

## SYNDICAT INTERCOMMUNAL DE LA VALLEE DE LA BRECHE (SIVB)

La Brèche à Villers-Saint-Paul et Monchy-saint-  
Eloi (60)

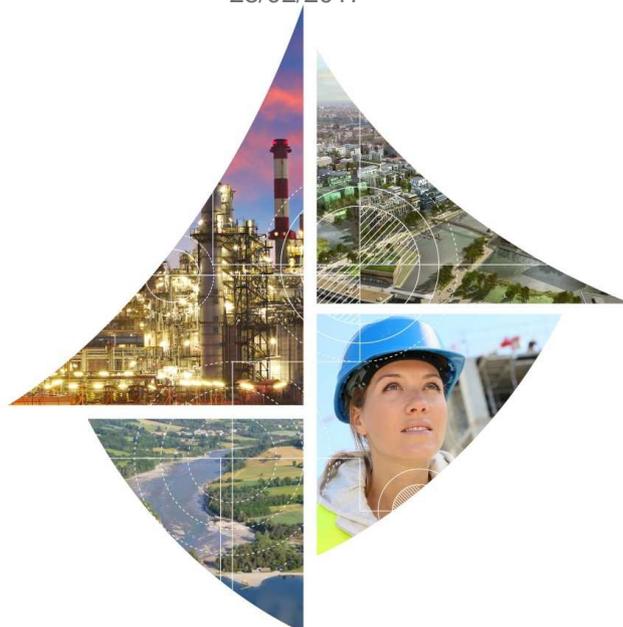
# Mission de maîtrise d'œuvre pour le rétablissement de la continuité écologique du Moulin de la Moulinière Phase 2 : Avant-projet

Rapport

Réf : CEAUIF161113 / REAUIF02245-02

ANGU / EGU / RGN

28/02/2017



**GINGER**  
BURGEAP



## SYNDICAT INTERCOMMUNAL DE LA VALLEE DE LA BRECHE (SIVB)

### La Brèche à Villers-Saint-Paul et Monchy-saint-Eloi (60)

#### Mission de maitrise d'œuvre pour le rétablissement de la continuité écologique du Moulin de la Moulinière Phase 2 : Avant-projet

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Note de cadrage	04/10/2016	01	A. GUILLON		C. SARRON		R. GNOUMA	
Rapport AVP	28/02/2017	02	A. GUILLON		E. GUILMIN		R. GNOUMA	

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CEAUIF161113 / REAUIF02245-02
Numéro d'affaire :	A40875
Domaine technique :	BV06
Mots clé du thésaurus	RESEAU HYDROGRAPHIQUE HYDRAULIQUE FLUVIALE RETABLISSEMENT DE COURS D'EAU

Agence Ile-de-France • 27, rue de Vanves – 92772 Boulogne Billancourt Cedex  
 Tél : 01.46.10.25.70 • Fax : 01.46.10.25.64 • [agence.de.paris@burgeap.fr](mailto:agence.de.paris@burgeap.fr)

## SOMMAIRE

1.	Contexte de l'étude .....	5
2.	Rappel des contraintes .....	6
	2.1 Périmètre d'intervention .....	6
	2.2 Contrainte foncière .....	6
	2.3 Réseaux.....	7
	2.4 Espèces invasives.....	8
	2.5 Contexte géotechnique.....	8
	2.6 Accès de chantier.....	9
3.	Présentation générale de la solution d'aménagement retenu .....	10
4.	Analyse des grandeurs morphodynamiques .....	12
	4.1 Puissance spécifique.....	12
	4.2 Force tractrice.....	13
	4.3 Résultats .....	14
5.	Caractéristiques techniques .....	15
	5.1 Arasement du seuil et reprise du profil en long.....	15
	5.2 Création de berges végétalisée .....	17
	5.3 Recharge granulométrique.....	18
	5.4 Réduction du risque inondation – Tranche optionnelle TO.2.....	20
6.	Incidences hydrauliques .....	20
	6.1 Modélisation des états projets.....	20
	6.2 Incidences sur les lignes d'eau .....	21
	6.3 Synthèse des incidences.....	24
7.	Incidences sur la continuité écologique.....	25
	7.1 Espèces cibles.....	25
	7.2 Arbre décisionnel .....	26
	7.3 Franchissabilité au droit du seuil arasé.....	27
8.	Planning des travaux.....	29
9.	Estimation financière.....	29
10.	Synthèse.....	31

## TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des incidences sur les niveaux d'eau – AVP (Etat 1).....	24
Tableau 2 : Synthèse des incidences sur les niveaux d'eau – Erosion régressive (Etat 2).....	24
Tableau 3 : Capacité de franchissement des différentes espèces (source : ONEMA) .....	26
Tableau 4 : Tirants d'eau calculés par la modélisation de l'AVP .....	27
Tableau 5 : Planning envisagé – Stade AVP.....	29
Tableau 6 : Chiffrage des travaux – Stade AVP.....	30

## FIGURES

Figure 1 : Périmètre d'intervention .....	6
Figure 2 : Réseaux et rejets dans la rivière au droit de la zone d'étude (Sources : DT/DICT et investigations de terrains).....	7
Figure 3 : Localisation des foyers d'espèces invasives (BURGEAP) .....	8
Figure 4 : Localisation des travaux projetés .....	11
Figure 5 : Localisation des profils en travers .....	12
Figure 6 : Analyse des grandeurs morphodynamiques.....	15
Figure 7 : Schéma de principe de la reprise du profil en travers « Amont seuil » dans le cadre de l'arasement .....	16
Figure 8 : Schéma de principe de la reprise du profil en en long au droit du seuil .....	16
Figure 9 : Schéma de principe de la reprise des berges.....	18
Figure 10 : Schéma de principe de la recharge granulométrique (Profil P05) .....	19
Figure 11 : Modélisation des états projet – Profil en long .....	21
Figure 12 : Incidence des états projet sur les niveaux d'eau – Etiage ( $Q_{MNA5}$ ) .....	21
Figure 13 : Incidence des états projet sur les niveaux d'eau – Module .....	22
Figure 14 : Incidence des états projet sur les niveaux d'eau – Crue biennale.....	22
Figure 15 : Incidence des états projet sur les niveaux d'eau – Crue décennale.....	23
Figure 16 : Arbre décisionnel permettant de définir les classes de franchissabilité ICE au niveau d'un seuil en enrochements (Source : ONEMA) .....	26
Figure 17 : Schéma de principe d'un seuil à parement incliné (pente $\leq 150\%$ ) (Source : ONEMA).....	27
Figure 18 : Vitesses d'écoulement modélisées en considérant un arasement du seuil tel que défini précédemment.....	28

## ANNEXE

Annexe 1. Diagnostic géotechnique – mission G5

## 1. Contexte de l'étude

Le Syndicat Intercommunal de la Vallée de la Brèche (SIVB) est engagé dans la surveillance, l'entretien, l'aménagement et la restauration des cours d'eaux et milieux humides associés du bassin versant de la Brèche. Dans le cadre de cette compétence, le SIVB a engagé, en 2013, un **programme pluriannuel d'actions (PPRE) sur le bassin de la Brèche**.

C'est dans ce contexte et dans la continuité de nombreux aménagements de restauration déjà effectués par le SIVB que s'insère la présente étude pour la restauration de la continuité écologique au droit du moulin de la Moulinière à Villers-Saint-Paul et Monchy-Saint-Eloi (60).

La phase 1 a déjà fait l'objet d'une présentation en comité de pilotage le 9 septembre 2016 et d'un rapport (référence REAUI02132-02 en date du 30/09/2016). Cette première phase a permis d'établir un état initial du site et de recenser les différentes contraintes pouvant s'appliquer au projet. Elle a ainsi permis d'orienter les pistes d'aménagement pouvant être réalisées afin de rétablir la continuité écologique de la Brèche.

Pour rappel, les aménagements proposés ont pour objectifs :

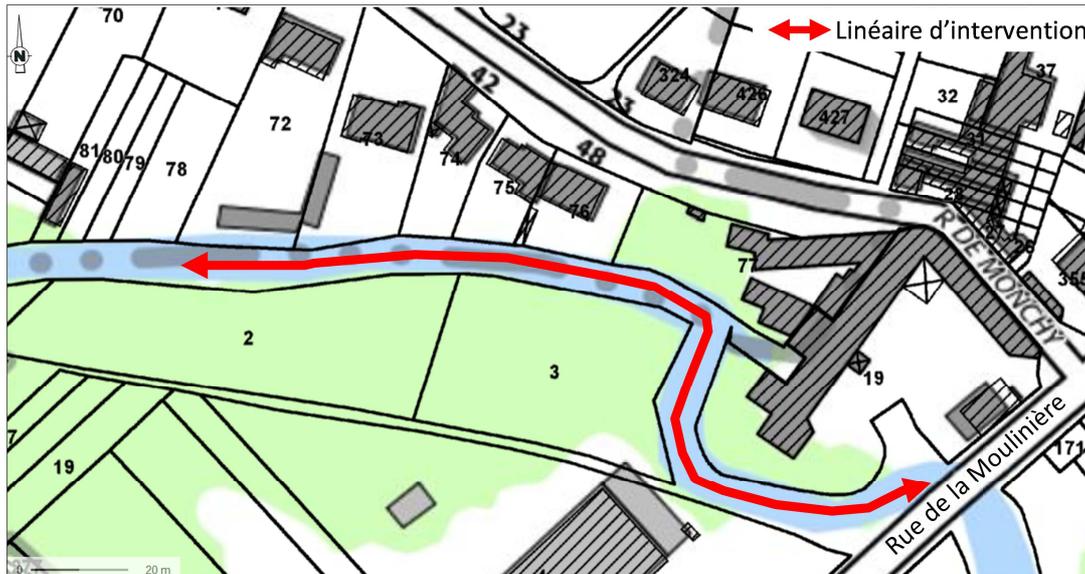
- la **restauration de la continuité écologique et sédimentaire du cours d'eau** : les aménagements prévus devront regrouper toutes les conditions de circulation (attractivité des débits, rugosité, hauteur d'eau minimale, etc...) des espèces cibles de la Brèche (Vandoise, Lamproie de Planer, Truite Fario et Anguille) ;
- l'**amélioration de la qualité écologique du cours d'eau** par la diversification des faciès d'écoulement : création de moulles et de radiers favorisant le développement de frayères ;
- la **restauration et la renaturation des berges** en mauvais état suite à l'affouillement et à l'érosion des pieds de berges ;
- la **protection des biens et des personnes** : l'étude ne devra pas aggraver les phénomènes d'inondation sur le secteur, voire même les améliorer, particulièrement vis-à-vis des habitations situées en rive gauche à l'amont de l'ouvrage.

Suite à cette première phase, un projet d'aménagement a été arrêté et est défini au stade Avant-Projet dans le présent rapport de phase 2.

## 2. Rappel des contraintes

### 2.1 Périmètre d'intervention

Le linéaire maximal d'intervention, en vue du rétablissement de la continuité écologique au droit du Moulin de la Moulinière, a été défini lors de la phase 1. Il s'étend de la parcelle cadastrale 72 de la commune de Monchy-Saint-Eloi jusqu'au pont de la rue de la Moulinière à Villers-Saint-Paul (cf. **Figure 1**).



**Figure 1 : Périmètre d'intervention (Fond de plan : Géoportail)**

### 2.2 Contrainte foncière

Malgré des berges présentant parfois un état médiocre, la majorité des propriétaires ne souhaitent pas ou peu modifier leur berge et leur terrain en général.

Ainsi, seuls la propriétaire du moulin et les propriétaires situés en amont immédiat du moulin (parcelle cadastrale n°76) sont ouverts à une restauration de leur berges (réfection en génie végétal).

Par ailleurs, les terrains de la parcelle située en rive droite entre le seuil et le pont de la rue de la Moulinière sont potentiellement pollués et contiennent des déchets divers. Les travaux devront donc impacter le moins possible cette zone afin de limiter le risque de pollution de la rivière.

Il a été décidé par le comité de pilotage que toute terre déplacée en rive droite devrait rester sur site.

## 2.3 Réseaux

Des réseaux ont été identifiés à proximité de la zone d'étude grâce aux DT/DICT<sup>1</sup> effectuées le 8/07/2016 :

- ENEDIS (ERDF Picardie),
- GRDF,
- Orange,
- Lyonnaise des Eaux,
- Communauté de communes du Liancourtois.

Ces différents réseaux ainsi que les rejets des eaux pluviales des riverains (répertoriés lors des investigations de terrains) sont recensés sur la **Figure 2**.



**Figure 2 : Réseaux et rejets dans la rivière au droit de la zone d'étude (Sources : DT/DICT et investigations de terrains)**

Deux réseaux d'eaux pluviales gérés par la Communauté de Communes du Liancourtois ainsi que 6 réseaux de particuliers se rejettent dans la Brèche au droit de la zone d'étude. Ces réseaux seront très probablement impactés par la reprise des berges. Ils doivent donc être inclus dans la conception du projet.

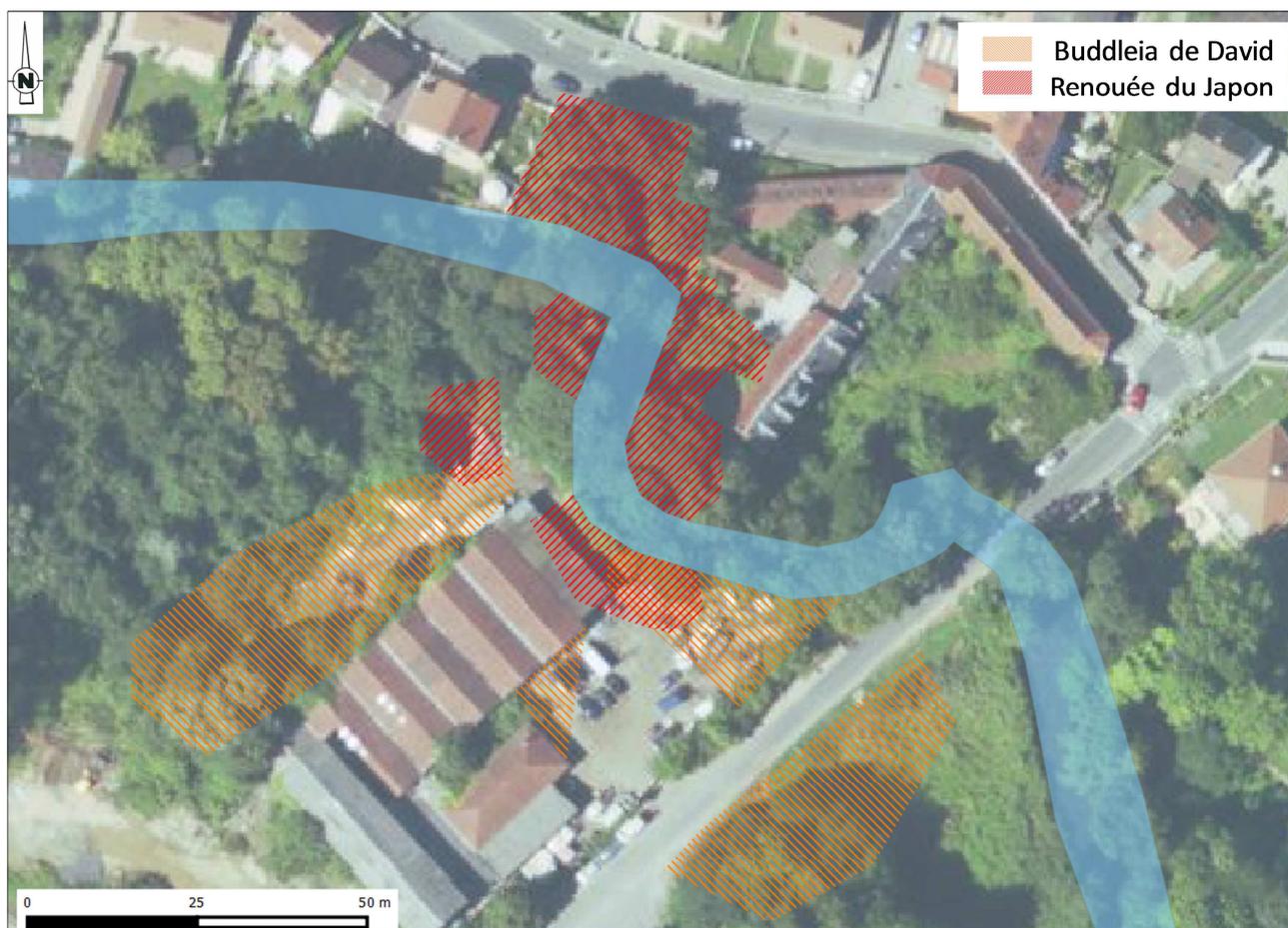
Le réaménagement des berges n'impactera pas les autres réseaux présents à proximité (électricité, gaz, eau potable, eau usée, télécom, etc.) du fait de leur positionnement sous la voirie.

<sup>1</sup> Déclaration de Travaux / Déclaration d'Intention de Commencer les Travaux.

## 2.4 Espèces invasives

Lors des interventions de terrains, de nombreux foyers d'espèces invasives ont été recensés, notamment la Renouée du Japon et le Buddleia de David.

Une attention particulière sera portée à ces espèces durant la période de chantier afin de limiter leur propagation.



**Figure 3 : Localisation des foyers d'espèces invasives (BURGEAP)**

## 2.5 Contexte géotechnique

Le moulin de la Moulinière étant situé à proximité immédiate du seuil à raser, une incertitude a été énoncée sur la stabilité du moulin après arasement de l'ouvrage. En effet, le mode de fondation étant inconnu, l'impact de l'abaissement de la ligne d'eau sur ces fondations est incertain.

C'est dans ce contexte qu'a été réalisée une étude géotechnique ayant pour objectif final de s'assurer que le projet ne déstabilisera pas le moulin.

Cette étude (cf. **Annexe 1**), réalisée par SEMOFI en février 2017, a consisté en :

- une enquête documentaire préalable (G1 ES) ;
- la réalisation d'investigations géotechniques (G1 ES) :
  - réalisation de deux fouilles en vue de la reconnaissance du mode de fondation du moulin ;
  - installation d'un piézomètre ;
- la réalisation d'un diagnostic géotechnique (G5) présentant, notamment les risques géotechniques liés à l'arasement du seuil et l'abaissement de la ligne d'eau.

Cette étude géotechnique n'a pas permis de statuer de façon définitive sur l'utilisation ou non de pieux bois pour les fondations du moulin. En effet, les fouilles de reconnaissance (jusqu'à 1,3 m de profondeur) n'ont pas permis de trouver la base des fondations du bâtiment.

Cependant, la présence de blocs de calcaire taillés tels que ceux observés sous le moulin est peu compatible avec la présence, en dessous, de pieux-bois. En effet, ce type de blocs est le plus souvent employé pour tasser des terrains avant de construire au-dessus une bâtisse.

Par ailleurs, la présence d'une couche de remblais avec des blocs calcaires est également peu compatible avec la présence de pieux-bois ; ceux-ci étant employés le plus souvent dans des sols meubles type tourbe, vases ou sables.

Ainsi, il est peu probable que les fondations du moulin soient de type pieux bois. A priori, l'abaissement de la ligne d'eau sur le mode de fondation de la bâtisse présentera donc un impact non significatif sur la stabilité du moulin (assise en matériaux peu sensible à l'eau).

Cependant, les fondations du moulin étant réalisées dans des alluvions, SEMOFI recommande de réaliser un abaissement progressif de la ligne d'eau.

## 2.6 Accès de chantier

L'accès au cours d'eau pourra se faire à partir de la rue de Villers à Monchy-Saint-Eloi. En effet, le propriétaire du moulin possède une parcelle située entre la rue et la rivière. Après consultation, elle ne s'oppose pas au fait d'utiliser son terrain comme accès de chantier. Cependant, cette parcelle est envahie de Renouée du Japon et sa superficie peut être insuffisante pour stocker les engins de chantier nécessaires aux travaux (selon les engins et installations de chantier nécessaires). Par ailleurs, un transformateur électrique ainsi que de nombreux réseaux (électricité, gaz, télécom, eaux pluviales) sont présents en limite de parcelle (cf. **Figure 2**) et peuvent limiter le tonnage des engins de chantier devant intervenir lors des travaux.

Une autre solution d'accès serait le terrain situé sur la rive opposé du moulin de la Moulinière. L'accès se ferait alors par la rue Marcel Deneux à Nogent-sur-Oise. Ce terrain est actuellement en friche et est suffisamment grand pour accueillir les équipements de chantier. Il est lui aussi envahi par plusieurs pieds de Renouée du Japon et de Buddleia de David. Ce site est actuellement recouvert de déchets divers.

Les travaux ne nécessitant pas d'une grande surface, l'accès au chantier pourra se faire depuis la rive gauche et la rue de Villers. Toutefois, l'entreprise en charge des travaux pourra proposer un autre accès tel que la rive droite et la rue Marcel Deneux en fonction de ses besoins.

### 3. Présentation générale de la solution d'aménagement retenu

En première expertise et après échange en comité de pilotage des solutions de restauration envisagées, il semble pertinent de réaliser les aménagements suivants dans le cadre de la mission pour le rétablissement de la continuité écologique du Moulin de la Moulinière :

#### ► Tranche Ferme

- **Restauration hydromorphologique :**

- Au droit de l'ouvrage existant : arasement du seuil et de la pile de pont, recalibrage du cours d'eau et lissage de l'angle droit par la rivière (avec conservation des déblais sur site en rive droite) ;
- Retrait des blocs de bétons situés en amont immédiat de l'ouvrage et des déchets présents dans la rivière.

