

Affaire suivie par :

Demandeur :

Justin Lecomte
Responsable d'études en hydraulique, environnement et
spécialiste en hydrogéologie
Service : Cerema HDF / DINFRAS / GPIA
Tél : +33 (0) 6 01 02 27 09
justin.lecomte@cerema.fr

DIR Nord / SPT
Chef du pôle Entretien Préventif
Gaëtan LEFEBVRE
[gaetan.lefebvre@developpement-
durable.gouv.fr](mailto:gaetan.lefebvre@developpement-durable.gouv.fr)

Alexandre Servier
Expert en assainissement routier
Service : Cerema HDF / DINFRAS / GPIA
Tél : +33 (0) 6 35 43 62 81
Alexandre.Servier@cerema.fr

Lille, le 11 juin 2025

Objet : Vérification du dimensionnement hydraulique de 2 buses métalliques à réparer à Vivier-Au-Court (08)

AVIS TECHNIQUE			
N°d'affaire :	25-HF-0001	N° PA :	1
Établi par :	Justin LECOMTE et Alexandre SERVIER		
Date d'émission :	11/06/25	Nombre total de pages :	28

Sigles

GTAR = Guide Technique sur l'Assainissement routier
GTPOR = Guide Technique sur la Pollution d'Origine Routière
LRPC = Laboratoire Régionale des Ponts et Chaussées
OH = Ouvrage Hydraulique

1. Contexte géologique

Stratigraphie

L'extrait de la carte géologique du BRGM est consultable sur l'*Illustration 1 ci-dessous*. Les bassins versants des 2 buses concernées comportent la stratigraphie géologique suivante (décrite des terrains sur les points haut vers les vallées au point bas) :

- I6a Argiles et calcaire gris (« Marnes à ovoïdes »)
- I5 Argiles et calcaire gris (« Marnes à ovoïdes »)
- I4b Alternances de calcaires argileux et de marnes sableuses (peu présent)
- CF Remplissage colluviale de vallées sèches (produit altération argiles)

Les formations d'altérations colluviales sont visibles sur un sondage d'archive du LRPC de Saint-Quentin. Elles sont composées de limons argileux sur une couche d'argiles plastiques

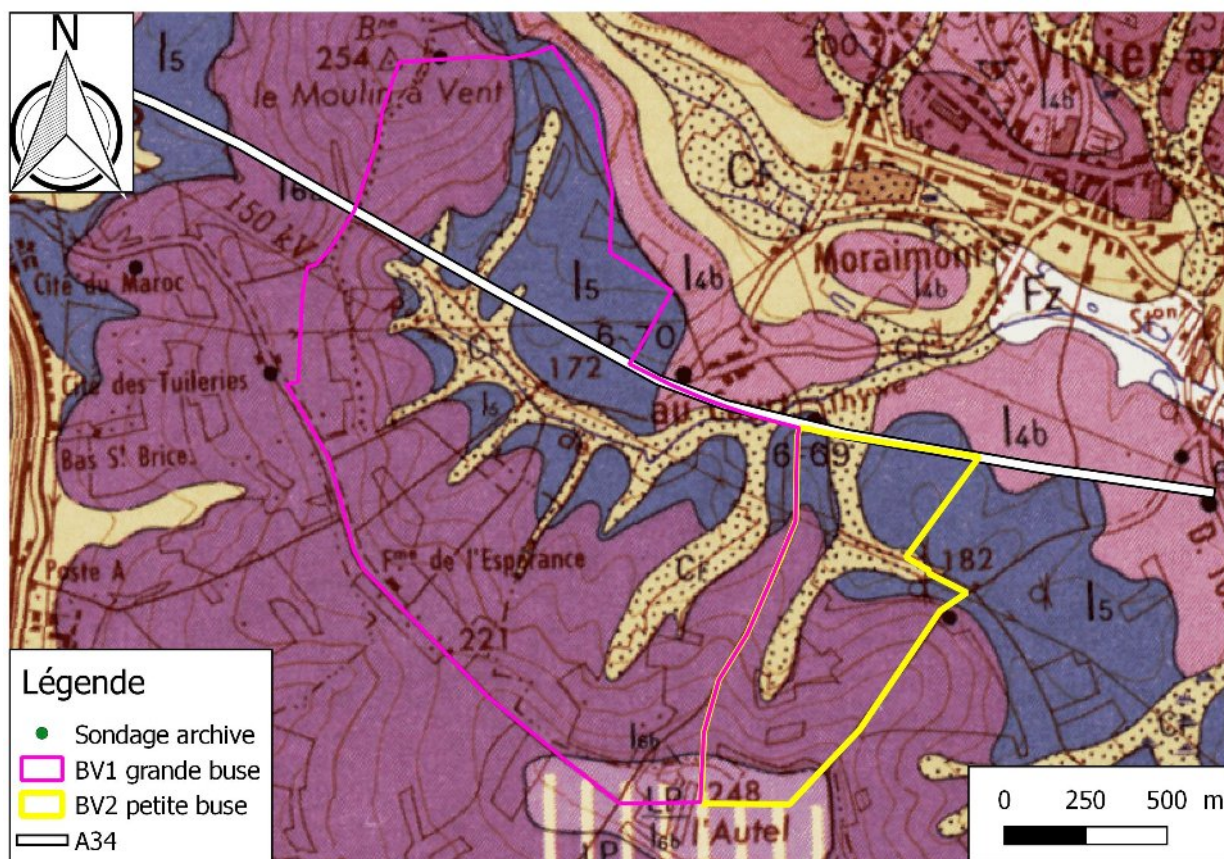


Illustration 1: Extrait de la carte géologique du BRGM au 1/50.000

Terrain argileux

D'après la stratigraphie, les terrains de surface sont à dominante argileuse. **Les coefficients de ruissellement du GTAR pour les terrains argileux seront considérés dans toute la suite.**

DÉPARTEMENT : ARDENNES Pièce n° 1

COMMUNE : VIVIER-au-Court Indice de classement : 69 6 69 GI

DÉSIGNATION : Chemin derrière au Court Cote du sol (z) = + 165,50

Coupe établie par laboratoire régional des Pts et Ch. de St-QUENTIN

Interprétation de : M.

	PROFONDEURS DE A	NATURE DES TERRAINS	INTERPRÉTATION	COTE DU TOIT
1	0,00 0,10	Terre végétale		
2	0,10 0,70	Limon sableux devenant de plus en plus argileux vers le bas	LIMONS	
3	0,70 1,40	Limon argileux passant progressivement à argile plastique	d'ALTERATION	
4	1,40 2,90	Argile plastique		
5	2,90 3,20	Banc de calcaire marneux altéré de couleur ocre jaune		
6	3,20 3,50	Limon argilo-sableux		
7	3,50 4,00	Marnes argileuses altérées très dures très compactée de couleur bleue et ocre jaune	CARIXIEN	
8	4,00 10,20	Marnes argileuses plastiques bleues légèrement sableuses	DOMERIEN ?	

Illustration 2: Sondage archive du LRPC de Saint-Quentin avant la création de l'A34

2. Constats de la visite terrain

**Visite du 26
novembre 2024**

Une visite terrain a été réalisée le 26 novembre 2024 en présence du Cerema et de la DIR Nord. L'*Illustration 3 ci-dessous* montre les réparations effectuées en urgence sur les deux buses concernées.



Illustration 3: Amont de la buse Ø1200 (au-dessus) et amont de la buse Ø800 (en-dessous)



Problématique des grilles

Des grilles sont visibles à l'amont des deux buses. **Ces grilles sont à supprimer car elles favorisent les embâcles.**

Problématique à l'aval

La question se pose d'agrandir ou non les ouvrages en les réparant de façon définitive. Il est donc nécessaire de voir les problématiques hydrauliques en aval. L'*Illustration 5 de la page suivante* détaille les ouvrages hydrauliques constatées à l'aval. Ils sont globalement de même capacité hydraulique voire légèrement moindres que les deux buses sous l'A34. Une des buses est même envasée : voir l'*Illustration 4 ci-dessous*.



