

# ANALYSE ET CONCEPTION D'OUVRAGE

## Épreuve : U4 Analyse et conception d'ouvrage

### SUJET 0

---

**Durée : 4 heures**

**Coefficient : 4**

---

**Matériel autorisé :**

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

**Aucun document autorisé :**

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet se compose de pages, numérotées de 1/29 à 29/29.

BTS TRAVAUX PUBLICS – Analyse et Conception d'ouvrage		SUJET 0
U4 – Analyse et Conception d'ouvrage	Code :	Page 1 sur 29

## COMPOSITION DES DOCUMENTS REMIS

<b>Dossier sujet et questionnaire</b>	Pages 1 à 9
<p style="text-align: center;"><b>Dossier technique</b></p> <p><b>DT N°1</b> : Plan de situation de l'environnement avant travaux  <b>DT N°2</b> : Vue en plan des 3 tracés proposés  <b>DT N°3</b> : Vue en plan du contexte écologique  <b>DT N°4</b> : Profil en long du projet avec l'ensemble des ouvrages hydrauliques  <b>DT N°5</b> : Vue en plan de l'ensemble des bassins versants  <b>DT N°6</b> : Représentation en 3 dimensions du boviduc  <b>DT N°7</b> : Représentation en 2 dimensions du boviduc  <b>DT N°8</b> : Profil en travers type de la RD 926 en 2 x 2 voies  <b>DT N°9</b> : Extrait de l'Eurocode 3  <b>DT N°10</b> : Plan d'étalement du Passage Supérieur N°1  <b>DT N°11</b> : Caractéristiques techniques des poutrelles type HE</p>	Pages 10 à 20 Page 10 Page 11 Page 12 Page 13 Page 14 Page 15 Page 16 Page 17 Page 18 Page 19 Page 20
<p style="text-align: center;"><b>Dossier réponse à rendre avec la copie</b></p> <p><b>DR N°1</b> : sur l'ÉTUDE 1  <b>DR N°2</b> : sur l'ÉTUDE 2  <b>DR N°3</b> : sur l'ÉTUDE 2  <b>DR N°4</b> : sur l'ÉTUDE 3  <b>DR N°5</b> : sur l'ÉTUDE 3  <b>DR N°6</b> : sur l'ÉTUDE 3  <b>DR N°7</b> : sur l'ÉTUDE 4  <b>DR N°8</b> : sur l'ÉTUDE 4  <b>DR N°9</b> : sur l'ÉTUDE 4  <b>DR N°10</b> : sur l'ÉTUDE 5</p>	Pages 21 à 29 Page 21 Page 22 Page 23 Page 24 Page 25 Page 26 Page 26 Page 27 Page 28 Page 29

### OBJECTIF DE VOTRE ÉTUDE

*Vous travaillez dans une entreprise de travaux publics, l'objectif principal de votre mission est de préparer et de réaliser les études et documents nécessaires à l'exécution du chantier.*

Études	Barème	Durées indicatives
<b>ÉTUDE 1 : LE TRACÉ ET SES CONTRAINTES</b>	25 points	30 min
<b>ÉTUDE 2 : L'OUVRAGE HYDRAULIQUE OH N°1</b>	50 points	60 min
<b>ÉTUDE 3 : LE MUR DE SOUTÈNEMENT M1 DU BOVIDUC</b>	65 points	75 min
<b>ÉTUDE 4 : LA COUCHE DE FORME DE CHAUSSÉE</b>	25 points	30 min
<b>ÉTUDE 5 : L'ÉTAIEMENT DU PASSAGE SUPERIEUR N°1</b>	35 points	45 min
<b>TOTAL</b>	<b>200 points</b>	<b>240 min soit 4 heures</b>



## PRÉSENTATION DU PROJET DE DÉVIATION DE SAINT-HILAIRE-SUR-RISLE :

- **CONTEXTE GENERAL :**

Les fonctions de la RD 926 sont à l'échelon interrégional, une liaison entre la région parisienne et les côtes de la Manche, au niveau régional, une dorsale Est-Ouest de désenclavement du centre de la Normandie et à l'échelle du département, une liaison interurbaine des agglomérations de L'Aigle, Argentan ainsi que Flers dans son prolongement.

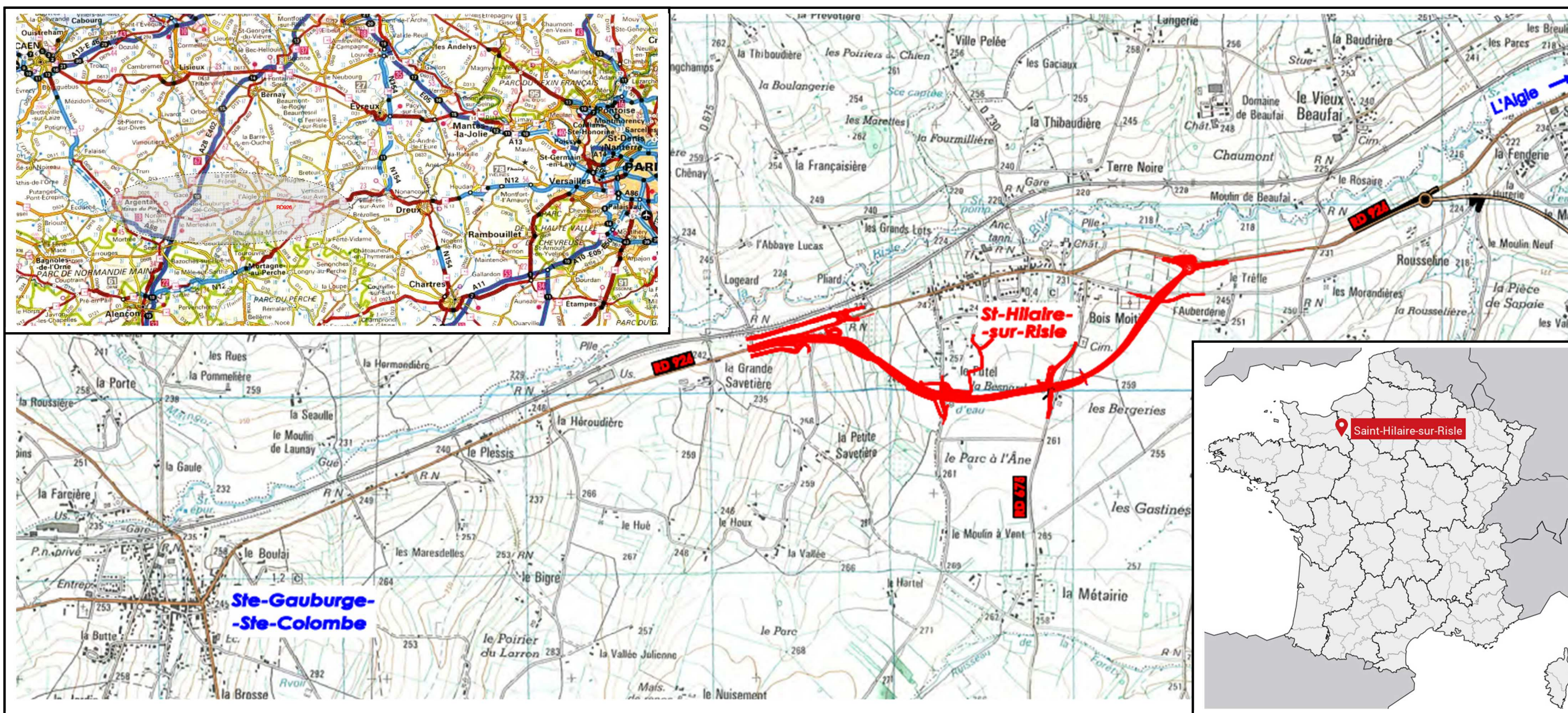
- **CONTEXTE LOCAL :**

A l'ouest de Saint-Hilaire-sur-Risle, la RD 926 est aménagée à 2x2 voies (créneau de dépassement). La RD 926 se prolonge ensuite à 2 voies sur environ 1 km en traversée du bourg de Saint-Hilaire-sur-Risle. En sortie Est de ce bourg, deux virages viennent rompre les alignements droits situés de part et d'autre. Le créneau de Sainte-Gauburge-Sainte-Colombe comporte dans chaque sens une voie d'entrée assurée par un stop et une sortie sans bretelle de décélération. Un accès agricole direct permet également la desserte d'une parcelle en bordure du ruisseau de « la Petite-Savetière ». Les données d'accidentologie ne montrent pas de caractère particulièrement accidentogène sur ce créneau, cette configuration est inappropriée par rapport aux normes routières actuelles. De plus, la longueur est trop limitée pour offrir de bonnes conditions de dépassement.

- **INTÉRÊTS DU PROJET :**

**Cette opération qui permet la déviation au Sud de la commune de Saint-Hilaire-sur-Risle, a pour objectifs principaux :**

- améliorer la sécurité routière dans l'agglomération et réduire les nuisances pour les riverains (bruit, pollution environnementale et visuelle, ...),
- améliorer la sécurité et le confort pour les usagers de la RD 926,
- améliorer la fluidité sur l'axe.





## LA DÉVIATION DE SAINT-HILAIRE-SUR-RISLE EN QUELQUES CHIFFRES :

Ce projet de 12 M€ (avec études et le foncier pour 500 000€) se décompose en 3 lots bien distincts :

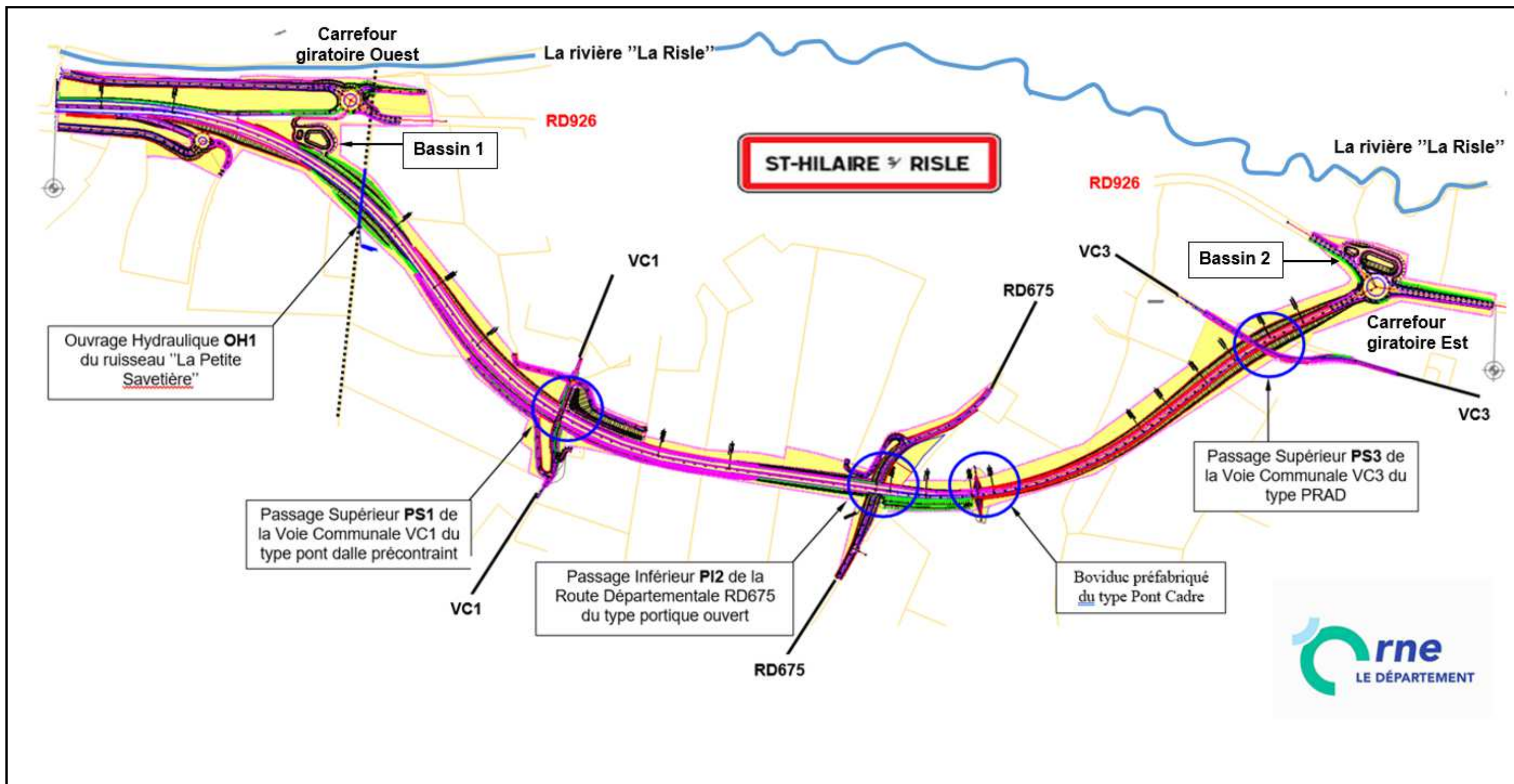
- **Lot n°1 : Terrassement, assainissement et ouvrages hydrauliques, chaussées et glissières (16 mois pour un budget de 7 M€).**

- . Terrassement/assainissement/OH : 10 mois de travaux pour un coût de 5,5 M€
- . Chaussée : 6 mois de travaux pour un coût de 1,5 M€

- **Lot n°2 : 4 Ouvrages d'art PS1/PI2/PS3/Boviduc (9 mois de travaux pour un coût de 2,5 M€).**

- **Lot n°3 : Aménagement paysager (12 mois création et 24 mois entretien pour un coût de 2 M€).**

- Longueur totale **2750 m** ;
- **quatre** ouvrages d'art, dont deux Passages Supérieurs (PS1/PS3), un Passage Inférieur (PI2) et un boviduc ;
- **deux** carrefours giratoires à l'Ouest et à l'Est ;
- **des** ouvrages hydrauliques dont le plus important l'OH1 pour l'écoulement du ruisseau "La Petite Savetière" ;
- **deux** bassins de traitement des eaux de chaussée,
- volume des déblais : **229 300 m<sup>3</sup>** ;
- volume des remblais : **130 800 m<sup>3</sup>** ;
- matériaux bitumineux : **31 900 tonnes** ;
- béton pour ouvrages d'art : **1 350 m<sup>3</sup>**.





## ÉTUDE 1 : LE TRACÉ ET SES CONTRAINTES

### C2.1: Analyser un ouvrage et sa réalisation

DOCUMENTS RÉPONSES N°1 À COMPLÉTER.

DOCUMENTS TECHNIQUES N°1, N°2 et N°3 À UTILISER.

L'entreprise de Travaux Publics dans laquelle vous travaillez doit étudier les raisons de ce contournement pour informer et communiquer avec les riverains durant la réalisation du chantier.

L'utilité publique du projet se justifie par la nécessité d'alléger la traversée de Saint-Hilaire-Sur-Risle d'une part importante de trafic, et ainsi assurer le cadre de vie et la sécurité des biens et des personnes. Le contournement permettra également une amélioration de la fluidité en séparant le trafic local et le transit.

Le contournement se compose d'une 2x2 voies sur 1750 m puis à partir de la RD 675 un aménagement à 1x2 voies sur 1000 m.

➤ **QUESTION N°1 : Quelles sont les principales nuisances occasionnées par le trafic routier au sein de la commune de Saint-Hilaire-Sur-Risle qui ont conduit au projet de contournement ?**

Compléter le Document Réponse N°1.