- **Restauration des berges**

- Reprise des berges déstabilisées par talutage et végétalisation au droit :
  - de la parcelle située en amont immédiat du moulin ;
  - du seuil et de l'angle droit associé ;
  - de l'angle en amont immédiat du pont de la rue de la moulinière ;
  - de l'angle droit en rive droite et reprise de la berge en talutage et végétalisation ;
- Aménagement des pieds de berges des propriétés amont par recharge granulométrique pour consolidation des berges et diversification du milieu (cache piscicole).

#### ► Tranches Optionnelles (TO)

- **Restauration des berges** en talutage et végétalisation au droit du moulin entre la partie restaurée au droit du seuil et celle restaurée en amont du pont de la rue de la Moulinière – **TO.1**.
- **Réduction du risque inondation et reconnexion du lit majeur** par la suppression du merlon de curage présent en rive droite sur environ 50 à 75 ml – **TO.2**.

La localisation des aménagements envisagés est présenté sur la **Figure 4** page suivante.

**Remarque :** il a été fait le choix de proposer certains postes en tranche optionnelle afin de pouvoir moduler les travaux à réaliser en fonction du budget alloué à ce projet, du degré d'ambition attendu par le comité de pilotage et de l'acceptation de la propriétaire du moulin.

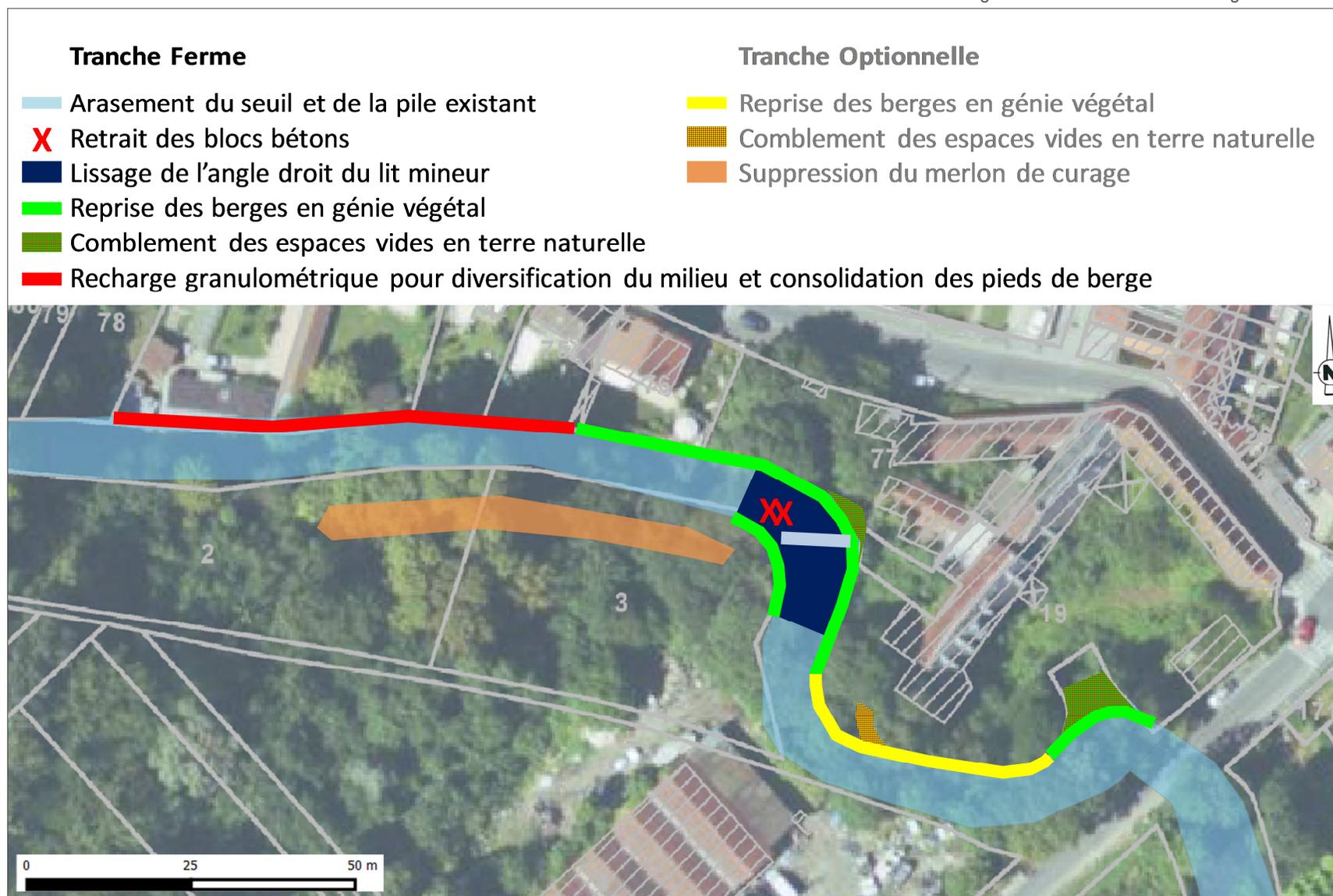


Figure 4 : Localisation des travaux projetés (Fond de plan : Géoportail)

## 4. Analyse des grandeurs morphodynamiques

La connaissance des paramètres morphodynamiques de la Brèche est nécessaire afin de dimensionner au mieux les techniques et matériaux à utiliser pour la restauration des berges et la recharge granulométrique.

Les grandeurs morphodynamiques ont été estimées au droit des profils en travers relevés lors des investigations topographiques.

La localisation des profils en travers servant à la modélisation hydraulique et à la définition de l'AVP est rappelée sur la **Figure 5**.

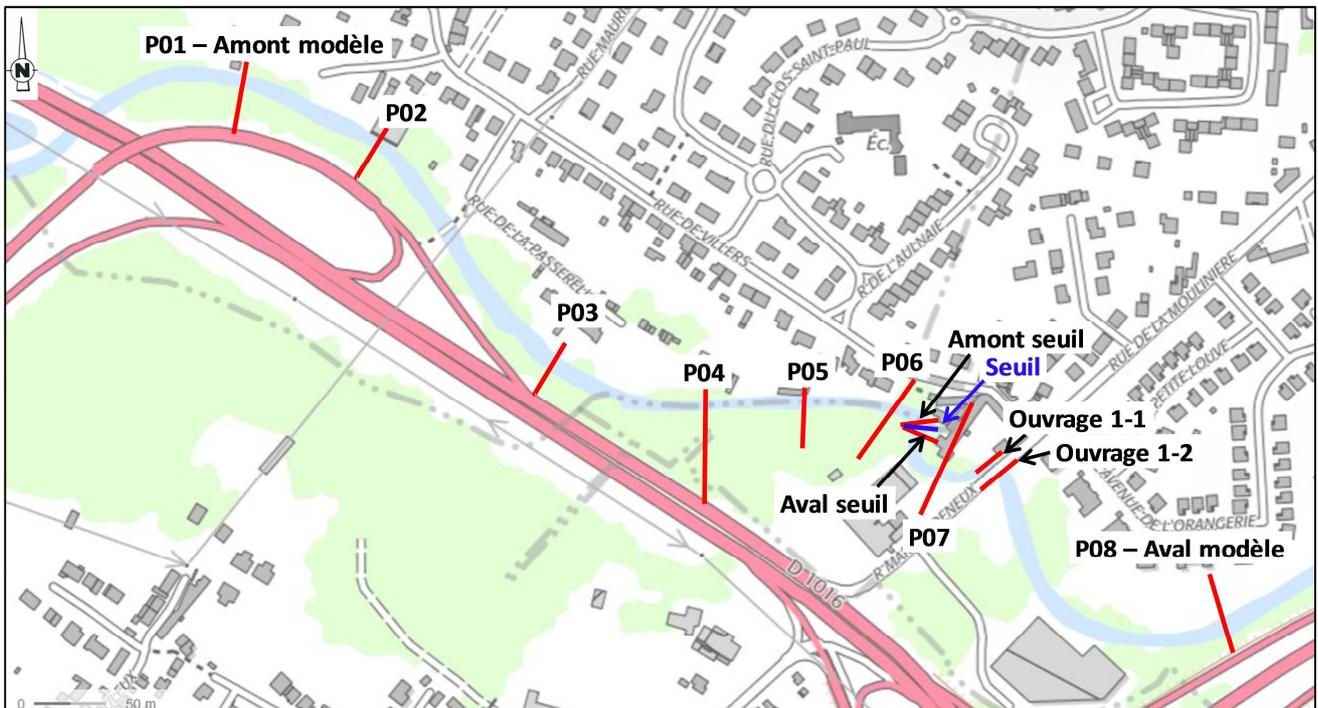


Figure 5 : Localisation des profils en travers (Fond de plan : Géoportail)

### 4.1 Puissance spécifique

#### ► Définition de la puissance spécifique

La puissance spécifique ( $\omega$ ) décrit l'énergie développée par le cours d'eau pour une crue morphogène. Elle est donnée par l'équation suivante :

$$\omega = \gamma \cdot Q_{pb} \cdot i \cdot w^{-1}$$

Avec :

- $\omega$  : puissance spécifique (W/m<sup>2</sup>)
- $\gamma$  : poids volumique de l'eau ( $\gamma = \rho \cdot g = 9\,810 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}$ )
- $Q_{pb}$  : débit de plein bord (m<sup>3</sup>/s)
- $i$  : pente moyenne de la ligne d'eau considérée équivalente à la pente du fond du lit (m/m)
- $w$  : largeur du lit à plein bord (m)

Le débit utilisé est normalement le débit de plein bord qui correspond à l'écoulement d'auto-ajustement morphométrique du chenal. Le débit de plein bord peut être localement très élevé et peut correspondre à des durées de retour parfois fortes car la morphologie du cours d'eau n'est plus naturelle ou fortement encaissée. Le débit de plein bord n'est donc pas toujours le débit d'ajustement adéquat.

C'est pour cette raison que la puissance spécifique a été calculée et analysée pour un débit de crue de fréquence biennale (Q2) qui est statistiquement le débit hydrologique le plus proche de la notion de débit morphogène.

### ► Valeurs seuils

Les valeurs de puissance spécifique sont à rapprocher des valeurs seuils déterminées par plusieurs publications de référence qui ont été synthétisées par Wasson (1998), BIOTEC & Malavoi (2006, 2007), Malavoi & Bravard (2010).

En effet, il a été démontré depuis de nombreuses années que les capacités d'ajustement d'un cours d'eau étaient en grande partie fonction de sa puissance spécifique. D'une manière synthétique, les résultats permettent d'identifier deux seuils de puissance spécifique :

- un seuil « majeur » apparaît aux environs de 35 W/m<sup>2</sup>, au-dessus duquel le cours d'eau peut potentiellement retrouver une morphologie naturelle par auto-ajustement ;
- un seuil mineur est visible aux environs de 25 W/m<sup>2</sup>, en dessous duquel la dynamique ne permet pas un retour à une morphologie naturelle par auto-ajustement.

Ces seuils peuvent être affinés et relativisés en fonction des caractéristiques sédimentologiques des berges des cours d'eau et notamment de leur érodabilité, elle-même fonction de la nature cohésive des alluvions constituant le fond de vallée.

Ainsi, des cours d'eau à faible puissance (10 - 15 W/m<sup>2</sup>) peuvent présenter une activité géodynamique relativement importante si leurs berges ne sont pas ou peu cohésives. A l'inverse, des cours d'eau plus puissants (40 - 50 W/m<sup>2</sup>), mais coulant dans une plaine alluviale composée de sédiments plus cohésifs (argiles, limons, sables limoneux), sont moins actifs. Au-dessus de 100 W/m<sup>2</sup>, il peut être considéré que la nature des berges n'est plus un paramètre discriminant.

## 4.2 Force tractrice

### ► Définition de la force tractrice

La force tractrice que subissent les matériaux du lit et des berges est exprimée par la relation suivante :

$$\tau = K \cdot \gamma \cdot R \cdot i$$

Avec :

- τ : Force tractrice (N/m<sup>2</sup>)
- K : Coefficient de sinuosité
- γ : Poids unitaire de l'eau (γ = ρ.g = 9 810 N/m<sup>3</sup>)
- R : Rayon hydraulique (m)
- i : Pente du lit (m/m)

### ► Valeurs de comparaison

Les ordres de grandeurs correspondant aux limites d'arrachement des matériaux sont les suivants :

- 100 N/m<sup>2</sup> pour des berges enherbées ;
- 250 N/m<sup>2</sup> pour une berge boisée naturellement ou par techniques végétales ;
- 350 N/m<sup>2</sup> pour des enrochements.

Il convient toutefois de manipuler ces seuils avec prudence dans la mesure où, selon les contextes, de grandes variations peuvent être observées. Par exemple, une ripisylve bien en place et de qualité peut atteindre des résistances à la traction plus élevées ; a contrario, des enrochements mal posés et sans sabot présenteront au final une résistance bien plus faible.

### 4.3 Résultats

Le profil des puissances spécifiques ( $\omega$ ) et des forces tractrices ( $\tau$ ) du site d'étude est représenté par la **Figure 6**. Les observations suivantes peuvent être avancées :

- Les secteurs de fortes puissances correspondent globalement aux tronçons de pente plus élevée et les zones de plus faibles puissances coïncident avec des zones de pentes moindres et/ou des zones où le lit s'élargit. L'évolution des puissances spécifiques suit globalement celle de la pente du cours d'eau. On distingue ainsi 5 secteurs distincts :
  - en amont de l'ouvrage à araser, la Brèche présente une pente assez faible, entre 0 % et 0,3 %, conditionnant de faibles puissances spécifiques. Les puissances varient ainsi entre 10 W/m<sup>2</sup> et le seuil des 35 W/m<sup>2</sup>, ce qui se traduit par des capacités moindres et donc une plus forte tendance à la stabilité du lit sous la pression des contraintes anthropiques ;
  - au droit du seuil à araser, le lit mineur présentera une pente d'environ 1 % les premières années, puis l'érosion régressive diminuera cette pente à environ 0,3 %. Avant que l'érosion régressive naturelle n'ait rattrapé la pente du lit mineur, les puissances spécifiques varient entre 80 et 100 W/m<sup>2</sup>. Les capacités d'auto-ajustement peuvent donc être suffisantes en fonction des matériaux retenus pour les berges ;
  - entre le seuil et le profil P07 les pentes étant faibles, la puissance spécifique diminue fortement pour atteindre environ 11 W/m<sup>2</sup>, soit une puissance insuffisante pour un ajustement naturel du cours d'eau ;
  - en amont immédiat du pont de la rue de la Moulinière, la pente du lit mineur augmentant de nouveau jusqu'à 1,2 % la puissance spécifique atteint environ 145 W/m<sup>2</sup>, soit une puissance suffisante pour un ajustement naturel du cours d'eau ;
  - en aval du pont, la pente du cours d'eau redevient faible (environ 0,3 %) et les puissances spécifiques varient entre 18 et 30 W/m<sup>2</sup>, soit une puissance insuffisante pour un ajustement naturel du cours d'eau.
- Les forces tractrices évoluent globalement de la même manière que les puissances spécifiques. Elles sont relativement faibles sur l'ensemble du linéaire de la Brèche et sont globalement inférieures à 100 N/m<sup>2</sup> (limite d'arrachement des berges enherbées) pour la crue décennale. Dans certains secteurs localisés les forces tractrices sont plus importantes, notamment :
  - au droit du seuil actuel où elles avoisinent les 70 N/m<sup>2</sup>,
  - en amont immédiat du pont de la rue de la Moulinière où elles dépassent la limite des 100 N/m<sup>2</sup> (107 N/m<sup>2</sup>).

Les forces tractrices peuvent être plus importantes dans les extrados de virages où les écoulements sont plus rapides.

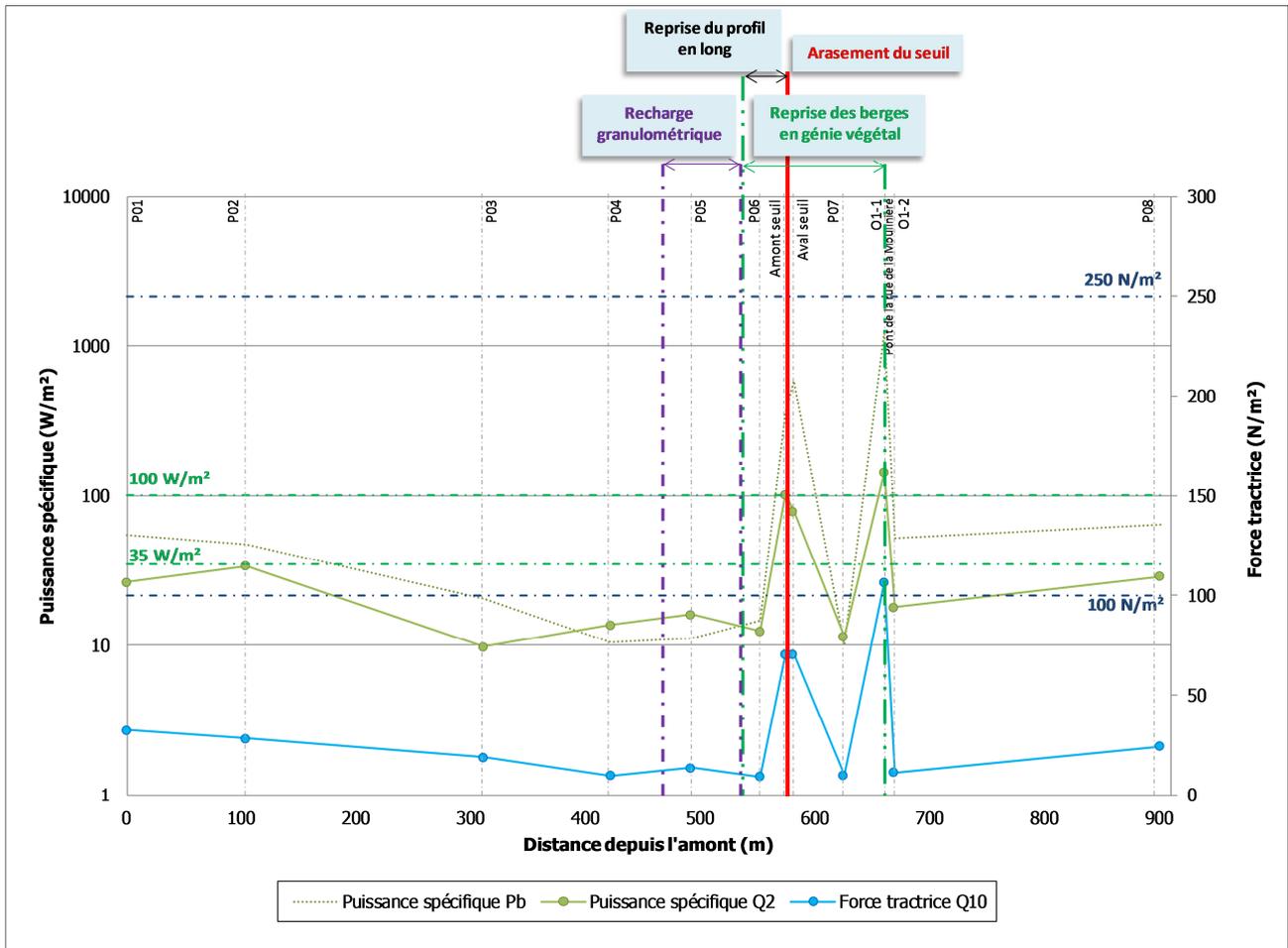


Figure 6 : Analyse des grandeurs morphodynamiques

## 5. Caractéristiques techniques

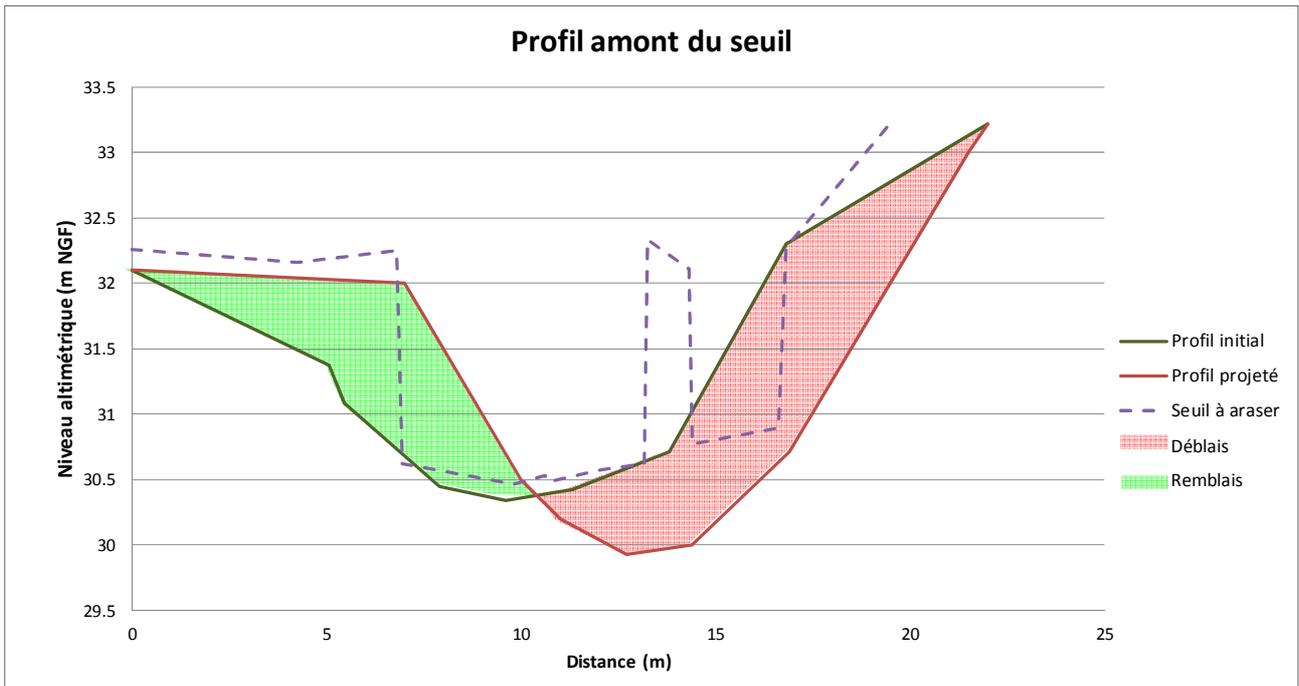
### 5.1 Arasement du seuil et reprise du profil en long