Illustration 4: Buse béton Ø1200 envasée à l'aval

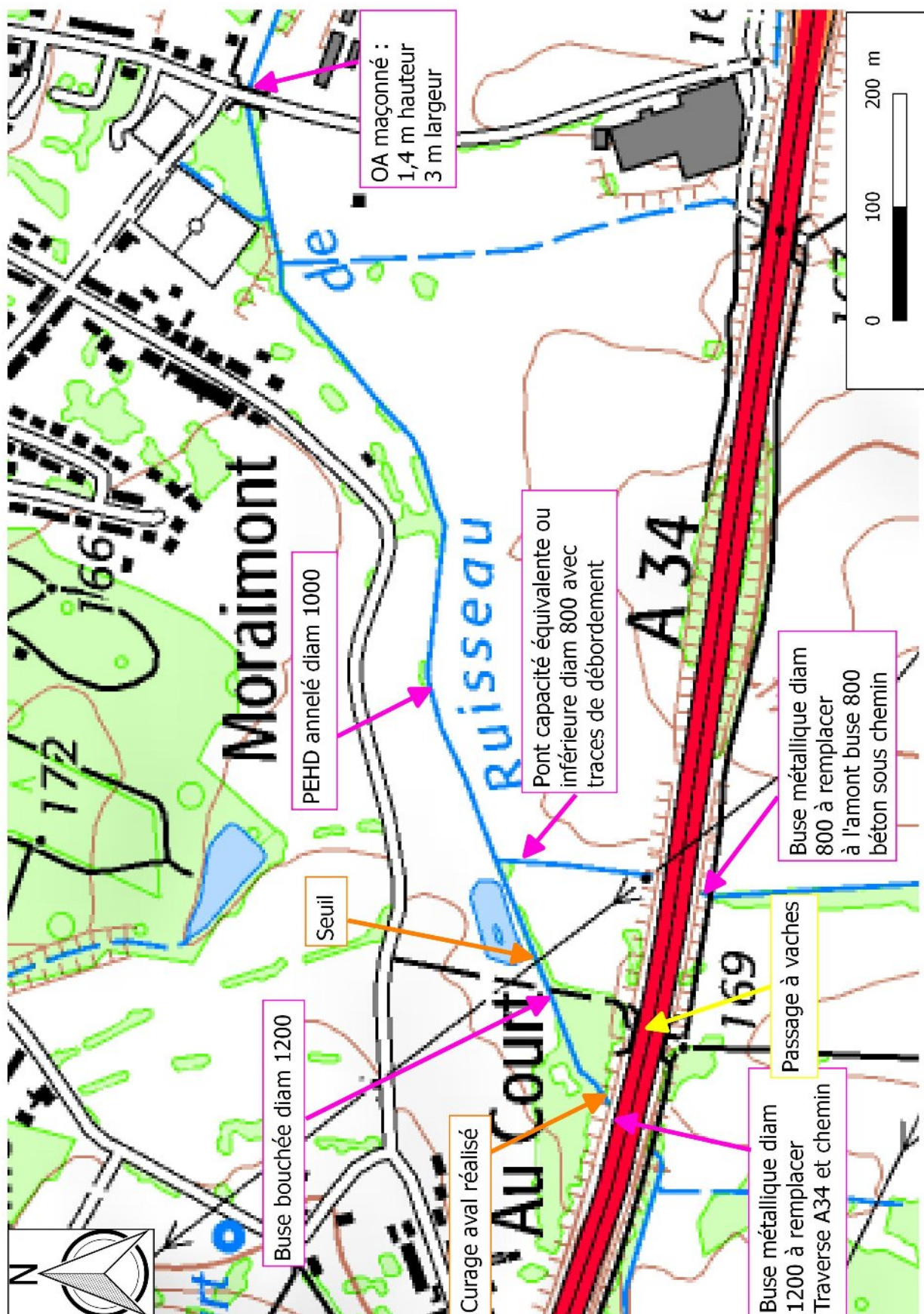


Illustration 5: Ouvrages hydrauliques repérés sur le terrain au niveau de l'A34 et en aval

3. Dimensionnement buse Ø1200

3.1. Caractéristiques du bassin versant

Caractéristiques utiles au dimensionnement

Le bassin versant de la buse Ø1200 est caractérisé sur l'*Illustration 6 ci-dessous* :

- une surface de 218 ha et un coefficient de ruissellement de 0,49 pour $T = 10$ ans (voir *Tableau 1 ci-dessous*) ;
- Une longueur hydraulique de 1900 m et un temps de concentration de 39,2 min (voir *Tableau 2 de la page suivante*).

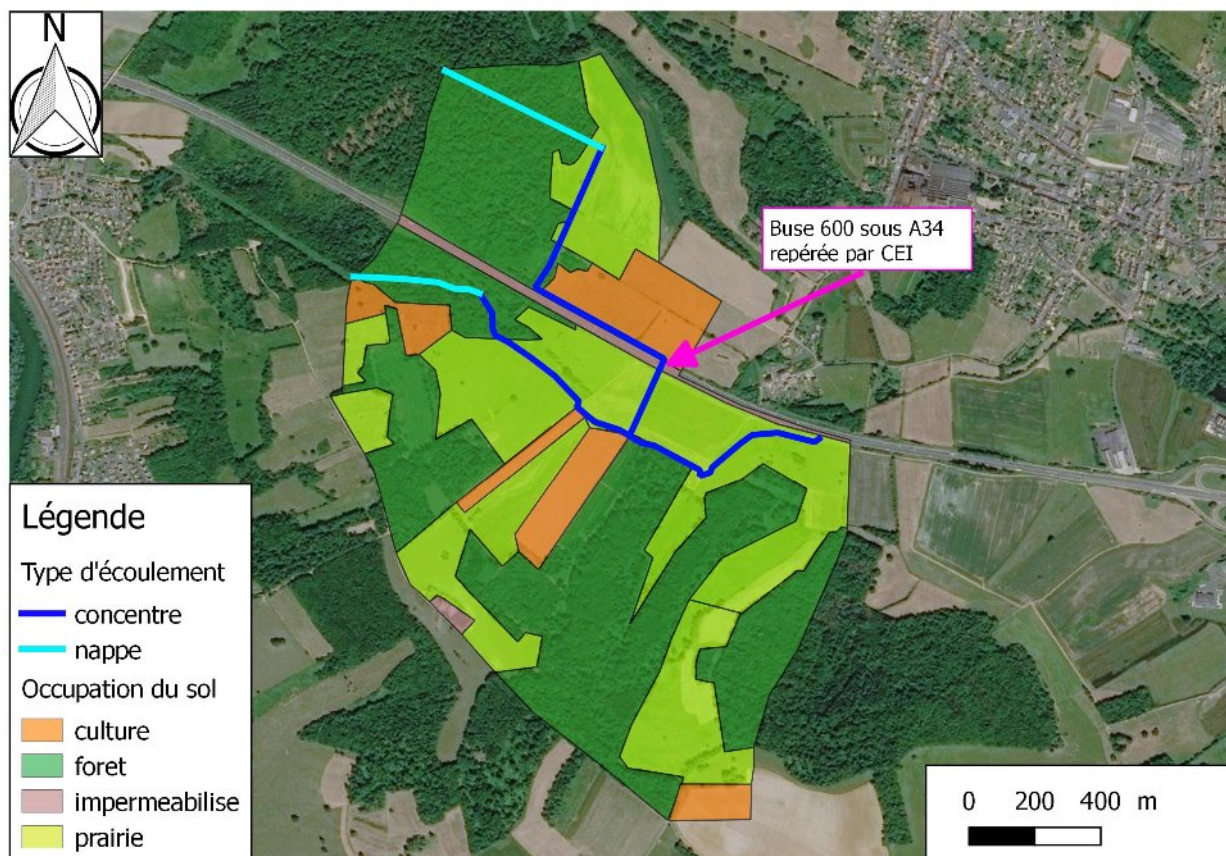


Illustration 6: Caractéristiques du bassin versant de la buse Ø1200

Tableau 1: Occupation du sol pour le bassin versant de la grande buse

Occupation sol	% sur BV de 218 ha	Pente	Coefficient de ruissellement $T = 10$ ans
Forêt	48 %	< 10 %	0,5
Prairie	11 %	< 10 %	0,55
Prairie	28 %	< 5 %	0,4
Culture	11 %	< 5 %	0,6
Imperméabilisé	2 %		1
TOTAL			0,49

Tableau 2 : Détermination du temps de concentration pour $T = 10$ ans

Sans compter la traversée hydraulique buse Ø600,

Écoulement	Longueur hydraulique	Pente	Vitesse	Temps
En nappe	390 m	10 %	0,44 m/s	14,77 min
Concentré	1360 m	1 %	1,5 m/s	15,11 min
			TOTAL	29,5 min

En comptant la traversée hydraulique buse Ø600 comme transparente,

Écoulement	Longueur hydraulique	Pente	Vitesse	Temps
En nappe	540 m	10 %	0,44 m/s	20,45 min
Concentré 1	500 m	3 %	2,6 m/s	3,2 min
Concentré 2	1400 m	1 %	1,5 m/s	15,55 min
			TOTAL	39,2 min RETENU

3.2. Évaluation du débit centennal

Transposition

Les caractéristiques du bassin versant décrites au paragraphe précédent ont été reprises pour réaliser les calculs de débit de crue de projet selon les formules du GTAR et les coefficients de Montana fournis par Météo France entre 1994 et 2021.