➤ **QUESTION N°2 : Quelles sont les principales solutions possibles pour limiter ces nuisances ?**

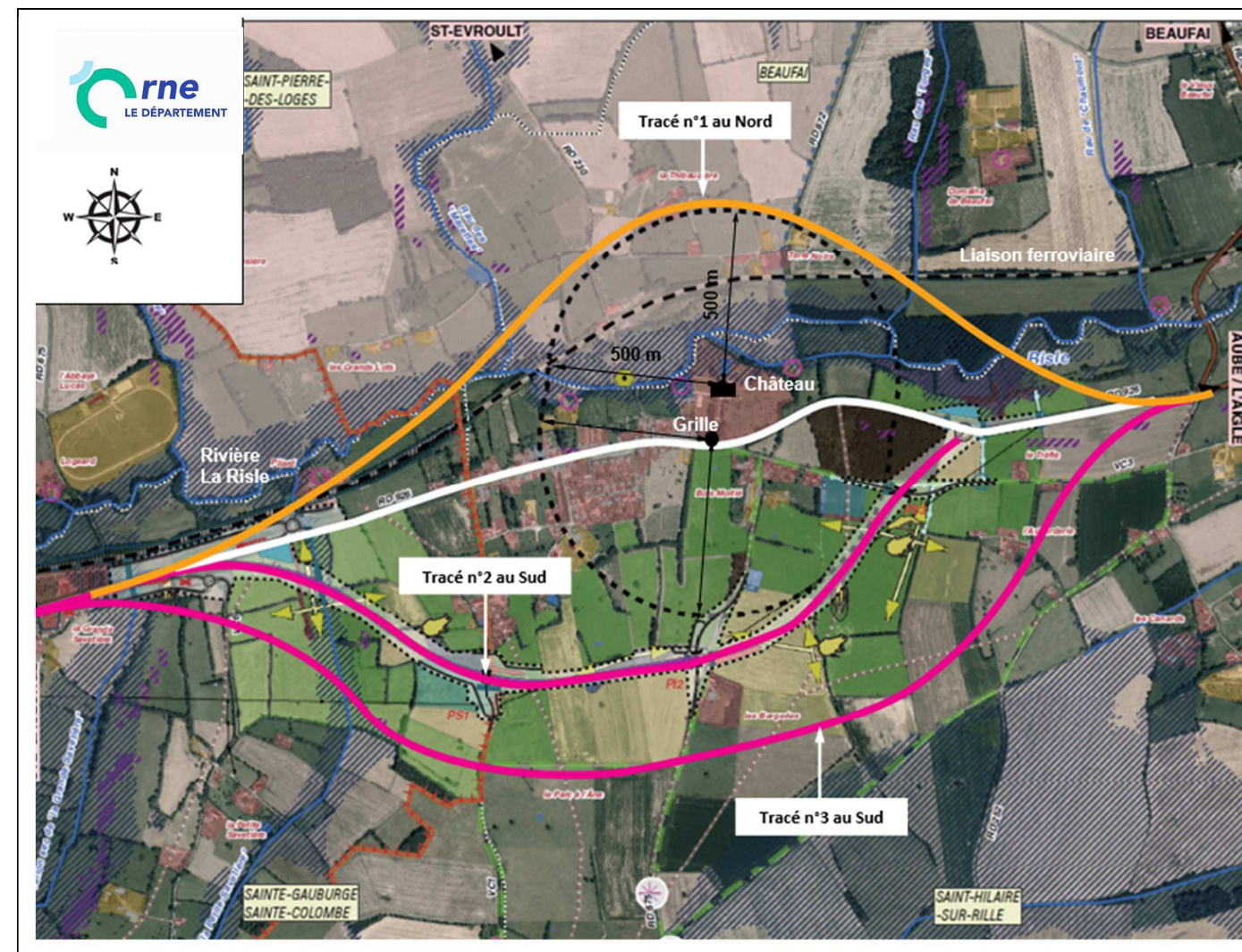
Compléter le Document Réponse N°1.

➤ **QUESTION N°3 : À partir des Documents Techniques N°1 et N°2, tracer et entourer sur le Document Réponse N°1, les éléments suivants étant des contraintes à gérer pour la définition du tracé du contournement en respectant les couleurs imposées.**

- **En noir** : la RD 926 existante, les voies ferroviaires, les voies communales et les Routes Départementales,
- **En bleu** : les rivières, les zones de captage et de pompage d'eau potable, le château d'eau
- **En vert** : les zones boisées, le château et sa grille classés, les zones habitées et le cimetière.

➤ **QUESTION N°4 : Justifier le choix par le conseil départemental du tracé n°2 vis-à-vis des tracés n°1 et n°3 (voir Document Technique N°2).**

Compléter sur le Document Réponse N°1 le tableau comparatif Points forts/Points faibles en fonction des critères de contraintes définis.



## ÉTUDE 2 : L'OUVRAGE HYDRAULIQUE N°1

### C2.2 : Concevoir un ouvrage simple

DOCUMENTS RÉPONSES N°2 ET N°3 À COMPLÉTER.

DOCUMENTS TECHNIQUES N°3, N°4 et N°5 À UTILISER.

L'agglomération de Saint-Hilaire-sur-Risle est située en rive droite de la **rivière La Risle**, sur un versant exposé au Nord.

Au sud, le plateau s'élève à des altitudes supérieures à 260 mètres (261 mètres relevés au niveau du lieu-dit Parc à Ane).

Deux affluents de la Risle s'écoulent du Sud au Nord, formant de petites vallées étroites (voir Documents Techniques N°3 et N°5) :

- à l'Est, le ruisseau de **L'Aubette** ;
- à l'Ouest, un ruisseau de **La Petite Savetière**.

Dans le cadre d'une variante technique par l'entreprise, **une étude comparative** est envisagée entre **une canalisation circulaire** et **un cadre en béton armé** au niveau de **l'Ouvrage Hydraulique n°1** (situé sous le remblai R2) pour l'écoulement naturel du ruisseau **La Petite Savetière**, affluent de la Risle et correspondant au **Bassin Versant n°1**.

Les hypothèses et les relations pour le calcul du débit de pointe  $Q_p$  sont les suivantes :

$$Q_p \text{ (m}^3\text{/h)} = i \text{ (m/h)} \times C \text{ (sans unité)} \times A \text{ (m}^2\text{)}$$

Avec :

- L'intensité d'averse  $i$  (mm/min) =  $a \times T_c^b$
- Coefficient  $a$  (région I et période de retour  $T = 10$  ans) = **7,3**
- Coefficient  $b$  (région I et période de retour  $T = 10$  ans) = **- 0,68**
- Temps de concentration  $t_c$  : **14 mn** (minutes)
- Coefficient de ruissellement moyen : **0,297**
- Surface du bassin versant  $n^{\circ}1$  : **262 ha** ( $1ha = 10\,000\,m^2$ )

➤ **QUESTION N°5 : À partir des informations ci-dessus, déterminer l'intensité d'averse  $i$  en mm/min puis en m/h (compléter le Document Réponse N°2).**

➤ **QUESTION N°6 : Calculer le débit de pointe noté  $Q_p$  en  $m^3/s$  en tenant compte d'une intensité d'averse  $i = 0,0728$  m/heure (compléter le Document Réponse N°2).**

Les Hypothèses pour le dimensionnement de l'OH1 :

$$Q_p = K \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \text{ Formule de Manning-Strickler}$$

- Pente de l'ouvrage hydraulique (OH1) : 1%
- Coefficient de rugosité  $K$  (pour une buse en béton armé) : 70
- Hauteur de la reconstitution du lit du ruisseau avec la buse en béton : 50 cm

➤ **QUESTION N°7 : Déterminer par calcul le diamètre théorique  $D$  de la canalisation circulaire en béton pour un débit de pointe  $Q_p = 15,74\,m^3/s$  (compléter le Document Réponse N°2).**

Choisir le diamètre réel du fournisseur, sachant qu'il faut rajouter 50 cm de GNT 0/31<sup>5</sup> pour reconstituer le lit du ruisseau parmi les diamètres ci-dessous (encadrer le diamètre dans le Document Réponse N°2) :

600 , 800 , 1000 , 1200 , 1400 , 1600 , 1800 , 2000 , 2200 , 2500 , 2800, 3000, 3200,...

➤ **QUESTION N°8 : Déterminer par calcul la vitesse pleine section de cette canalisation en béton pour un diamètre de 2800 mm (compléter le Document Réponse N°2).**

Commenter la vitesse pleine section obtenue, est-elle acceptable sachant qu'elle ne doit pas dépasser 5 m/s en mode permanent ?

Si ce n'est pas le cas, recalculer la vitesse pleine section pour une pente de 0,007 m/m.

➤ **QUESTION N°9 : Déterminer par lecture sur abaque la section commerciale du cadre carré  $L \times H$  pour un débit de pointe  $Q_p = 15,74\,m^3/s$  (compléter le Document Réponse N°2).**

Choisir la section commerciale à partir du tableau du fournisseur (encadrer la section choisie).

➤ **QUESTION N°10 : Suite à l'enquête Faune-Flore, on constate que cet ouvrage hydraulique se situe dans une Zone Natura 2000 (voir Document Technique N°3) avec présence d'une faune et d'une flore très variées, on envisage donc un passage petites faunes de 70 cm de large, dans l'ouvrage hydraulique.**

Quel impact, cette contrainte a-t-elle sur la section intérieure de l'ouvrage d'un point de vue hydraulique (compléter le tableau du Document Réponse N°3) ? Choisir la section hydraulique la plus appropriée.

➤ **QUESTION N°11 : Déterminer, la Longueur maxi d'un cadre, son poids ainsi que le nombre d'éléments sachant que l'OH1 a une longueur totale de 79,19 m en complétant le Document Réponse N°3 (encadrer le cas de figure). On négligera le passage petites faunes dans le poids d'un élément, on supposera un joint de 1 cm entre chaque cadre.**

BTS TRAVAUX PUBLICS – Analyse et Conception d'ouvrage		SUJET 0
U4 – Analyse et Conception d'ouvrage	Code :	Page 6 sur 29

## ÉTUDE 3 : LE MUR DE SOUTÈNEMENT M1 DU BOVIDUC

### **C2.2 : Concevoir un ouvrage simple**

DOCUMENTS RÉPONSES N°4, N°5 ET N°6 À COMPLÉTER.

DOCUMENTS TECHNIQUES N°6 ET N°7 À UTILISER.

L'étude portera sur les murs de soutènement de type M1 présentés dans les Documents Techniques N°6 et N°7.

Les murs en aile du boviduc permettent le soutènement du talus de part et d'autre de l'extrémité de l'ouvrage.

L'entreprise souhaite vérifier leur conception globale et ainsi valider la solution technique retenue pour leur réalisation, à savoir des murs préfabriqués avec raidisseurs verticaux liés par une semelle coulée en place de 35 cm d'épaisseur.

Les ouvrages les plus sollicités étant les murs M1, l'étude porte sur la vérification de leur stabilité externe puis interne pour valider leur conception et l'appliquer à l'ensemble des autres murs du boviduc.

#### **Vérification de la stabilité externe :**

Par mesure de simplification, on ne tiendra pas compte de la pente du terrain.

Par mesure de sécurité, on ne tiendra pas compte de la butée devant l'ouvrage.

L'étude est menée pour **un mètre de longueur de mur** ( $\gamma$  béton armé = 25 kN/m<sup>3</sup>).

L'étude géotechnique du remblai prévu derrière l'ouvrage a donné les caractéristiques suivantes :

- Poids volumique :  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- Angle de frottement interne :  $\phi = 40^\circ$
- Cohésion :  $C = 0$
- Pas de surcharge ou d'action d'exploitation

➤ **QUESTION N°12 : Vérifier la stabilité au glissement du mur et celle au poinçonnement du sol support en complétant les Documents Réponses N°4 et N°5 (utiliser le Document Technique N°7).**

Les vérifications se faisant aux ELU :

- Les actions permanentes favorables à l'équilibre sont pondérées par un coefficient de **1**
- Les actions permanentes défavorables à l'équilibre sont pondérées par un coefficient de **1,35**
- Les actions d'exploitation favorables à l'équilibre sont pondérées par un coefficient de **0**
- Les actions d'exploitation défavorables à l'équilibre sont pondérées par un coefficient de **1.5**

Déterminer les côtes manquantes à partir du Document Technique N°7 en complétant le Document Réponse N°4.

En déduire la contrainte horizontale notée  $\sigma_h$  à partir des informations ci-dessous.

Faire le bilan des forces agissant sur ce mur (forces et distances) en complétant le Document Réponse N°4.

$$\sigma_h (\text{ELU}) = K_a \times \sigma_v$$

avec :  $\sigma_v$  (ELU) = Contrainte Verticale = coefficient pondérateur .  $\gamma$  . z

$\sigma_h$  = Contrainte Horizontale

$K_a$  = Coefficient de poussée =  $(\tan (45 - \phi/2))^2$

#### **Vérification de la stabilité interne :**

Afin de limiter l'épaisseur du mur, il a été choisi de faire reprendre les efforts de poussée des terres par des raidisseurs verticaux de section 20 x 50 cm.

La zone la plus sollicitée étant située à la liaison mur/semelle on se propose de calculer les sollicitations à ce niveau.

➤ **QUESTION N°13 : Calculer le moment en pied de raidisseur noté  $M_A$  en complétant le Document Réponse N°5.**

Hachurer, dans un premier temps, sur le schéma du Document Réponse N°5, la surface reprise par un raidisseur. En déduire la largeur L de reprise d'un raidisseur ainsi que la valeur de la charge variable Q et la nouvelle résultante  $R_{PT}$ /raidisseur.

Calculer ensuite la valeur du moment repris par un raidisseur en A noté  $M_A$ .

➤ **QUESTION N°14 : Déterminer les zones tendues au niveau des raidisseurs pour en déduire une répartition des barres puis représenter sur l'élévation et la coupe AA du Document Réponse N°6 la position de ces aciers principaux.**

En formation, possibilité de dimensionner la section d'acier à l'Eurocode 2.

Pour l'épreuve, nous nous limiterons à un schéma de principe.

BTS TRAVAUX PUBLICS – Analyse et Conception d'ouvrage		SUJET 0
U4 – Analyse et Conception d'ouvrage	Code :	Page 7 sur 29



## **ÉTUDE 4 : LA COUCHE DE FORME DE CHAUSSÉE**

### **C2.2 : Concevoir un ouvrage simple**

DOCUMENTS RÉPONSES N°7, N°8 ET N°9 À COMPLÉTER.

DOCUMENT TECHNIQUE N°8 À UTILISER.

En tant que technicien dans le bureau d'études de votre entreprise, votre supérieur hiérarchique vous demande de faire l'analyse d'une variante en couche de forme.

- **Solution de base :**  
Couche de forme en matériaux granulaires 0/63 sur 0,60 m d'épaisseur
- **Solution variante :**  
Couche de forme en limons traités à la chaux avec 1,5% et liant hydraulique avec 5,5%

➤ **QUESTION N°15 : Déterminer la classe et la sous-classe du sol support à partir des résultats de laboratoire ci-dessous en complétant le Document Réponse N°7.**

#### **Résultats de laboratoire :**

- $D_{max} \leq 50$  mm
- $W_L$  (limite de liquidité) = 38%
- $W_n$  (teneur en eau naturelle) = 15%
- Passant au 80  $\mu$ m = 41%
- $W_P$  (limite de plasticité) = 18%
- $W_{OPN}$  = 12%

➤ **QUESTION N°16 : Déterminer le classement de la Partie Supérieure des Terrassements notée PSTi et le classement de l'Arase de terrassement notée ARi sachant que la granularité du sol support permet son traitement en complétant le Document Réponse N°8.**

➤ **QUESTION N°17 : Déterminer le nouveau classement de la Plate-Forme et l'épaisseur de la couche de forme en limons traités en complétant le Document Réponse N°8.**

➤ **QUESTION N°18 : Déterminer quelle sera la nouvelle structure de chaussée (couche d'assise en Grave Bitume de classe 3) pour une classe de trafic cumulé TC4 20 ans et une classe de plateforme PF3 en complétant le Document Réponse N°9.**

➤ **QUESTION N°19 : Déterminer le coût journalier puis unitaire de la solution couche de forme en limons traités avec 1 à 2% de chaux et 5 à 6 % de ciment sur 0,35 m d'épaisseur en complétant le Document Réponse N°9. Pour respecter le rendement imposé, il faudra envisager 2 compacteurs monocylindres du type V4 avec 1 chef de chantier et un ouvrier spécialisé. Choisir la solution la plus rentable entre une solution couche de forme en matériaux granulaire 0/63 et couche de forme en limons traités à la chaux et au ciment.**

- Rendement de la solution limons traités : 3500 m<sup>2</sup>/jour
- Répandeuse à liant + Conducteur : 2000 €/jour
- Malaxeur + Conducteur : 2400 €/jour
- Arroseuse + Conducteur : 600 €/jour
- Niveleuse + Conducteur : 1200 €/jour
- Compacteur type V4 + Conducteur : 900 €/jour
- Guidage 3D : 400 €/jour
- Chef de chantier et fourgon : 700 €/jour
- Ouvrier : 300 €/jour
- Chaux (1,5%) : 200 €/tonne
- Ciment (5,5%) : 140 €/tonne

BTS TRAVAUX PUBLICS – Analyse et Conception d'ouvrage		SUJET 0
U4 – Analyse et Conception d'ouvrage	Code :	Page 8 sur 29



## ÉTUDE 5 : L'ÉTAIEMENT DU PASSAGE SUPÉRIEUR N°1

### C2.2 : Concevoir un ouvrage simple

DOCUMENT RÉPONSE N°10 À COMPLÉTER.

DOCUMENTS TECHNIQUES N°9, N°10 ET N°11 À UTILISER.

Le bureau d'études de l'entreprise du Lot Ouvrage d'Art, demande de faire l'analyse d'un élément de l'étalement du Passage Supérieur n°1 de 48 m de longueur totale entre la culée C0 et la culée opposée C3.

Il s'agit de vérifier le cintre type HEB 600 de 14,80 m de longueur permettant de maintenir le coffrage de la sous-face du tablier au-dessus du perré entre la pile P2 et la culée C3 (portée de 25 m).