L'arasement du seuil consistera en :

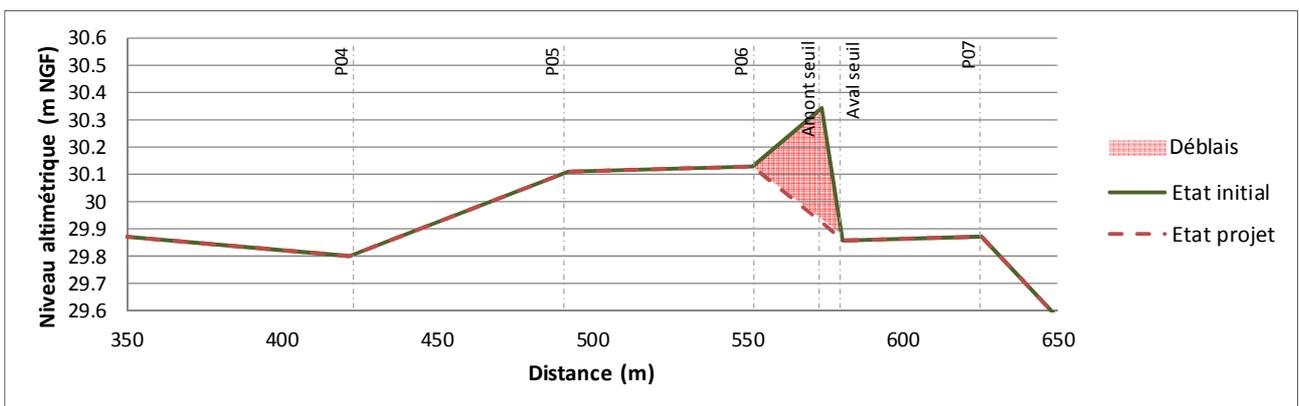
- La mise hors d'eau de la zone de travaux par la **pose d'un batardeau**. La mise hors d'eau s'effectuera par moitié de cours d'eau, les travaux étant réalisés sur la partie à sec. En effet, étant donnés les débits de module ( $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et d'étiage ( $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ), il n'est pas possible d'assécher la totalité du seuil pendant les travaux par dérivation des écoulements via des pompes ;
- La dépose de la passerelle ainsi que de la pile. Conformément au souhait de la propriétaire du moulin, cette dernière sera stockée sur la parcelle du moulin tandis que la passerelle sera évacuée ;
- L'arasement du seuil en pierre avec un engin adapté (type BRH si nécessaire) à la cote de 29,86 m NGF (cote de fond aval), soit un arasement d'environ 70 cm (cf. **Figure 7**). Les pierres pourront être conservées, mises en stock et laissées à la disposition du Maître d'ouvrage s'il le souhaite. **Cet arasement sera réalisé de manière progressive** : l'abaissement s'effectuera en trois étapes espacée de 4 à 7 jours afin de diminuer progressivement le niveau d'eau et limiter les

éventuels impacts portant sur la stabilité du moulin. Ainsi, l'arasement du seuil s'effectuera par tranche d'environ 20 cm ;

- La reprise du profil en long sur un linéaire d'environ 30 m : évacuer une partie des sédiments accumulés en amont du seuil afin de ne pas créer de pentes trop raides en lieu et place du seuil et limiter ainsi l'augmentation des vitesses d'écoulement et les risque d'érosion des berges ;
- La reprise des berges en génie végétale (cf. **paragraphe 5.2**) afin de lisser l'angle droit présent au droit du seuil ;
- La remise en état des terrains et l'évacuation des engins de chantier.



**Figure 7 : Schéma de principe de la reprise du profil en travers « Amont seuil » dans le cadre de l'arasement**



**Figure 8 : Schéma de principe de la reprise du profil en long au droit du seuil**

**Remarque :** Outre le rétablissement de la franchissabilité piscicole, l'arasement du seuil permet de restaurer la continuité sédimentaire de la Brèche au droit du moulin de la Moulinière.

## 5.2 Création de berges végétalisées

Les berges à restaurer ou à créer seront réalisées en génie végétal. Les enrochements et murs de briques existants seront démolis.

Les linéaires de berges concernés représentent :

- environ 30 m en rive droite, au niveau de l'angle formé par le seuil à raser,
- environ 65 m en rive gauche en amont et au droit du seuil à raser,
- environ 40 m en rive gauche au droit du moulin (**tranche optionnelle TO.1**),
- environ 20 m en rive gauche en amont immédiat du pont de la rue de la Moulinière.

Les pentes des berges nouvellement créées seront de 2H/1V pour des questions de stabilité.

Elles seront réalisées grâce à des matériaux d'apport dont la cohésion interne et la résistance à la traction sont connus plutôt qu'avec les matériaux présent sur le site (remblais de caractéristiques techniques non connus).

Les berges seront recouvertes par un géotextile tissé bio dégradable afin de les maintenir en place le temps que les végétaux se développent.

Compte tenu des forces tractrices estimées au maximum à 110 N/m<sup>2</sup> pour une crue décennale, un ensemencement des berges sur géotextile tissé suffit pour assurer la stabilité des berges (technique résistante jusqu'à 120 N/m<sup>2</sup>). Néanmoins, un cordon d'hélophytes sera planté ainsi que des pieds d'arbuste à raison de un tous les mètres en moyenne afin de concurrencer les plantes invasives et tenir le talus après disparition du géotextile.

Un talutage et compactage soigné seront néanmoins obligatoires.

Enfin, les terrains en place étant, à priori, de qualité médiocre (remblais divers), les matériaux servant à la création des berges seront importés.

La **Figure 9** ci-après illustre les profils en travers projetés après restauration des berges.

Les déblais (seuil, sédiment et berges), d'un volume estimé à environ 200 m<sup>3</sup> pour la tranche ferme et 50 m<sup>3</sup> pour la tranche optionnelle, seront exportés en décharge ou réutilisés à d'autres endroits du chantier comme par exemple pour le comblement de l'angle droit du lit mineur. Cependant, les déblais issus de la rive droite étant potentiellement pollués, ceux-ci seront laissés sur le site en rive droite. Par ailleurs, les matériaux contaminés par les espèces invasives seront à traiter ou à évacuer en décharge agréée.

Les remblais (berges) représentent un volume estimé à environ 140 m<sup>3</sup> pour la tranche ferme et 30 m<sup>3</sup> pour la tranche optionnelle.

Par ailleurs, conformément au souhait de la propriétaire du moulin, un grillage sera installé en haut de berges afin d'empêcher d'éventuelles intrusion sur son site. Le grillage sera installé sur un linéaire de :

- 30 m pour la tranche ferme,
- 40 m pour la tranche optionnelle.

Enfin, une attention particulière sera portée au réseau d'eaux pluviales communal recensé sur la parcelle en amont immédiat du moulin (cf. **paragraphe 2.3**).

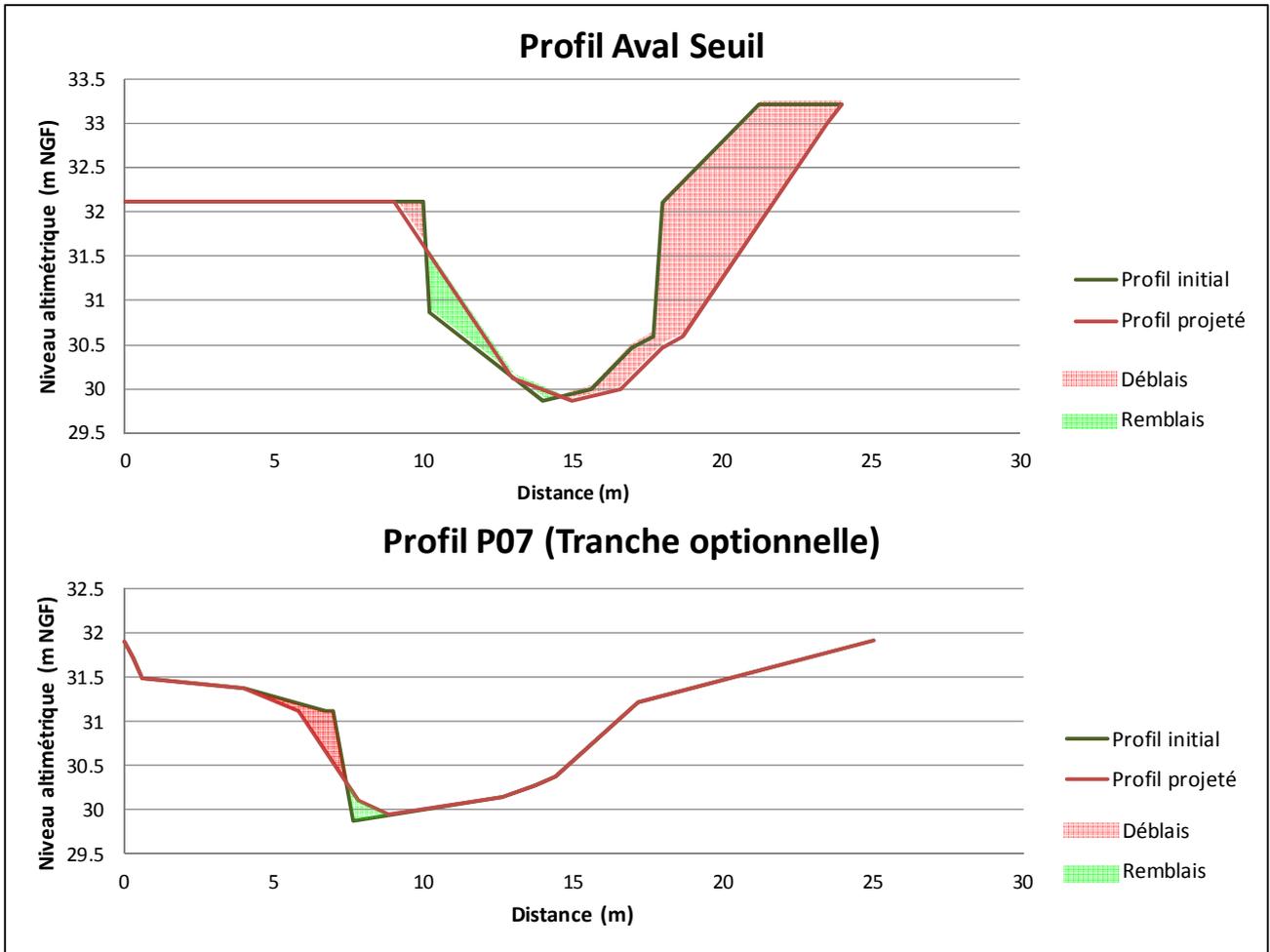


Figure 9 : Schéma de principe de la reprise des berges

### 5.3 Recharge granulométrique

Afin de diversifier les habitats aux pieds des berges bétonnées et également de les stabiliser en vue de l'abaissement de la ligne d'eau, une recharge granulométrique sera effectuée dans le lit mineur. Celle-ci permettra également de consolider ces berges dont l'état est médiocre sur certain tronçon.

Cette recharge granulométrique est réalisée jusqu'au niveau du module, estimé grâce à la modélisation hydraulique, avec une pente de 2H/1V.

Le diamètre minimal des grains à mettre en place pour résister à une crue décennale de la Brèche a été calculé sur la base de la formule d'ISBACH appliquée sur les pentes de berges :

$$D_{min} = 0,7 \times \frac{V^2}{2g\Delta}$$

Avec :  $D_{min}$ , le diamètre minimal pour pouvoir résister à une crue décennale.

$V$ , la vitesse maximale au droit des aménagements (environ 1,5 m/s).

$g$ , l'accélération de la pesanteur (9,81 m.s<sup>-2</sup>).

$\Delta$ , la densité déjaugée =  $\frac{1}{s-1}$  avec  $s$  la densité du matériau utilisé (environ 2,6).

Le diamètre  $D_{50}$  (taille médiane des grains) est estimé à partir du  $D_{min}$  :

$$D_{50} > D_{min} \times \frac{G}{R}$$

Avec :  $G$ , un paramètre dépendant du rayon de courbure (1 dans le cas d'un lit rectiligne comme au droit de la recharge granulométrique),

$R$ , paramètre dépendant de la pente du talus :

$$R = \cos \varphi \sqrt{1 - \left(\frac{\tan \varphi}{\tan \theta}\right)^2}$$

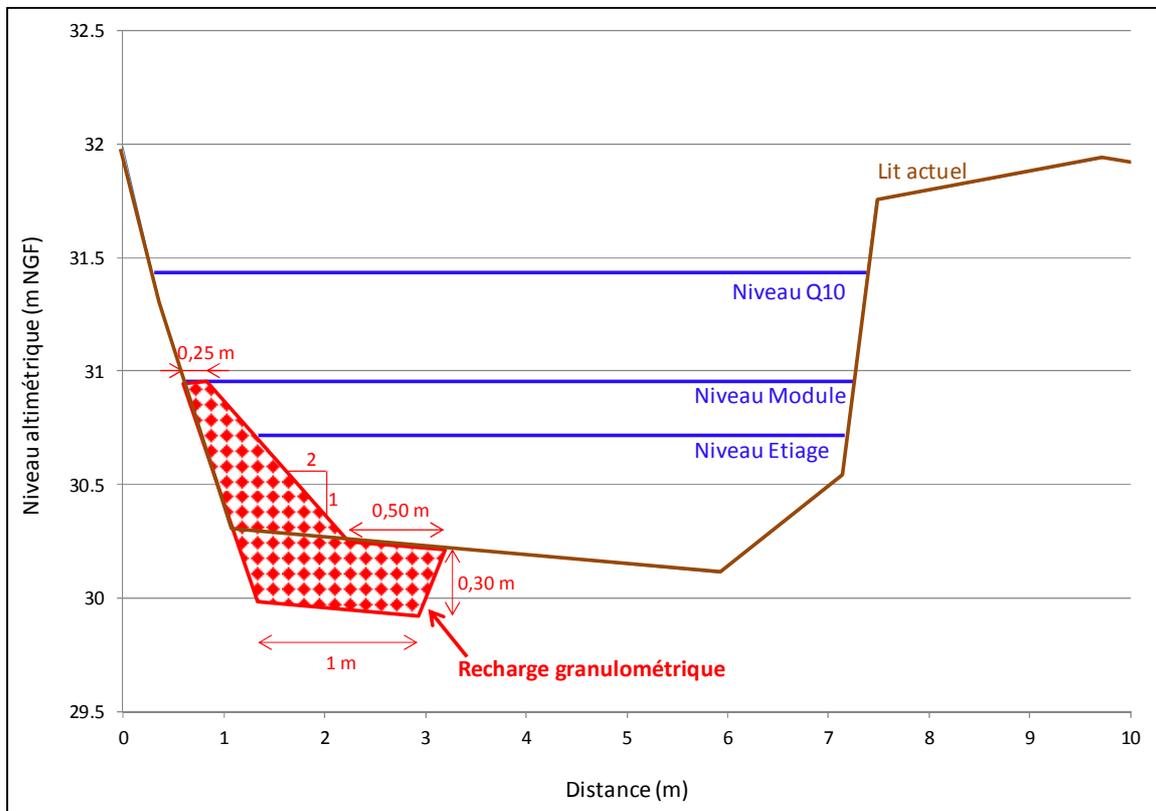
$\varphi$ , l'angle du talus (2H/1V, soit environ 26,6°),

$\theta$ , l'angle au repos (environ 40°).

Ainsi, le diamètre minimal de la recharge granulométrique pouvant résisté à une crue décennale est de 5 cm tandis que le  $D_{50}$  est de 7 cm. Ainsi, la classe granulométrique utilisée est la 50/100 mm.

Le volume de la recharge granulométrique est estimé à environ 70 m<sup>3</sup> pour un linéaire total de 70 m.

Le volume de déblai nécessaire pour la création d'un socle et la stabilisation de la recharge granulométrique représente environ 40 m<sup>3</sup>. La **Figure 10** présente une coupe-type de la recharge granulométrique envisagée.



**Figure 10 : Schéma de principe de la recharge granulométrique (Profil P05)**

## 5.4 Réduction du risque inondation – Tranche optionnelle TO.2

L'Avant-Projet prévoit, en tranche optionnelle, de supprimer le merlon de curage existant en rive droite sur un linéaire de 50 à 75 m.

Cette opération comprend :

- le défrichage du merlon,
- l'export des anciennes boues de curage composant le merlon vers les filières agréées.

Le volume de déblais induit par la suppression du merlon est d'environ 130 m<sup>3</sup>.

**Remarque** : la suppression du merlon de curage n'aura pas d'incidences sur les crues de période de retour décennales ou inférieures. En effet, ces crues restent cantonnées au lit mineur. Cependant, l'effacement du merlon permettra de réduire le risque inondation pour les crues de période de retour vicennale ou supérieure en aval du site grâce à un meilleur écrêtement de ces crues là où le merlon aura été retiré.

## 6. Incidences hydrauliques

Le projet tel que présenté précédemment (y compris les tranches optionnelles) a été modélisé afin de quantifier son impact sur les caractéristiques des écoulements et s'assurer qu'il n'aggraverait pas les inondations.

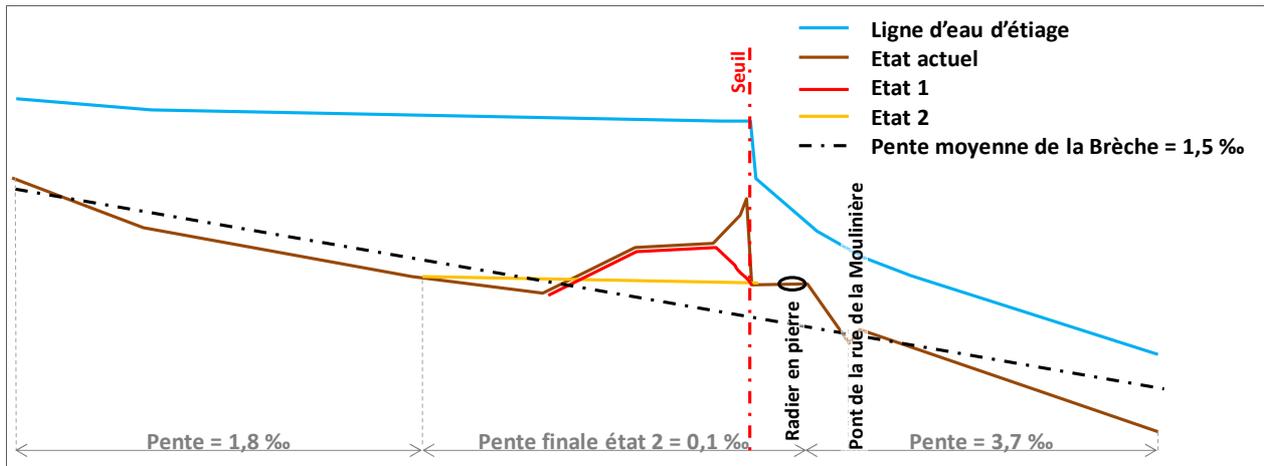
### 6.1 Modélisation des états projets

Deux états projets ont été modélisés afin d'estimer les impacts de l'arasement de l'ouvrage sur les caractéristiques de l'écoulement :

- Etat 1 : Arasement de l'ouvrage et reprise du profil en long en amont immédiat,
- Etat 2 : Profil en long stabilisé en considérant une pente d'équilibre pouvant survenir après érosion régressive.

L'état 1 a été modélisé en considérant les aménagements présentés précédemment. Ainsi, il consiste en la suppression du seuil, la reprise du profil en long et des profils en travers.