Tableau 3 : Transposition des caractéristiques pour $T = 100$ ans

Variables	Valeur
P0 rétention initiale	21,6 mm
P10 pluie journalière décennale	57,6 mm
P100 pluie journalière centennale	79,8 mm
C100 coefficient de ruissellement centennale	0,58
tc 100 temps de concentration centennal	35 min

Formule rationnelle

La détermination du débit centennal au niveau de la petite buse a été réalisée avec les coefficients de Montana fournis par Météo France entre 1994 et 2021 pour l'intervalle entre 15 min et 6 h.

Tableau 4 : Méthode rationnelle – calcul du débit du bassin versant de la buse Ø1200

Variables	Valeur	Commentaires
a	15,964	coefficients de Montana fournis par Météo France entre 1994 et 2021 pour l'intervalle entre 15 min et 6 h.
b	0,738	
Intensité pluviométrique pour tc 100	69,5 mm/h	
Q100 rationnelle	24,4 m³/s	Débit obtenu avec la méthode rationnelle
a	11,825	coefficients de Montana fournis par Météo France entre 1994 et 2021 pour l'intervalle entre 15 min et 6 h.
b	0,787	
Intensité pluviométrique pour tc 10	39,5 mm/h	
Q10 rationnelle	11,7 m³/s	Débit obtenu avec la méthode rationnelle
Rapport Q100/Q10	2,1	

Crupedix

Les terrains sont imperméables avec des zones où la pente est de 10 %. Ainsi, le coefficient régional retenu est de 1,8.

Le débit obtenu avec cette formule Crupedix est alors de 1,74 m³/s pour une période de retour de 10 ans.

En utilisant le rapport Q100/Q10 obtenu avec la formule rationnelle de 2,1, le débit centennal avec la méthode Crupédix serait de 3,6 m³/s.

Formule de transition

Comme le bassin versant a une surface comprise entre 1 et 10 km², la formule de transition est utilisée. Elle pondère les résultats de la méthode rationnelle et de la méthode Crupedix. Cela aboutit à un débit de crue centennal de 21,7 m³/s.

Tableau 5 : Détermination du débit du bassin versant de la buse Ø1200

Variables	Valeur	Commentaires
Q100	21,7 m³/s	Débit de dimensionnement centennal
GTAR vérification + 50 %	32,5 m³/s	Vérification capacité
SNCF Réseau + 80 %	39 m³/s	Vérification capacité avec changement climatique

3.3. Débit de projet pris en compte lors de la construction

Autres formules de calcul

Répondre à cette question est compliqué faute de disposer des notes de calcul de l'époque. Les photos transmises par la DIR Nord et la visite de terrain réalisée en novembre 2024 montrent que l'écoulement présente un lit mineur de faible largeur, assez peu marqué ce qui laisse supposer des débits de crue assez faibles. Le GTAR est postérieur à la création de l'ouvrage. Lors de la construction, d'autres méthodes ont pu être utilisées, comme la méthode rationnelle avec une autre méthode d'estimation des temps de concentration telle que décrite dans la RAR de 1982, la méthode CRUPEDIX seule, ou encore les méthodes SOGREAH et SOCOSE.

Pour rappel, la méthode Crupédix aboutit à un débit décennal de 1,75 m³/s mais avec un coefficient R plus élevé que ce que la carte de la méthode proposait (R=1 au lieu de 1,8).

En outre, d'anciennes cartes conduisaient à considérer une valeur de Q100 égale à 1,5 à 1,6xQ10 dans le nord de la France, bien que la RAR préconise un rapport de 2 en l'absence de données locales.

En considérant une pluviométrie moyenne annuelle à Charleville-Mézières de 928,4 mm et une température moyenne annuelle de 9,9°C issues des observations, il vient avec ces méthodes :

Tableau 6 : Détermination des débits de crue du bassin versant au droit de la buse Ø1200

Méthode	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)
Rationnelle (RAR82)	5,5	8,2 à 11
CRUPEDIX (R=1)	0,97	1,5 à 1,9
SOGREAH	1,3	1,9 à 2,6
SOCOSE	1,4	2,1 à 2,8

Débit probable retenu à l'époque

Au vu de ces résultats, les concepteurs de l'époque ont pu retenir un débit de projet de l'ordre de 1,5 à 2,8 m³/s en excluant la méthode rationnelle. Il pouvait aussi arriver antérieurement à 1982 de dimensionner l'ouvrage pour un débit décennal.

Les abaques simplifiées de la RAR de 1982 suggèrent que l'ouvrage pouvait évacuer environ 1,8 m³/s dans des conditions satisfaisantes, et au maximum un peu plus de 3 m³/s avec une hauteur d'eau amont importante (2*Ø), ce qui n'est pas recommandé pour une buse métallique.

3.4. Enjeux pour le dimensionnement du nouvel ouvrage

Ne pas aggraver les inondations en aval

La buse existante joue un rôle de protection contre les inondations pour les habitants de Vivier-au-Court car elle limite le débit pouvant transiter par l'ouvrage hydraulique et favorise le laminage de crues exceptionnelles en inondant les terres en amont de l'ouvrage. Assurer une totale transparence hydraulique vis-à-vis des débits obtenus par utilisation des formules de calcul du GTAR est à éviter de ce point de vue. Les terrains en amont du rétablissement présentent des enjeux faibles vis-à-vis d'inondations temporaires.

Laisses de crues ?

Les photographies prises par le géomètre le 3 mars 2025 suggèrent une laisse de crue au niveau de la tête amont de la buse, avec une hauteur d'eau d'environ 1 m au-dessus de la génératrice supérieure de l'ouvrage. Ces dépôts n'avaient pas été observés lors de la visite de terrain du 26/11/2024, comme le montre les *illustrations 7a et 7b*. La presse mentionne des problèmes d'inondations de plusieurs RD dans le département des Ardennes du 5 au 10 janvier 2025, la RD105 proche de la zone d'études aurait ainsi été inondée en aval de la zone d'étude. Renseignements pris, la DIR indique que les dépôts sont issus des opérations journalières d'enlèvement des dépôts piégés au niveau des grilles et qu'aucune mise en charge des ouvrages n'a été observée par l'exploitant.



Illustration 7: Tête de l'ouvrage 1200 (26/11/2024 à gauche, 3/3/2025 à droite)

Enjeux environnementaux

Le service de la police de l'eau demande de prendre en compte les enjeux liés à la faune piscicole et à la petite faune.

Vis-à-vis de l'enjeu piscicole, cela conduit à enterrer le radier au minimum de 30 cm par rapport au fond du cours d'eau. Des barrettes dans l'ouvrage sont à envisager pour maintenir les sédiments en place, avec des cascadelles de 10 cm de dénivelée au maximum par exemple.

La pose d'une banquette pour la petite faune limitera la capacité hydraulique de l'ouvrage. La banquette doit présenter une hauteur d'environ 50 cm par rapport au fond du cours d'eau pour assurer le franchissement à pied sec lors des débits courants du ruisseau. Elle doit aussi si possible présenter une largeur de 50cm et dégager un gabarit de 70 cm en référence à la note d'information n°96 du Sétra, Petits ouvrages hydrauliques et continuités écologiques.

Seuil à l'aval Il convient de noter la présence d'un seuil infranchissable pour la faune piscicole en aval de la buse Ø1200 sous l'A34. La position du seuil est repérée sur le plan de situation à l'*Illustration 5* page 6.