➤ **QUESTION N°20 : À partir de l'extrait du plan d'étalement et des données concernant le coffrage, vérifier que la valeur de la charge uniformément répartie aux ELU est bien égale à 45 kN/ml.**

Données sur l'étalement utilisé sur le PS1 :

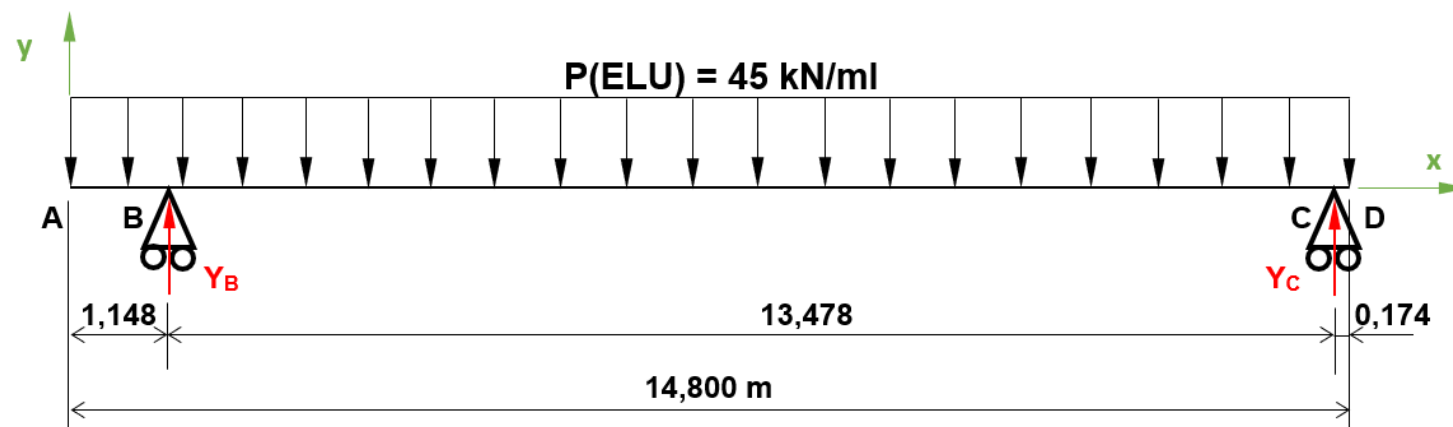
- Épaisseur du tablier : **1,098 m**
- $Q_s$  (poids des surcharges de bétonnage = matériels et équipe) = **2,50 kN/m<sup>2</sup>**
- $Q_b$  (poids du béton) = poids volumique **25 kN/m<sup>3</sup>**
- $G$  (poids propre du HEB600 et plateau coffrant) :
- . Poids profilé HEB 600 (voir Document Technique N°11)
- . Poids du plateau coffrant avec contre-plaqué de 21 mm = **0,54 kN/m<sup>2</sup>**

Dans un premier temps, expliquer pourquoi la largeur d'influence de ce profilé métallique type HEB600 est de **0,925 m** (à partir du Document Technique N°10).

Déterminer, ensuite les charges à prendre en compte pour **G**, **Q<sub>b</sub>** et **Q<sub>s</sub>** en complétant le Document Réponse N°10.

Vérifier que la valeur du taux de charge uniformément répartie est bien égale à 45 kN/ml en appliquant la combinaison d'actions suivante :  **$P_{ELU} = 1,33.G + 1,5.Q_b + 1,2.Q_s$**

➤ **QUESTION N°21 : À partir du schéma mécanique ci-dessous, déterminer les réactions d'appuis en B et en C notées  $Y_B$  et  $Y_C$  en complétant le Document Réponse N°10.**



➤ **QUESTION N°22 : Sachant que les réactions d'appuis en B notée  $Y_B$  et en C notée  $Y_C$  sont égales respectivement à +357,06 kN et +308,94 kN, compléter les diagrammes de l'effort tranchant  $V(x)$  et des moments fléchissants  $M(x)$  sur le Document Réponse N°10. En déduire l'effort tranchant noté  $V$  maxi et le moment fléchissant noté  $M$  maxi.**

➤ **QUESTION N°23 : Vérifier ce profilé métallique à l'Eurocode 3 vis-à-vis du Moment fléchissant  $M_{Ed} = 1007$  kN.m et de l'effort tranchant  $V_{Ed} = 306$  kN en utilisant le Document Technique N°9.**

**Analyse de l'effort tranchant :** il faut vérifier que  $V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1,00$

**Analyse du moment fléchissant :** il faut vérifier que  $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

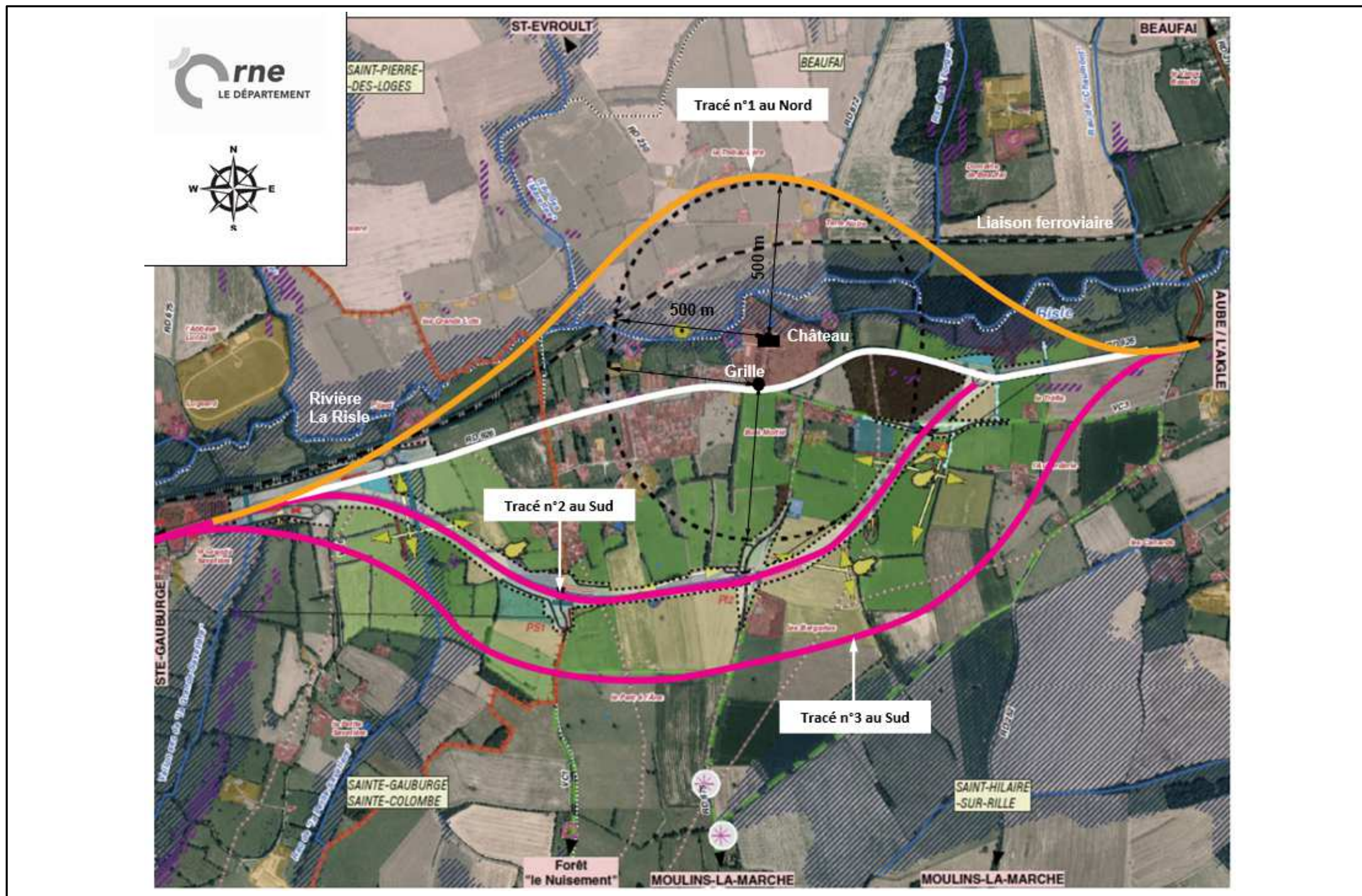
**Profilés marchands** type HEB600 en **classe 3**

$F_y = 235$  MPa (N/mm<sup>2</sup>)











## ZNIEFF :

Zone

Naturelle

d'Intérêt

Ecologique

Faunistique et

Floristique

## Zones

NATURA 2000 :

Réseau hydrographique

ZNIEFF de Type I

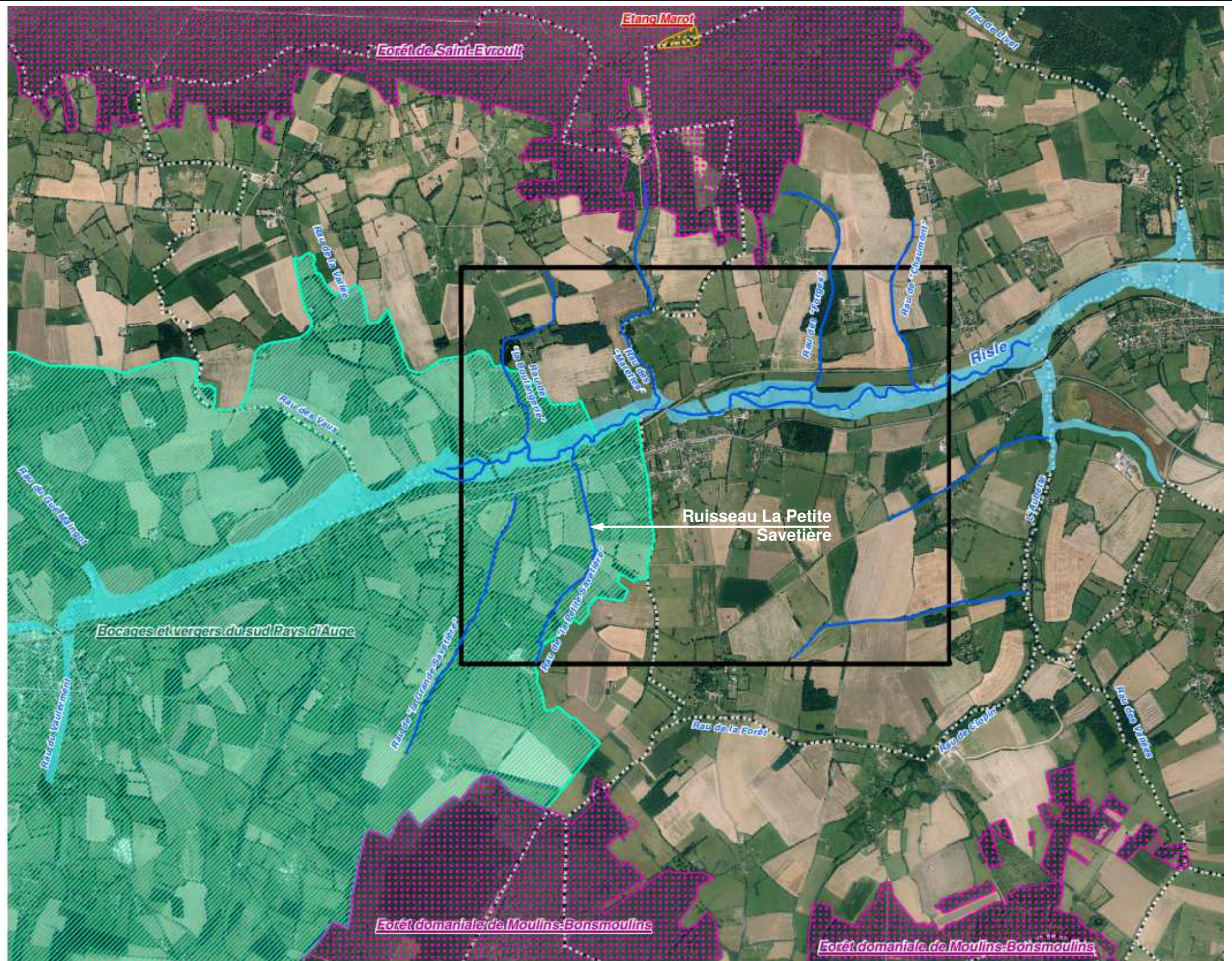
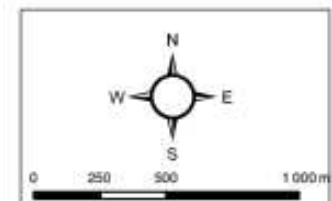
ZNIEFF de Type II