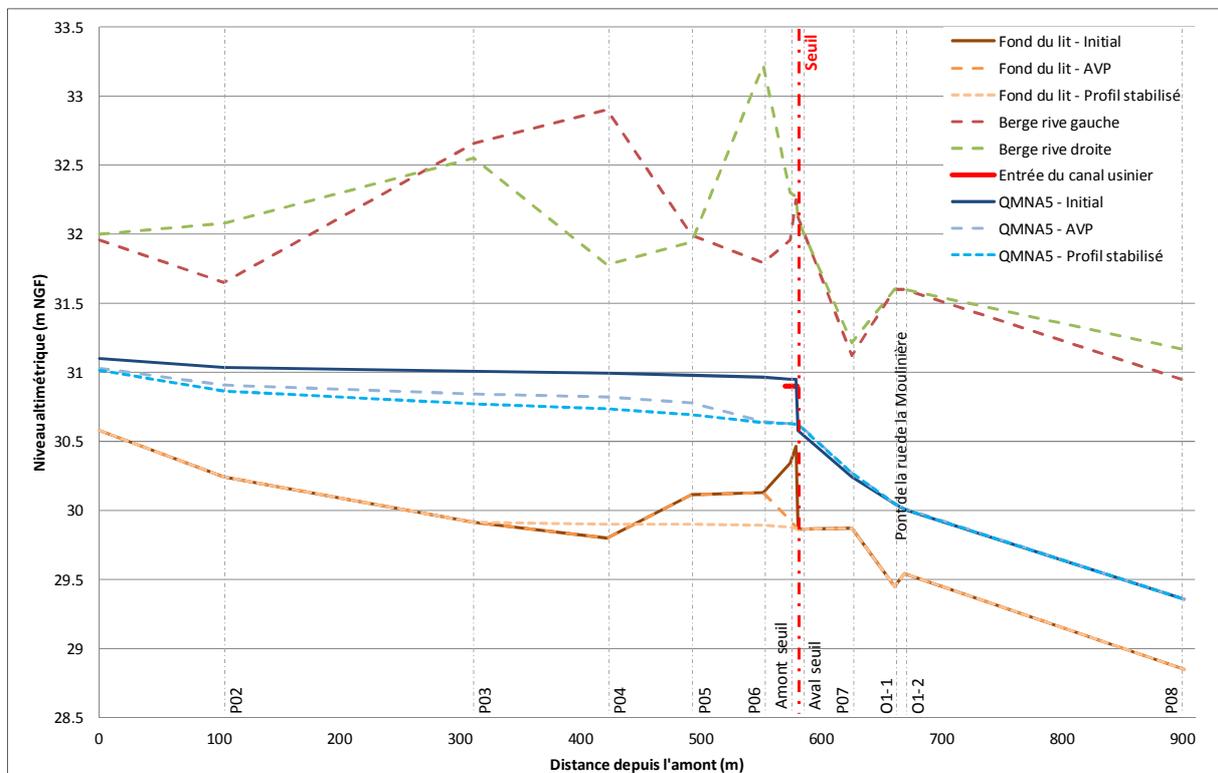
L'état 2 a été modélisé afin d'estimer les lignes d'eau dans le cas où une érosion régressive totale aurait lieu. Un radier constitué de rocher étant présent au droit du profil P07, le fond des profils en travers situé entre le P03 et P07 a été abaissé afin d'obtenir une pente constante entre ces deux profils, cohérente avec la pente moyenne du cours d'eau (cf. **Figure 11**).



**Remarque :** Le profil en long présenté en **Figure 11** fait apparaître la **pente moyenne de la Brèche** calculée à partir des données topographiques disponibles sur la carte IGN entre la ville de Cauffry (5 km en amont du site) et sa confluence avec l'Oise (3 km en aval du site). Cette pente (**1,5 ‰**) est du **même ordre de grandeur que la pente moyenne sur le secteur d'étude (1,9 ‰)**.

## 6.2 Incidences sur les lignes d'eau

Les incidences sur les lignes d'eau pour les différentes situations hydrologiques sont présentées sur les figures suivantes.



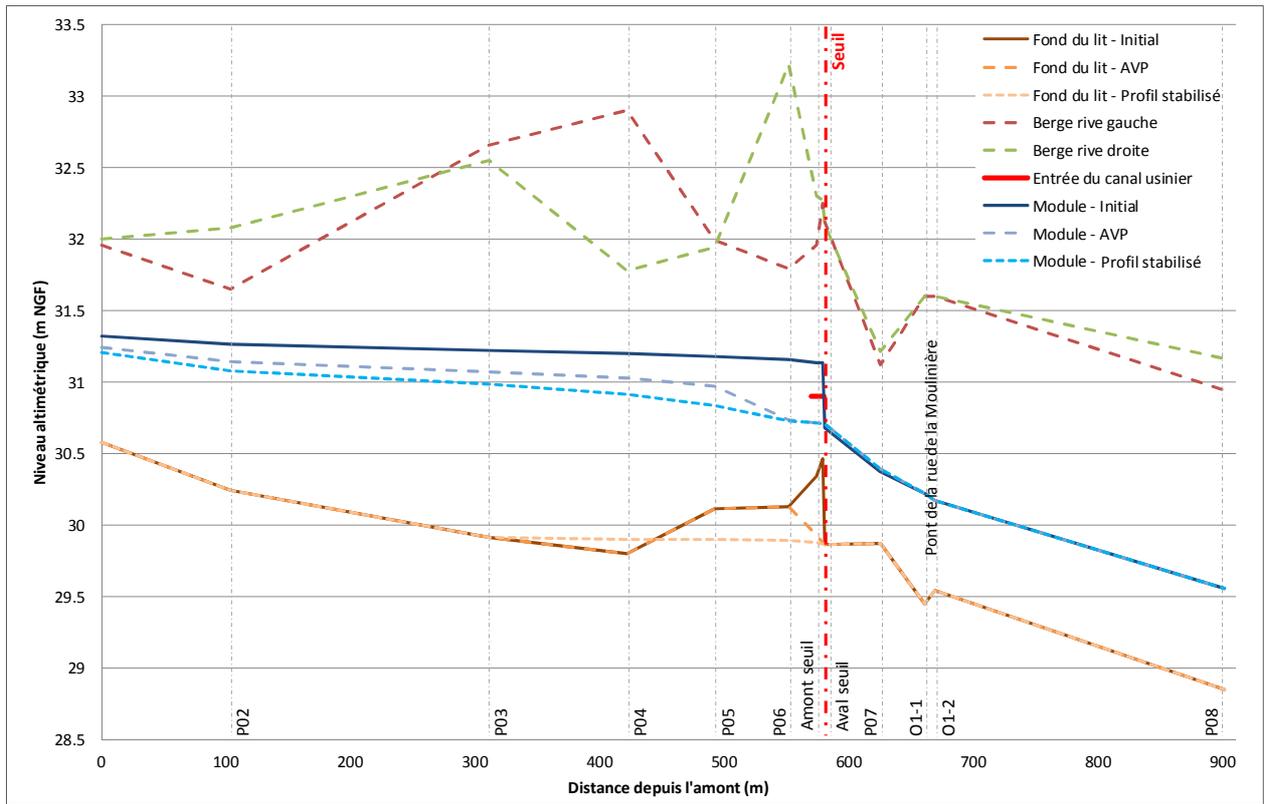


Figure 13 : Incidence des états projets sur les niveaux d'eau – Module

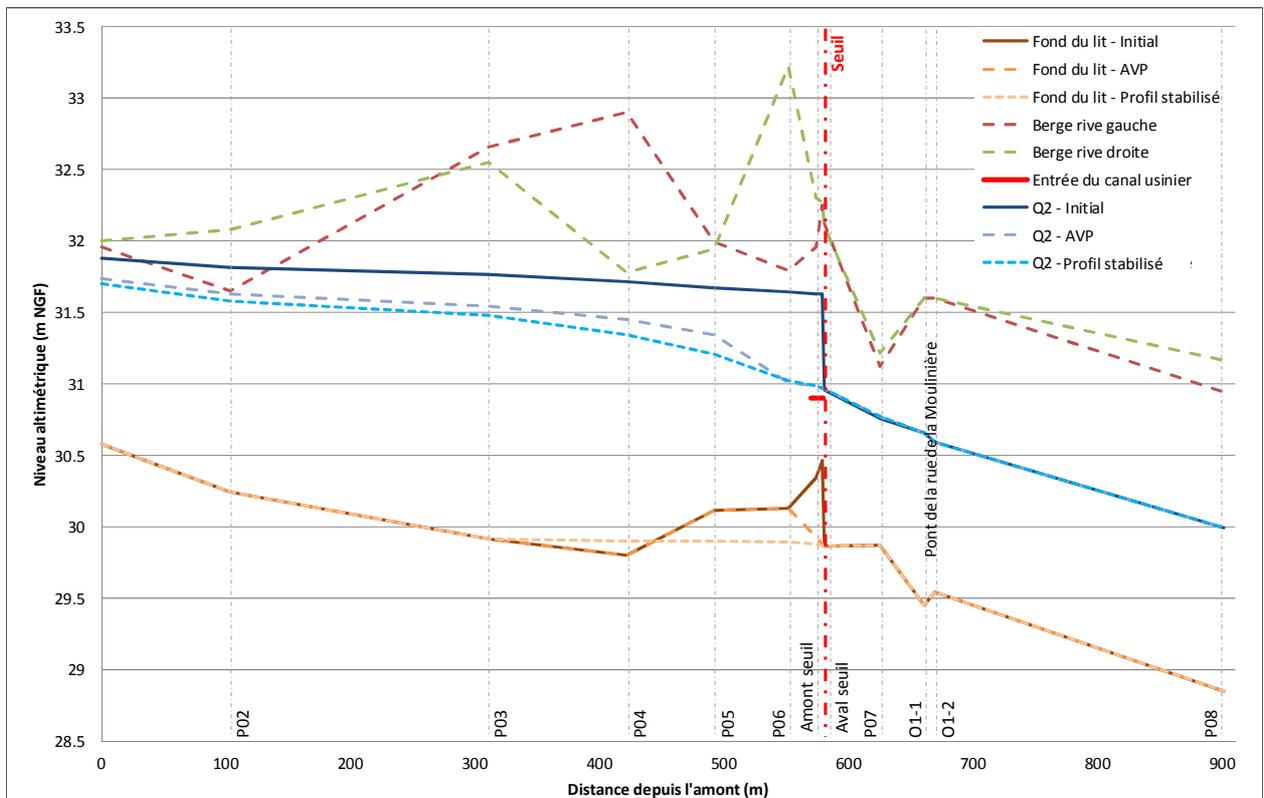


Figure 14 : Incidence des états projets sur les niveaux d'eau – Crue biennale

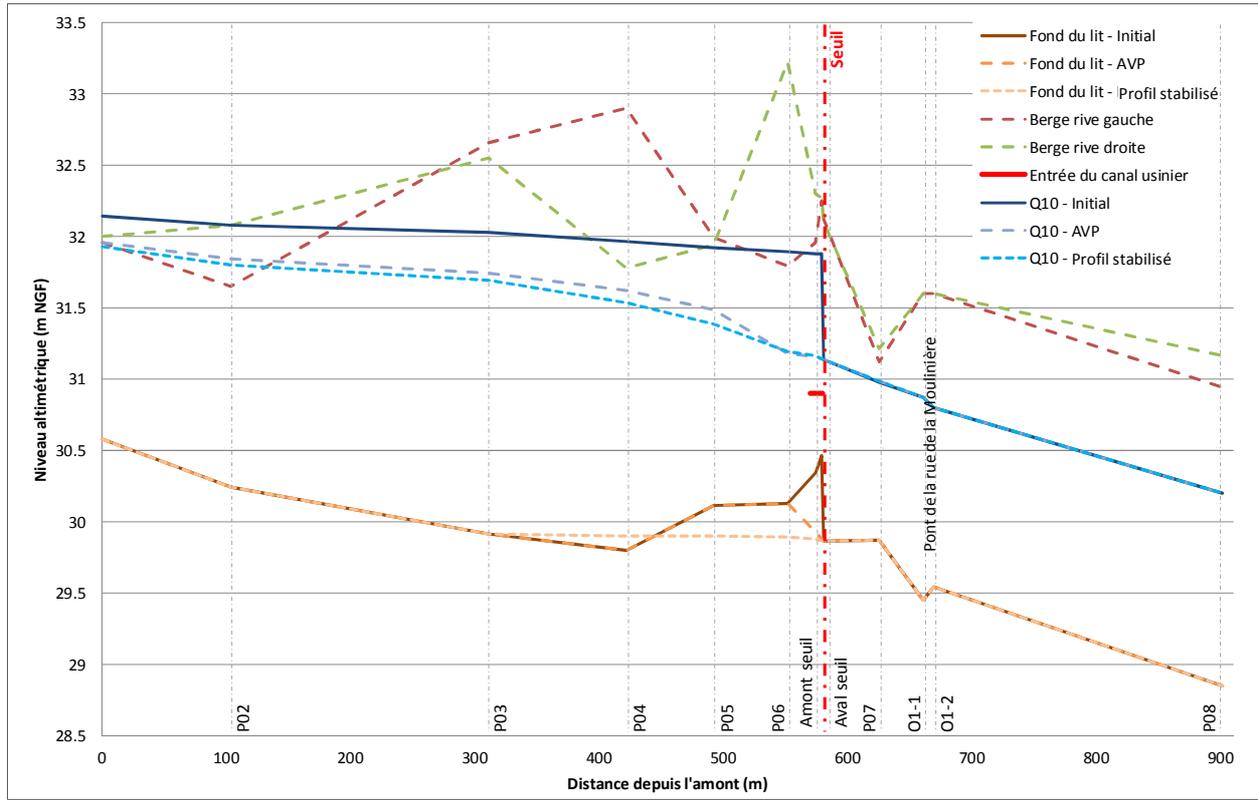


Figure 15 : Incidence des états projets sur les niveaux d'eau – Crue décennale

### 6.3 Synthèse des incidences

Les tableaux suivants récapitulent les incidences sur les niveaux d'eau en fonction de la condition hydrologique et de l'état projet étudié (arasement de l'ouvrage ou érosion régressive).

**Tableau 1 : Synthèse des incidences sur les niveaux d'eau – AVP (Etat 1)**

Point de comparaison	Etiage	Module	Q2	Q10
Aval du pont de la moulinière	Pas d'incidence			
P07	+ 3 cm*	+ 3 cm*	≤ 1 cm	≤ 1 cm
Profil aval seuil	+ 5 cm*	+ 2 cm*	≤ 1 cm	≤ 1 cm
Seuil – Entrée du bras usinier	- 32 cm <b>Mise hors d'eau du bras usinier</b>	- 42 cm <b>Mise hors d'eau du bras usinier</b>	- 64 cm	- 72 cm
P06	- 32 cm	- 42 cm	- 64 cm	- 72 cm
P05	- 20 cm	- 20 cm	- 33 cm	- 43 cm
P04	- 17 cm	- 17 cm	- 26 cm	- 34 cm
P03	- 15 cm	- 15 cm	- 22 cm	- 28 cm
P02 – Bretelle d'insertion de la RD200	- 13 cm	- 13 cm	- 18 cm	- 24 cm
P01 – Bretelle d'insertion de la RD200	- 7 cm	- 9 cm	- 15 cm	- 19 cm

\* **Remarque** : on observe une légère incidence sur les niveaux d'eau pour les faibles débits entre le seuil et le pont du fait du rétrécissement de la section due à la réfection des berges en pente douce (TO.1). En effet, cette pente douce rétrécit légèrement la largeur du lit en pied de berges tout en augmentant la largeur du profil entre les hauts de berges.

**Tableau 2 : Synthèse des incidences sur les niveaux d'eau – Erosion régressive (Etat 2)**

Point de comparaison	Etiage	Module	Q2	Q10
Aval du pont de la moulinière	Pas d'incidence			
P07	+ 3 cm	+ 3 cm	≤ 1 cm	≤ 1 cm
Profil aval seuil	+ 5 cm	+ 2 cm	≤ 1 cm	≤ 1 cm
Seuil – Entrée du bras usinier	- 32 cm <b>Mise hors d'eau du bras usinier</b>	- 42 cm <b>Mise hors d'eau du bras usinier</b>	- 64 cm	- 72 cm
P06	- 32 cm	- 42 cm	- 63 cm	- 70 cm
P05	- 29 cm	- 34 cm	- 46 cm	- 54 cm
P04	- 26 cm	- 29 cm	- 37 cm	- 43 cm
P03	- 23 cm	- 24 cm	- 29 cm	- 33 cm
P02 – Bretelle d'insertion de la RD200	- 17 cm	- 19 cm	- 24 cm	- 28 cm
P01 – Bretelle d'insertion de la RD200	- 8 cm	- 12 cm	- 18 cm	- 22 cm

\* **Remarque** : on observe une légère incidence sur les niveaux d'eau pour les faibles débits entre le seuil et le pont du fait du rétrécissement de la section due à la réfection des berges en pente douce (TO.1). En effet, cette pente douce rétrécit légèrement la largeur du lit en pied de berges tout en augmentant la largeur du profil entre les hauts de berges.

La suppression du seuil n'a pas d'impact à court ou long terme sur les lignes d'eau en aval du pont de la rue de la Moulinière.

Le projet augmente faiblement les lignes d'eau entre le seuil et le pont pour les faibles débits (étiage et module). Cependant, l'incidence du projet est non significative (inférieur au centimètre) pour les débits de crue.

Au droit de l'entrée du bras usinier, l'abaissement de la ligne d'eau est du même ordre de grandeur en considérant un arasement simple de l'ouvrage (AVP) ou un profil stabilisé par une érosion régressive. L'abaissement dû à la suppression du seuil est de 32 à 42 cm pour les faibles débits (module et étiage), ce qui participe à la **mise hors d'eau du bras usinier la majeure partie de l'année**.

Le bras usinier est alors alimenté en eau à partir d'une crue biennale alors, qu'à l'état actuel, il est alimenté dès l'étiage.

La fréquence d'alimentation du bras usinier sera donc bien inférieure à celle actuelle. D'après l'étude géotechnique réalisée par SEMOFI en février 2017, l'assèchement du bras usinier ne devrait pas causer de grave dommage à la stabilité du moulin. En effet, les fondations ne semblent pas avoir été réalisées en pieux bois (cf. **paragraphe 2.5** et **Annexe 1**).

Au droit des parcelles privées situées en rive gauche et possédant des protections de berge en béton (profils P04 à P06), l'abaissement du niveau d'eau est de 26 à 42 cm pour les faibles débits. **La recharge granulométrique réalisée au pied de ces berges participera à éviter tout affouillement suite à l'abaissement de la ligne d'eau.**

L'abaissement de la ligne d'eau de 8 à 19 cm pour les débits courant au droit des profils P01 et P02 n'aura pas d'impact sur la stabilité de la bretelle d'accès à la RD200.

## 7. Incidences sur la continuité écologique

La suppression du seuil du moulin permettra un rétablissement total de la continuité sédimentaire et piscicole.

Afin de s'assurer du rétablissement de la continuité écologique par l'arasement du seuil avant érosion régressive complète (pouvant survenir plusieurs années après l'arasement), la franchissabilité par les espèces cibles de la zone remaniée a été étudiée.

En effet, une fois le profil en long d'équilibre récupéré par le cours d'eau par érosion régressive, les conditions de franchissement seront optimales, les conditions de franchissement les plus défavorables uniquement sont ici vérifiées.

### 7.1 Espèces cibles

D'après l'arrêté préfectoral, les espèces cibles de la Brèche sont les suivantes :

- la Truite Fario ;
- l'Anguille ;
- la Lamproie de Planer ;
- la Vandoise.

Ces 4 espèces permettent de prendre en compte les capacités de franchissement de la plupart des espèces susceptibles de coloniser la Brèche. Leurs capacités de franchissement sont rappelées dans le **Tableau 3**.

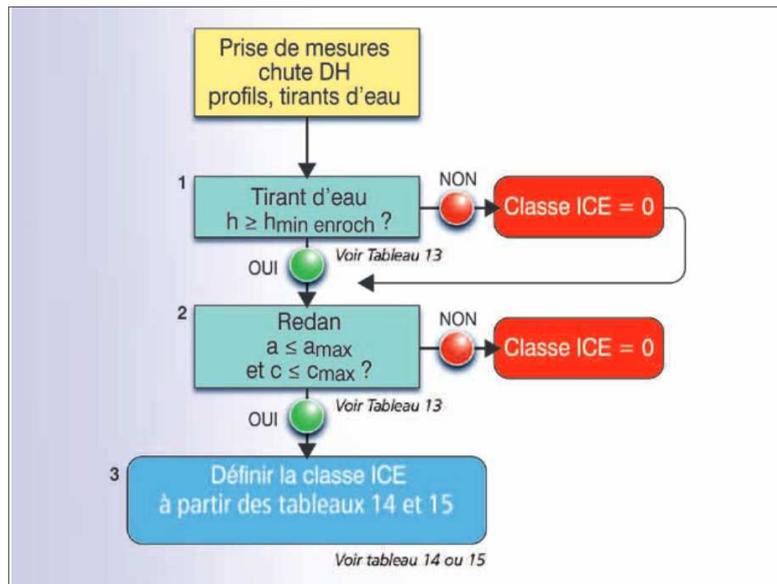
**Tableau 3 : Capacité de franchissement des différentes espèces (source : ONEMA)**

Espèce	Période de migration	Espèce sauteuse	Reptation possible	Vitesse maximale du courant*	Lame d'eau minimale nécessaire* ( $h_{min\ enroch}$ )
Truite Fario	Août - Janv	oui	non	2,0 m/s	0,20 m
Vandoise	Mars - Mai	non	non	1,5 m/s	0,10 m
Lamproie de Planer	Sept - Juin	non	non	1,5 m/s	0,10 m
Anguille (jaune)	tous	non	oui	< 1,5 m/s	0,10 m

\* Valeurs seuils de tirants d'eau pour le diagnostic de seuil en enrochement.

## 7.2 Arbre décisionnel

Conformément au guide de l'ONEMA « Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons », l'analyse de la franchissabilité de la zone d'étude, une fois le seuil arasé, a été réalisée en utilisant l'arbre décisionnel pour seuil en enrochement avec une pente inférieure à 9% (cf. **Figure 16**). Il s'agit d'une hypothèse pessimiste mais réaliste durant la phase d'érosion régressive. En effet, le fond du lit ne sera pas constitué d'enrochement et sa pente sera d'environ 1%. Localement, il est probable que les pentes soient supérieures, Toutefois, la longueur de la sur-pente sera limitée à quelques mètres.