Une action sur l'ouvrage hydraulique aura peu d'utilité si ce seuil n'est pas arasé à terme ou aménagé pour assurer la circulation des poissons (rampe, cascadelles).



Illustration 8: Seuil à l'aval de la buse Ø1200 de l'A34

3.5. Modélisation de la buse actuelle

Caractéristiques de l'ouvrage

Les données sont issues du lever topographique réalisé par la DIR Nord sur la zone d'étude, sauf le diamètre de la buse, ce dernier étant incohérent par rapport au diamètre indiqué par la DIR Nord :

- buse métallique diamètre 1200 mm,
- longueur 58,7 m,
- pente : 0,68 %.

La pente hydraulique en aval de la buse est d'environ 0,43 % d'après le lever topographique.

Le nouvel ouvrage pourrait donc être posé à une pente un peu plus faible de manière à être plus proche de la pente du cours d'eau, mais il n'a pas été constaté de chute d'eau en amont ou en aval de l'ouvrage.

Hypothèses de la modélisation simplifiée sous HY8

Un coefficient de Manning-Strikler de 35 a été pris en compte comme recommandé pour les buses métalliques.

Le cours d'eau a été modélisé suivant un profil en travers du cours d'eau et des terrains avoisinants levé environ 12 m en aval de l'ouvrage. Le coefficient du lit mineur a été pris égal à 15 afin de retrouver au mieux la ligne d'eau du lever en aval de l'OH. Le géomètre n'a pas relevé les ouvrages repérés en aval de l'A34.

En supposant la buse métallique posée à 0,68 %, il vient pour le ruisseau un débit d'environ 170 l/s pour retrouver la hauteur d'eau levée en amont de l'ouvrage. Ce débit semble surestimé, la grille et les débris végétaux gênant sans doute l'écoulement.

Un débit de 1,5 m³/s conduit à une hauteur d'eau dans l'ouvrage dépassant légèrement les règles de l'art (*Illustration 9*). En effet, il vient $y_n=1,00\text{m}$ pour ce débit. Pour respecter $y_n < 0,75 \cdot \varnothing$ comme demandé par le GTAR, cela conduit à un débit de crue de 1,35 m³/s.

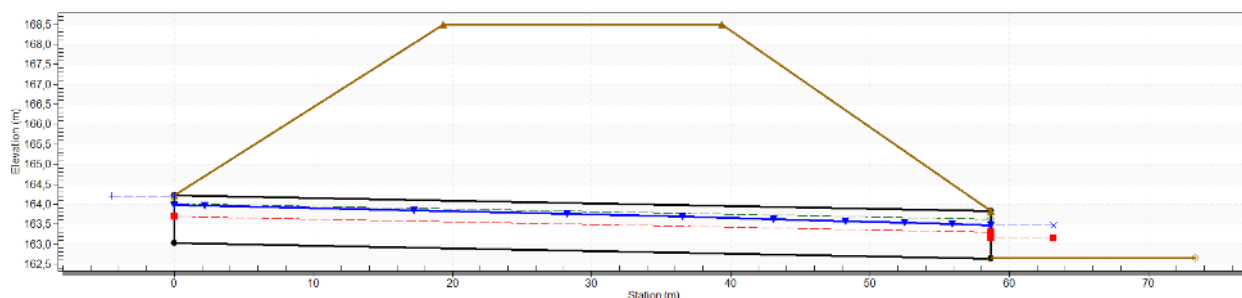


Illustration 9: Ouvrage hydraulique Ø1200 – Q=1,5 m³/s

Débit de fonctionnement correct

A ce débit de 1,5 m³/s, l'ouvrage n'est pas en charge mais il présente un tirant d'air faible.

Il fonctionne dans des conditions plus correctes vis-à-vis du GTAR pour un débit de crue d'environ 1,35 m³/s (*Illustration 10 ci-après*).

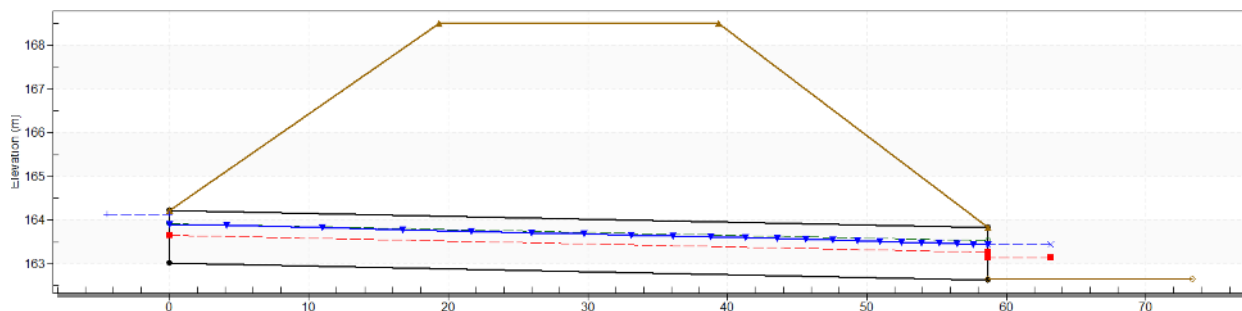


Illustration 10: Ouvrage hydraulique Ø1200 – $Q=1,35 \text{ m}^3/\text{s}$

Débit de crue 1,8 m³/s

D'anciens abaques permettant de dimensionner des buses métallique dans la RAR de 1982 conduisent à un débit de projet d'environ $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ pour limiter la hauteur amont à 1,2 fois le diamètre de la buse. L'ouvrage est légèrement en charge au niveau de la tête amont pour ce débit.

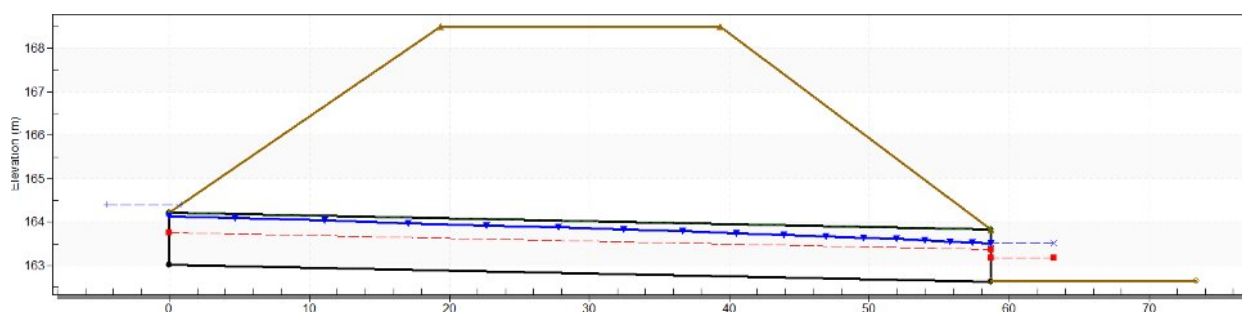


Illustration 11: Ouvrage hydraulique Ø1200 – $Q=1,8 \text{ m}^3/\text{s}$

Analyse - conclusion

Cet ouvrage permet donc d'évacuer des débits relativement faibles (hypothèse inférieure au débit centennal Crupedix avec $R=1$ et $Q_{100}/Q_{10} = 1,5$).

Vu son ancienneté, il peut toutefois être supposé qu'il permet d'évacuer le débit de crue décennal Q_{10} ce qui confirme que la méthode rationnelle surestime ici le débit du bassin versant naturel.

Afin de prendre en compte les aspects environnementaux demandés par la police de l'eau, le diamètre devra être augmenté, ce qui améliore la capacité de l'ouvrage mais peut limiter le laminage de la crue vers l'aval de l'A34. La ligne d'eau en amont ne doit pas si possible être trop abaissée.

Prendre en compte un débit de projet exceptionnel d'environ $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ semble raisonnable pour vérifier le fonctionnement du nouvel ouvrage vis-à-vis des anciennes méthodes de dimensionnement.

Il est proposé de retenir les débits suivants pour la modélisation du nouvel ouvrage :

$Q_{10} = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$,

$Q_{100} = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Un ouvrage de diamètre identique mais lisse permettrait d'augmenter la capacité de l'ouvrage et donc d'évacuer des débits de crue plus conséquents avec ce raisonnement empirique. Attention toutefois aux risques d'érosion en aval avec la création d'un ressaut hydraulique lié à l'accélération des écoulements dans la buse.