SIC Natura 2000

Zone inondable de la vallée de la Risle

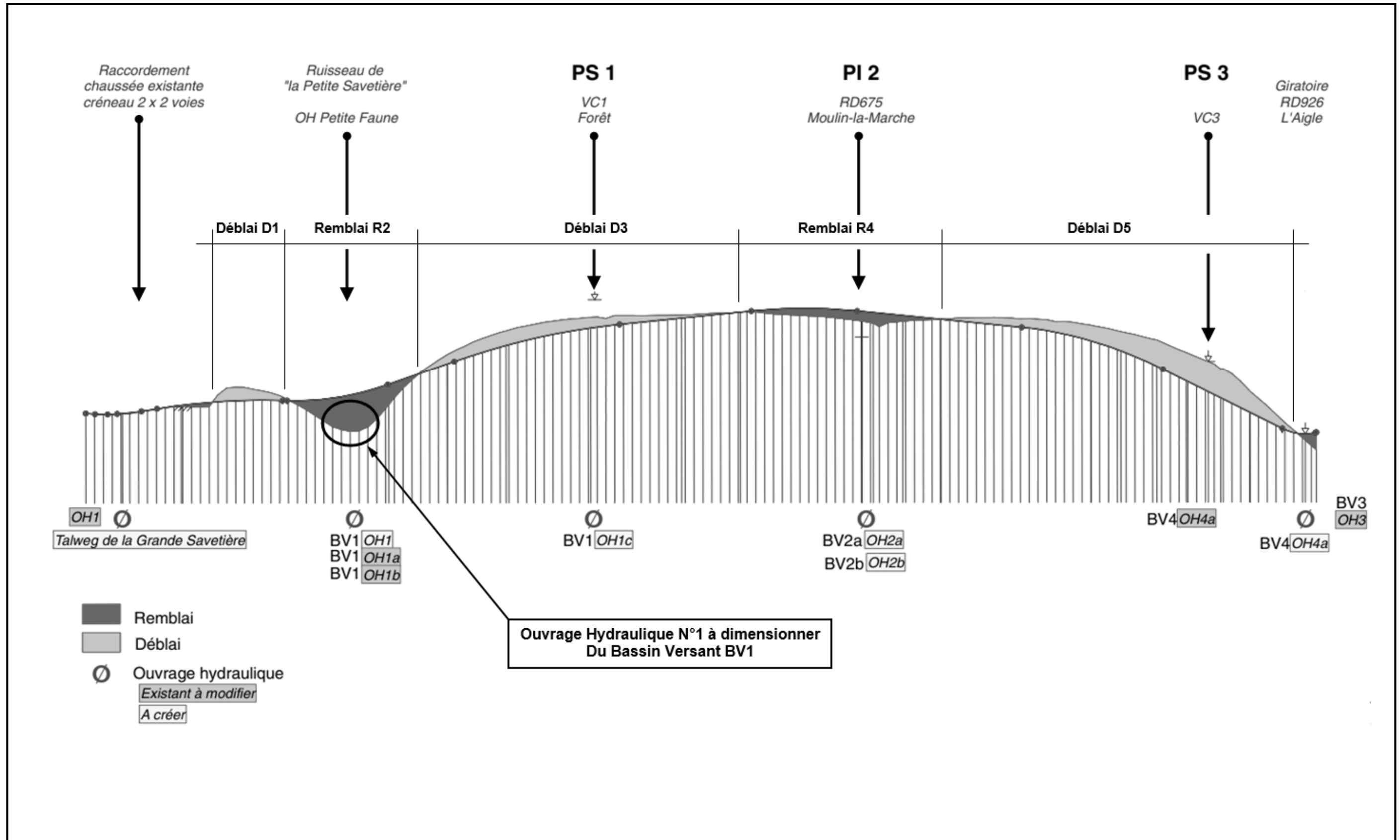
Aire d'étude détaillée

Limite communale

Sources : IGN BDOrtho, IGN BDCartho  
DIREN Basse Normandie

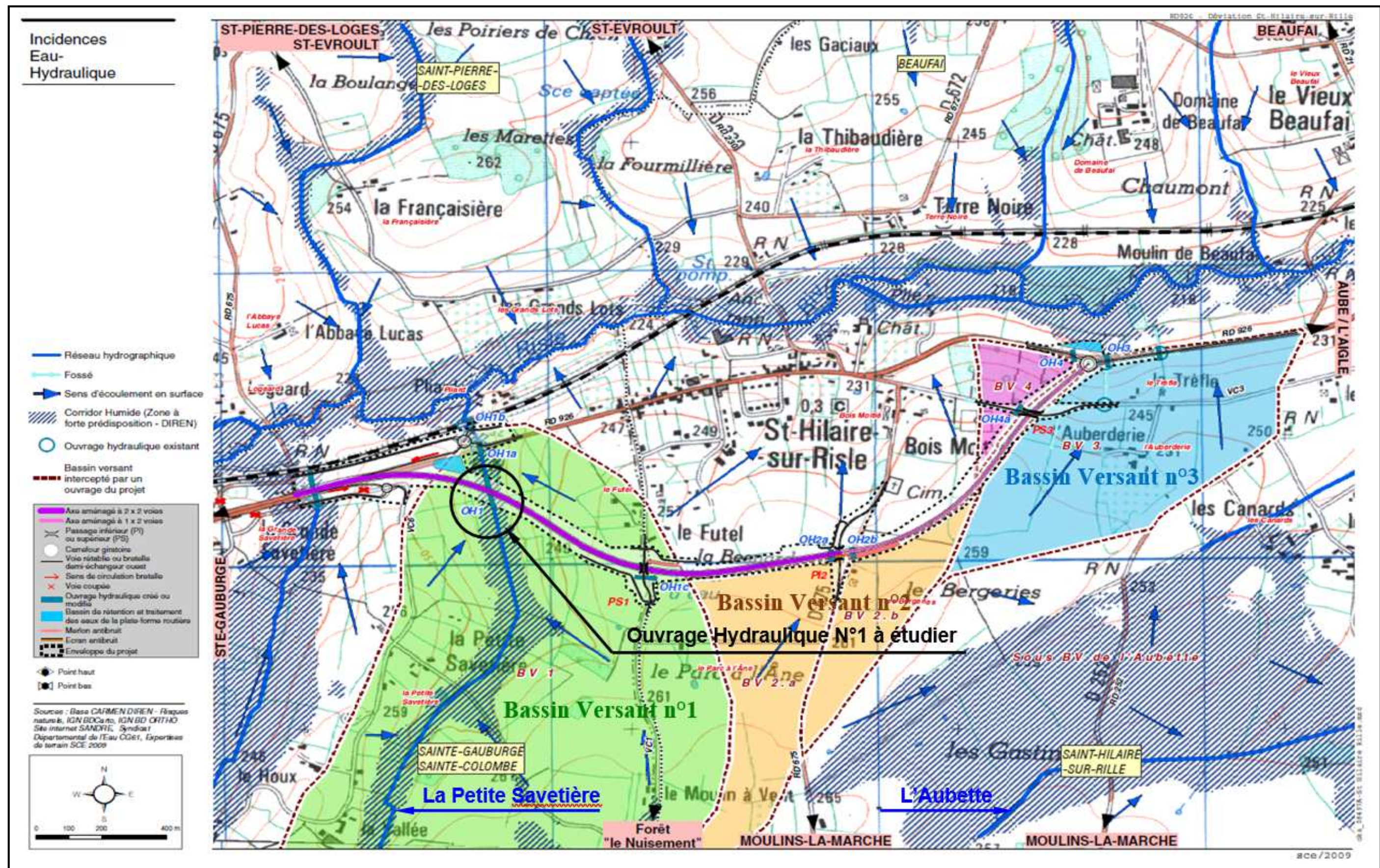


## PROFIL EN LONG DU PROJET AVEC L'ENSEMBLE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

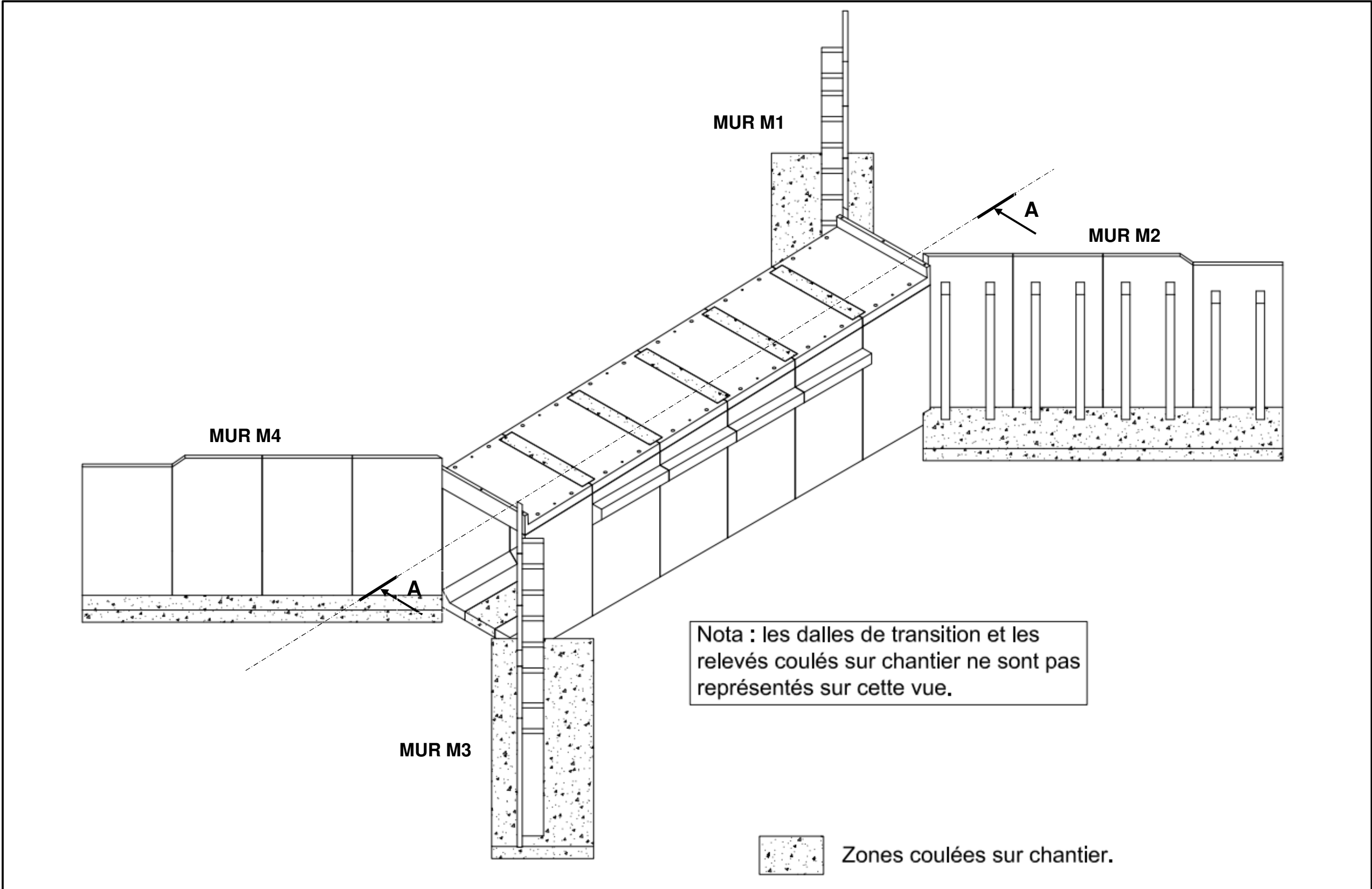


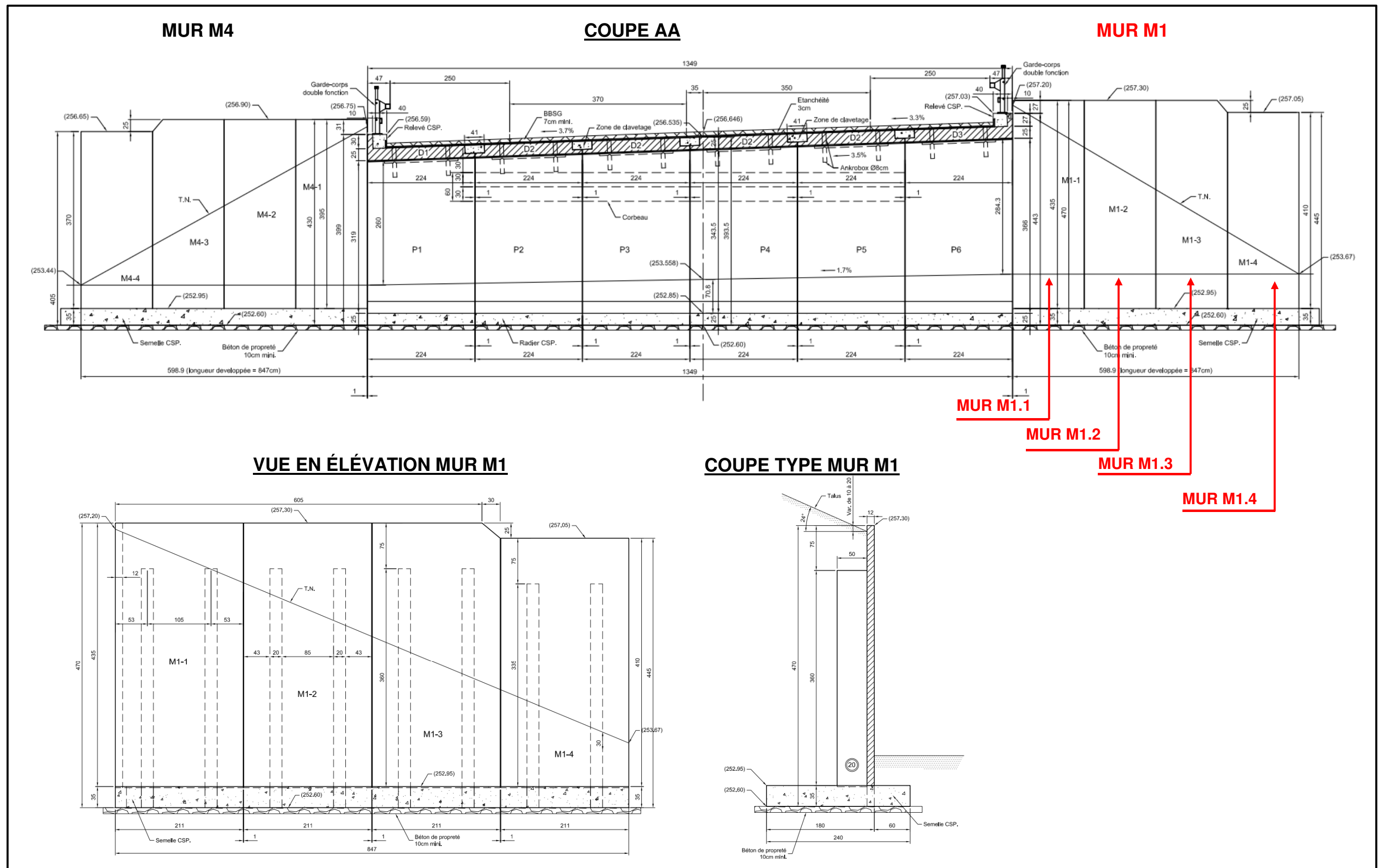


VUE EN PLAN DES DIFFÉRENTS BASSINS VERSANTS













1. Valeurs des coefficients partiels de sécurité  $\gamma_M$ 

Valeurs des coefficients partiels de sécurité $\gamma_M$ sur les résistances pour le calcul aux ELU			
Résistance concernée	Symbole utilisé	Domaine d'application	Valeurs EC3-DAN
Résistance des sections	$\gamma_{M0}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance des sections :               <ul style="list-style-type: none"> <li>de classes 1, 2 ou 3                   <ul style="list-style-type: none"> <li>bénéficiant de la marque NF Acier</li> <li>dans les autres cas</li> </ul> </li> <li>de classe 4</li> </ul> </li> </ul>	1,00 1,00 1,00
	$\gamma_{M2}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance de section nette au droit des trous de boulons</li> </ul>	1,25

## 2. Flexion simple : Moment fléchissant et effort tranchant (M et V) vérification simplifiée

Pour le moment de flexion :

On doit vérifier :

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

où  $M_{Ed}$  = Moment fléchissant (agissant) de calcul sollicitant la section droite à l'ELU ;

$M_{c,Rd}$  = Résistance de calcul à la flexion de la section à l'ELU.

pour une section de classe 1 ou 2	pour une section de classe 3
$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd}$ (moment résistant plastique)	$M_{c,Rd} = M_{el,Rd}$ (moment résistant élastique)
$M_{pl,Rd} = W_{pl} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$	$M_{el,Rd} = W_{el,min} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

Pour l'effort tranchant

On doit vérifier :

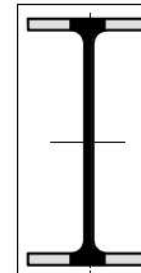
$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\text{Calcul plastique } V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,58 A_v \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

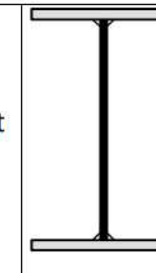
où  $V_{Ed}$  : effort tranchant (agissant) de calcul à l'E.L.U. ;

$V_{pl,Rd}$  : effort tranchant résistant à l'E.L.U. ;

$A_v$  : aire de cisaillement donnée dans les catalogues des caractéristiques des profilés.

**Laminés marchands :**

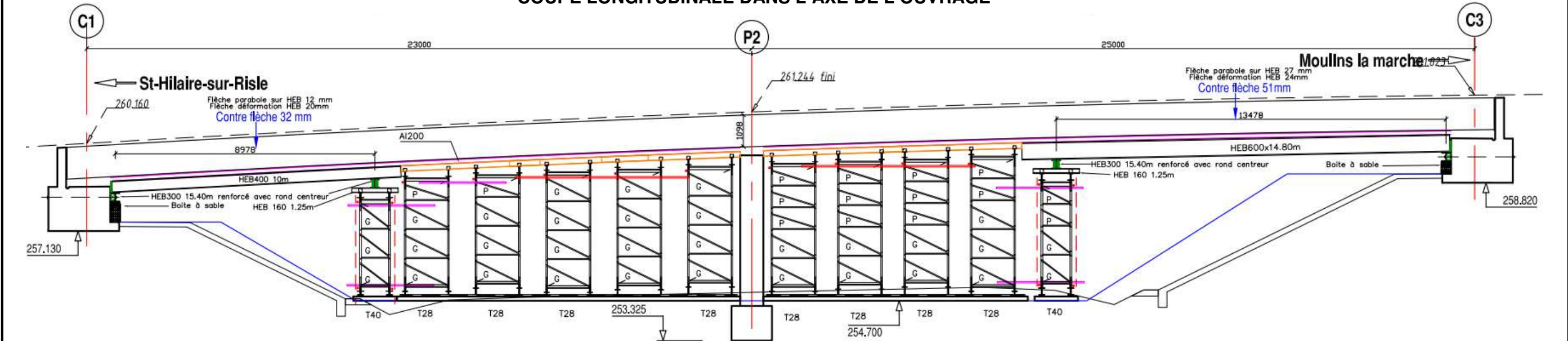
Les valeurs de l'aire plastifiée ( $A_v$ ) sont données dans les tableaux de caractéristiques des profilés.

**Profilés Reconstitués Soudés :**

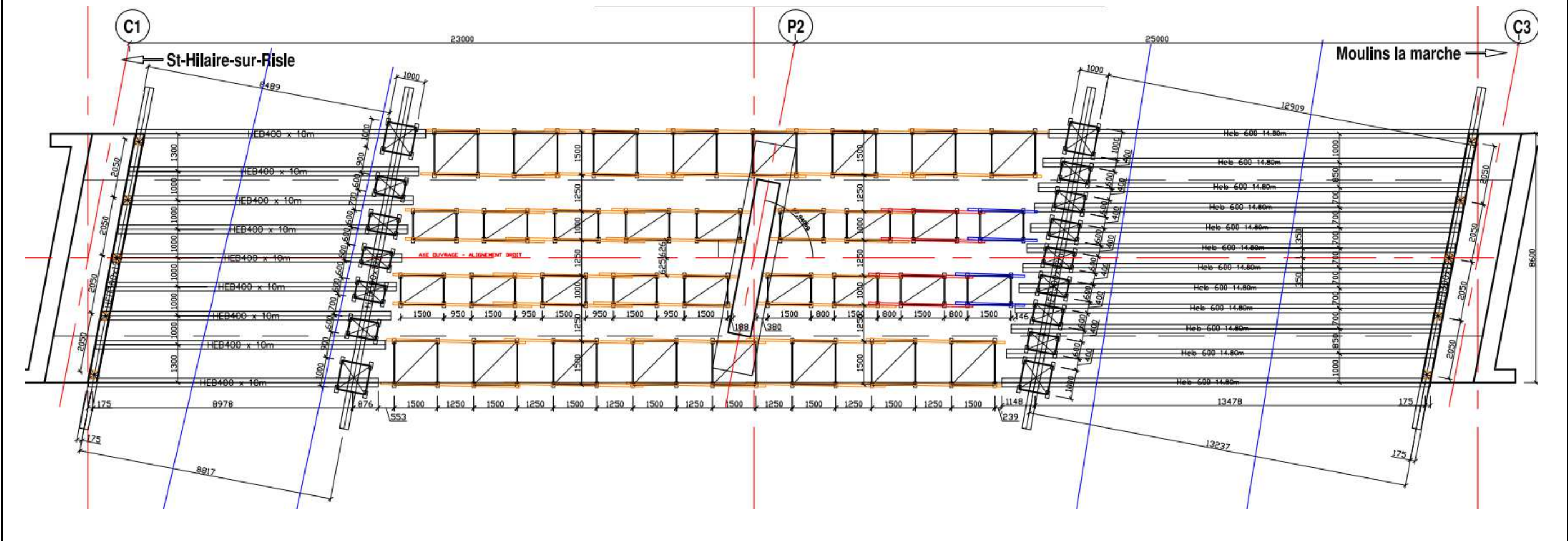
Pour les P.R.S., la valeur de  $A_v$  est celle de l'âme seule.