**Figure 16 : Arbre décisionnel permettant de définir les classes de franchissabilité ICE<sup>2</sup> au niveau d'un seuil en enrochements (Source : ONEMA)**

La hauteur de chute DH et le tirant d'eau h, sont définis sur la **Figure 17**.

<sup>2</sup> Informations sur la Continuité Ecologique

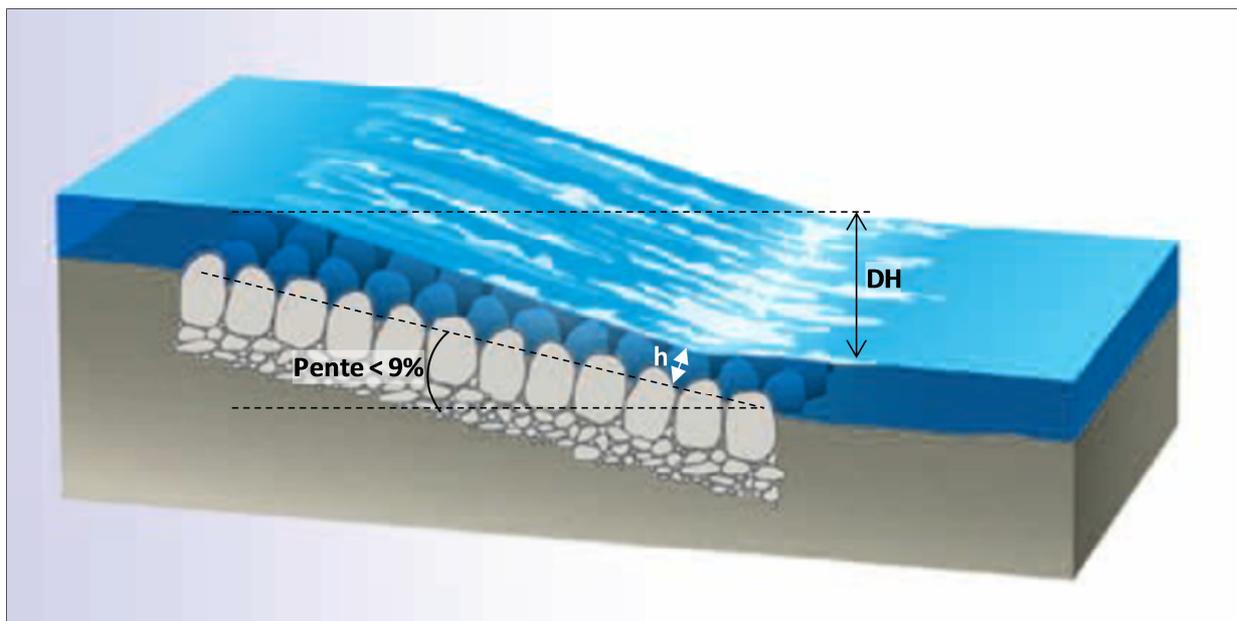


Figure 17 : Schéma de principe d'un seuil à parement incliné (pente  $\leq 150\%$ ) (Source : ONEMA)

### 7.3 Franchissabilité au droit du seuil arasé

Aucun redan n'étant envisagé à l'état projet, les seuls critères de franchissabilité utilisés sont la pente du cours d'eau (environ 1 %) et le tirant d'eau (cf. **Tableau 4**).

**Tableau 4 : Tirants d'eau calculés par la modélisation de l'AVP**

Episode hydrologique	Etiage (QMNA5)	Module	Q2	Q10
Tirant d'eau $h^{(1)}$ (m)	0,70	0,78	1,04	1,21

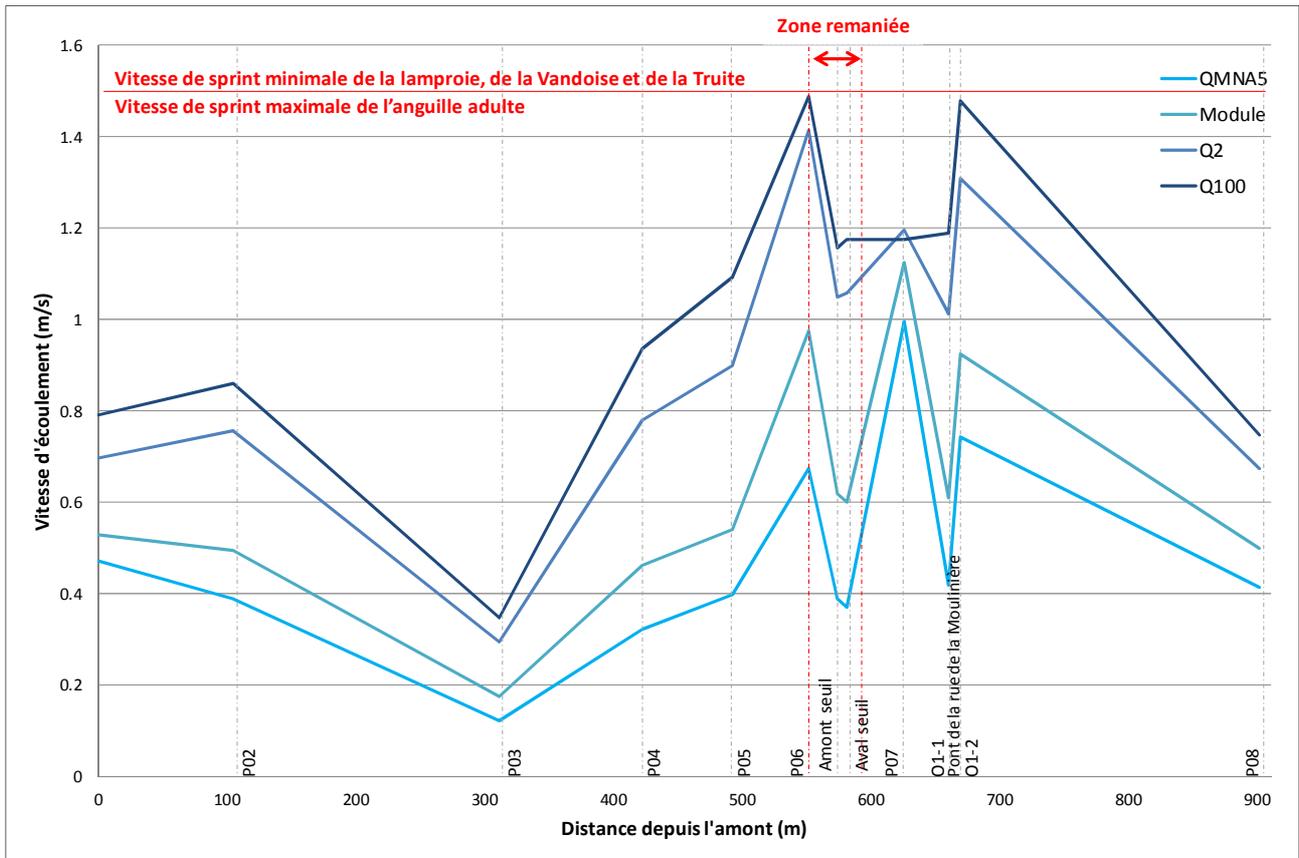
(1)  $h$  = Niveau d'eau – Niveau du fond du lit, au droit du profil Amont seuil.

Afin d'être franchissable pour l'ensemble des espèces cibles, la zone remaniée doit disposer d'un tirant d'eau minimal  $h \geq 20$  cm (tirant d'eau de la truite Fario).

Cette condition étant respectée quelque-soit l'épisode hydrologique étudié, il convient ensuite de s'assurer que les vitesses d'écoulement permettent aux individus les plus faibles de chaque espèces cibles de remonter le courant.

Ainsi, pour les espèces cibles de la Brèche (hors anguille qui possède la capacité de ramper sur les berges), la vitesse d'écoulement ne doit pas dépasser 1,5 m/s (vitesse de sprint minimale de la Lamproie de Planer et de la Vandoise).

Quel que soit l'épisode hydrologique étudié, les vitesses d'écoulement de la Brèche ne dépasse pas 1,5 m/s (cf. **Figure 18**).



**Figure 18 : Vitesses d'écoulement modélisées en considérant un arasement du seuil tel que défini précédemment**

Au droit du seuil arasé dans le cadre du projet, les vitesses peuvent atteindre 0,9 m/s en considérant le module.

Par ailleurs, les berges restaurées dans le cadre du projet seront aménagées de manière à faciliter la reptation des anguilles : berges végétalisées en pentes douces. D'autre part, il est prévu de reprendre l'intrados de la rivière au niveau du seuil (suppression de la pile de passerelle), là où les vitesses sont les plus faibles et donc les plus favorables à la migration des anguilles ; il sera donc important de s'assurer d'une pente de berge adaptée dans cet intrados.

Dans le cas de sur-pente durant la mise en place de l'équilibre, les hauteurs (de l'ordre de 10 cm) et les distances (de l'ordre de 2 m) associées à l'érosion régressive permettront de conserver des écoulements compatibles avec les capacités de nage des espèces cibles.

**Ainsi, quelque-soit l'épisode hydrologique étudié, la zone remaniée est franchissable par les quatre espèces cibles, même immédiatement après les travaux.**

## 8. Planning des travaux

Sur la base des travaux proposés précédemment, la durée de chantier est estimée à 2 mois maximum, hors période de préparation.

Le délai des phases préalables comprenant la rédaction du marché (PRO, CCTP, CCAP, RC, AE, etc.), la consultation des entreprises et les phases EXE/VISA, est quant à lui estimé à 4 mois.

Le planning présenté ci-dessous détaille les délais envisagés pour la suite du projet.

**Tableau 5 : Planning envisagé – Stade AVP**

Planning de l'opération	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.
<b>Elaboration du Projet (PRO)</b>								
Définition des travaux au niveau PRO								
Rapport et plans								
Réunion du Comité de Pilotage								
<b>DET et ACT</b>								
Rédaction du dossier de consultation des entreprises								
Consultation des entreprises								
Analyse des offres								
Rejet et attribution								
Mise au point du marché								
<b>Travaux</b>								
VISA								
DET								
AOR								

## 9. Estimation financière

L'estimation du coût des travaux, à un niveau avant-projet, est disponible ci-après. Cette estimation est réalisée sur la base de valeurs usuellement observés par BURGEAP sur des chantiers de ce type. Ils peuvent évoluer en fonction du contexte local et des périodes de travaux.

A ce stade de connaissance du site et des réseaux, le montant des travaux est évalué (cf. **Tableau 6**) à environ (y compris coûts de maîtrise d'œuvre) :

- 101 000 € HT pour la tranche ferme ;
- 31 000 € HT pour les tranches optionnelles.

La mission de maîtrise d'œuvre, estimée au minimum à 20 % du montant des travaux, comprend donc :

- la phase projet (comprise dans la présente mission de maitrise d'œuvre pour le rétablissement de la continuité écologique du Moulin de la Moulinière) ;
- le montage du dossier réglementaire au titre de la loi sur l'eau du Code de l'environnement ;
- l'élaboration du dossier de consultation des entreprises (CCTP), assistance à la sélection des candidats et à la passation du marché de travaux ;
- la validation des études d'exécution (plan guide, métré, spécifications techniques et devis descriptif des travaux) (VISA) ;
- la direction de l'exécution des travaux et vérification des décomptes d'entreprise ;
- l'assistance aux contrôles et opérations concourant à la réception des ouvrages exécutés.

**Tableau 6 : Chiffrage des travaux – Stade AVP**

TRANCHE FERME					
N°	Désignation des ouvrages	U	Q	P.U.	Montant HT
<b>TF.0</b>	<b>Généralités</b>				
0.1	Installation de chantier, signalisation, études d'exécution	ft	1	15 000 €	15 000 €
0.2	Piquetage/implantation	ft	1	1 000 €	1 000 €
0.3	Prise en compte de la problématique "espèces invasives"	ft	1	3 000 €	3 000 €
0.4	Mise hors d'eau du lit mineur (batardeau, pompage, etc.)	ft	1	3 000 €	3 000 €
0.3	Récolement	ft	1	1 500 €	1 500 €
	<b>Sous-Total « Généralités »</b>				<b>23 500 €</b>
<b>1</b>	<b>Arasement du seuil</b>				
1.1	Retrait de la passerelle	u	1	1 000 €	1 000 €
1.2	Arasement progressif (3 abaissements différents) du seuil et de la pile de pont yc. Mise en décharge	u	3	1 600 €	4 800 €
1.3	Lissage de l'angle en rive droite yc. Reprise du profil en long (déblais laissés sur site ou réutilisés)	m <sup>3</sup>	170	60 €	10 200 €
1.4	Reconstitution du matelas alluvial (50/100)	m <sup>2</sup>	100	30 €	3 000 €
	<b>Sous-Total « Arasement du seuil »</b>				<b>19 000 €</b>
<b>2</b>	<b>Retrait des blocs bétons</b>				
2.1	Retrait et évacuation des blocs bétons	u	3	300 €	900 €
	<b>Sous-Total « Retrait des blocs bétons »</b>				<b>900 €</b>
<b>3</b>	<b>Reprise des berges en pente douce et végétalisation</b>				
3.1	Déblais (à réutiliser ou mettre en décharge - inertes classe 3 : 20€, classe 2 : 60€, classe 1 : 150€)	m <sup>3</sup>	30	60 €	1 800 €
3.2	Remblais (+ fourniture matériaux)	m <sup>3</sup>	140	20 €	2 800 €
3.3	Reprofilage/talutage soigné	m <sup>2</sup>	350	5 €	1 750 €
3.4	Terre végétale (fourniture et compactage, épaisseur de 20cm)	m <sup>2</sup>	350	15 €	5 250 €
3.5	Géotextile	m <sup>2</sup>	350	10 €	3 500 €
3.6	Ensemencement	m <sup>2</sup>	350	2 €	700 €
3.7	Reconstitution d'un cordon d'hélophytes	ml	115	10 €	1 150 €
3.8	Rypisive (strate arbustive, 1 pied tous les mètres environ)	ml	115	15 €	1 725 €
3.9	Pose d'une clôture en grillage en haut de berge	ml	30	100 €	3 000 €
	<b>Sous-Total « Reprise des berges »</b>				<b>21 675 €</b>
<b>4</b>	<b>Recharge granulométrique au pied des berges des riverains amont</b>				
4.1	Déblais (à réutiliser ou mettre en décharge - inertes classe 3 : 20€, classe 2 : 60€, classe 1 : 150€)	m <sup>3</sup>	130	60 €	7 800 €
4.2	Recharge granulométrique 50/100	m <sup>3</sup>	70	30 €	2 100 €
	<b>Sous-Total « Recharge granulométrique »</b>				<b>9 900 €</b>
	<b>Total travaux HT</b>				<b>74 975 €</b>
	<b>Imprévus et Divers (15 %)</b>				<b>11 246 €</b>
	<b>Maîtrise d'œuvre (20 %)</b>				<b>14 995 €</b>
	<b>Budget total travaux HT</b>				<b>101 000 €</b>
TRANCHES OPTIONNELLES					
N°	Désignation des ouvrages	U	Q	P.U.	Montant HT
<b>TO.1</b>	<b>Reprise des berges au droit du moulin sur 40 ml</b>				
1.1	Déblais (à réutiliser ou mettre en décharge - inertes classe 3 : 20€, classe 2 : 60€, classe 1 : 150€)	m <sup>3</sup>	30	60 €	1 800 €
1.2	Remblais (+ fourniture matériaux)	m <sup>3</sup>	50	20 €	1 000 €
1.3	Reprofilage/talutage soigné	m <sup>2</sup>	100	5 €	500 €
1.4	Terre végétale (fourniture et compactage, épaisseur de 20cm)	m <sup>2</sup>	100	15 €	1 500 €
1.5	Géotextile	m <sup>2</sup>	100	10 €	1 000 €
1.6	Ensemencement	m <sup>2</sup>	100	2 €	200 €
1.7	Reconstitution d'un cordon d'hélophytes	ml	40	10 €	400 €
1.8	Rypisive (strate arbustive, 1 pied tous les mètres environ)	ml	40	15 €	600 €
1.9	Pose d'une clôture en grillage en haut de berge	ml	40	100 €	4 000 €
	<b>Sous-Total « Généralités »</b>				<b>11 000 €</b>
<b>TO.2</b>	<b>Suppression du merlon de curage</b>				
2.1	Défrichage / débroussaillage / abattage / dessouchage	m <sup>2</sup>	450	5 €	2 250 €
2.2	Décapage de la terre végétale (sur 20cm) et mise en dépôt provisoire	m <sup>2</sup>	450	10 €	4 500 €
2.3	Déblais (à réutiliser ou mettre en décharge - inertes classe 3 : 20€, classe 2 : 60€, classe 1 : 150€)	m <sup>3</sup>	130	20 €	2 600 €
2.4	Remise en état du site avec la terre végétale d'origine	m <sup>2</sup>	450	5 €	2 250 €
	<b>Sous-Total « Agrandissement du bassin »</b>				<b>11 600 €</b>
	<b>Total travaux HT</b>				<b>22 600 €</b>
	<b>Imprévus et Divers (15 %)</b>				<b>3 390 €</b>
	<b>Maîtrise d'œuvre (20 %)</b>				<b>4 520 €</b>
	<b>Budget total travaux HT</b>				<b>31 000 €</b>

## 10. Synthèse

L'Avant-Projet de restauration de la continuité écologique au droit du moulin de la Moulinière prévoit, entre autre :

- **Tranche Ferme**
  - Arasement du seuil et de la pile de pont, recalibrage du cours d'eau et lissage de l'angle droit formé par la rivière (avec conservation des déblais sur site en rive droite) ;
  - Reprise des berges déstabilisées par talutage et végétalisation ;
  - Reprise de l'angle droit en rive droite et reprise de la berge en talutage et végétalisation ;
  - Aménagement des pieds de berges des propriétés amont par recharge granulométrique pour consolidation des berges et diversification du milieu (cache piscicole).
- **Tranches optionnelles**
  - Restauration des berges par talutage et végétalisation au droit du moulin entre la partie restaurée au droit du seuil et celle restaurée en amont du pont de la rue de la Moulinière.
  - Réduction du risque inondation et reconnexion du lit majeur par la suppression du merlon de curage présent en rive droite sur environ 50 à 75 ml.

Les aménagements tels qu'envisagés et décrit dans ce rapport participeront à :

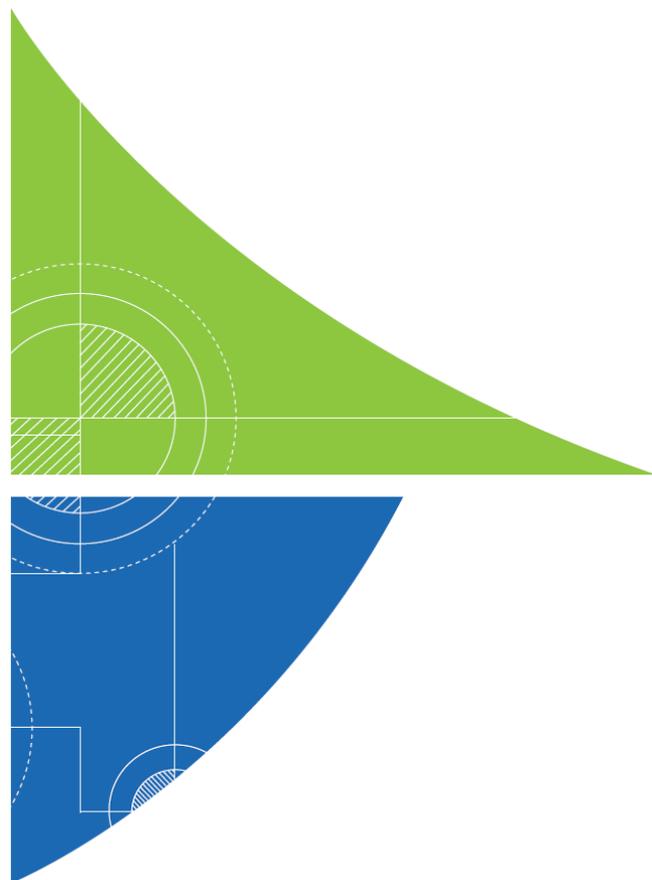
- restaurer la franchissabilité du site pour les 4 espèces cibles,
- restaurer la continuité sédimentaire,
- diminuer le risque inondation en abaissant la ligne d'eau en cas de crue.

Le coût global de l'opération est estimé à :

- 101 000 € HT pour la tranche ferme,
- 31 000 € pour les tranches optionnelles.

Une attention particulière devra être portée en phase chantier quant à la présence d'espèces invasives sur le site.

# ANNEXES



## **Annexe 1. Diagnostic géotechnique – mission G5**

Cette annexe contient 42 pages.