Dans le cas du remplacement de l'ouvrage par une buse de plus grand diamètre ou

un cadre, il conviendra d'approfondir l'ouvrage pour que le radier soit environ 30 cm sous le fond du cours d'eau pour assurer la circulation des poissons.

Vis-à-vis de ces fonctions environnementales, il est proposé d'étudier la fonctionnalité du nouvel ouvrage pour les débits suivants :

$Q_{\text{moyen}} = 100 \text{ l/s}$

$Q_{\text{étiage}} = 13 \text{ l/s}$.

Fautes de données sur l'écoulement existant en amont de l'ouvrage, ces débits ont été estimés en se basant sur les données hydrologiques disponibles de la Bar à Cheveuges et présentent donc une incertitude importante.

3.6. Modélisation de l'ouvrage projeté

Caractéristiques de l'ouvrage

La buse métallique est remplacée par une buse installée en majeure partie par fonçage sous l'A34, légèrement décalée par rapport à l'ouvrage existant. Elle présentera un radier un approfondi de 30cm par rapport au fond du cours d'eau :

- buse béton diamètre 1500 mm,
- radier enterré de 30 cm,
- longueur : 67,6 m,
- cote radier amont : 163,10 m
- cote radier aval : 162,62
- pente projetée : 0,62 %,
- $K = 80$ pour les parois, $K=25$ pour le fond reconstitué,
- têtes avec murs en aile ($K_e = 0,5$).

Résultats de la modélisation

La buse béton de 1500 mm de diamètre posée 30 cm plus bas que la buse existante améliore sensiblement la situation existante vis-à-vis de l'écoulement des crues à cause d'une section hydraulique accrue. Elle présente toutefois l'inconvénient de moins laminar d'éventuelles crues exceptionnelles vers l'aval. Les pertes de charge à l'entonnement sont réduites avec l'emploi de murs en aile par rapport à la buse actuelle. L'ouvrage abaisse les lignes d'eau en amont de l'A34 pour les crues les plus fortes et présente une capacité hydraulique améliorée par rapport à la buse existante.

Il convient de noter que l'ouvrage est un peu plus long que l'ouvrage initial ce qui explique des niveaux d'eau en amont de l'ouvrage projeté un peu plus élevés pour les faibles débits.

Tableau 7 : Détermination des cotes d'eau en amont de la buse

Cotes d'eau amont	État initial	1500 mm radier enterré	Hauteur d'eau normale dans l'ouvrage (cm)
$Q = 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$	163,11 m	163,23 m	3
$Q = 0,10 \text{ m}^3/\text{s}$	163,29 m	163,29 m	12
$Q = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$	164,04 m	163,86 m	54
$Q = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$	164,40 m	164,08 m	70

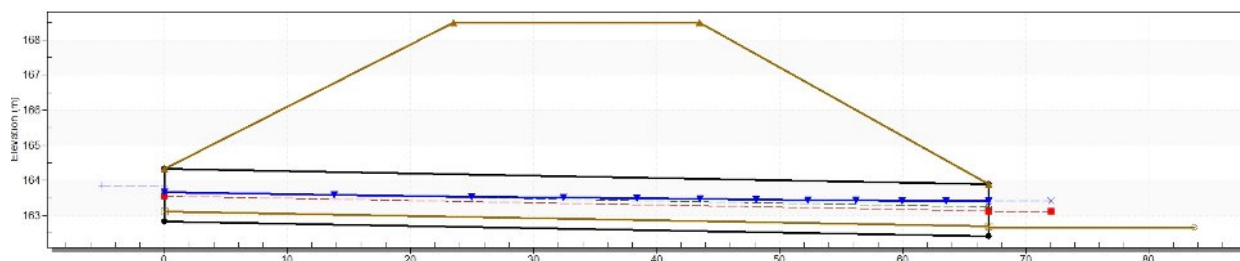


Illustration 12: Ouvrage hydraulique Ø1500 – $Q_{10}=1,2 \text{ m}^3/\text{s}$

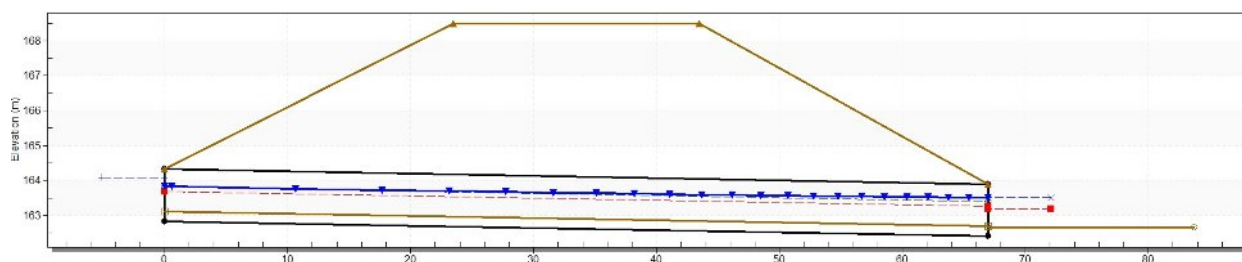


Illustration 13: Ouvrage hydraulique Ø1500 – $Q_{100}=1,8 \text{ m}^3/\text{s}$

Enjeux environnementaux

Le débit moyen ou inter-annuel est compatible avec la nage des poissons, la vitesse étant par ailleurs de l'ordre de 0,3 m/s dans l'ouvrage à ce débit.

Pour le débit d'étiage considéré (Q_{MNA5}), la hauteur d'eau théorique dans l'ouvrage est faible (3 cm) et a priori incompatible avec la nage de la plupart des poissons. A titre de comparaison, l'ouvrage actuel présente une hauteur d'eau théorique de 8 cm.

Des barrettes avec des échancrures sont proposées pour augmenter les hauteurs d'eau pour les débits faibles dans l'ouvrage. L'objectif est de viser grâce à ces dispositifs une hauteur d'environ 10 cm et de limiter les chutes entre barrettes à 5 cm environ.

Il est proposé d'équiper l'ouvrage de 11 barrettes régulièrement espacées, munies d'échancrures triangulaires de 60 cm de largeur et de 10 cm de hauteur de manière à avoir un tirant d'eau d'environ 10 cm en étiage (calculs basés sur la formule de Kindsvater et Carter).

La pleine fonctionnalité écologique de ce cours d'eau pour les faibles débits suppose toutefois que le seuil en l'aval de l'autoroute soit arasé ou remplacé par de petites chutes d'eau.

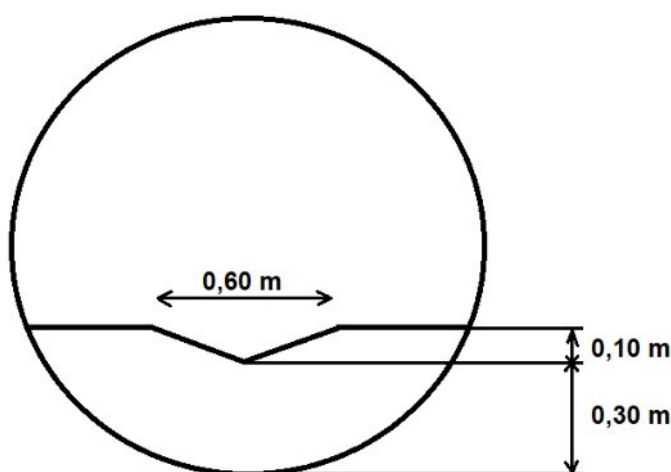


Illustration 14: Schéma de principe d'une barrette pour la buse 1500

Caractéristiques des têtes d'ouvrage

Il est recommandé de respecter les dimensions suivantes pour les têtes avec murs en aile :

Tableau 8 : Détermination des cotes d'eau en amont de la buse

Dimension de l'ouvrage hydraulique	Longueur du radier des têtes d'ouvrages	Hauteur des murs para-fouilles aux extrémités
1500 mm	2,2 m	0,8 m

4. Dimensionnement buse Ø800

4.1. Caractéristiques du bassin versant

Caractéristiques utiles au dimensionnement

Le bassin versant de cette buse est caractérisé sur l'*Illustration 15 ci-dessous* :

- une surface de 54 ha et un coefficient de ruissellement de 0,5 pour $T = 10$ ans (voir *Tableau 9 ci-dessous*) ;
- Une longueur hydraulique de 1320 m et un temps de concentration de 30,5 min (voir *Tableau 10 de la page suivante*).

