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

La DREAL Pays de la Loire a le projet de réaliser la déviation de la RN12 sur la commune d'Ernée.

Dans le cadre des études de maîtrise d'œuvre, Iris Conseil a réalisé les études hydrauliques d'incidences des franchissements des 3 cours d'eau :

- ◆ Ouvrage du ruisseau de Beausoleil – pK1+390
- ◆ Viaduc sur l'Ernée – pK2+610
- ◆ Ouvrage du ruisseau de Sémondières (OAC de la Brimonière) – pK3+010

Les études hydrauliques se décomposent en plusieurs phases :

- ◆ Modèle hydraulique d'écoulement état actuel ;
- ◆ Etude d'incidences hydrauliques des ouvrages projetés

II. RECUEIL DE DONNÉES

II.1 DONNÉES TOPOGRAPHIQUES

Un levé topographique complémentaire a été réalisé, afin d’avoir les profils en travers des deux ruisseaux au droit et à proximité du projet de déviation.

Ils complètent les éléments transmis par la DREAL et EGIS :

- ♦ Plans topographiques du secteur
- ♦ Profils en travers des deux ruisseaux et de la vallée de l’Ernée

Ces éléments sont permis d’avoir un certain nombre de profils en travers de chaque vallée étudiée :

- ♦ Ouvrage du ruisseau de Beausoleil – pK1+390
9 profils en travers lit mineur et majeur sur un linéaire de 135 m
- ♦ Viaduc sur l’Ernée – pK2+610
12 profils en travers lit mineur et majeur sur un linéaire de 200 m
- ♦ Ouvrage du ruisseau de Semondières (OAC de la Brimonière) – pK3+010
8 profils en travers lit mineur et majeur sur un linéaire de 160 m

II.2 HYDROLOGIE

Les débits entrant des modèles proviennent de l’étude d’Avant-Projet – hydrogéologie et hydraulique (Egis – juin 2023 et Arcadis – juin 2021).

Cours d’eau	Débit décennal (m ³ /s)	Débit centennal (m ³ /s)
Ruisseau de Beausoleil	3,4	6,8
Ernée	31	41
Ruisseau de Semondières	1,2	2,2

III. RUISSEAU DE BEAUSOLEIL

III.1 PRÉSENTATION DU MODÈLE

III.1.1 LOGICIEL HEC-RAS

Le modèle a été réalisé à l'aide du logiciel HEC-RAS, développé par l'US Army Corps of Engineers. Il s'agit d'un code de modélisation hydraulique mixte, bidimensionnel et monodimensionnel maillé à casiers en régime transitoire.

Basé sur la résolution des équations de Barré de Saint-Venant, HEC-RAS permet de simuler les écoulements de crues de rivières. Il est utilisé dans le monde entier depuis de nombreuses années.

Il permet de modéliser les écoulements en rivière, avec lits mineur et majeur, ainsi que les profils en travers à multiples coefficients de Strickler. Ce modèle étant maillé, il permet de simuler tous les types d'écoulement dans des bras de rivières indépendants, ainsi que les zones de confluence ou de défluence.

Le calcul bidimensionnel et/ou par casier permet en outre de prendre en compte tout type de configuration complexe de zone inondable et d'aménagement.

Tourné vers le génie civil, il permet la modélisation de quasiment tous les types d'ouvrages existants (ponts, vannes, seuils, barrages mobiles, ...), et gère les zones d'eaux mortes et les zones de stockages, en coordonnées spatiales (prise en compte d'écoulement par-dessus des zones mortes, par exemple).

De plus, il peut gérer de nombreux cas de dysfonctionnements liés aux crues : embâcle, surverse par-dessus digue ou route, ...

Son code de calcul permet en outre de ressortir la répartition des champs de vitesse sur les profils en travers (en monodimensionnel), pour aider à la recherche d'emplacements pour d'éventuels ouvrages de décharge, par exemple.

III.1.2 CONSTRUCTION DU MODÈLE

Le modèle a été monté sur la base des levés topographiques et bathymétriques de la zone d'étude.

Le modèle représente localement l'écoulement autour du projet de déviation. De par la faible longueur du secteur d'étude et la concentration de l'écoulement dans un thalweg marqué et fortement penté, le modèle est de type monodimensionnel en régime permanent.