(Source : SEMOFI, 08/02/2017)



**GINGER BURGEAP**  
**27 rue de Vanves**  
**92772 Boulogne**  
**Billancourt**

---

*Moulin de la Moulinière*  
*1 rue de la Moulinière*  
*60870 Villers-Saint-Paul*

Diagnostic géotechnique - mission G5

DOSSIER : N° C16-9506			Pièce n° 1		
Indice	Date	Observations - Modifications	Rédaction	Vérification	Contrôle
C	08/02/2017	3 <sup>ème</sup> diffusion - modification suite au remarque émise le 07/02/2017	S. JAMOT	V. LAGET V. MELODRAMMA	JM. GALLET DE SAINT AURIN
B	07/02/2017	2 <sup>ème</sup> diffusion - Intégration du nivellement des points de mesure des niveaux d'eau de la Brèche	V. LAGET	V. MELODRAMMA	
A	06/02/2017	1 <sup>ère</sup> diffusion Contrôle interne - relecture	S. JAMOT	V. LAGET V. MELODRAMMA	

Nbre de pages	24	Nbre d'annexes	13	Nbre de plan(s)	3
---------------	----	----------------	----	-----------------	---

## GRILLE DE REVISION

	REV	A	B	C	D		REV	A	B	C	D	
PAGE						PAGE						
1	X					33						
2	X					34						
3	X					35						
4	X					36						
5	X					37						
6	X			X		38						
7	X					39						
8	X					40						
9	X					41						
10	X					42						
11	X					43						
12	X			X		44						
13	X					45						
14	X					46						
15	X			X		47						
16	X			X		48						
17	X					49						
18	X					50						
19	X	X		X		51						
20	X					52						
21	X					53						
22	X	X				54						
23	X					55						
24				X		56						
25						57						
26						58						
27						59						
28						60						
29						61						
30						62						
31						63						
32						64						

## SOMMAIRE

<b>1 -</b>	<b>Généralités</b> .....	<b>4</b>
1.1 -	Définition de l'opération .....	4
1.2 -	Définition de la mission géotechnique .....	4
1.3 -	Description du projet.....	5
1.3.1 -	Description des ouvrages.....	5
1.3.2 -	Catégorie d'ouvrage.....	5
1.4 -	Documents fournis et utilisés .....	6
1.5 -	Normes et règlements.....	6
<b>2 -</b>	<b>Etude de site</b> .....	<b>6</b>
2.1 -	Contexte géomorphologique .....	6
2.1 -	Contexte sitologique .....	6
2.2 -	Contexte géologique et hydrogéologique.....	7
2.3 -	Aléas naturels potentiels au droit du site .....	9
2.3.1 -	Risque d'inondation par remontée de nappe.....	10
2.4 -	Programme d'investigations géotechniques .....	12
2.5 -	Résultats des investigations.....	13
2.5.1 -	Reconnaissance de fondation.....	13
2.5.2 -	Niveau d'eau .....	17
<b>3 -</b>	<b>Diagnostic géotechnique (mission G5)</b> .....	<b>23</b>
3.1 -	Projet.....	23
3.2 -	Les terrains - hydrogéologie .....	23
3.3 -	Les fondations .....	23
3.4 -	Conclusion.....	23

## ANNEXES

Annexe	Nbre de page	Objet de l'annexe
1	1	Plan de localisation
2	1	Plan d'implantation des sondages
3	1	Plan de localisation des niveaux d'eau mesurés dans la Brèche
4	5	Coupe du sondage destructif
5	2	Fiche descriptive des fouilles de reconnaissance de fondation
6	3	Classification des missions géotechniques types

# 1 - Généralités

## 1.1 - Définition de l'opération

<i>Références</i>	<i>Désignations</i>
<b>Devis</b> : P16-17188 <b>Commande</b> : Bon pour accord le 16 décembre 2016 <b>Demandeur</b> : Burgeap Ginger <b>Mandataire</b> : SEMOFI	<b>Projet</b> : restauration de la continuité écologique de la Brèche au niveau du moulin de la Moulinière <b>Lieu</b> : Villers-Saint-Paul / Monchy-Saint-Eloi <b>Date d'intervention</b> : 23/01/2017

Tableau 1 : Identification de l'opération

## 1.2 - Définition de la mission géotechnique

A la demande et pour le compte de GINGER BURGEAP (assistant technique à la Maitrise d'Ouvrage), SEMOFI a réalisé un diagnostic géotechnique de type G5 dans le cadre de l'étude pour la restauration de la continuité écologique de la Brèche au niveau du moulin de la Moulinière dans l'Oise à Villers-Saint-Paul (60).

Notre mission consiste en une étude géotechnique préalable **G1 Phases ES** ainsi qu'un diagnostic géotechnique **G5** (NF 94-500 de novembre 2013). Cette mission comprend :

- Enquête documentaire et de site préalables (G1 ES) :
  - Caractériser le cadre géotechnique du site,
  - Identifier l'existence d'avoisinants.
  
- Investigations géotechniques (G1 ES) :
  - Définir, suivre des investigations géotechniques et interpréter leurs résultats,
  - Procéder à des mesures ponctuelles d'équipement (piézomètre),
  - Réaliser des essais en laboratoire

NB : Une ébauche dimensionnelle est établie à partir des résultats de la phase AVP d'une étude géotechnique de conception (G2). Elle donne des ordres de grandeur des caractéristiques dimensionnelles envisageables, ainsi qu'un premier aperçu des sujétions géotechniques d'exécution. Elle ne permet pas le dimensionnement d'un projet.

- Diagnostic géotechnique (G5) :
  - Définir le contexte géotechnique, le modèle géologique, et les valeurs caractéristiques des couches de sol en rapport avec les résultats des essais réalisés,
  - Apprécier au mieux la zone d'influence géotechnique (ZIG),
  - Etudier les techniques employées pour l'adaptation au sol de l'ouvrage ou de la partie d'ouvrage concernée,
  - Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques en fonction du problème posé,
  - Identifier la ou les causes se trouvant à l'origine du désordre, et les principes généraux de réparation envisageables (ouvrage avec sinistre),
  - Souligner les incertitudes qui subsistent et les risques géotechniques résiduels,
  - Préciser les types d'investigations envisageables pour réduire les incertitudes et risques géotechniques.

NB : Cette mission concerne l'ouvrage géotechnique spécifié sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

Si le diagnostic conduit à modifier toute ou partie du projet, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront

réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique.

### 1.3 - Description du projet

#### 1.3.1 - Description des ouvrages

Le projet prévoit la restauration de la continuité écologique via un arasement du seuil créant actuellement une retenue d'eau sur la Brèche. Notre diagnostic géotechnique consiste à analyser visuellement les fondations du Moulin de la Moulinière par la réalisation de fouilles de reconnaissance. Il est courant pour des moulins de cette époque d'avoir été construit sur des fondations pieux bois. Ce type de fondation est généralement sensible aux variations du niveau d'eau.

En période de basses eaux, le fil d'eau pourra être abaissé de 40 cm ce qui pourrait avoir des conséquences sur les fondations du moulin et impacter sa stabilité. Notre mission vise à vérifier la nature des fondations du Moulin et identifier les risques sur sa stabilité.



Figure 1 : Extrait du plan de masse du projet (source : [www.géoportail.fr](http://www.géoportail.fr))

#### 1.3.2 - Catégorie d'ouvrage

A défaut d'indication du maître d'ouvrage, nous proposons de retenir (en référence aux normes DTU13.12, NF P 94 262 (annexe P), NF EN 1997-1 et NF EN 1997-1/NA) :

- Une classe de conséquences CC2
- Un ouvrage de catégorie géotechnique 2
- Un ouvrage de durée d'utilisation de projet 4 (50 ans, structures courantes de génie civil et de bâtiments)

## 1.4 - Documents fournis et utilisés

PLANS FOURNIS				
Auteur	Référence	Date	Information	
GINGER BURGEAP	REAUIF02337-02	07/12/2016	CCTP – géotechnique – Moulin de la Moulinière (60)	
DOCUMENTS UTILISES				
Auteur	Référence	Date	Echelle	Information
BRGM	Carte géologique la France, feuille de Creil	1964	1/50 000	Informations relatives au contexte géologique et hydrogéologique du secteur.

Tableau 2 : Documents fournis et utilisés dans le cadre de l'étude

## 1.5 - Normes et règlements

Pour la réalisation de cette étude, les règlements et normes suivants ont été utilisés :

- NF EN 1997-1, Eurocode 7 - Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales
- NF EN 1997-1/NA, Eurocode 7 - Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales – Annexe Nationale
- NF P 94-261 : Justifications des ouvrages géotechniques – fondations superficielles
- NF P 94-262 : Justification des ouvrages géotechniques – fondations profondes

# 2 - Etude de site

## 2.1 - Contexte géomorphologique

Le projet se trouve à 20m de la Brèche, dans le département de l'Oise (60) sur le Domaine du Moulin de la Moulinière sur la commune de Villers-Saint-Paul.

Le site prend place en contexte de plaine alluviale. Ce contexte est visible avec les cotes altimétriques qui varient, d'après l'IGN, entre 31 NGF au niveau du collège Marcelin Berthelot et 34 NGF au niveau de l'école maternelle du Clos Saint Paul. Nos investigations se sont déroulées à proximité du Moulin de la Moulinière. L'altimétrie de la zone d'étude se trouve à environ 32 NGF d'après le site de géoportail.

La Brèche rejoint l'Oise vers Verneuil-en-Halatte situé au Sud-Est de Villers-Saint-Paul.

Des zones de circulation préférentielle sont donc possibles en direction de la Brèche.

## 2.1 - Contexte sitologique

Le site est en zone urbaine, principalement entouré de bâtiments pavillonnaires.

L'existence de réseaux ERDF, eau potable et électricité sont indiqués dans les réponses des concessionnaires (DICT).

Une attention particulière devra être apportée en phase chantier et en phase définitive afin de ne pas détériorer les réseaux en présence.

Egalement, le site se place à proximité de la Brèche. Une station d'épuration est présente à 600m au Sud du site.

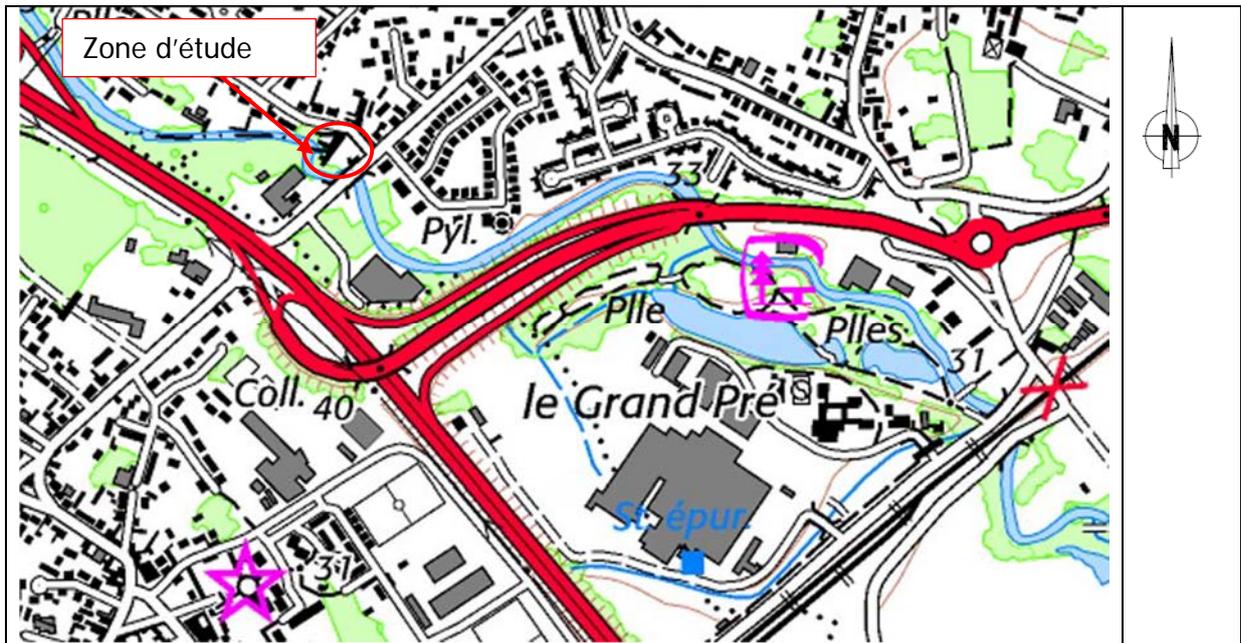


Figure 2 : Extrait de la carte IGN (source : [www.geoportail.fr](http://www.geoportail.fr))

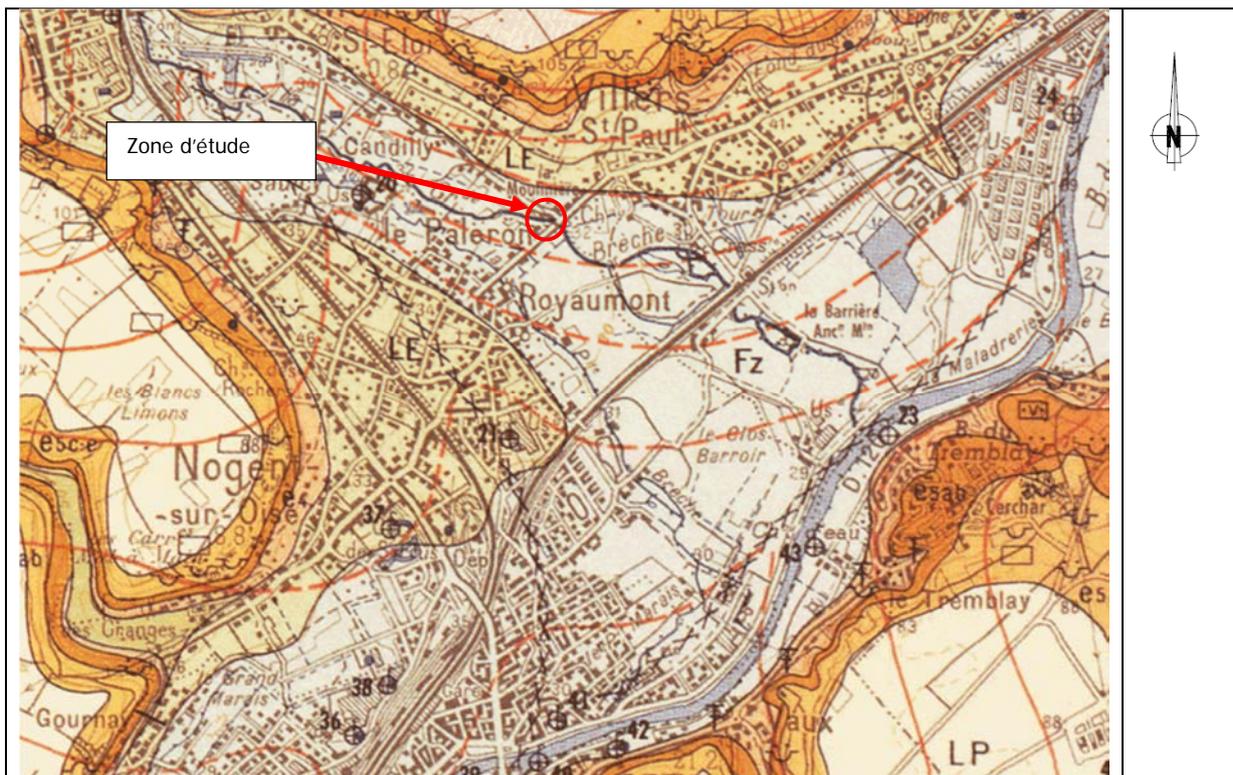
## 2.2 - Contexte géologique et hydrogéologique

D'après notre connaissance du secteur et de la carte géologique au 1/50 000 de Creil, le projet se localise au droit de la plaine alluviale de la Brèche.

La rivière a ici entaillé les formations Lutétiennes jusqu'à faire apparaître les Sables de Cuise.

La présence du pli anticlinal du Bray au Sud-Est à 800m et 1,8km au Sud-Ouest de la zone d'étude a également été notée.

D'après la carte géologique de Creil, le site est entouré de carrières souterraines et à ciel ouvert d'exploitation du Calcaire Grossier.



Légende :

- Alluvions récentes (Fz)
- Limon des plateaux (LP)
- Limon des pentes (LE)
- Calcaires - Lutétien supérieur et moyen (e5c-e)
- Calcaire à Nummulites Lutétien inférieur (e5ab)
- Sables de Cuise (e4)

Tableau de synthèse ci-dessous :

	Formation attendue	Carte géologique concernée au 1/50 000	Description lithologique selon notice BRGM	Epaisseur attendue dans la région (m)	Nappe phréatique et/ou circulation d'eau attendues
Formation superficielle	Remblais/dépôts anthropiques	Creil	Composés de matériaux anthropiques, plus ou moins compacts, de nature diverse. Ils masquent en particulier les alluvions, souvent marécageuse et tourbeuse. La plupart des anciennes carrières sont comblés par des dépôts anthropiques.	Variable en fonction des aménagements antérieurs du site	Circulations superficielles
	Limon des Pentes		Composée de limons bruns. Ils sont épais à la sortie des vallées sèches ou dans les zones de confluence.	Epaisseur variable	Circulations d'eau possibles
	Alluvions récentes ou modernes		Constituées de limons terrigènes de débordement, de terres noires très fertiles et des limons jaunes sableux. Les alluvions sont souvent argileuses.	2 à 6 m	Nappe alluviale
Substratum	Sables de Cuise		Les sables de Cuise sont constituées de sables quartzeux, glauconieux et pyriteux intercalé de niveau argileux au sommet.	Très variable, 20 à 60 m	Nappe de l'Yprésien

### 2.3 - Aléas naturels potentiels au droit du site

D'après le site prim.net la commune de Villers-Saint-Paul fait l'objet :

- ✓ d'un plan de prévention des Risques naturels (PPRn) « inondation » approuvé le 14/12/2000,
- ✓ d'un plan de prévention des Risques naturels (PPRn) « inondation – par crue à débordement lent de cours d'eau » prescrit le 04/12/2014,

Dans un tableau synthétique est présenté l'ensemble des aléas géotechniques potentiellement présent sur site. Seuls ceux dont l'aléa est non nul sont explicités ci-après dans le chapitre.

Risque	Type d'aléas	Etat	Commentaires	Source
Cavités	Carrières souterraines	A priori non concerné	Présence de nombreuses anciennes carrières et à ciel ouvert d'exploitation du Calcaire Grossier dans un rayon 2,5 km	Carte géologique au 1/50 000 Portail de la prévention des risques majeurs ( <a href="http://www.prim.net">www.prim.net</a> )
	Carrières à ciel ouvert			
	Dissolution du Gypse antéludien	Non concerné	-	Atlas des zones soumises à dissolution de gypse Portail de la prévention des risques majeurs ( <a href="http://www.prim.net">www.prim.net</a> )
Mouvement de terrain	Glissement, chute, éboulement, effondrement, coulée, érosion	Commune concernée	1 arrêté datant du 29/12/1999	Portail de la prévention des risques majeurs ( <a href="http://www.prim.net">www.prim.net</a> )
	Retrait-gonflement des argiles	Aléa faible	-	Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux établie par le BRGM ( <a href="http://www.argiles.fr">www.argiles.fr</a> )
Aléa sismique	Séisme	Très faible	Commune classée en zone de sismicité 1	Nouveau zonage sismique français (décret N°2010-1254 du 22 octobre 2010) ( <a href="http://www.planseisme.fr">www.planseisme.fr</a> ; <a href="http://www.prim.net">www.prim.net</a> )
Inondations	Inondations par remontée de nappe	Sensibilité forte à très forte	1 arrêté datant du 29/08/2001	Cartographie des remontées de nappe établie par le BRGM ( <a href="http://www.inondationsnappes.fr">www.inondationsnappes.fr</a> )
	Inondations par crue	Potentiellement concernée	1 PPRn datant du 26/03/2015 + site d'étude à proximité immédiate de la rivière « la Brèche »	Cartographie du PPRI ( <a href="http://www.cartorisque.prim.net">www.cartorisque.prim.net</a> )
	Inondations et coulées de boue par ruissellement dans secteur urbain	Commune concernée	5 arrêtés au total. Dernier datant du 27/04/2001	Portail de la prévention des risques majeurs ( <a href="http://www.prim.net">www.prim.net</a> )

### 2.3.1 - Risque d'inondation par remontée de nappe

Du fait du contexte de plaine alluviale et de la présence de la rivière à proximité immédiate, le projet se situe dans une zone de sensibilité élevée à très élevée à la remontée du niveau de la nappe comme indiqué sur la carte ci-dessous :

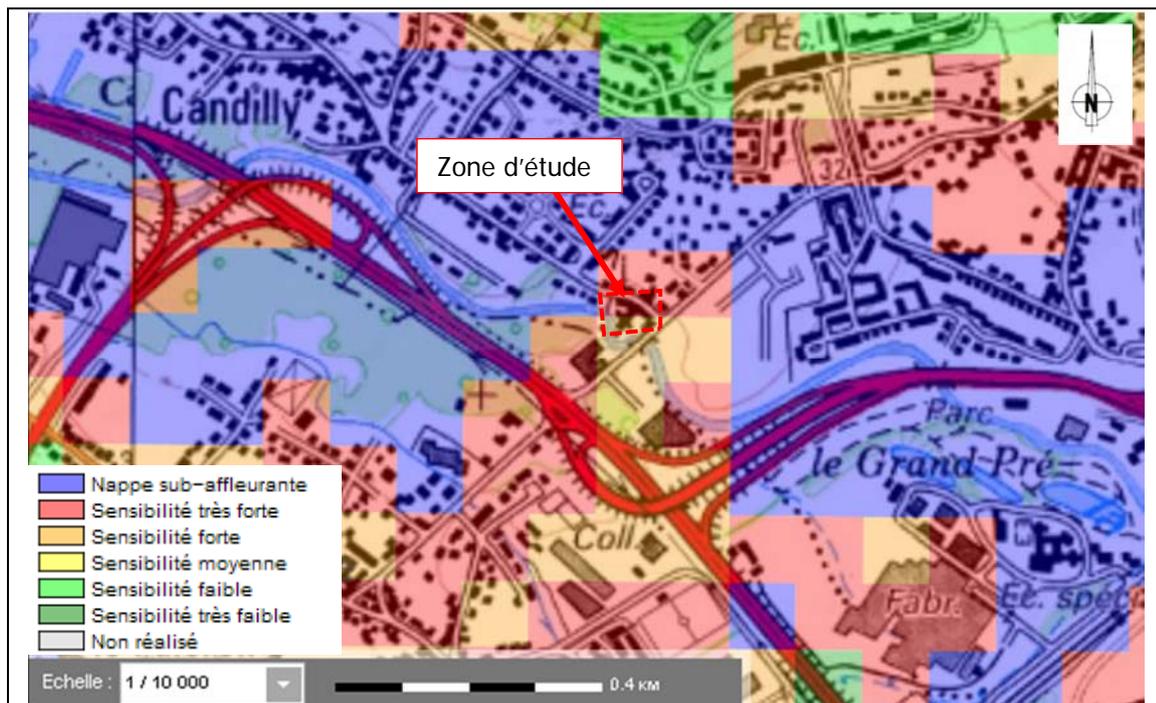


Figure 3 : Carte des risques d'inondation par remontée de nappe (source : inondationnappes.fr)

## 2.4 - Programme d'investigations géotechniques

Les investigations se sont déroulées le 23 janvier 2017. Elles ont été effectuées conformément au programme de base et ont consisté en la réalisation de :

Sondages	Type de sondages in situ	Essais	Profondeur m/TN	Cote NGF (m)			Equipement spécifique / remarque					
				X	Y	Z						
				SD1PZ	Sondage destructif	-		6,0	1661951,87	8231812,95	32,25	Piézomètre tubé de 0 à 1, crépiné de 1 à 6 m
									8231812,95			
32,25												
RF1	Fouille de reconnaissance de fondation	-	1,35	1661950,95	8231815,20	32,80	-					
				8231815,20								
				32,80								
RF2	Fouille de reconnaissance de fondation	-	0,53	1661948,19	8231811,32	32,80	-					
				8231811,32								
				32,80								

Les sondages ont été réalisés depuis le niveau du terrain naturel au moment de nos investigations, les profondeurs sont données par rapport à ce référentiel (en m/TN). Un schéma d'implantation des sondages est fourni en Annexe n°2.