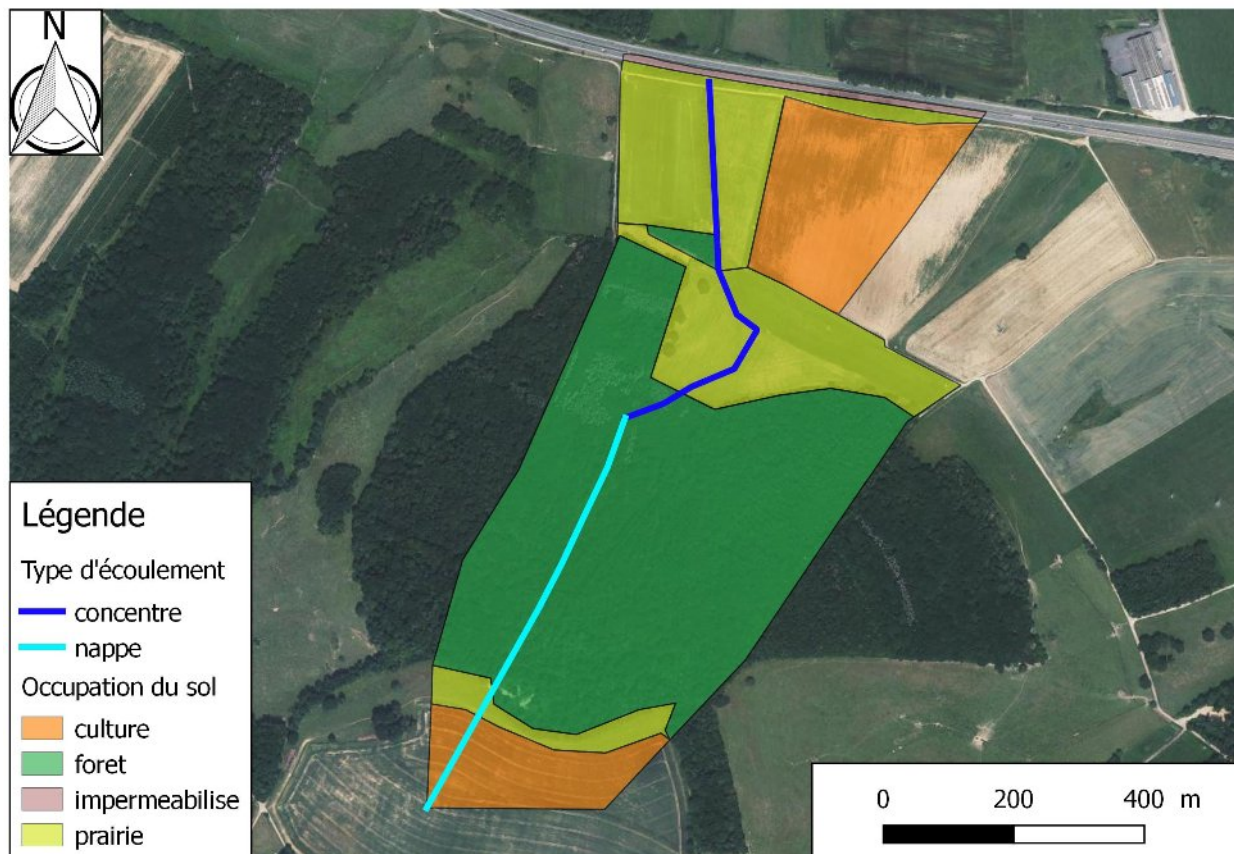


Illustration 15: Caractéristiques du bassin versant de la petite buse

Tableau 9 : Occupation du sol pour le bassin versant de la petite buse

Occupation sol	% sur BV de 54 ha	Pente	Coefficient de ruissellement $T = 10$ ans
Forêt	53 %	< 10 %	0,5
Prairie	27 %	< 5 %	0,4
Culture	19 %	< 5 %	0,6
Imperméabilisé A34	1 %		1
TOTAL			0,5

Tableau 10 : Détermination du temps de concentration pour $T = 10$ ans

Écoulement	Longueur hydraulique	Pente	Vitesse	Temps
En nappe	670 m	10 %	0,44 m/s	25,38 min
Concentré	650 m	2 %	2,1 m/s	5,16 min
			TOTAL	30,5 min

4.2. Évaluation du débit centennal

Transposition

La transposition des caractéristiques du bassin versant décrites au paragraphe précédent a été réalisée selon les formules du GTAR et les coefficients de Montana fournis par Météo France entre 1994 et 2021.

Tableau 11 : Transposition des caractéristiques pour $T = 100$ ans

Variables	Valeur
P0 rétention initiale	21,6 mm
P10 pluie journalière décennale	57,6 mm
P100 pluie journalière centennale	79,8 mm
C100 coefficient de ruissellement centennale	0,58
tc 100 temps de concentration centennal	27,3 min

Formule rationnelle

La détermination du débit centennal au niveau de la petite buse a été réalisée avec les coefficients de Montana fournis par Météo France entre 1994 et 2021 pour l'intervalle entre 15 min et 6 h.

Tableau 12 : Détermination du débit du bassin versant de la petite buse

Variables	Valeur	Commentaires
a	15,964	coefficients de Montana fournis par Météo France entre 1994 et 2021 pour l'intervalle entre 15 min et 6 h.
b	0,738	
Intensité pluviométrique pour tc 100	83,4 mm/h	
Q100	7,3 m³/s	Débit de dimensionnement centennal
GTAR vérification + 50 %	11 m³/s	Vérification capacité
SNCF Réseau + 80 %	13,3 m³/s	Vérification capacité avec changement climatique

4.3. Débit de projet pris en compte lors de la construction

Autres formules de calcul

Le bassin versant alimentant la buse métallique 800mm étant de surface inférieure à 1 km², seule la méthode rationnelle est a priori applicable, le domaine de validité des formules de SOGREAH et SOCOSE et étant plus élevés d'après leurs auteurs (1 et 2 km²).

Toutefois, le fascicule de présentation de la méthode de CRUPEDIX de 1980 ne propose pas de borne inférieure pour cette méthode, mais avertit l'utilisateur que l'incertitude sera plus importante pour les surfaces de moins de 10 km².

Une valeur de R=1 a été retenue, conformément à la carte annexée en 1980.

Le débit SOGREAH en considérant par excès une surface du bassin versant de 1 km² a aussi été déterminé à titre de comparaison.

Tableau 13 : Détermination des débits décennaux du bassin versant au droit de la buse Ø800

Méthode	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)
Rationnelle (RAR82)	1,8	2,7 à 3,6
CRUPEDIX (R=1)	0,32	0,48 à 0,64
SOGREAH (S=1km ²)	0,70	1,1 à 1,4

Débit probable retenu à l'époque

Le débit CRUPEDIX et SOGREAH sont bien plus faibles que la méthode rationnelle de la RAR82, seul ces derniers semblent compatibles avec l'ouvrage en place.

4.4. Enjeux pour le dimensionnement du nouvel ouvrage

Ne pas aggraver les inondations en aval

La buse existante joue aussi un rôle de protection contre les inondations pour les habitants de Vivier-au-Court car elle limite le débit pouvant transiter par l'ouvrage hydraulique et favorise le laminage de la crue en inondant les terres en amont de l'ouvrage. Assurer une totale transparence hydraulique vis-à-vis des débits obtenus par utilisation des formules de calcul du GTAR est à éviter de ce point de vue. Les terrains en amont du rétablissement présentent des enjeux faibles vis-à-vis d'inondations temporaires.

Laisses de crues ?

La photographie prise par le géomètre le 3 mars 2025 suggère une laisse de crue au niveau de la tête amont de la buse (broussailles sur la partie supérieure de la grille, bois flottants déposés sur les enrochements). Ces dépôts n'avaient pas été observés lors de la visite de terrain du 26/11/2024, comme le montre les *illustrations 16a et 16b*. Renseignements pris auprès de la DIR, à nouveau ces dépôts résultent des opérations de nettoyage de la grille en amont de l'ouvrage. L'exploitant n'a pas observé de mise en charge de l'ouvrage lors des inondations de janvier 2025.