Le modèle ainsi monté est composé de :

- ◆ 11 profils en travers du fossé et du terrain naturel, incluant la micro-chute naturelle située en aval de la zone modélisée
- ◆ Une densification des profils en travers afin de bien estimer les conditions d'écoulements
- ◆ L'ouvrage de Beausoleil projeté

III.1.3 CONDITION AUX LIMITES, CALAGE DU MODÈLE

La condition d'entrée à l'amont est le débit de projet.

La condition aval retenue est la cote normale de l'écoulement aval. La pente moyenne du ruisseau en aval est de 1,8%.

En l'absence de données de crues historiques et de données hydrométriques, le modèle a été monté en considérant des coefficients de rugosité classique : 10 pour les lits majeurs, 25 pour le lit mineur, 60 pour les ouvrages en béton et 33 pour le cheminement dans l'ouvrage mixte

III.2 MODÉLISATION, ÉTAT ACTUEL

Pour les deux crues, la micro-chute naturel en aval du modèle crée un point dur dans l'écoulement.

En amont de la chute, sur le linéaire d'étude, l'écoulement est turbulent, oscillant entre régime fluvial et torrentiel.

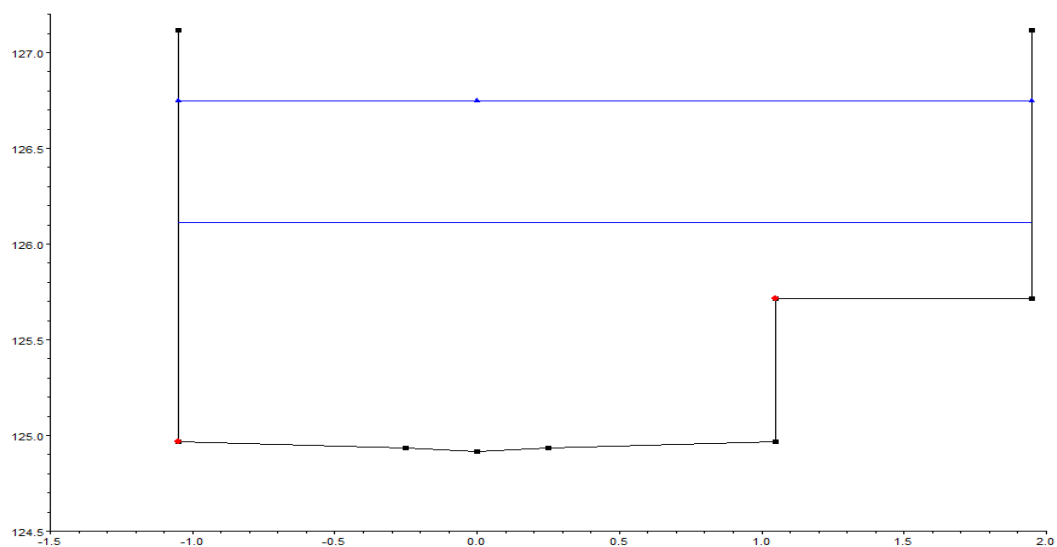
Les vitesses d'écoulement sont de l'ordre de 1 à 1,75 m/s en crue décennale, 1,5 à 2,5 m/s en crue centennale.

III.3 MODÉLISATION DU PROJET

III.3.1 OUVRAGE PROJETÉ

L'ouvrage projeté est un dalot de 3 m de large et 2,5 m de hauteur :

- ◆ Une banquette de 90 cm de large, calé à 1,1m de hauteur par rapport au fond du dalot
- ◆ La reconstitution du ruisseau, sur une largeur de 2,1 m, avec un fond reconstitué de 30 cm



Coupe schématique de l'ouvrage de Beausoleil et du lit reconstitué

La position de l'ouvrage a été transmis par Egis :



Position de l'ouvrage projeté (source : Egis)

Cette position entraîne que le ruisseau devra être localement repris en aval de l'ouvrage. Il a été considéré que le profil en long du ruisseau, en aval de l'ouvrage, serait conservé.