PLAN D'ÉTAIEMENT DU PASSAGE SUPÉRIEUR N°1

COUPE LONGITUDINALE DANS L'AXE DE L'OUVRAGE

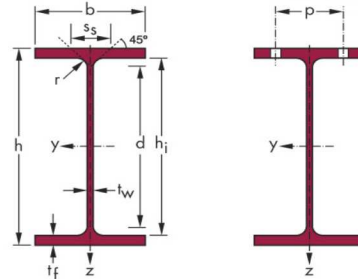


VUE EN PLAN DES TOURS ET DES CINTRES





● **Poutrelles européennes à larges ailes** (suite)  
 Dim.: HE A, HE B et HE M 100-1000 conformes à l'Euronorme 53-62; HE AA 100-1000; HL 920-1100  
 Tolérances: EN 10034: 1993 HE 100 - 900; HE 1000 AA-M; HL AA-R  
 A6 - 03 HE avec  $G_{HE} > G_{HE\ M}$ ; HL 920; HL 1000 avec  $G_{HL} > G_{HL\ M}$   
 Etat de surface conforme à EN 10163-3: 1991, classe C, sous-classe 1



Désignation Bezeichnung	G kg/m	Dimensions Abmessungen					A mm <sup>2</sup>	Dimensions de construction Dimensions for detailing Konstruktionsmaße					Surface Oberfläche	
		h mm	b mm	t <sub>w</sub> mm	t <sub>f</sub> mm	r mm		h <sub>i</sub> mm	d mm	∅	P <sub>min</sub> mm	P <sub>max</sub> mm	A <sub>L</sub> m <sup>2</sup> /m	A <sub>G</sub> m <sup>2</sup> /t
x 10 <sup>2</sup>														
HE 400 AA*	92,4	378	300	9,5	13	27	117,7	352	298	M 27	118	198	1,891	20,46
HE 400 A	125	390	300	11	19	27	159,0	352	298	M 27	120	198	1,912	15,32
HE 400 B	155	400	300	13,5	24	27	197,8	352	298	M 27	124	198	1,927	12,41
HE 400 M	256	432	307	21	40	27	325,8	352	298	M 27	132	202	2,004	7,835
HE 450 AA*	99,7	425	300	10	13,5	27	127,1	398	344	M 27	120	198	1,984	19,89
HE 450 A	140	440	300	11,5	21	27	178,0	398	344	M 27	122	198	2,011	14,39
HE 450 B	171	450	300	14	26	27	218,0	398	344	M 27	124	198	2,026	11,84
HE 450 M	263	478	307	21	40	27	335,4	398	344	M 27	132	202	2,096	7,959
HE 500 AA*	107	472	300	10,5	14	27	136,9	444	390	M 27	120	198	2,077	19,33
HE 500 A	155	490	300	12	23	27	197,5	444	390	M 27	122	198	2,110	13,60
HE 500 B	187	500	300	14,5	28	27	238,6	444	390	M 27	124	198	2,125	11,34
HE 500 M	270	524	306	21	40	27	344,3	444	390	M 27	132	202	2,184	8,079
HE 550 AA*	120	522	300	11,5	15	27	152,8	492	438	M 27	122	198	2,175	18,13
HE 550 A	166	540	300	12,5	24	27	211,8	492	438	M 27	122	198	2,209	13,29
HE 550 B	199	550	300	15	29	27	254,1	492	438	M 27	124	198	2,224	11,15
HE 550 M	278	572	306	21	40	27	354,4	492	438	M 27	132	202	2,280	8,195
HE 600 AA*	129	571	300	12	15,5	27	164,1	540	486	M 27	122	198	2,272	17,64
HE 600 A	178	590	300	13	25	27	226,5	540	486	M 27	122	198	2,308	12,98
HE 600 B	212	600	300	15,5	30	27	270,0	540	486	M 27	126	198	2,323	10,96
HE 600 M	285	620	305	21	40	27	363,7	540	486	M 27	132	200	2,372	8,308
HE 600 x 337*	337	632	310	25,5	46	27	429,2	540	486	M 27	138	202	2,407	7,144
HE 600 x 399*	399	648	315	30	54	27	508,5	540	486	M 27	142	208	2,450	6,137
HE 650 AA*	138	620	300	12,5	16	27	175,8	588	534	M 27	122	198	2,369	17,17
HE 650 A	190	640	300	13,5	26	27	241,6	588	534	M 27	124	198	2,407	12,69
HE 650 B	225	650	300	16	31	27	286,3	588	534	M 27	126	198	2,422	10,77
HE 650 M	293	668	305	21	40	27	373,7	588	534	M 27	132	200	2,468	8,411
HE 650 x 343*	343	680	309	25	46	27	437,5	588	534	M 27	138	202	2,500	7,278
HE 650 x 407*	407	696	314	29,5	54	27	518,8	588	534	M 27	142	206	2,543	6,243

# HE

Notations pages 213-217 / Bezeichnungen Seiten 213-217

Désignation Bezeichnung	G kg/m	Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte										Classification ENV 1993-1-1										
		axe fort y-y strong axis y-y					axe faible z-z weak axis z-z					S 235	S 355	S 460	S 235	S 355	S 460	EN 10025:1993	EN 10153:1993	EN 10225:2001		
		I <sub>y</sub> mm <sup>4</sup>	W <sub>el,y</sub> mm <sup>3</sup>	W <sub>pl,y</sub> <sup>Ⓢ</sup> mm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> mm <sup>4</sup>	A <sub>vz</sub> mm <sup>2</sup>	I <sub>z</sub> mm <sup>4</sup>	W <sub>el,z</sub> mm <sup>3</sup>	W <sub>pl,z</sub> <sup>Ⓢ</sup> mm <sup>3</sup>	I <sub>z</sub> mm <sup>4</sup>	s <sub>s</sub> mm										I <sub>t</sub> mm <sup>4</sup>	I <sub>w</sub> mm <sup>6</sup>
HE 400 AA	92,4	31250	1654	1824	16,30	47,95	5861	390,8	599,7	7,06	67,13	84,69	1948	3	3	4	3	3	4	4	4	4
HE 400 A	125	45070	2311	2562	16,84	57,33	8564	570,9	872,9	7,34	80,63	189,0	2942	1	1	3	1	2	3	4	4	4
HE 400 B	155	57680	2884	3232	17,08	69,98	10820	721,3	1104	7,40	93,13	355,7	3817	1	1	1	1	1	1	4	4	4
HE 400 M	256	104100	4820	5571	17,88	110,2	19340	1260	1934	7,70	132,6	1515	7410	1	1	1	1	1	1	4	4	4
HE 450 AA	99,7	41890	1971	2183	18,16	54,70	6088	405,8	624,4	6,92	68,63	95,61	2572	3	3	4	3	4	4	4	4	4
HE 450 A	140	63720	2896	3216	18,92	65,78	9465	631,0	965,5	7,29	85,13	243,8	4148	1	1	1	1	2	3	4	4	4
HE 450 B	171	79890	3551	3982	19,14	79,66	11720	781,4	1198	7,33	97,63	440,5	5258	1	1	1	1	1	2	4	4	4
HE 450 M	263	131500	5501	6331	19,80	119,8	19340	1260	1939	7,59	132,6	1529	9251	1	1	1	1	1	1	4	4	4
HE 500 AA	107	54640	2315	2576	19,98	61,91	6314	420,9	649,3	6,79	70,13	107,7	3304	2	3	3	2	4	4	4	4	4
HE 500 A	155	86970	3550	3949	20,98	74,72	10370	691,1	1059	7,24	89,63	309,3	5643	1	1	1	1	3	4	4	4	4
HE 500 B	187	107200	4287	4815	21,19	89,82	12620	841,6	1292	7,27	102,1	538,4	7018	1	1	1	1	2	2	4	4	4
HE 500 M	270	161900	6180	7094	21,69	129,5	19150	1252	1932	7,46	132,6	1539	11190	1	1	1	1	1	1	4	4	4
HE 550 AA	120	72870	2792	3128	21,84	72,66	6767	451,1	698,6	6,65	73,13	133,7	4338	1	3	3	3	4	4	4	4	4
HE 550 A	166	111900	4146	4622	22,99	83,72	10820	721,3	1107	7,15	92,13	351,5	7189	1	1	1	2	4	4	4	4	4
HE 550 B	199	136700	4971	5591	23,20	100,1	13080	871,8	1341	7,17	104,6	600,3	8856	1	1	1	1	2	3	4	4	4
HE 550 M	278	198000	6923	7933	23,64	139,6	19160	1252	1937	7,35	132,6	1554	13520	1	1	1	1	1	1	4	4	4
HE 600 AA	129	91900	3218	3623	23,66	81,29	6993	466,2	724,5	6,53	74,63	149,8	5381	1	3	3	3	4	4	4	4	4
HE 600 A	178	141200	4787	5350	24,97	93,21	11270	751,4	1156	7,05	94,63	397,8	8978	1	1	1	2	4	4	4	4	4
HE 600 B	212	171000	5701	6425	25,17	110,8	13530	902,0	1391	7,08	107,1	667,2	10970	1	1	1	1	3	4	4	4	4
HE 600 M	285	237400	7660	8772	25,55	149,7	18980	1244	1930	7,22	132,6	1564	15910	1	1	1	1	1	1	4	4	4
HE 600 x 337	337	283200	8961	10380	25,69	180,5	22940	1480	2310	7,31	149,1	2451	19610	1	1	1	1	1	1	4	4	4
HE 600 x 399	399	344600	10640	12460	26,03	213,6	28280	1796	2814	7,46	169,6	3966	24810	1	1	1	1	1	1	4	4	4
HE 650 AA	138	113900	3676	4160	25,46	90,40	7221	481,4	750,7	6,41	76,13	167,5	6567	1	3	3	4	4	4	4	4	4
HE 650 A	190	175200	5474	6136	26,93	103,2	11720	781,6	1205	6,97	97,13	448,3	11030	1	1	1	3	4	4	4	4	4
HE 650 B	225	210600	6480	7320	27,12	122,0	13980	932,3	1441	6,99	109,6	739,2	13360	1	1	1	2	3	4	4	4	4
HE 650 M	293	281700	8433	9657	27,45	159,7	18980	1245	1936	7,13	132,6	1579	18650	1	1	1	1	1	2	4	4	4
HE 650 x 343	343	333700	9815	11350	27,62	189,6	22720	1470	2300	7,21	148,6	2442	22730	1	1	1	1	1	1	4	4	4
HE 650 x 407	407	405400	11650	13620	27,95	224,8	28020	1785	2803	7,35	169,1	3958	28710	1	1	1	1	1	1	4	4	4

HI = HISTAR®



**DOCUMENT RÉPONSE N°1**

➤ **QUESTION N°1- Quelles sont les principales nuisances occasionnées par le trafic routier au sein de la commune de Saint-Hilaire-Sur-Risle qui ont conduit au projet de contournement ?**

Les principales nuisances occasionnées par le trafic routier sont :

-

-

-

➤ **QUESTION N°2- Quelles sont les principales solutions possibles pour limiter ces nuisances ?**

Les principales solutions possibles pour limiter ces nuisances sont :

-

-

-

➤ **QUESTION N°3- À partir des Documents Techniques N°1 et N°2, tracer et entourer sur le Document Réponse N°1, les éléments suivants étant des contraintes à gérer pour la définition du tracé du contournement en respectant les couleurs imposées.**

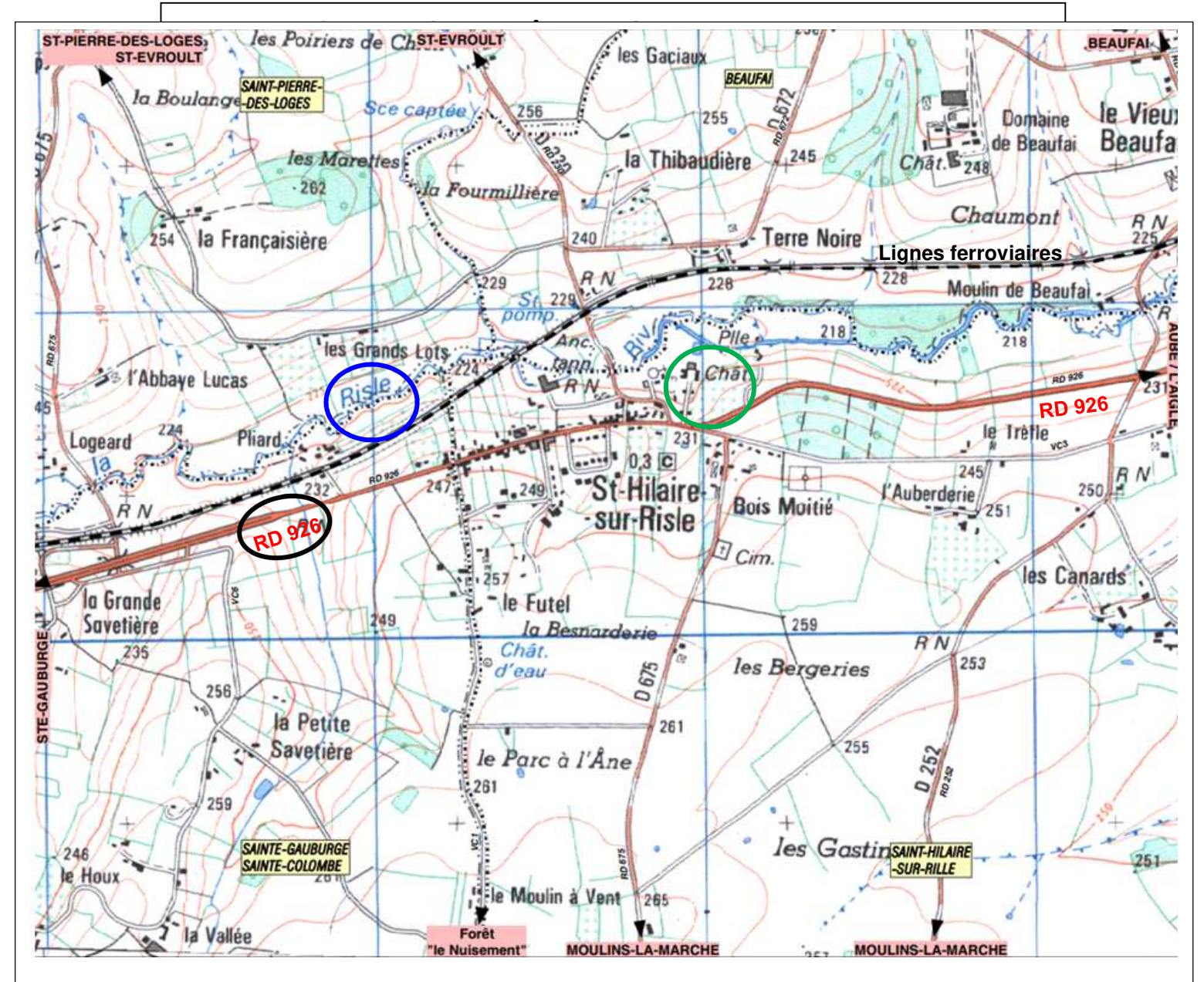
- **En noir** : la RD 926 existante, les voies ferroviaires, les voies communales et les Routes Départementales,
- **En bleu** : les rivières, les zones de captage et de pompage d'eau potable, le château d'eau
- **En vert** : le château et sa grille classés les zones boisées, les zones habitées et le cimetière.

➤ **QUESTION N°4- Justifier le choix par le conseil départemental du tracé n°2 (DT 2) vis-à-vis des tracés n°1 et n°3.**

Compléter sur le Document Réponse N°1 le tableau comparatif Points forts/Points faibles en fonction des critères de contraintes définis.

	Tracé n°1	Tracé n°2	Tracé n°3
Coût lié à la longueur du tracé	-	+	-
Création d'ouvrages d'art pour franchissement de la Risle et des Voies ferrées			
Zones boisées			
ZNIEFF et Zone Natura 2000 (Faunes et Flores)			
Château et Grille classés (Patrimoine)			
Zone de captage d'eau potable			
Château d'eau à éviter			

**Choix du tracé :**





**DOCUMENT RÉPONSE N°2**

➤ **QUESTION N°5 :** À partir des informations ci-dessus, déterminer l'intensité d'averse *i* en mm/min puis en m/h.

$i$  (en mm/minute) =  $a \times T_c^b$

Coefficient de Montana		Temps de concentration en minutes $T_c$	Intensité d'averse en mm/minute $i$	Intensité d'averse en m/heure $i$
a	b			

➤ **QUESTION N°6 :** Calculer le débit de pointe noté  $Q_p$  en  $m^3$ /seconde en tenant compte d'une intensité d'averse  $i = 0,0728$  m/heure.

$Q_p$  (en  $m^3$ /heure) =  $i \times C \times A$

Intensité d'averse en m/heure $i$	Coefficient de ruissellement $C$	Surface totale du bassin versant en $m^2$ $A$	Débit de pointe en $m^3$ /h $Q_p$	Débit de pointe en $m^3$ /s $Q_p$
$i = 0,0728$				

➤ **QUESTION N°7 :** Déterminer par calcul le diamètre théorique  $D$  de la canalisation circulaire en béton pour un débit de pointe  $Q_p = 15,74$   $m^3$ /s.