Illustration 16: Tête de l'ouvrage 800 (26/11/2024 à gauche, 3/3/2025 à droite)

Tête aval

L'ouvrage est en eau sur une hauteur assez conséquente. Le lit mineur aval s'est sans doute envasé depuis la construction de l'ouvrage. Le lit mineur semble s'être légèrement érodé juste en aval de l'ouvrage. Le remplacement de l'ouvrage par un matériau plus lisse accélérera les écoulements et nécessitera sans doute une protection du lit mineur en aval de l'ouvrage.



Illustration 17: Ouvrage hydraulique Ø800 – Tête aval

Enjeux environnementaux

En aval de l'ouvrage, ce petit cours d'eau n'a pas de lit mineur bien marqué et il se perd à plusieurs reprises dans la végétation en aval de l'ouvrage. Le débit lors de la visite de novembre 2024 était extrêmement faible. De plus, la buse est proche de la source de ce petit cours d'eau et aucun poisson n'a été observé. Il ne semble pas utile de concevoir un ouvrage assurant une continuité piscicole.

4.5. Dimensionnement de la buse

Caractéristiques de l'ouvrage

Les données prises en hypothèses sont issues des données fournies par la DIR Nord et le levé topographique des ouvrages de mars 2025 :

- buse métallique diamètre 800 mm,
- longueur 48,2 m,
- pente OH : 0,0164 m/m.

La pente levée par le géomètre est plus faible que celle issue de l'inspection télévisuelles de l'ouvrage (2,7 % environ). Le fond de la buse au-delà d'une longueur de 45 m s'est soulevé.

Par application de la formule de Manning-Strickler, l'OH présente un débit capable d'un peu moins de 0,8 m³/s. Cet ouvrage permettrait ainsi de faire passer le débit centennal calculé avec la méthode CRUPEDIX ou le débit décennal calculé avec l'abaque SOGREAH.

Les abaques de la RAR de 1982 suggèrent la prise en compte d'un débit de crue de 0,4 à 0,6 m³/s. Avec une hauteur d'eau en amont maximale autorisée de 2Ø un débit maximal de 1,1 m³/s, soit le débit SOGREAH centennal fourchette basse.

Hypothèses de modélisation

Un coefficient de Manning-Strickler de 35 a été pris en compte pour l'OH. La modélisation a été réalisée pour une buse 800mm de 48,2 m de longueur posée à une pente de 1,64 %. La buse est soumise à une réaction aval, la hauteur d'eau en aval est en effet 40 cm au-dessus du radier même lors de débits très faibles.

La pente de l'écoulement à l'aval de l'ouvrage hydraulique est de 0,7 % environ selon le lever topographique.

Le lever topographique est très imprécis au niveau du profil en travers de l'écoulement. Le profil en travers du cours d'eau en aval de l'OH a été établi au mieux dans le modèle suivant les données disponibles. La largeur en eau est d'environ 1m avec une hauteur d'eau d'environ 30 cm par endroits selon le lever. La visite de terrain a montré que l'écoulement était fort encombré par la végétation, avec un lit parfois très peu marqué jusqu'à la confluence avec le ruisseau de Thywé.

Résultats de la modélisation sous HY8

L'ouvrage fonctionne dans des conditions relativement satisfaisantes pour des débits de projet de 0,48 à 0,64 m³/s. Une réaction aval est observée pour l'ouvrage, liée à un lit mineur peu marqué qui se perd dans la végétation et qui s'est peut-être envasé depuis la construction de la buse. Elle conduit à une mise en charge partielle de l'ouvrage. Les vitesses d'écoulements restent bien inférieures à 2,5 m/s comme demandé pour les buses métalliques.

La cote d'eau amont levée par le géomètre lors de son travail correspondrait à un débit d'environ 40 l/s. Ce débit semble toutefois trop important par rapport à la photographie remise avec le lever. Cela suggère des pertes de charges liées à un petit embâcle à la grille en amont de l'ouvrage.

Le débit atteint en amont de la buse avec une mise en charge importante (environ 2 fois la hauteur de l'OH) est légèrement supérieur à 1 m³/s. La modélisation sera effectuée pour un débit de 1,1 m³/s correspondant au débit centennal obtenu par la méthode SOGREAH.

L'ouvrage fonctionne en régime fluvial comme l'écoulement en aval mais s'approche du régime critique pour les débits faibles.

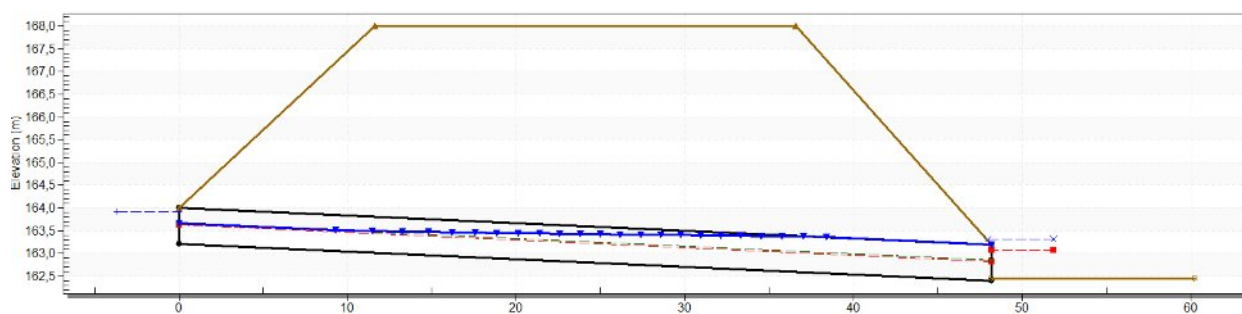


Illustration 18: Ouvrage hydraulique Ø800 – $Q=0,48 \text{ m}^3/\text{s}$

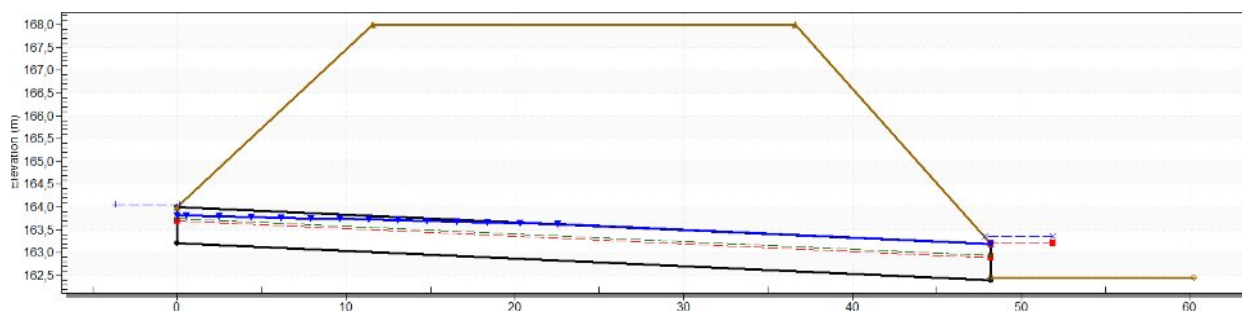


Illustration 19: Ouvrage hydraulique Ø800 – $Q=0,64 \text{ m}^3/\text{s}$

Analyse - conclusion

Cet ouvrage permet d'évacuer des débits faibles (hypothèse dimensionnement centennal Crupedix avec $R=1$, ou SOGREAH 10 ans).

Ici aussi, vu son ancienneté et sans débordements relevés de la part de l'exploitant, il peut être supposé qu'elle permet d'évacuer au moins Q_{10} , ce qui confirme que la méthode rationnelle surestime ici le débit du bassin versant naturel.

Il est proposé de retenir les débits suivants pour la modélisation du nouvel ouvrage :

$$Q_{10} = 0,48 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$Q_{100} = 0,64 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Il conviendra d'étudier un calage d'une nouvelle buse avec une pente moins prononcée, la tête aval étant à moitié sous l'eau dans la configuration actuelle.

Vis-à-vis des fonctions environnementales, il est proposé d'étudier la fonctionnalité du nouvel ouvrage pour les débits suivants :

$$Q_{\text{moyen}} = 40 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{étiage}} = 5 \text{ l/s}.$$

Fautes de données sur l'écoulement existant en amont de l'ouvrage, ces débits ont été estimés en se basant sur les données hydrologiques disponibles de la Bar à Cheveuges et présentent donc une incertitude importante.