III.3.2 MODÉLISATION DU PROJET

Il apparaît que le projet aura une incidence limitée sur la ligne d'eau aussi bien en crue décennale que centennale :

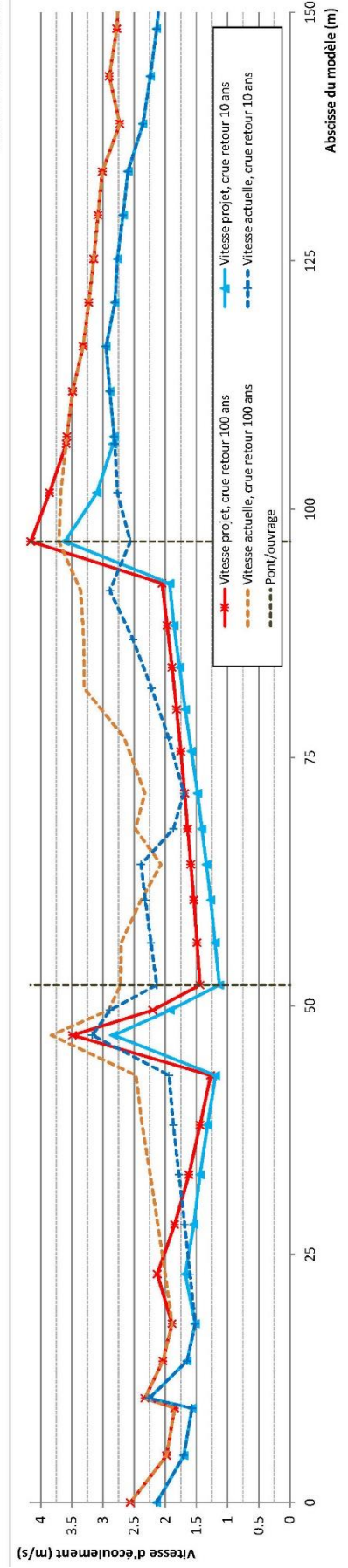
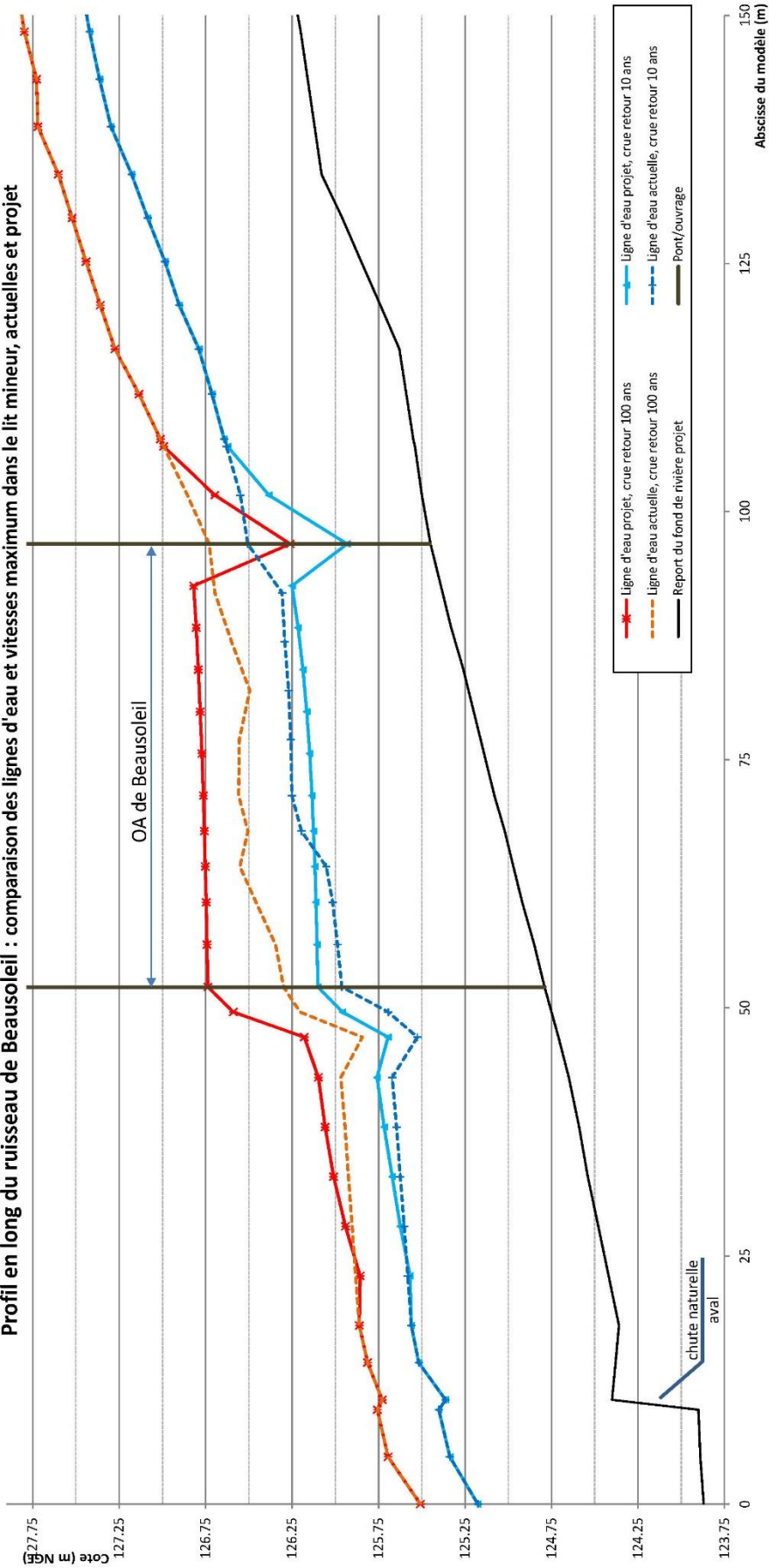
- ♦ En crue décennale, l'exhaussement sera de 14 cm au maximum, situé exclusivement en aval de l'ouvrage (exhaussement lié au remblai de la déviation et non à l'ouvrage). En amont de l'ouvrage la ligne d'eau sera plus basse qu'actuellement sur un linéaire de 10 m.
- ♦ En crue centennale, l'exhaussement maximum est de 33 cm en aval immédiat de l'ouvrage, exhaussement lié aussi au remblai de la RN, qui se situe dans la zone inondable. En amont de l'ouvrage, l'accélération des vitesses entraîne un abaissement de la ligne d'eau. La longueur du remous est la même que pour la crue décennale.