$Q_p = K \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$

Débit de pointe en $m^3$ /s $Q_p$	Coefficient de rugosité buse béton $K$	Pente de la canalisation en m/m $I$	Diamètre théorique de la canalisation en m $D$
$Q_p = 15,74$			

Choisir le diamètre réel du fournisseur, sachant qu'il faut rajouter 50 cm de GNT 0/31<sup>5</sup> pour reconstituer le lit du ruisseau parmi les diamètres ci-dessous (encadrer le diamètre) :

600 , 800 , 1000 , 1200 , 1400 , 1600 , 1800 , 2000 , 2200 , 2500 , 2800, 3000, 3200,...

➤ **QUESTION N°8 :** Déterminer par calcul la vitesse pleine section de cette canalisation en béton pour un diamètre de 2800 mm (compléter le Document Réponse N°2).

$V_{PS} = K \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$

$R_h = S_m / P_m$        $S_m$  : Surface mouillée en  $m^2$        $P_m$  : Périmètre mouillé en m

Coefficient de rugosité buse béton $K$	Surface mouillée en $m^2$ $S_m$	Périmètre mouillé en m $P_m$	Rayon hydraulique en m $R_h$	Pente de la canalisation en m/m $I$	Vitesse à pleine section en m/s $V_{PS}$

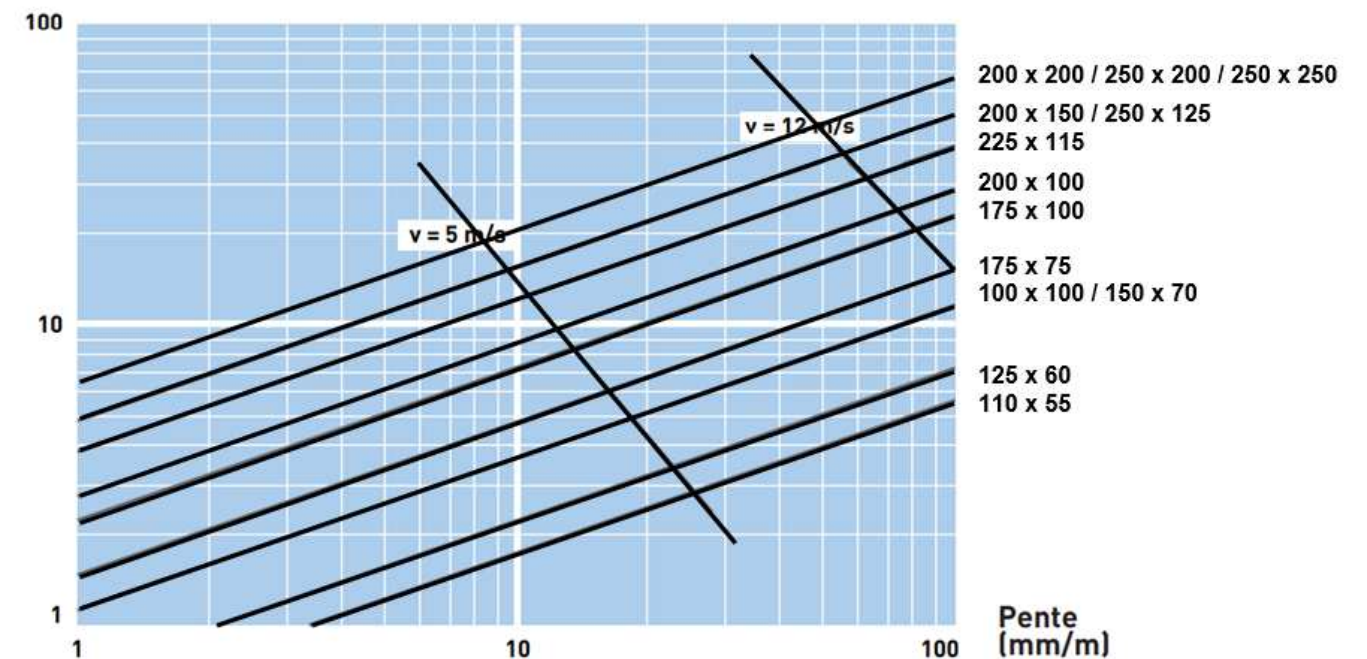
Commenter la vitesse pleine section obtenue, est-elle acceptable ?

Si ce n'est pas le cas, recalculer la vitesse pleine section pour une pente de 0,007 m/m :

$V_{PS} =$

➤ **QUESTION N°9 :** Déterminer par lecture sur abaque la section commerciale du cadre carré  $L \times H$  pour un débit de pointe  $Q_p = 15,74$   $m^3$ /s (compléter le Document Réponse N°2).

Débit ( $m^3$ /s)



Choix de la section commerciale :

La vitesse pleine section est-elle acceptable ?

Montrer l'équivalence hydraulique entre votre cadre et la buse en béton :

Dimensions cadre $L \times H$ (cm)	Goussets (cm)	Débit équivalent tuyau			
		1 tuyau		2 tuyaux	
		circulaire $\varnothing$ mm exact	circulaire normalisé	circulaire $\varnothing$ mm exact	circulaire normalisé
50 x 30	5 x 5	420	500	324	400
60 x 40	5 x 5	535	600	412 (400)	500
80 x 40	5 x 5	612	800	472	500
100 x 40	10 x 10	668	800	515	600
100 x 60	5 x 5	839	1000	647	800
100 x 75	20 x 20	914	1000	704	800
100 x 100	10 x 10	1098	1200	846	1000
110 x 55	10 x 10	837	1000	645	800
125 x 60	10 x 10	920	1000	719	800
125 x 125	20 x 20	1357	1400	1047	1000/1200
150 x 70	15 x 15	1095	1200	848	1000
150 x 100	20 x 20	1321	1400	1019	1000/1200
150 x 150	20 x 20	1638	1600/1800	1263	1200/1400
170 x 80	20 x 20	1238	1200/1400	955	1000
175 x 75	20 x 20	1209	1200/1400	933	1000
200 x 100	20 x 20	1518	1600	1170	1200
200 x 125	20 x 20	1717	1800	1324	1400
200 x 150	20 x 20	1892	2000	1459	1500
200 x 200	20 x 20	2195	2200	1693	1800
225 x 115	20 x 20	1734	1800	1337	1400
250 x 125	20 x 20	1907	2000	1470	1500
250 x 150	20 x 20	2107	2200	1624	1800
250 x 200	20 x 20	2452	2500	1891	2000
250 x 250	20 x 20	2748	2800	2119	2200
300 x 200	20 x 20	2678	2800	2065	2200

**DOCUMENT RÉPONSE N°3**

➤ **QUESTION N°10 :** Suite à l'enquête Faune-Flore, on constate que cet ouvrage hydraulique se situe dans une Zone Natura 2000 (voir Document Technique N°3) avec présence d'une faune et d'une flore très variées, on envisage donc un passage petites faunes de 70 cm de large, dans l'ouvrage hydraulique.

Quel impact, cette contrainte a-t-elle sur la section intérieure de l'ouvrage ?

Choisir la section la plus appropriée en justifiant votre réponse.


Type et sections d'ouvrage	OH Conduite circulaire Ø2800 mm	OH Cadre préfabriqué 250 x 250 cm
<b>Impact sur la section intérieure de l'OH</b>		
<b>Choix de la section par rapport aux contraintes environnementales</b>		

➤ **QUESTION N°11 :** Déterminer, la Longueur maxi d'un cadre, son poids ainsi que le nombre d'éléments sachant que l'OH1 a une longueur totale de 79,19 m en complétant le DR N° (encadrer le cas de figure). On négligera le passage petites faunes dans le poids d'un élément, on supposera un joint de 1 cm entre chaque cadre.

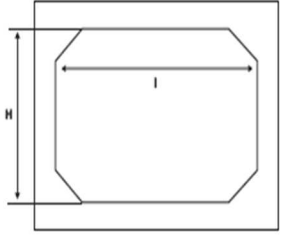
Cadre de 250 x 250 cm : Épaisseur du cadre =  
 Longueur =  
 Poids du cadre =

Nombre d'éléments :


## Cadres modulables Cadrem



Vue de face



Vue de côté



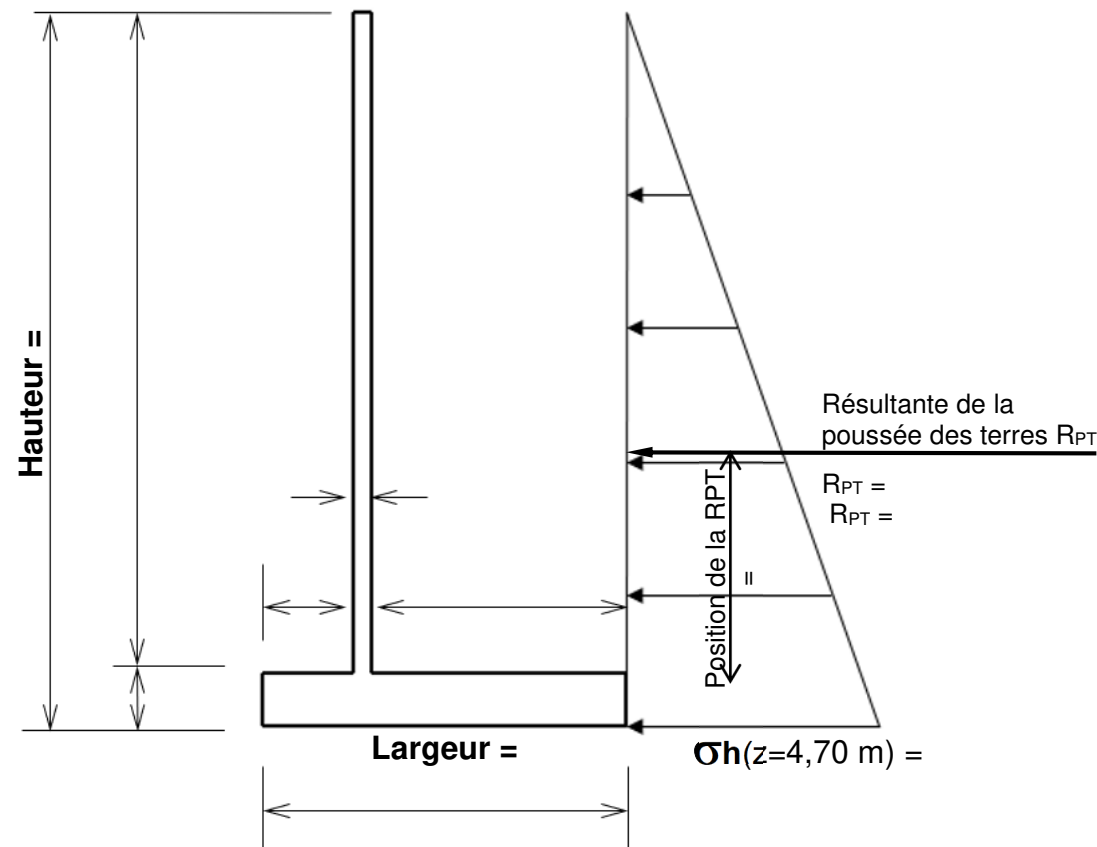
Caractéristiques dimensionnelles

Épaisseur (cm)	Poids des pièces (T) selon longueur et épaisseur (cm)																Manutention						
	16	18	19	21	22	25	30,5		33,5														
Longueur maxi. (cm)	239	200	200	239	150	200	175	200	239	100	150	175	200	120	150	175	200	120	150	175	200		
100x75		4,20																					2,5 T < poids ≤ 5 T = 2 ancrés x 5 T
100x100		4,65																					
125x100		5,10																					
150x100		5,85	5,60																				
150x150		6,80	6,50																				5 T < poids ≤ 10 T = 2 ancrés x 10 T
150x175		7,13		8,51					9,93														
200x100		6,80	6,50	8,12	7,60			9,48				9,20											
200x150		7,75	7,40	9,25	8,60			10,79				10,40											10 T < poids ≤ 15 T = 2 ancrés x 15 T
200x200		8,70	8,30	10,38	9,70			10,12				11,70											
200x250				11,28				11,04															
250x100		7,31	9,06	8,59				10,58				10,35											12 T < poids ≤ 15 T
250x125		7,80	9,81	9,20				11,45				11,00											
250x150		8,30	10,38	9,70				10,12				11,70											si longueur < 2 m = 2 ancrés x 15 T
250x200		9,15	11,28	10,73				11,04				12,84											
250x250		10,10	10,57		11,80	10,76						12,31											si longueur ≥ 2 m = 4 ancrés x 15 T
300x125		8,70	10,73	10,21		10,50						12,21											
300x150		9,20	11,51	10,70				11,21				12,90											
300x200		10,10	10,57		11,80	10,76						12,38											
300x250			11,51		12,80	11,72			11,55														
300x300				10,50					12,50				17,90				19,79						
350x200									11,60				16,56				18,33						
400x150													15,32			18,94						20,96	15 T < poids ≤ 20 T
400x200													16,57			17,89						19,79	
400x250													17,81			16,45						18,19	si longueur < 2 m = 2 ancrés x 20 T
400x300													19,05			17,59						19,44	si longueur ≥ 2 m = 4 ancrés x 20 T
500x150													17,81				21,98						
500x200													19,10			17,59						19,44	
500x250													17,80			18,73						16,52	
500x300													16,20			15,90						17,50	
600x250													11,34			16,77						18,52	
600x300													12,00			17,70						19,50	



**DOCUMENT RÉPONSE N°4**

➤ **QUESTION N°12 : Vérifier la stabilité au glissement du mur et celle au poinçonnement du sol support.**



**Vérification de la stabilité externe :**

Les vérifications se faisant aux ELU :

- Les actions permanentes favorables à l'équilibre sont pondérées par un coefficient de **1**
- Les actions permanentes défavorables à l'équilibre sont pondérées par un coefficient de **1,35**
- Les actions d'exploitation favorables à l'équilibre sont pondérées par un coefficient de **0**
- Les actions d'exploitation défavorables à l'équilibre sont pondérées par un coefficient de **1.5**

Déterminer les côtes manquantes à partir du DT N°8. En déduire la contrainte horizontale notée  $\sigma_h$  à partir des informations ci-dessous. Faire le bilan des forces agissant sur ce mur (forces et distances).

•  $\sigma_h (ELU) = K_a \times \sigma_v$

avec :  $\sigma_v (ELU) =$  Contrainte Verticale = coefficient pondérateur .  $\gamma$  . z

$\sigma_h =$  Contrainte Horizontale

$K_a =$  Coefficient de poussée =  $(\tan (45 - \phi/2))^2$

•  $\sigma_h (ELU) = K_a \times \sigma_v$

$K_a = (\tan (45 - \phi/2))^2 =$

$\sigma_v =$

$\sigma_h (ELU) =$

**Bilan des forces :**

$R_{PT} =$  Résultante de la Poussée des Terres

$R_{PT} =$

$W_{Mur} =$  Poids du Mur =

$W_{Mur} =$

$W_{Semelle} =$  Poids de la Semelle =

$W_{Semelle} =$

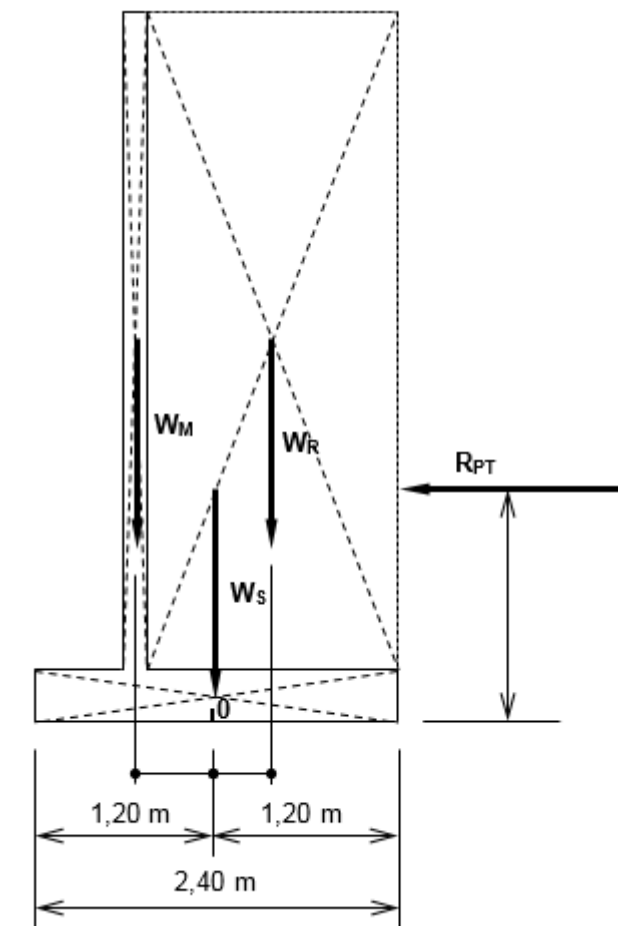
$W_{Remblai} =$  Poids de la Remblai =

$W_{Remblai} =$

Distance entre le poids du mur  $W_M$  et le centre de la semelle 0 :

Distance entre le poids du remblai  $W_R$  et le centre de la semelle 0 :

Distance entre le poids du semelle  $W_S$  et le centre de la semelle 0 :





**DOCUMENT RÉPONSE N°5**

**Vérification au non glissement :**

Résultante des efforts verticaux pondérés :

$R_v =$

Résultante des efforts horizontaux pondérés :

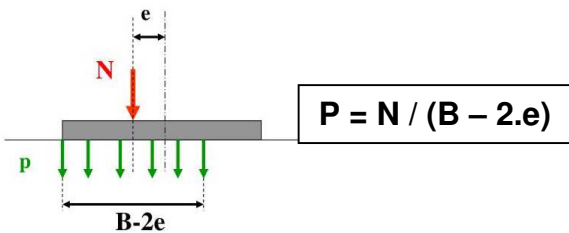
$R_H =$

Vérification :  $\frac{R_v \times \tan\phi}{R_H} = > 1,1 \quad ?$

Conclusion :

**Vérification au non poinçonnement du sol support :**

Schéma de MEYERHOF



Résultante des efforts verticaux pondérés :

$R_v =$

Moment résultant pondérés de l'ensemble des forces pondérées par rapport au point O, centre de gravité de la surface de contact sol/semelle :

$M_R =$

$M_R =$

$M_R =$

Excentricité e de la résultante des efforts verticaux pondérés :

$e = \frac{M_R}{R_v} =$

Contrainte  $q'_{\text{réf}}$  exercée par la semelle sur le sol support :

$q'_{\text{réf}} = \frac{R_v}{B-2e} = < 200\text{kPa} ?$

$R_v =$

$B$  (Base de la semelle) =

$e$  (Excentricité) =

Conclusion :

**Vérification de la stabilité interne :**

Afin de limiter l'épaisseur du mur, il a été choisi de faire reprendre les efforts de poussée des terres par des raidisseurs verticaux de section 20 x 50cm.