4.6. Modélisation de l'ouvrage projeté

Caractéristiques de l'ouvrage

Pour que le nouvel ouvrage hydraulique fonctionne si possible en régime fluvial comme le demande le GTAR vu l'écoulement en aval de l'ouvrage et éviter un ressaut hydraulique, il faut à la fois augmenter la rugosité de l'ouvrage (radier enterré, barrettes) et abaisser la pente du nouvel ouvrage de manière à essayer de respecter au mieux la pente de l'écoulement en aval de 0,7%. Un approfondissement du radier est d'autre part réalisé pour permettre le passage des poissons.

- buse béton diamètre 1200 mm,
- radier enterré de 30 cm,
- cote radier amont 163,10 m,
- cote radier aval 162,62 m,
- longueur : 48,63 m,
- pente : 0,99 %,
- $K = 80$ pour les parois de la buse,
- têtes avec murs en aile ($K_e = 0,5$).

Résultats de la modélisation

Une buse béton de 1200 mm de diamètre améliore sensiblement la situation existante vis-à-vis de l'écoulement des crues à cause de sa section plus importante. Elle présente toutefois l'inconvénient de moins laminer les crues importantes à l'aval.

La rugosité de l'ouvrage étant plus forte à cause du fond naturel et d'une pente plus faible, la buse fonctionne en régime fluvial, sans ressaut hydraulique en aval de l'ouvrage.

Cette solution permet de respecter au mieux les principes de dimensionnement du GTAR vis-à-vis des régimes d'écoulement et du dimensionnement pour la crue « SOGREAH » centennale.

Il faudra prévoir des barrettes de 30 cm de hauteur dans l'OH de manière à maintenir les sédiments en place à long terme.

Les hauteurs d'eau en amont plus importantes en amont de l'ouvrage sont liées à la prise en compte de l'ouvrage sous le chemin agricole en amont immédiat de l'autoroute, qui présentait une petite chute. Cette prise en compte conduit à relever légèrement le fond du cours d'eau situé entre les deux ouvrages mais est sans incidence sur le fond de l'écoulement en amont du chemin agricole.

Le petit décroché entre la buse et le fond de l'écoulement en aval visible sur les schémas ci-après est lié à la présence d'une fosse d'érosion en aval de l'ouvrage, le fond du cours d'eau remonte plus en aval.

Tableau 14 : Détermination des cotes d'eau en amont de la buse

Cotes d'eau amont	État initial	1200 mm radier enterré	Hauteur d'eau dans l'ouvrage projeté
$Q = 0,005 \text{ m}^3/\text{s}$	163,28 m	163,47 m	2 cm
$Q = 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$	163,40 m	163,51 m	8 cm

Cotes d'eau amont	État initial	1200 mm radier enterré	Hauteur d'eau dans l'ouvrage projeté
$Q = 0,48 \text{ m}^3/\text{s}$	163,92 m	163,88 m	40 cm
$Q = 0,64 \text{ m}^3/\text{s}$	164,06 m	163,98 m	48 cm

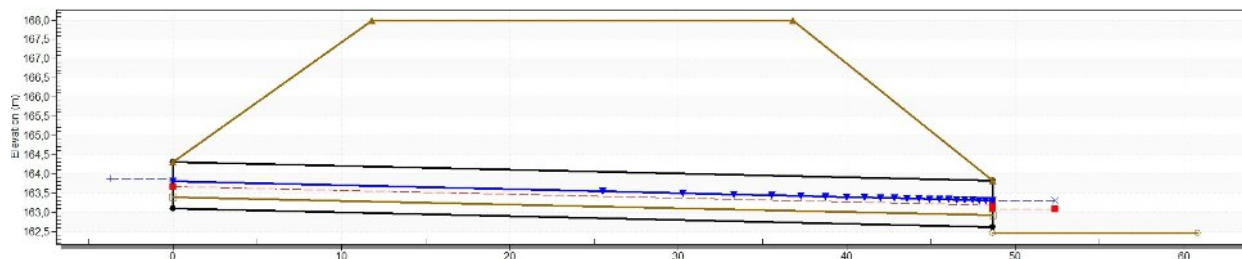


Illustration 20: Ouvrage hydraulique Ø1200 projeté – $Q_{10}=0,48 \text{ m}^3/\text{s}$

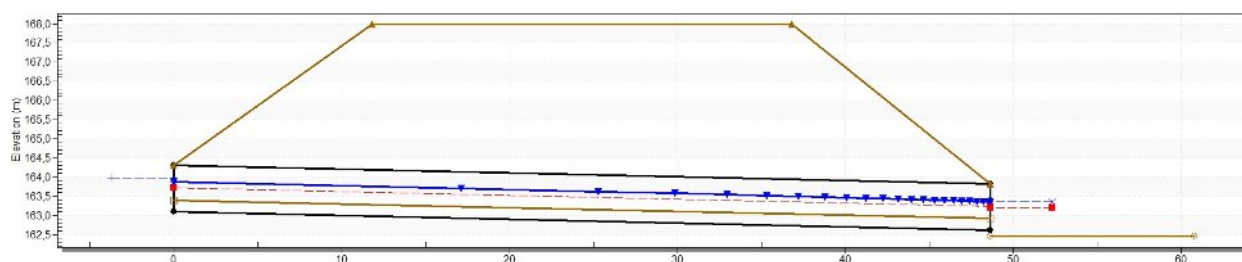


Illustration 21: Ouvrage hydraulique Ø1200 projeté – $Q_{100}=0,64 \text{ m}^3/\text{s}$

Enjeux environnementaux

Le débit moyen ou inter-annuel est à peu près compatible avec la nage des poissons, la vitesse étant par ailleurs de l'ordre de $0,7 \text{ m/s}$ dans l'ouvrage à ce débit. Pour ces débits, la hauteur d'eau plus en aval de l'ouvrage est extrêmement faible et ne permet pas actuellement la nage des poissons (l'écoulement se perd dans l'herbe).

Pour le débit d'étiage considéré (QMNA5), la hauteur d'eau théorique dans l'ouvrage est faible (2 cm) et a priori incompatible avec la nage de la plupart des poissons. A titre de comparaison, l'ouvrage actuel présente pour ce débit une hauteur d'eau théorique de 4 cm.

Des barrettes avec des échancrures sont proposées pour augmenter les hauteurs d'eau pour les débits d'étiage dans l'ouvrage. L'objectif est de viser grâce à ces dispositifs une hauteur d'eau d'environ 10 cm et de limiter les chutes entre barrettes à 5 cm environ.

Il est proposé d'équiper l'ouvrage de 11 barrettes munies d'échancrures triangulaires de 24 cm de largeur et de 10 cm de hauteur de manière à avoir un tirant d'eau d'environ 10 cm en étiage (calculs basés sur la formule de Kindsvater). Un schéma de principe d'une barrette est présenté ci-après.

La pleine fonctionnalité écologique de ce cours d'eau pour les faibles débits suppose toutefois que l'écoulement présente un lit mineur plus marqué à l'aval de l'autoroute.

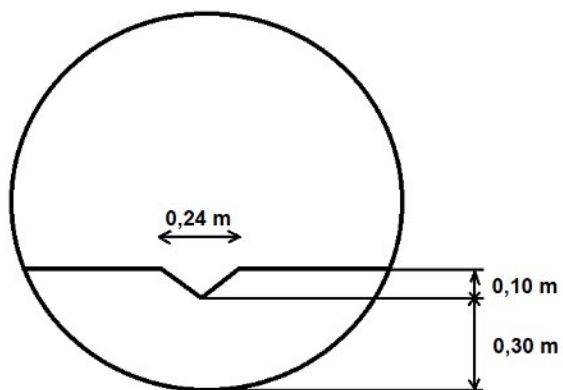


Illustration 22: Schéma de principe d'une barrette pour la buse 1200

5 - Caractéristiques des têtes d'ouvrage

Caractéristiques des têtes d'ouvrage Il est recommandé de respecter les dimensions suivantes :

Tableau 15: Dimensions des têtes d'ouvrage

Dimension de l'ouvrage	Longueur du radier des têtes d'ouvrages	Hauteur des murs para-fouilles aux extrémités
1200 mm	1,9 m	0,7 m