A noter la présence d'un ressaut à l'entrée de l'ouvrage, lié à la concentration des débits.

Les vitesses d'écoulement seront du même ordre qu'actuellement, et le projet n'aura aucune incidence sur les vitesses en amont et aval de l'ouvrage projeté.

Les vitesses dans l'ouvrage seront de 1,251 à 2 m/s en crue décennale et 1,5 à 2 m/s en crue centennale. Avec une forte turbulence et un pic de vitesse pouvant atteindre 4 m/s à l'entrée de l'ouvrage, dans le secteur du ressaut.

Profil en long du ruisseau de Beausoleil : comparaison des lignes d'eau et vitesses maximum dans le lit mineur, actuelles et projet



IV. ERNÉE

IV.1 CONSTRUCTION DU MODÈLE

Le modèle a été monté sur la base des levés topographiques et bathymétriques de la zone d'étude.

Le modèle représente localement l'écoulement autour du projet de déviation. De par la faible longueur du secteur d'étude et la concentration de l'écoulement dans un thalweg marqué et fortement penté, le modèle est de type monodimensionnel en régime permanent.

Le modèle ainsi monté est composé de :

- ◆ 12 profils en travers du fossé et du terrain naturel
- ◆ Une densification des profils en travers afin de bien estimer les conditions d'écoulements
- ◆ Le viaduc de la RN12 projeté

CONDITION AUX LIMITES, CALAGE DU MODÈLE

La condition d'entrée à l'amont est le débit de projet. La condition aval provient des résultats de l'étude Arcadis 2021.

En l'absence de données de crues historiques et de données hydrométriques, le modèle a été calé sur les résultats du modèle Arcadis 2021. Les coefficients de rugosité sont ainsi : 5 pour les lits majeurs et 18 pour le lit mineur.

IV.2 MODÉLISATION, ÉTAT ACTUEL

Pour les deux crues, l'écoulement est fluvial sur la zone d'étude.