Les coordonnées X, Y, Z des sondages ont été relevées avec un système GPS portatif possédant le système « LEYCA UNO 10/15 GNSS ». Les coordonnées sont données en RGF93 CC49 avec une précision centimétrique.

## 2.5 - Résultats des investigations

### 2.5.1 - Reconnaissance de fondation

Deux fouilles de reconnaissance des fondations ont été effectuées contre le mur extérieur du Moulin de la Moulinière.

- La fouille RF1 a été réalisée entre la porte d'entrée et le balcon,
- La deuxième fouille RF2 a été réalisée près de l'agrandissement.

Les photos ci-dessous indiquent leurs emplacements. L'implantation et les coupes des fouilles sont fournies en annexe.



Figure 4 : photo des implantations des fouilles de reconnaissance de fondation (source : SEMOFI)

#### Fouille RF1 :

Lors de la réalisation de la fouille RF1, les éléments suivants ont été relevés :

- Un bloc calcaire taillé de 1,3m de longueur sur 0,4m de large et de 0,3m d'épaisseur situés à 0,3m/TN.
- En dessous du premier bloc calcaire taillé, un autre bloc calcaire potentiellement de dimensions au moins équivalentes au premier a été mis en évidence,
- Entre le mur du moulin et le deuxième bloc calcaire, une ouverture de 4 cm a permis de voir une cavité sous le bâtiment.

Avec l'accord de la Maitrise d'Ouvrage déléguée, il a été décidé de faire une seconde fouille à proximité de l'agrandissement du moulin, à gauche de la première fouille.

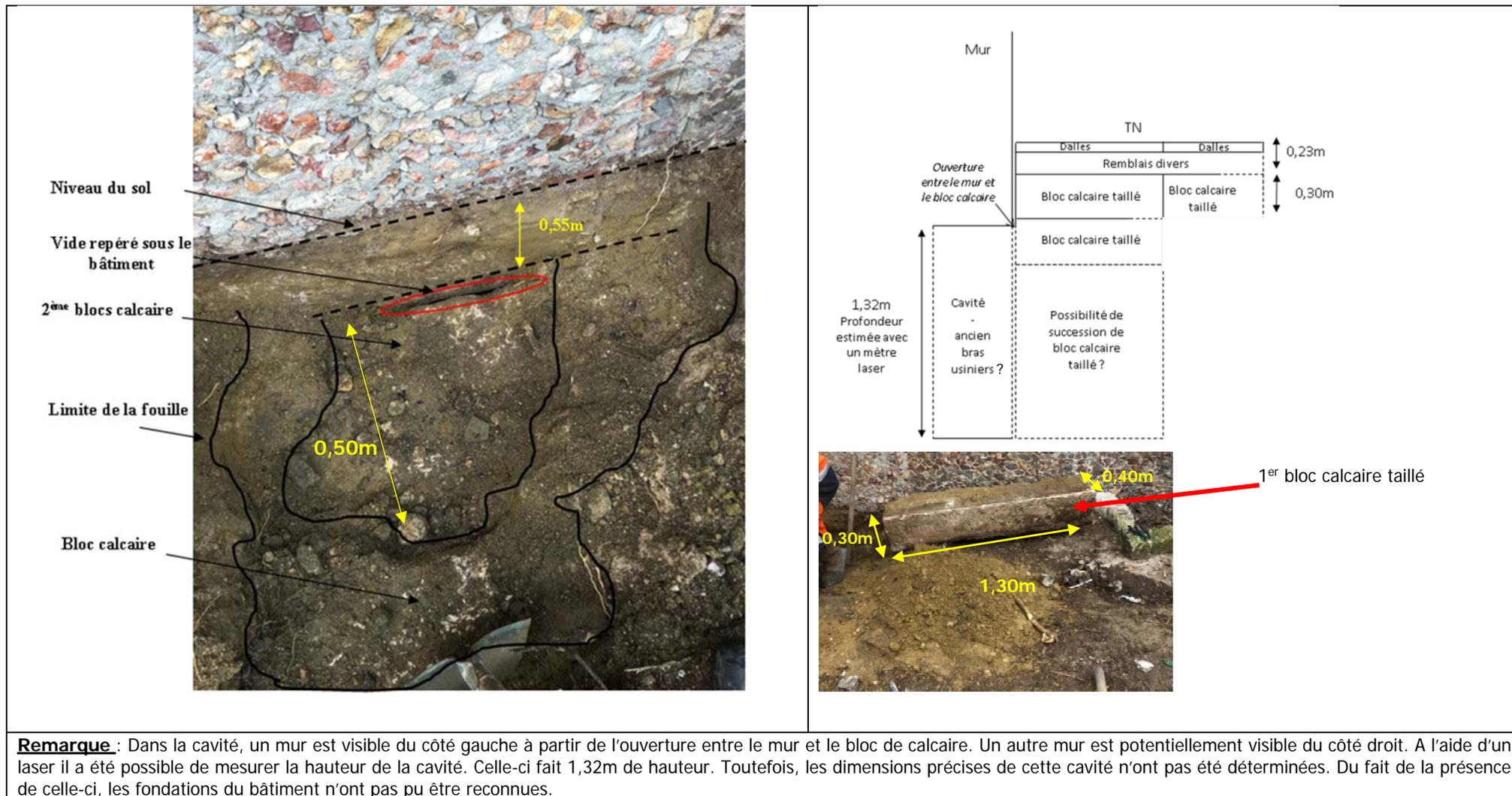


Figure 5: Coupe des matériaux rencontrés dans le cadre de la 1<sup>ère</sup> fouille

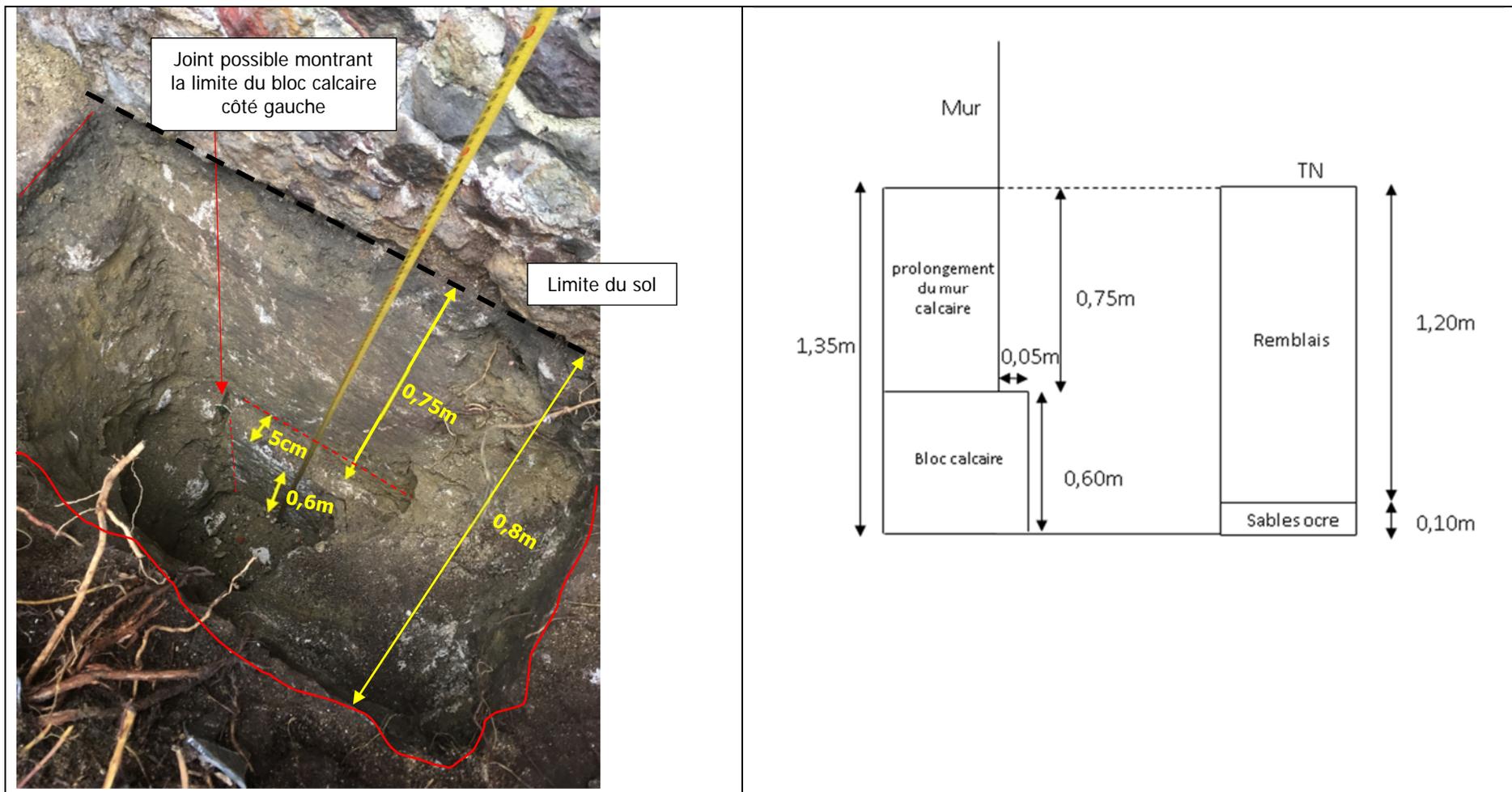
Il est possible que la fouille de fondation RF1 soit située au droit de l'ancien bras usiniers qui a potentiellement été remblayé par des blocs calcaires taillés.

#### Fouille RF2 :

Lors de la réalisation de la fouille RF2, les éléments suivants ont été relevés :

- Le prolongement du mur en moellon calcaire sur environ 0,75m/TN de profondeur,
- Un débord de 5 cm est visible à 0,75m/TN, ce débord se poursuit sur 0,60m de profondeur,
- Un joint de terre a mis en évidence la limite côté gauche du bloc calcaire présentant le débord.
- Le terrain est composé de remblais sableux légèrement argileux ocre.

La deuxième fouille de reconnaissance de fondation a été réalisée jusqu'à 1,35m de profondeur par rapport au terrain naturel.



**Remarque:** Il n'a pas été possible de voir la limite côté droit du bloc calcaire présentant le débord. Avec l'accord de l'assistance à Maitrise d'Ouvrage, la fouille n'a pas pu être élargie à cause de la présence d'une dalle en bordure de fouille dont les dimensions auraient pu être source de danger en cas de tentative de déplacement.

Figure 6 : Schéma de la 2ème fouille

D'après les informations en notre possession, il semblerait qu'il n'y ait pas de niveau de sous-sol au bâtiment considéré. Ainsi, nous pouvons supposer que les fondations sont constituées par le prolongement des murs du bâtiment. La base de la fondation n'a pas été atteinte.

Fouilles de reconnaissance	Localisation	Profondeur (m/TN)	Commentaire
RF1	Entre la porte d'entrée et le balcon	0,53	Refus sur blocs
RF2	A gauche de la porte d'entrée, à proximité de l'agrandissement	1,35	-

Tableau 3 : Récapitulatif des deux fouilles de fondation

### 2.5.2 - Niveau d'eau

Dans le cadre de la mission G5 diagnostic géotechnique, la réalisation d'un piézomètre court a été effectuée permettant de capter la nappe alluviale et déterminer si son niveau piézométrique, au droit du moulin, est lié au niveau d'eau en amont ou en aval du seuil.

Les caractéristiques du piézomètre sont les suivantes :

- Sondage destructif

Le forage destructif a été réalisé au tricône de diamètre 89mm de 0 à 6 m de profondeur avec enregistrement des paramètres. La machine utilisée est de type GEO 205. Le fluide de forage utilisé est l'eau.

- Installation du piézomètre

Les prescriptions relatives aux conditions de réalisation et d'équipement des forages édictées dans l'arrêté du 11 septembre 2003 portant application du décret n°2003-868 et relatif à la nomenclature des opérations soumises à la loi sur l'eau devront être respectées.

Les tubes piézométriques sont constitués par des tubes PVC rigides de diamètre 52/60mm avec des crépines de 1mm d'ouverture. Le tube est crépiné de 1 à 6m/TN.

L'attention du sondeur est portée, lors de la mise en place des piézomètres, sur les dispositions suivantes :

- Le forage est lavé jusqu'en pied avant la pose du tube crépiné
- Le tube piézométrique crépiné et bouché hermétiquement à sa partie inférieure est descendu dans le forage
- Un bouchon de fond et un piège à sédiment seront mis en place sous la base de la crépine (bouchons vissés étanches uniquement)
- L'espace annulaire entre le tube et la paroi de forage est comblé avec un matériau filtre sur toute la hauteur de la partie crépinée en quantité adéquate de façon à compenser d'éventuels tassements au cours du développement
- Un joint argileux (généralement en sobranite) est installé au-dessus du massif filtrant
- Le forage est enfin complètement détubé en cimentant dans l'espace annulaire restant entre le joint argileux et le terrain naturel

La pose du piézomètre ainsi que toutes les opérations de mise en place du gravier filtre (1,4-2,4mm) et de la cimentation ont été réalisées immédiatement après la fin du sondage.

La coupe du piézomètre ainsi que la coupe géologique a été reportée ci-dessous :

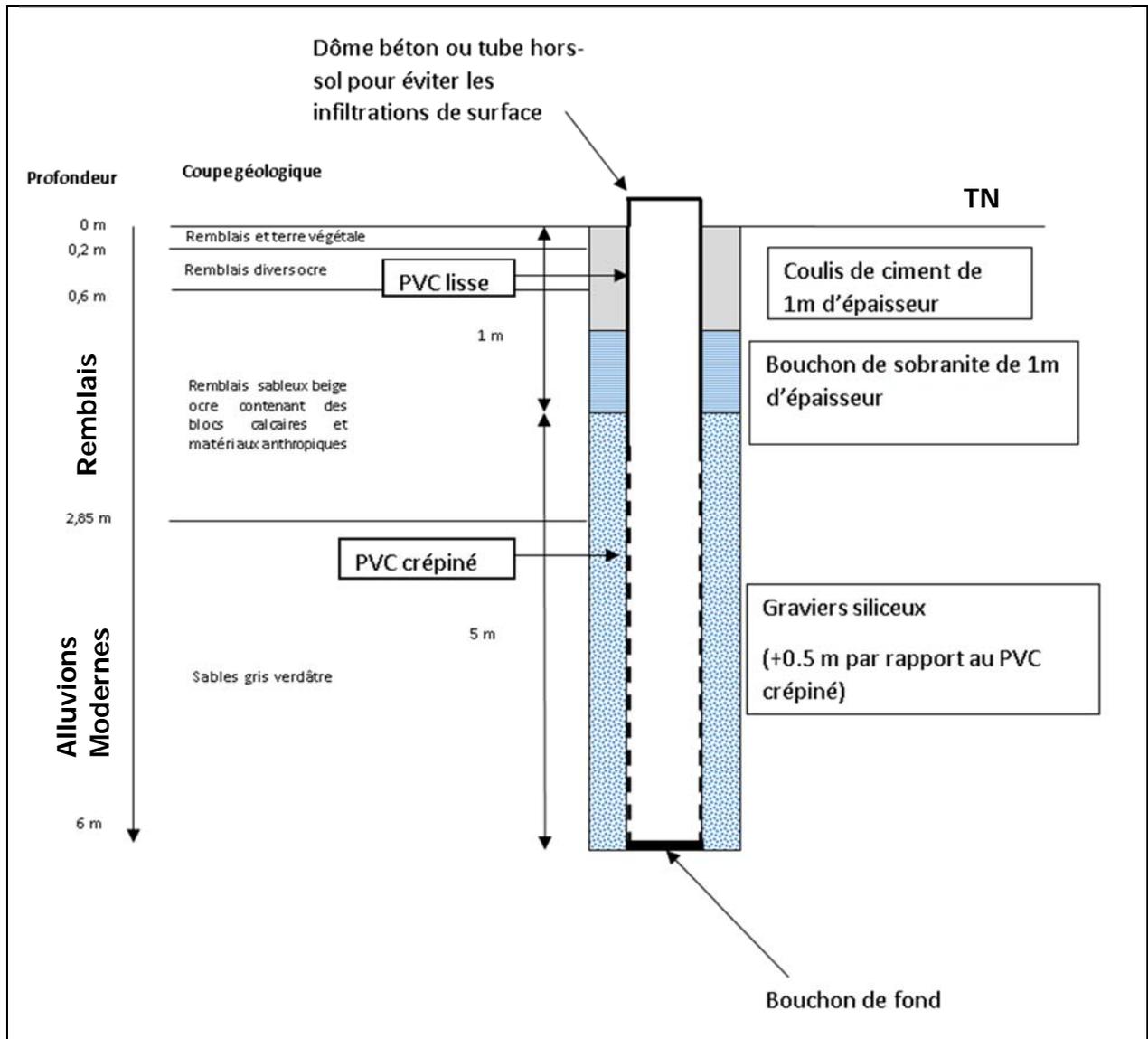


Figure 7 : coupe schématique du piézomètre



Figure 8 : Plan d'implantation du piézomètre (source : SEMOFI)

Le niveau piézométrique a été mesuré le 23 janvier 2017 juste après la mise en place du piézomètre et 4 heures après la pose du piézomètre. Les mesures sont les suivantes :

- 1,60m/TN juste après l'installation,
- 1,80m/TN 4h après.

Le niveau piézométrique stabilisé a été relevé le 06/02/2017 et fait état de la présence de la nappe à 1,805m de profondeur/TN (soit 30,45 NGF).

Le niveau d'eau de la Brèche a été mesuré à plusieurs endroits sur la parcelle du moulin de la Moulinière afin de pouvoir estimer le niveau de la nappe. Les mesures sont les suivantes :

N° photos	mesure	Zone mesurée	Cote du point de mesure	Niveau du fil d'eau de la Brèche			
			X	Le 23/01/2017		Le 06/02/2017	
			Y	m/TN	NGF	m/TN	NGF
			Z NGF				
1	Mesure n°1	Au niveau du grillage, en amont	1661927,79	0,63	30,89	0,45	31,07
			8231839,43				
			31,52				
2	Mesure n°2	Au Sud du bâtiment	1661926,66	1,04	30,28	0,78	30,54
			8231820,61				
			31,32				
3	Mesure n°3	Près des arbustes (sapin)	1661959,82	1,20	30,22	1,05	30,37
			8231800,49				
			31,42				
4	Mesure n°4	Sur le pont au niveau de la route	1661976,31	3,00	29,95	2,80	30,15
			8231800,75				
			32,95				

Tableau 4 : Récapitulatif des points de mesure du niveau du fil d'eau de la Brèche

Le nivellement Z des points de mesure des niveaux de la Brèche a été relevé avec un système GPS portatif possédant le système « LEYCA UNO 10/15 GNSS » et avec une précision centimétrique.

Un plan de situation ainsi que des photos permettent de repérer les endroits où ont été effectuées les mesures.