La zone la plus sollicitée étant située à la liaison mur/semelle on se propose de calculer les sollicitations à ce niveau.

➤ **QUESTION N°13 : Calculer le moment en pied de raidisseur soit  $M_A$ .**

Hachurer, dans un premier temps, sur le schéma ci-dessous à gauche, la surface reprise par un raidisseur. En déduire la largeur L de reprise d'un raidisseur ainsi que la valeur de la charge variable Q en kN/ml et la nouvelle résultante  $R_{PT}$ /raidisseur en complétant le Document Réponse N°5. Calculer ensuite la valeur du moment repris par un raidisseur en A noté  $M_A$ .

Calcul de la largeur L de reprise d'un raidisseur à partir du Document Technique N°8 :

$L =$

En déduire la valeur de la charge variable en pied de raidisseur Q :

$Q =$

En déduire la nouvelle résultante des poussées des terres sur un raidisseur  $R_{PT}$  :

$R_{PT} =$

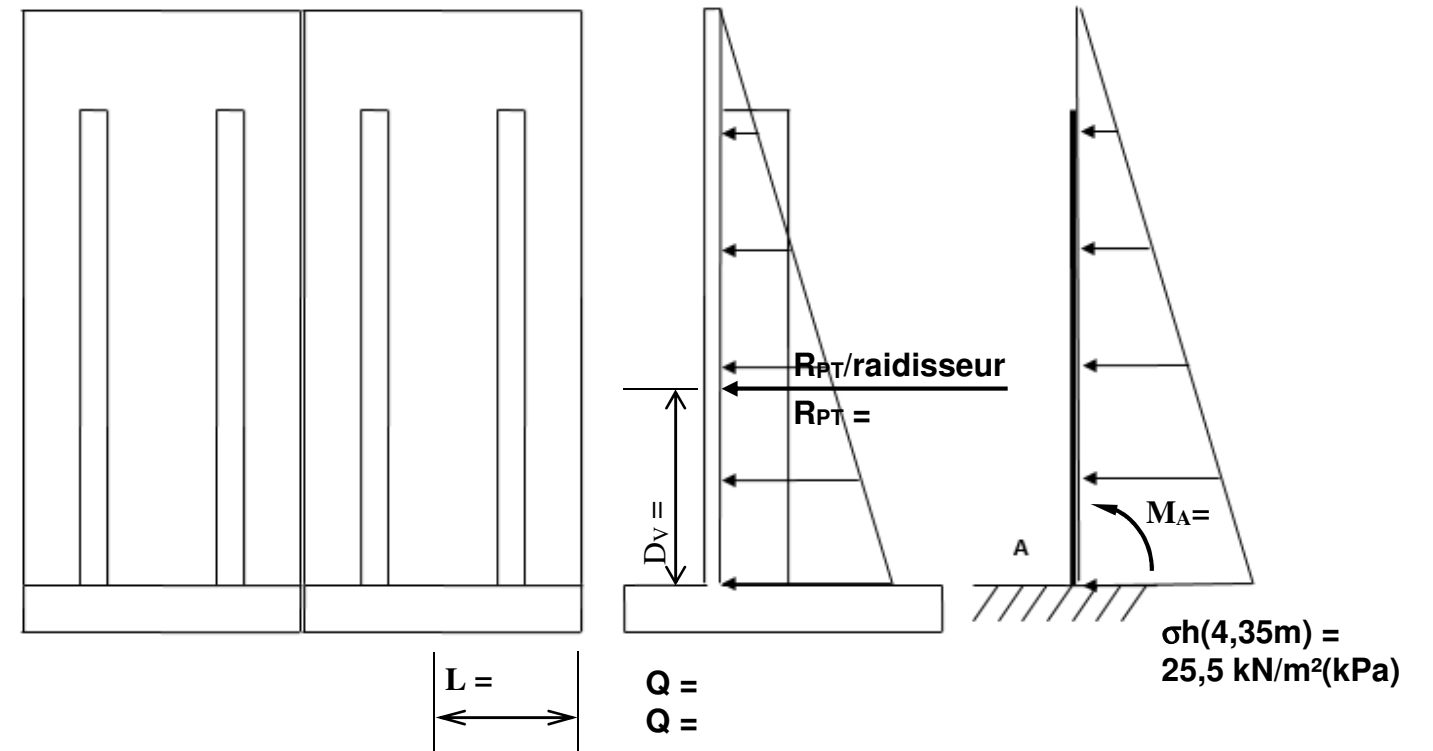
Distance verticale  $D_v$  entre cette résultante et le point A :

$D_v =$

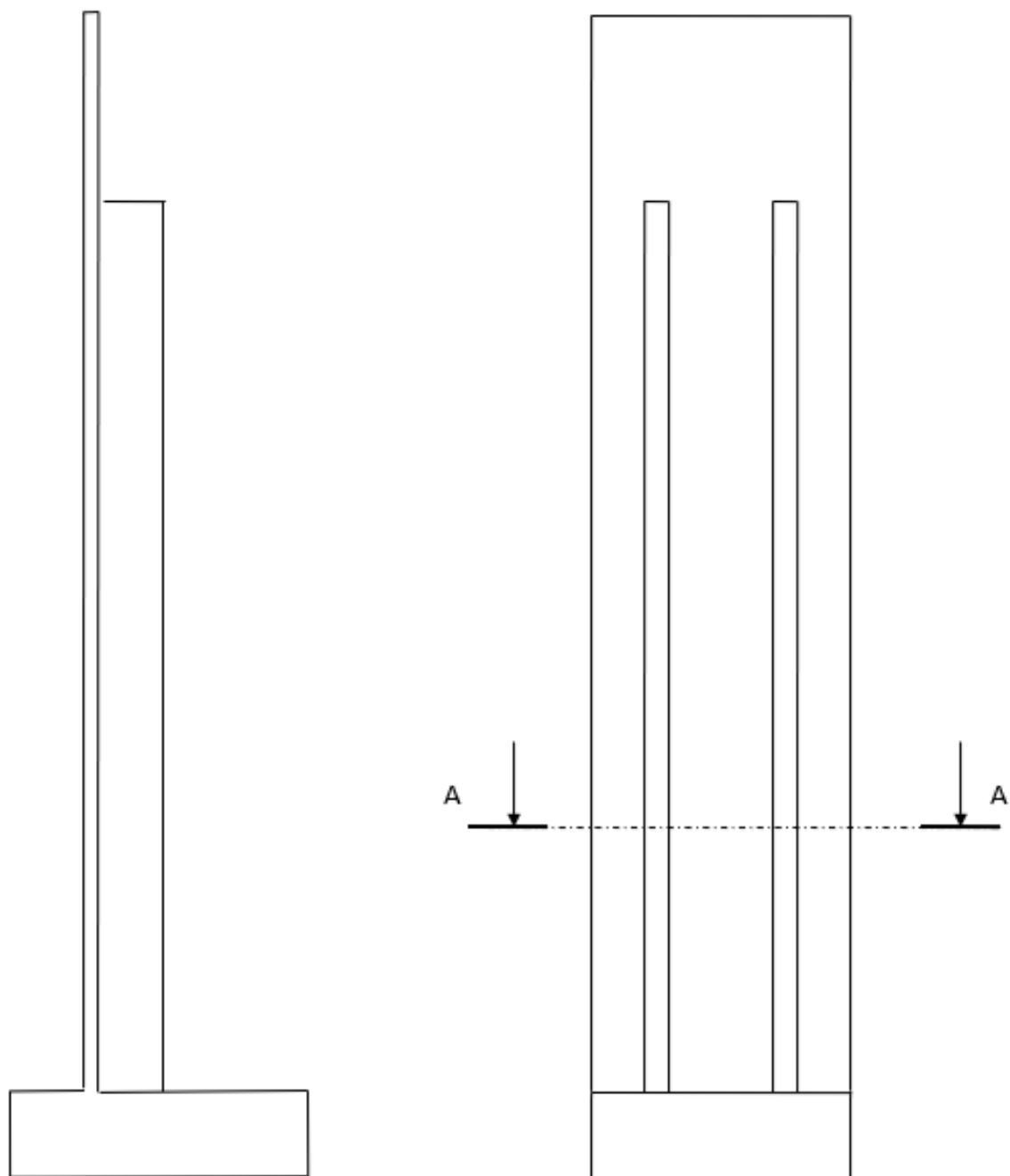
Moment repris par un raidisseur noté  $M_A$  :

$M_A =$

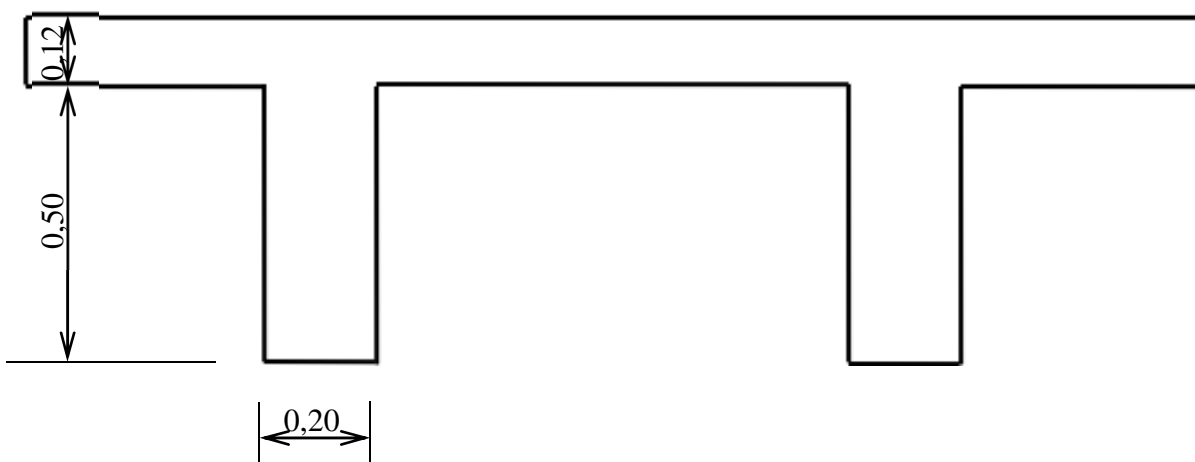
➤ **QUESTION N°14 : Déterminer les zones tendues au niveau des raidisseurs pour en déduire une répartition des barres puis représenter sur l'élévation et la coupe AA du Document Réponse N°6 la position de ces aciers principaux.**



**DOCUMENT RÉPONSE N°6**



Coupe A-A

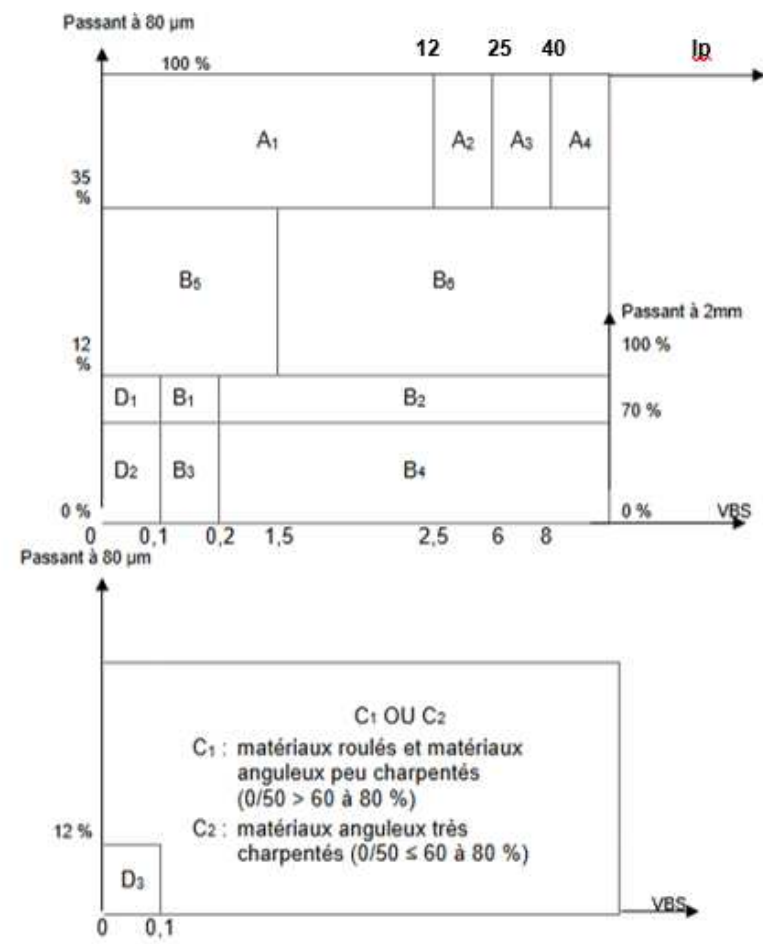


**DOCUMENT RÉPONSE N°7**

➤ QUESTION N°15 : Déterminer la classe et la sous-classe du sol support à partir des résultats de laboratoire ci-dessous et en complétant le Document Réponse N°7.

**CLASSE DU SOL** : passant au 80 µm =  $l_p$  =

**SOUS-CLASSE** :  $W_n$  =  $W_{OPN}$  =



Classement selon l'état hydrique	
Paramètres et valeurs de seuils retenus	Sous-classe
$l_{PI} \leq 3$ ou $w_n \geq 1,25 w_{OPN}$	A <sub>1</sub> th
$3 < l_{PI} \leq 8$ ou $1,10 w_{OPN} \leq w_n < 1,25 w_{OPN}$	A <sub>1</sub> h
$8 < l_{PI} \leq 25$ ou $0,9 w_{OPN} \leq w_n < 1,10 w_{OPN}$	A <sub>1</sub> m
$0,7 w_{OPN} \leq w_n < 0,9 w_{OPN}$	A <sub>1</sub> s
$w_n < 0,7 w_{OPN}$	A <sub>1</sub> ts
$l_{PI} \leq 2$ ou $l_c \leq 0,9$ ou $w_n \geq 1,3 w_{OPN}$	A <sub>2</sub> th
$2 < l_{PI} \leq 5$ ou $0,9 < l_c \leq 1,05$ ou $1,1 w_{OPN} \leq w_n < 1,3 w_{OPN}$	A <sub>2</sub> h
$5 < l_{PI} \leq 15$ ou $1,05 < l_c \leq 1,2$ ou $0,9 w_{OPN} \leq w_n < 1,1 w_{OPN}$	A <sub>2</sub> m
$1,2 < l_c \leq 1,4$ ou $0,7 w_{OPN} \leq w_n < 0,9 w_{OPN}$	A <sub>2</sub> s
$l_c > 1,4$ ou $w_n < 0,7 w_{OPN}$	A <sub>2</sub> ts



**DOCUMENT RÉPONSE N°8**

➤ **QUESTION N°16 : Déterminer le classement de la Partie Supérieure des Terrassements notée PSTi et le classement de l'Arase de terrassement notée ARi sachant que la granularité du sol support permet son traitement en complétant le Document Réponse N°8.**

Classement du sol support :

Classement de la PST et de l'AR :