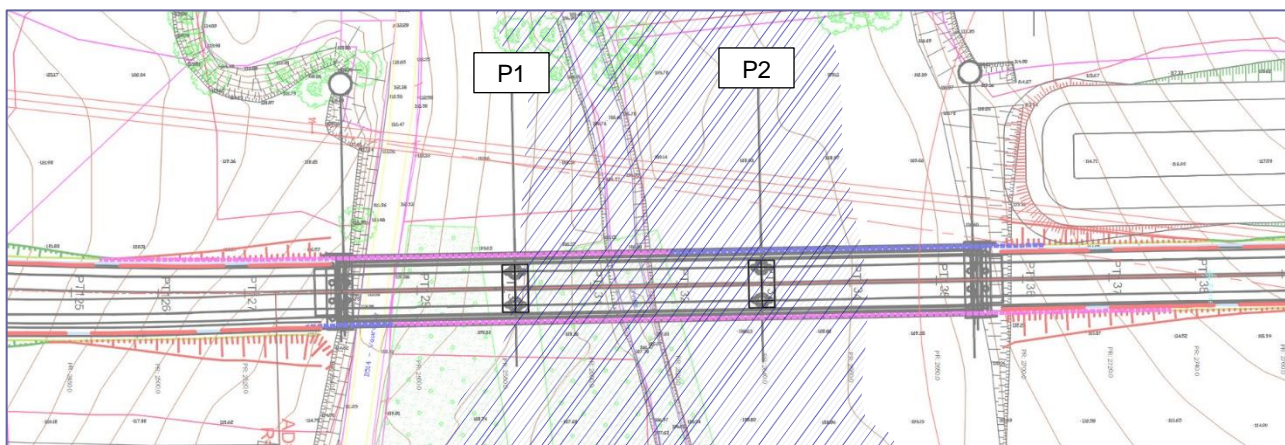
Les vitesses d'écoulement sont de l'ordre de 0,65 à 1 m/s en crue décennale et de 1 à 1,75 m/s en crue centennale.

IV.3 MODÉLISATION DU PROJET

IV.3.1 OUVRAGE PROJETÉ

Seules les piles du viaduc seront dans la zone inondable. Ces dernières sont constituées de double-piles conique inversé de \varnothing maximum 3,2 m, espacé dans le sens de l'écoulement de 7,55 m (distance entre-axe des 2 piles).

La position des piles provient des plans AVP transmis par DERVEN. Ainsi, la pile P1 est à 25,7 m de l'axe de l'Ernée et la P2 à 31,3 m (entraxe entre les 2 piles de 57 m). Le projet n'entraîne aucune modification de l'Ernée.