Figure 9 : Illustration des différents points de mesure du niveau d'eau de la Brèche (Voir figure 10)  
(source : SEMOFI)



Figure 10 : Implantation des points de mesure du niveau d'eau (Source : SEMOFI)

## **3 - Diagnostic géotechnique (mission G5)**

### **3.1 - Projet**

Dans le cadre de la restauration de la continuité écologique de la Brèche au niveau du moulin de la Moulinière, des pistes d'aménagements vont être réalisées afin de rétablir cette continuité. Ces pistes d'aménagement s'orientent vers un arasement partiel ou total du seuil présent sur la rivière (La Brèche). Cet arasement aura pour conséquence un abaissement de la ligne d'eau jusqu'à 40 cm pour l'étiage, voire des niveaux de la nappe d'accompagnement du cours d'eau.

Notre diagnostic géotechnique consiste à analyser visuellement les fondations du Moulin de la Moulinière par la réalisation de fouilles de reconnaissance.

Le présent projet vise à vérifier la nature des fondations du Moulin et identifier les risques sur sa stabilité.

### **3.2 - Les terrains - hydrogéologie**

La signature des paramètres de forage du sondage destructif réalisé pour la mise en place du piézomètre ainsi que le creusement de la fouille ont mis en évidence des remblais constitués de débris anthropiques (brique, bloc calcaire, verre cassé, etc) jusqu'à environ 0,6m/TN ; puis de sable légèrement argileux ocre contenant des blocs calcaires jusqu'à 2,4m/TN. Ces remblais sont faiblement compactés.

A partir de 2,4m/TN, des alluvions modernes sont potentiellement composées de sables contenant de la matière organique et de la tourbe.

Suite à nos investigations, un niveau piézométrique stabilisé a pu être mesuré à une profondeur de 1,805m/TN, soit vers 30,45 NGF.

### **3.3 - Les fondations**

La 1<sup>ère</sup> fouille de fondation a mis en évidence la présence de blocs calcaires taillés. Il est possible que la fouille se situe au niveau de l'ancien bras usiniers qui a été remblayé par des blocs calcaires.

La 2<sup>ème</sup> fouille de fondations a mis en évidence un prolongement de mur calcaire d'environ 0,75m/TN visible à proximité de l'agrandissement.

Un débord de 5 cm est mis en évidence après ce prolongement de mur. Il est présent sur une hauteur d'environ 0,5m.

La base de ce bloc calcaire n'a pas été trouvée.

### **3.4 - Conclusion**

Les fouilles de reconnaissance prévues dans le cadre de notre mission n'ont pas permis de trouver la base des fondations du bâtiment.

Toutefois, il apparaît que ces fondations sont constituées par le prolongement du mur et, au vu du niveau d'eau relevé au sein du piézomètre, nous pouvons supposer que leur base se trouve proche du (voire sous) le niveau de la nappe.

La principale problématique pour ce type de fondation reste l'entraînement de fines et/ou un effet renard en arrière des fondations en cas d'abaissement brutal de l'eau. En effet, ces phénomènes pourraient alors engendrer des tassements des terrains en arrière et sous les fondations.

Ainsi, de manière générale et quel que soit le niveau de l'eau par rapport à la base des fondations, nous recommandons d'opérer un abaissement du niveau de l'eau de manière très progressive afin de limiter ce phénomène d'entraînement de fines dû au retrait de l'eau.

Remarque importante : Les fouilles réalisées dans le cadre de la présente mission n'ont pas permis d'atteindre la base des fondations. Nous conseillons la réalisation de fouilles de dimensions plus importantes (2m de profondeur environ) nécessitant la mise en place d'un blindage (obligatoire au-delà de 1,30m de profondeur) afin de pouvoir statuer réellement sur les caractéristiques du système en présence. La réalisation de ce type de fouille nécessitera également de prévoir un dispositif de rabattement de la nappe dans le cas où les fondations seraient situées sous eau.

L'ingénieur en charge du dossier,  
*Solène JAMOT*

## ANNEXES

	<b>Annexe</b>	<b>Objet de l'annexe</b>
1	1	Plan de localisation
2	1	Plan d'implantation des sondages
3	1	Plan de localisation des niveaux d'eau mesuré dans la Brèche
4	1	Coupe du sondage destructif
5	2	Fiche descriptive des fouilles de reconnaissance de fondation
6	3	Classification des missions géotechniques types

## **ANNEXE 1 :**

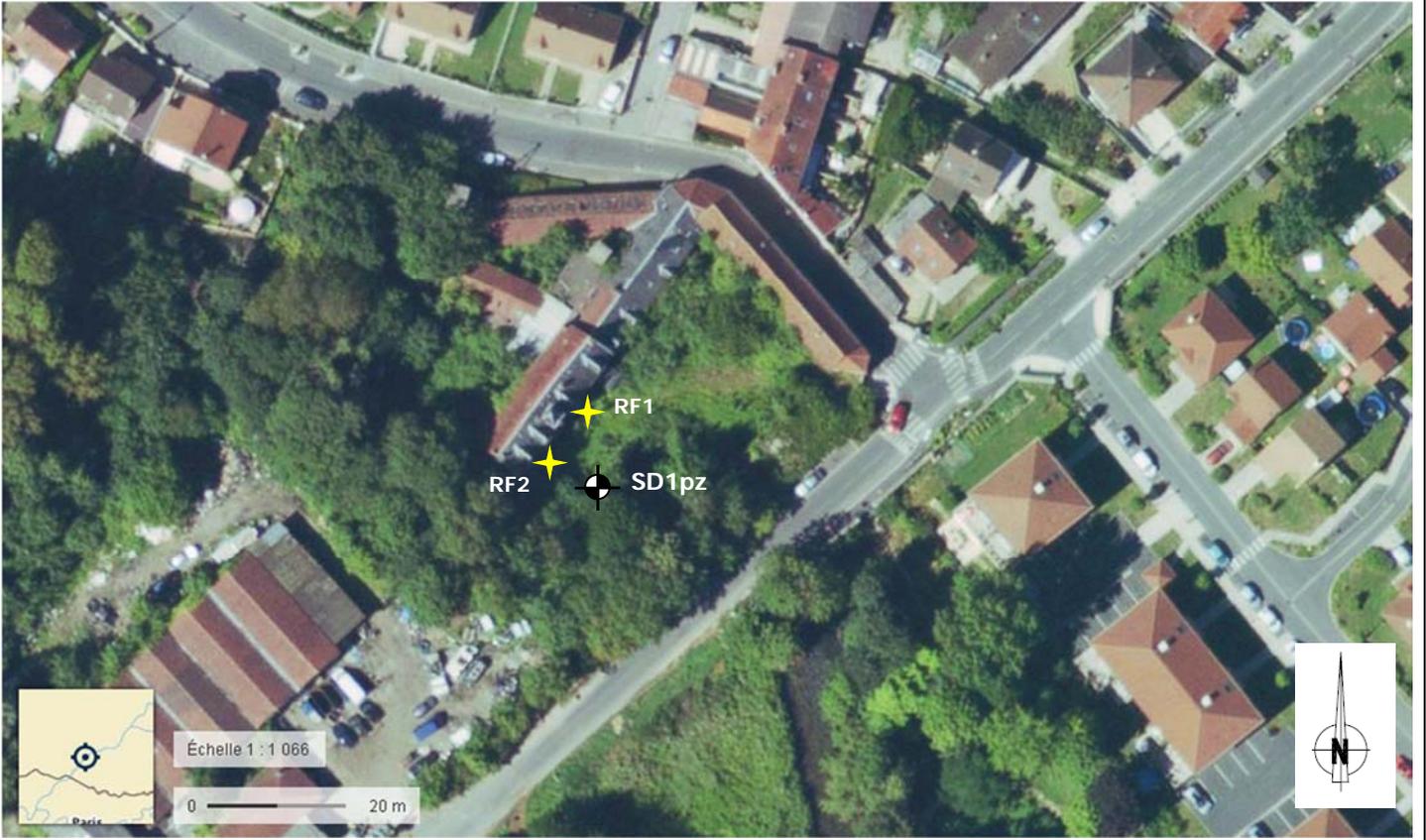
### **Plan de localisation**

## PLAN DE SITUATION



## **ANNEXE 2 :**

### **Plan d'implantation des sondages**



### **ANNEXE 3 :**

**Plan de localisation des niveaux d'eau mesurés dans la  
Brèche**



**Annexe 4 :**

**Coupe du sondage destructif**



**Moulin de la Moulinière**

Date début : 23/01/2017

Cote NGF : 32

Profondeur : 0,00 - 2,48 m

Machine : GEO 205

Angle :

**Forage : SD1-ET1**

Cote NGF	Profondeur	Lithologie	Stratig.	Niveau d'eau	Outil	Fluide	VIA (m/h)			PO (Bar)		PI (Bar)		CR (Bar)	
							0	75	150	0	150	0	75	150	0
32	0						[Red bar chart]			[Blue bar chart]		[Green bar chart]		[Yellow bar chart]	
31	1						[Red bar chart]			[Blue bar chart]		[Green bar chart]		[Yellow bar chart]	
30	2						[Red bar chart]			[Blue bar chart]		[Green bar chart]		[Yellow bar chart]	



**Moulin de la Moulinière**

Date début : 23/01/2017

Cote NGF : 32

Profondeur : 0,00 - 2,49 m

Machine : GEO 205

Angle :

1/100

**Forage : SD1-ET2**

EXGTE 3.18/GTE

Cote NGF	Profondeur	Lithologie	Stratig.	Niveau d'eau	Outil	Fluide	VIA (m/h)			PO (Bar)		PI (Bar)		CR (Bar)	
							0	750	1500	0	150	0	75	150	0
32	0						[Red area]			[Blue area]		[Green area]		[Yellow area]	
31	1						[Red area]			[Blue area]		[Green area]		[Yellow area]	
30	2						[Red area]			[Blue area]		[Green area]		[Yellow area]	



Moulin de la Moulinière

Date début : 23/01/2017

Cote NGF : 32

Profondeur : 0,00 - 6,23 m

Machine : GEO 205

Angle :

Forage : SD1PZ

Cote NGF	Profondeur	Lithologie	Stratig.	Niveau d'eau	Outil	Fluide	VIA (m/h)			PO (Bar)		PI (Bar)		CR (Bar)	
							0	750	1500	0	150	0	75	150	0
31,80 m	0,20 m	terre végétale	Remblais	1,8 m	Tricone Ø89 mm	Eau claire	[Graphique]								
31,40 m	0,60 m	Remblais divers													
31	1	Remblais sableux ocre contenant des blocs calcaires	Remblais	1,8 m	Tricone Ø89 mm	Eau claire	[Graphique]								
30	2														
29,60 m	2,40 m	Sables gris verdâtre	Alluvions modernes	06/02/2017	Tricone Ø89 mm	Eau claire	[Graphique]								
29	3														
28	4														
27	5														
25,79 m	6,236 m														

## **Annexe 5 :**

### **Fiche descriptive des fouilles de reconnaissance de fondation**



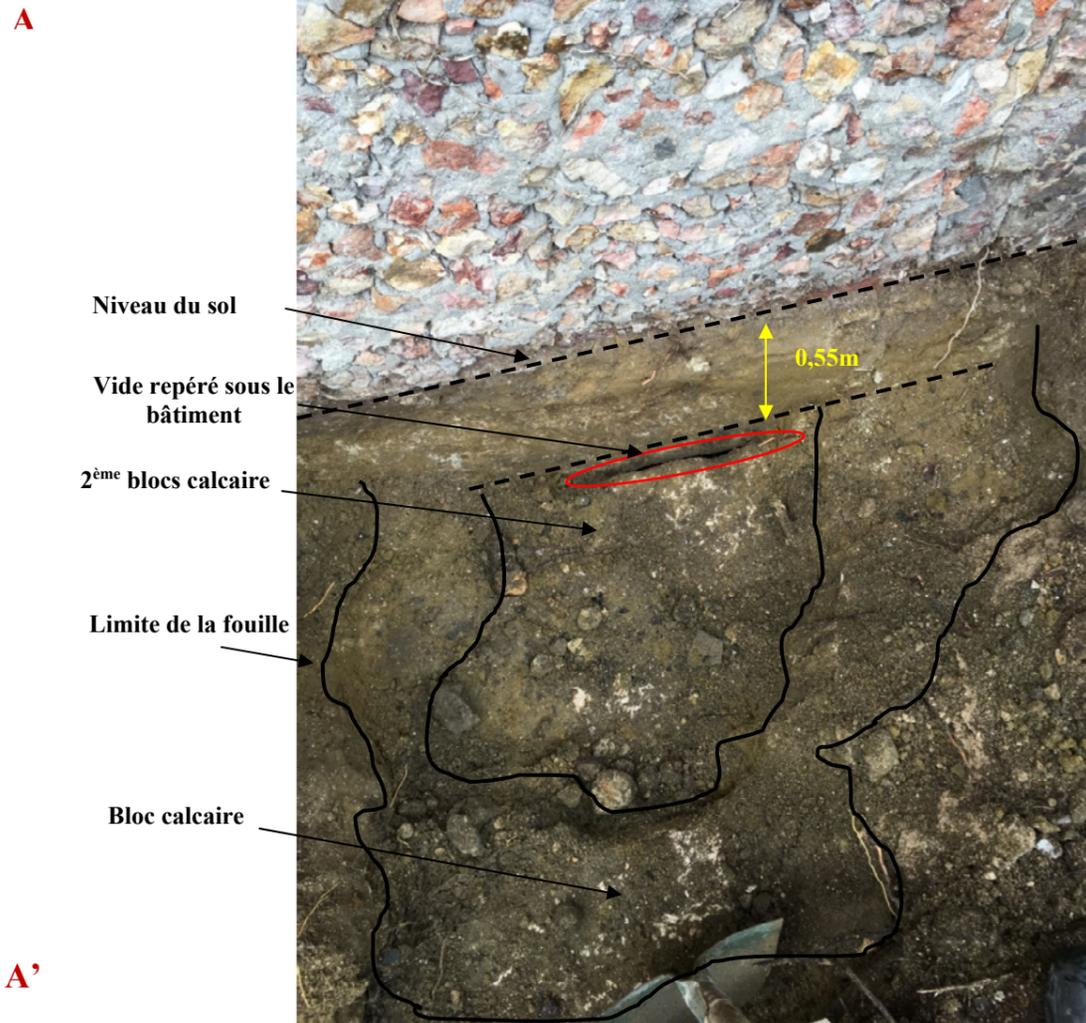
## SONDAGE A LA PELLE MANUELLE

Chantier : Rue de la Moulinière  
VILLERS-SAINT-PAUL (60)

Dossier n° : C16 - 9506  
Date : 23/01/2017  
Fouille n° : F1

Sondage :  manuel  pelle mécanique  autre :

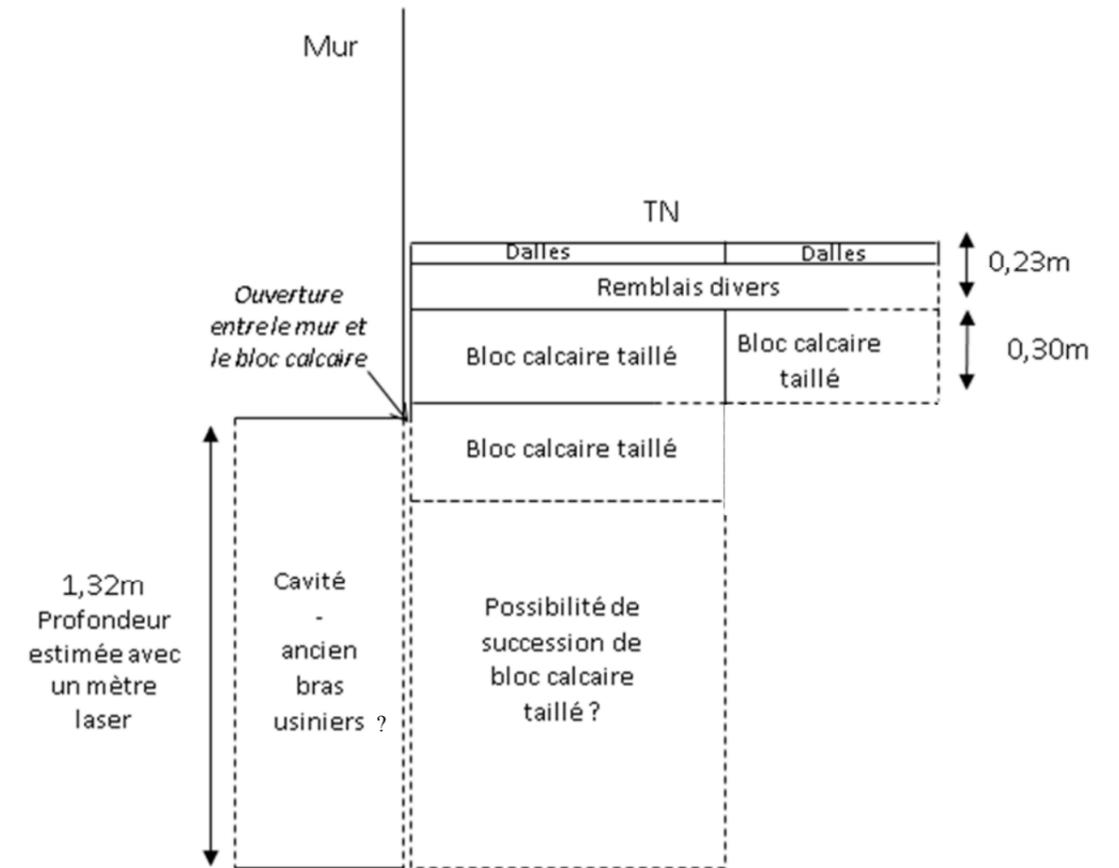
Photo(s):



### Coupe A-A' :

A

A'



Mur mitoyen

Fouille F1

**Remarque(s):** Dans la cavité, un mur est visible du côté gauche à partir de l'ouverture entre le mur et le bloc de calcaire. Un autre mur est potentiellement visible du côté droit. A l'aide d'un laser il a été possible de mesurer la hauteur de la cavité. Celle-ci fait 1,32m de hauteur. Toutefois, les dimensions précises de cette cavité n'ont pas été déterminées. Du fait de la présence de celle-ci, les fondations du bâtiment n'ont pas pu être reconnues.



### SONDAGE A LA PELLE MANUELLE

Chantier : Rue de la Moulinière  
VILLERS-SAINT-PAUL (60)

Dossier n° : C16 - 9506  
Date : 23/01/2017  
Fouille n° : F2

Sondage :  manuel  pelle mécanique  autre :

Photo(s):

A

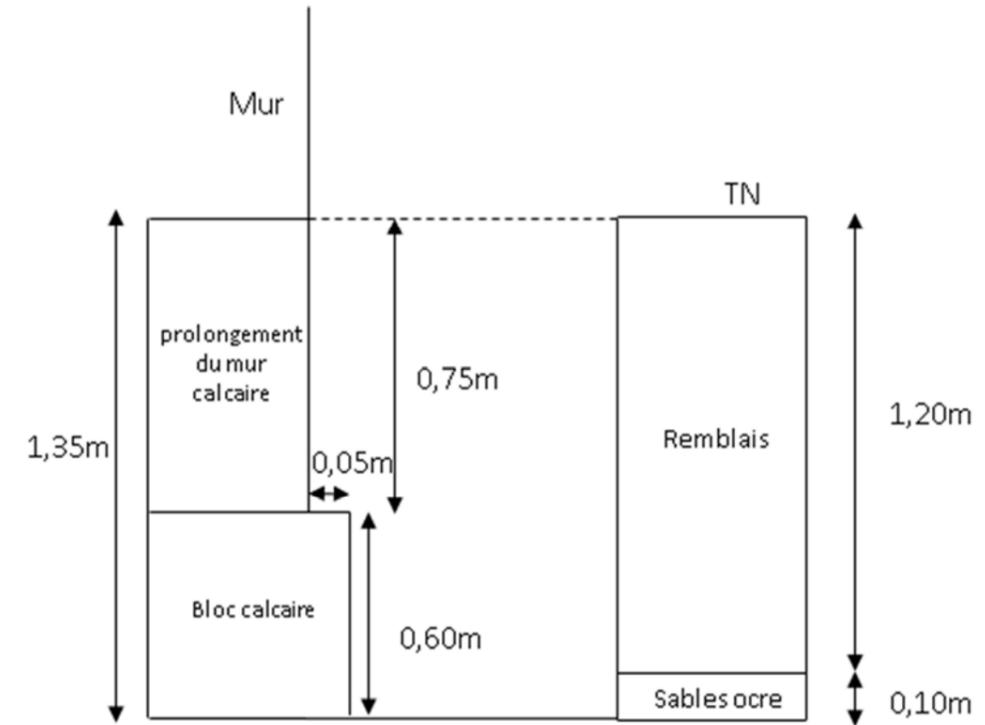


A'

### Coupe A-A' :

A

A'



Mur mitoyen

Fouille F2

**Remarque(s):** Il n'a pas été possible de voir la limite côté droit du bloc calcaire présentant le débord. Avec l'accord de l'assistance à Maitrise d'Ouvrage, la fouille n'a pas pu être élargie à cause de la présence d'une dalle en bordure de fouille dont les dimensions auraient pu être source de danger en cas de tentative de déplacement.

## **ANNEXE 6 :**

### **Classification des missions géotechniques types**

## 4.2.4 Tableaux synthétiques

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage	Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux		
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

**Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique**

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p>
<p><b>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</b></p> <p>Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.</li> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.</li> </ul> <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).</li> </ul>
<p><b>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</b></p> <p>Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.</li> </ul> <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.</li> </ul> <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).</li> <li>— Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.</li> </ul>

**Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)****ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)****ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

**SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)**

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

**DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)**

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).