Cas de P.S.T	Schéma	Description	Classe de l'arase	Commentaires
P.S.T. n°0		<b>Sols</b> A, B <sub>1</sub> , B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> , C <sub>1</sub> , se trouvant dans un état hydrique (h). <b>Contexte</b> Zones tourbeuses, marécageuses ou inondables. PST dont la portance risque d'être quasi nulle au moment de la réalisation de la chaussée ou au cours de la vie de l'ouvrage.	AR0	La solution de franchissement de ces zones doit être recherchée par une opération de terrassement (purge, substitution) et/ou de drainage (fossés profonds, rabattement de la nappe...) de manière à pouvoir reclasser le nouveau support obtenu au moins en classe AR1.
P.S.T. n°1		<b>Sols</b> Matériaux des classes A, B <sub>1</sub> , B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> , C <sub>1</sub> , R <sub>12</sub> , R <sub>13</sub> , R <sub>14</sub> et certains matériaux C <sub>2</sub> , R <sub>20</sub> et R <sub>21</sub> dans un état hydrique (h). <b>Contexte.</b> PST en matériaux sensibles de mauvaise portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) et sans possibilité d'amélioration à long terme (B).	AR1	Dans ce cas de PST, il convient : - soit de procéder à une amélioration du matériau jusqu'à 0,5 m d'épaisseur par un traitement principalement à la chaux vive et selon une technique remblai. On est ramené au cas de PST 2, 3 ou 4 selon le contexte - soit d'exécuter une couche de forme en matériau granulaire insensible à l'eau de forte épaisseur (en admettant une légère réduction si l'on intercale un géotextile anticontaminant à l'interface PST - couche de forme).
P.S.T. n°2		<b>Sols</b> Matériaux des classes A, B <sub>1</sub> , B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> , C <sub>1</sub> , R <sub>12</sub> , R <sub>13</sub> , R <sub>14</sub> et certains matériaux C <sub>2</sub> , R <sub>20</sub> et R <sub>21</sub> dans un état hydrique (m). <b>Contexte</b> PST en matériaux sensibles à l'eau de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A). Cette portance peut cependant chuter à long terme sous l'action des infiltrations des eaux pluviales et d'une remontée de la nappe (B).	AR1	Bien que les exigences requises à court terme pour la plate-forme support puissent être éventuellement obtenues au niveau de l'arase, il est cependant quasiment toujours nécessaire de prévoir la réalisation d'une couche de forme.  Si l'on peut réaliser un rabattement de la nappe à une profondeur suffisante, on est ramené au cas de PST 3.
P.S.T. n°3		<b>Sols</b> Mêmes matériaux que dans le cas de PST 2. <b>Contexte</b> PST en matériaux sensibles à l'eau, de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) mais pouvant chuter à long terme sous l'action de l'infiltration des eaux pluviales (B).	AR1 AR2	En l'absence de mesures de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase, même situation que celle décrite dans le cas PST 2  Classement en AR2 si des dispositions constructives de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase permettent d'évacuer les eaux et d'éviter leur infiltration dans la PST.
P.S.T. n°4		<b>Sols</b> Mêmes matériaux qu'en PST 1 sous réserve que la granularité permette leur traitement. <b>Contexte</b> PST en matériaux sensibles à l'eau (en remblai ou rapportés en fond de déblai hors nappe) améliorés à la chaux ou aux liants hydrauliques selon une technique "remblai" et sur une épaisseur de 0,30 à 0,50 m. L'action du traitement est cependant durable.	AR2	La portance de l'arase peut être localement élevée mais la dispersion n'autorise pas un classement supérieur. La décision de réalisation d'une couche de forme sur cette PST dépend du projet et des valeurs de portance de l'arase mesurées à court terme (après prise du liant).
P.S.T. n°5		<b>Sols</b> B <sub>1</sub> et D <sub>1</sub> et certains matériaux rocheux de la classe R <sub>22</sub> . <b>Contexte</b> PST en matériaux sableux fins insensibles à l'eau, hors nappe, posant des problèmes de traficabilité.	AR2 AR3	La portance de l'arase de cette PST dépend beaucoup de la nature des matériaux. Classement en AR3 si le module EV2 de l'arase est supérieur à 120 MPa. Les valeurs de portance à long terme peuvent être assimilées aux valeurs mesurées à court terme. La nécessité d'une couche de forme sur cette PST n'est imposée que pour satisfaire les exigences de traficabilité.
P.S.T. n°6		<b>Sols</b> Matériaux des classes D <sub>2</sub> , R <sub>11</sub> , R <sub>11</sub> , R <sub>22</sub> , R <sub>22</sub> , R <sub>22</sub> , R <sub>41</sub> , R <sub>41</sub> , R <sub>42</sub> , R <sub>42</sub> ainsi que certains matériaux C <sub>2</sub> , R <sub>22</sub> , R <sub>40</sub> et R <sub>42</sub> . <b>Contexte</b> PST en matériaux graveleux ou rocheux insensibles à l'eau mais posant des problèmes de réglage et/ou de traficabilité.	AR3 AR4	Classement en AR3 si EV2 ≥ 120 MPa et en AR4 si EV2 ≥ 200 MPa. Les valeurs de portance à long terme peuvent être assimilées aux valeurs mesurées à court terme. La nécessité d'une couche de forme ne s'impose que pour les exigences à court terme (nivellement et traficabilité) et peut donc se réduire à une couche de fin réglage.

➤ **QUESTION N°17 : Déterminer le nouveau classement de la Plate-Forme et l'épaisseur de la couche de forme en limons traités en complétant le Document Réponse N°8.**

Classement de la Plate-Forme :

Epaisseur de la couche de forme :

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>

Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme e (en m.) et classe PF de la plate-forme support de chaussée				
					PST n°1	PST n°2	PST n°3		PST n°4
					AR 1	AR 1	AR 1	AR 2	AR 2
A <sub>1</sub> h		+ pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	NON					
		= ou - pas de pluie	T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 0 2 2					
A <sub>1</sub> m	La grande sensibilité à l'eau des sols de cette classe implique de les traiter avec des liants hydrauliques associés éventuellement à de la chaux. La maîtrise de l'état hydrique de ces sols traités est souvent délicate en raison de la variation brutale de leur comportement (portance) pour de faibles écarts de teneur en eau. Ces sols se traitent généralement en place.	+ pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	NON					
		= ou - pas de pluie	W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 1 2 2					
A <sub>1</sub> s		+ pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	NON		e=0,35	e=0,35	e=0,35	e=0,35
		= ou - pas de pluie	W : Humidification pour changer l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 2 1 2					
A <sub>2</sub> h	La sensibilité à l'eau des sols de cette classe implique de les traiter le plus souvent en associant chaux + liant hydraulique étant donné l'importance de la fraction argileuse qu'ils peuvent contenir. L'association avec de la chaux peut par ailleurs s'imposer pour ajuster leur état hydrique lorsqu'ils sont trop humides. Lorsqu'ils sont dans un état sec, il est nécessaire de les humidifier pour les ramener à l'état moyen et dans ce cas la chaux peut avantageusement être introduite sous forme de lait de chaux dont la concentration doit être adaptée au cas de chantier considéré.	+ pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	NON					
		= ni pluie ni évaporation	T : Traitement mixte : chaux + liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 0 3 2					
		- évaporation importante	T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 0 2 2					
A <sub>2</sub> m		+ pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	NON					
		= ou - pas de pluie	W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 1 2 2					
A <sub>2</sub> s		+ pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	NON					
		= ou - pas de pluie	W : Humidification pour changer l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 2 2 2					



**DOCUMENT RÉPONSE N°9**

➤ **QUESTION N°18 : Déterminer quelle sera la nouvelle structure de chaussée (couche d'assise en Grava Bitume classe3) pour une classe de trafic cumulé TC4 20 ans et une classe de plateforme PF3 en complétant le Document Réponse N°9.**

TC4 20 ans                      PF3 (entre 120 et 200 MPa)

Épaisseur de la couche d'assise en GB3 :

GB3/GB3 VRNS	PF 2		PF 3		PF 4	
	50 MPa	120 MPa	120 MPa	200 MPa	200 MPa	200 MPa
TC8 <sub>20</sub> 43,5 millions PL (21 millions NE)						
TC7 <sub>20</sub> 17,5 millions PL (8,6 millions NE)						
TC6 <sub>20</sub> 6,5 millions PL (3,2 millions NE)						
TC5 <sub>20</sub> 2,5 millions PL (1,3 million NE)						
TCA <sub>20</sub> 1,5 million PL (0,6 million NE)						
TC3 <sub>20</sub> 0,5 million PL (0,2 million NE)						
TC2 <sub>20</sub>						

➤ **QUESTION N°19 : Déterminer le coût journalier puis unitaire de la solution couche de forme en limons traités avec 1 à 2% de chaux et 5 à 6 % de ciment sur 0,35 m d'épaisseur en complétant le Document Réponse N°9.**

Choisir la solution la plus rentable.

Rendement solution limons traités : 3500 m<sup>2</sup>/jour

Traitement du sol en place (Quantité de chaux en kg/m <sup>2</sup> )						
%	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Épaisseur						
0,25 m	2,25 kg/m <sup>2</sup>	4,50	6,75	9,00	11,25	13,50
0,30 m	2,70 kg/m <sup>2</sup>	5,40	8,10	10,80	13,50	16,20
0,35 m	3,15 kg/m <sup>2</sup>	6,30	9,45	12,60	15,75	18,90
0,40 m	3,60 kg/m <sup>2</sup>	7,20	10,80	14,40	18,00	21,60
Traitement du sol en place (Quantité de ciment routier en kg/m <sup>2</sup> )						
%	3,5	4	4,5	5	5,5	6
Épaisseur						
0,25 m	15,75 kg/m <sup>2</sup>	18,00	20,25	22,50	24,75	27,00
0,30 m	18,90 kg/m <sup>2</sup>	21,60	24,30	27,00	29,70	32,40
0,35 m	22,05 kg/m <sup>2</sup>	25,20	28,35	31,50	34,65	37,80
0,40 m	25,20 kg/m <sup>2</sup>	28,80	32,40	36,00	39,60	43,20

Déboursés Secs MATERIELS solution CDF traitée chaux et ciment			
Désignation du matériel	Nombre	Coût journalier en €/jour	Coût total en €
Répandeuse + Cond.			
Malaxeur + Cond.			
Arroseuse + Cond.			
Niveleuse + Cond.			
Compacteur V4 + Cond.			
Guidage 3D			
<b>DS TOTAL MATERIELS</b>			<b>€/jour</b>
Déboursés Secs MAIN D'ŒUVRE solution CDF traitée chaux et ciment			
Chef de chantier et fourgon			
Ouvrier			
<b>DS TOTAL MAIN D'ŒUVRE</b>			<b>€/jour</b>
Déboursés Secs FOURNITURES solution CDF traitée chaux et ciment			
Désignation du matériau	Quantité	Prix unitaire HT en €/unité	Coût total en €
Chaux (1,5%)			
Ciment routier (5,5%)			
<b>DS TOTAL FOURNITURES</b>			<b>€/jour</b>
<b>DS TOTAL MATERIELS + MAIN D'ŒUVRE + FOURNITURES</b>			<b>€/jour</b>
<b>COÛT EN DS UNITAIRE EN €/M<sup>2</sup></b>			<b>€/m<sup>2</sup></b>

• Choix de la Couche De Forme :

Type de Couche De Forme	Coût unitaire en DS
Granulaire 0/63 sur 0,60 m	14,86 €/m <sup>2</sup>
Limons traités chaux et ciment routier sur 0,35 m	€/m <sup>2</sup>

**DOCUMENT RÉPONSE N°10**

➤ **QUESTION N°20 :** À partir de l'extrait du plan d'étaie et des données concernant le coffrage, vérifier que la valeur de la charge uniformément répartie aux ELU est bien égale à 45 kN/ml.

Dans un premier temps, expliquer pourquoi la largeur d'influence de ce profilé métallique type HEB600 est de 0,925 m (à partir du Document Technique N°10).

- **Largeur d'influence retenue** =

Déterminer, ensuite les charges à prendre en compte pour G, Qb et Qs.

- **G** (poids propre du cintre HEB600 + Plateau coffrant) =

- **Qb** (poids du béton armé) =

- **Qs** (poids des surcharges de bétonnage dues aux matériels et à l'équipe de bétonnage) =

Vérifier que la valeur du taux de charge uniformément répartie est bien égale à 45 kN/ml en appliquant la combinaison d'actions suivante :  $P_{ELU} = 1,33.G + 1,5.Qb + 1,2.Qs$

$P_{ELU}$  =

➤ **QUESTION N°21 :** À partir du schéma mécanique ci-dessous, déterminer les réactions d'appuis en B et en C notées YB et YC.

Appliquons le PFS :

➤ **QUESTION N°23 :** Vérifier ce profilé métallique à l'Eurocode 3 vis-à-vis du Moment fléchissant  $M_{Ed} = 1007 \text{ kN.m}$  et de l'effort tranchant  $V_{Ed} = 306 \text{ kN}$ .

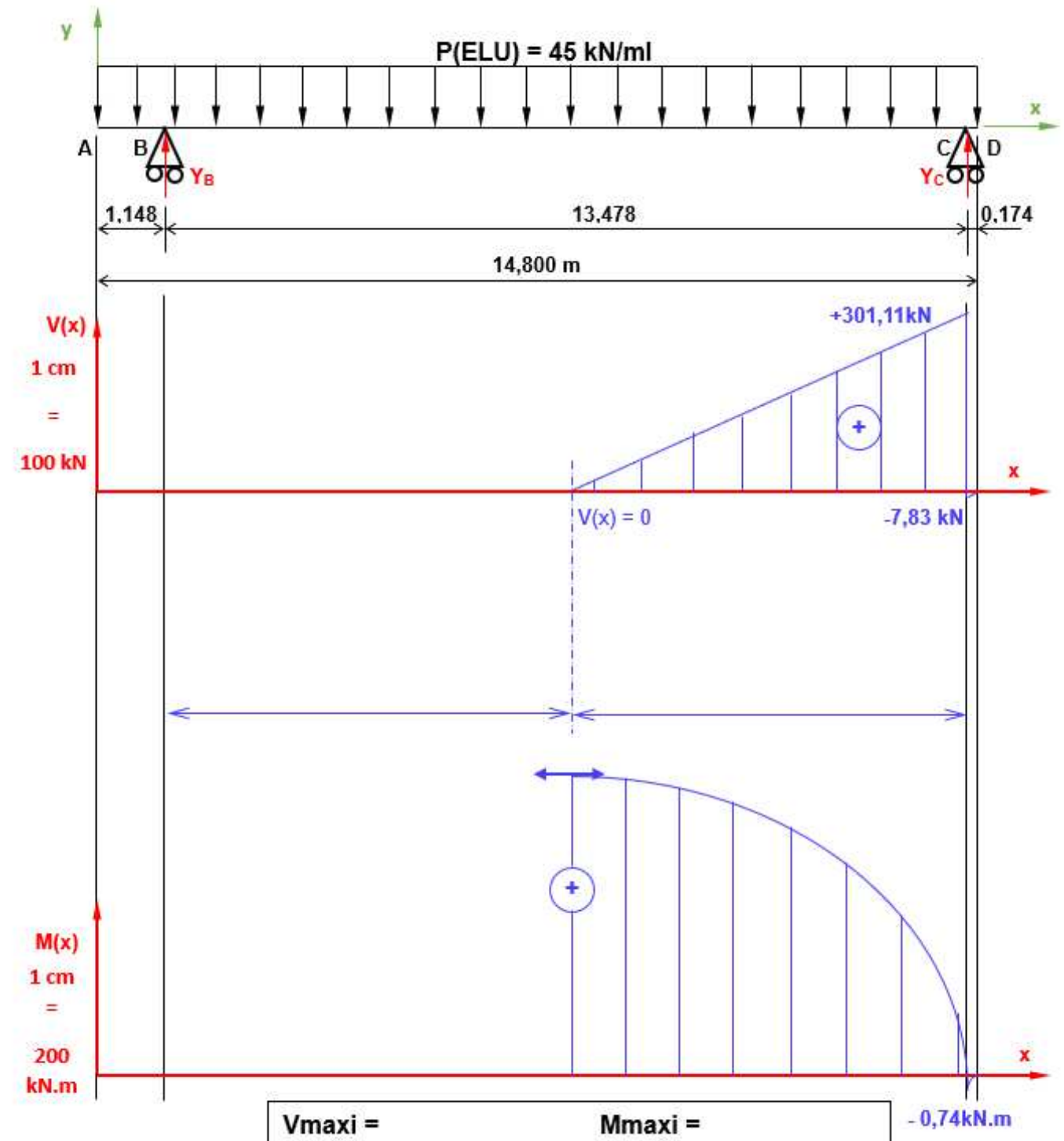
**Analyse de l'effort tranchant :** il faut vérifier que  $V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1,00$

$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} =$

Avec :

$V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1,00 \Leftrightarrow$

➤ **QUESTION N°22 :** Sachant que les réactions d'appuis en B notée YB et en C notée YC sont égales respectivement à +357,06 kN et +308,94 kN, compléter les diagrammes de l'effort tranchant V(x) et des moments fléchissants M(x). En déduire l'effort tranchant noté V maxi et le moment fléchissant noté M maxi.



➤ **QUESTION N°23 :** Vérifier ce profilé métallique à l'Eurocode 3 vis-à-vis du Moment fléchissant  $M_{Ed} = 1007 \text{ kN.m}$  et de l'effort tranchant  $V_{Ed} = 306 \text{ kN}$ .

**Analyse du moment fléchissant :** il faut vérifier que  $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} =$

Avec :

$M_{Ed} \leq M_{c,Rd} \Leftrightarrow$

BTS TRAVAUX PUBLICS – Analyse et Conception d'ouvrage		SUJET 0
U4 – Analyse et Conception d'ouvrage	Code :	Page 29 sur 29