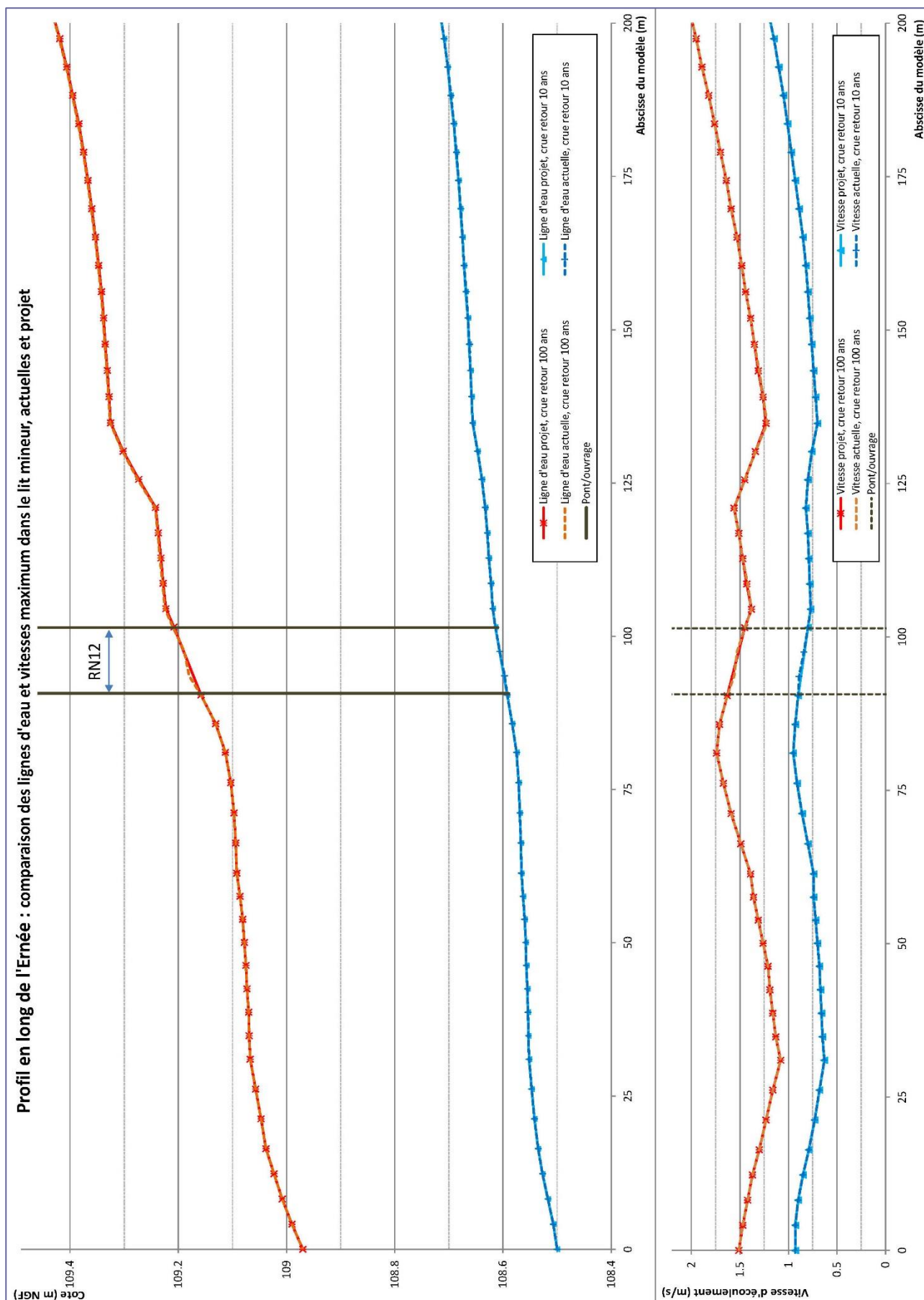


Vue en plan du viaduc projeté (source : Egis), avec report de la zone inondable centennale (hachures bleues)

IV.3.1 MODÉLISATION DU PROJET

Dans le modèle, nous avons considéré que les piles étant cylindriques, de diamètre 3,2 m. L'incidence est donc surestimée par le modèle.

Il apparaît que le projet n'aura aucune incidence sur la ligne d'eau aussi bien en crue décennale que centennale. Les vitesses d'écoulement sont identiques à celle actuelle.



V. RUISSEAU DE SEMONDIÈRES

V.1 CONSTRUCTION DU MODÈLE

Le modèle a été monté sur la base des levés topographiques et bathymétriques de la zone d'étude.

Le modèle représente localement l'écoulement autour du projet de déviation. De par la faible longueur du secteur d'étude et la concentration de l'écoulement dans un thalweg marqué et fortement penté, le modèle est de type monodimensionnel en régime permanent.

Le modèle ainsi monté est composé de :

- ◆ 8 profils en travers du fossé et du terrain naturel
- ◆ Une densification des profils en travers afin de bien estimer les conditions d'écoulements
- ◆ L'ouvrage de la Brimonière projeté

CONDITION AUX LIMITES, CALAGE DU MODÈLE

La condition d'entrée à l'amont est le débit de projet.

La condition aval a été estimée en prenant en considération la capacité de la buse aval (estimée à 240 l/s), qui permet le transit des eaux du ruisseau vers l'Ernée. Les débits de projet étant supérieur à cette capacité, il a été regardé la condition d'écoulement normale dans les champs, avec la pente du terrain naturel ($p=1\%$).

En l'absence de données de crues historiques et de données hydrométriques, le modèle a été monté en considérant des coefficients de rugosité classique : 10 pour les lits majeurs, 25 pour le lit mineur, 60 pour les ouvrages en béton et 33 pour le cheminement dans l'ouvrage mixte

V.2 MODÉLISATION, ÉTAT ACTUEL

Pour les deux crues, le busage aval (qui connecte le ruisseau à l'Ernée) ne permet pas le transit de la pointe de crue. Il y a donc une partie de l'écoulement qui surverse dans les champs. Cela entraîne un exhaussement de la ligne d'eau en aval.

En amont de la zone influencée par cette surverse (entre 20 et 25 m d'influence), l'écoulement est turbulent, oscillant entre régime fluvial et torrentiel.

Au droit du bâtiment agricole amont, l'écoulement atteint le mur du bâtiment.

Les vitesses d'écoulement sont de l'ordre de 1,5 à 1,75 m/s en crue décennale, 2,25 à 2,5 m/s en crue centennale.

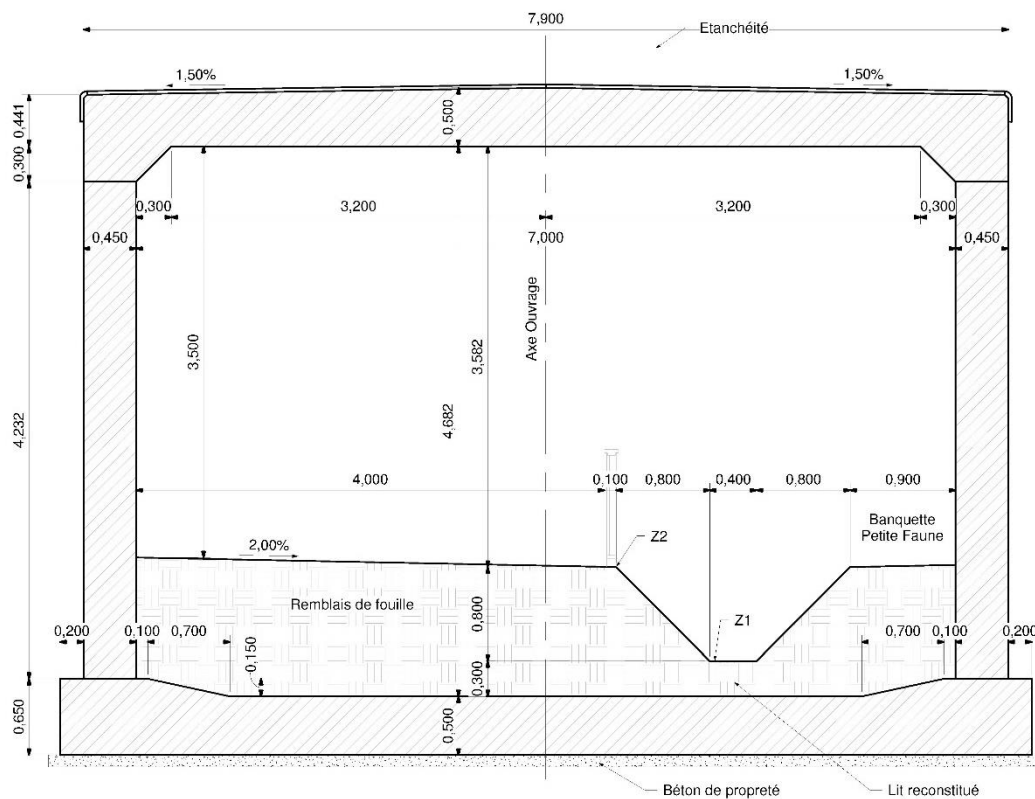
V.3 MODÉLISATION DU PROJET

V.3.1 OUVRAGE PROJETÉ

L'ouvrage projeté est un ouvrage mixte :

- ♦ La partie droite de l'ouvrage est réservée à la reconstitution du ruisseau, sur une largeur de 2,9 m
- ♦ La partie gauche de 4 m de large permet le cheminement agricole
- ♦ Un mur de 10 cm d'épaisseur sépare les deux parties.
Sans information sur l'amont et l'aval, il a été choisi que ce mur se prolonge en amont et en aval afin de garder hors crue le cheminement, tant que le niveau des crues n'atteint pas le haut du mur.

Soit un **ouvrage de 7 m** de large.



Coupe de l'ouvrage et du lit reconstitué (source : Egis – novembre 2023)

La position de l'ouvrage a été transmis par Egis :



Position de l'ouvrage projeté (source : Egis)

Cette position entraîne que le ruisseau sera prolongé de 5 m en aval de l'ouvrage, afin de raccrocher l'écoulement au ruisseau existant.

V.3.2 MODÉLISATION DU PROJET

Il apparaît que le projet n'aura aucune incidence sur la ligne d'eau aussi bien en crue décennale que centennale.

Les vitesses d'écoulement seront du même ordre qu'actuellement, et le projet n'aura aucune incidence sur les vitesses en amont et aval de l'ouvrage projeté. Ces vitesses seront de l'ordre de 2 à 2,25 m/s en crue décennale et 2,5 à 2,75 m/s en crue centennale.

