BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

TRAVAUX PUBLICS

Épreuve E5 : ANALYSE ET CONCEPTION D'UN OUVRAGE

SESSION 2026

Durée : 4 heures

Coefficient : 4

CORRIGÉ

CORRIGÉ

Question	Compétences	Commentaire	Barème
ÉTUDE 1 (50 pts)			
Q1	C2-1-1	Contraintes : conséquences + solutions (2 pts x 5)	10
Q2	C2-1-2	Différentes parties de l'OH (1 pts x 8)	8
Q3	C2-2-4	Cinématique (4 points par phase soit 4 pts x 8)	32
ÉTUDE 2 (40 pts)			
Q4	C2-2-2	Calculs de la poussé et butée (5 pts x 2)	14
Q5	C2-2-2	Tracé des diagrammes (3 pts x 2)	6
Q6	C2-2-2	Vy et Mfz par profilé (2 pts) + vérif Vy (4 pts) et Mfz (4 pts)	10
Q7	C2-2-2	Effort de traction pour 1 tirant (2 pts) + vérif (4 pts) + longueur scellement (4 pts)	10
ÉTUDE 3 (36 pts)			
Q8	C2-2-1	Pm, Sm, Rh puis VPS et QPS (2 pts x 5)	10
Q9	C2-2-1	Vérif 2 x QPS > Qp et conclusion (2 pts x 2)	4
Q10	C2-1-4	Solutions risques environnementaux (2 pts x 5)	10
Q11	C2-1-3	Risques pour les personnes + solutions (2 pts + 2 pts) x 3	12
ÉTUDE 4 (40 pts)			
Q12	C2-1-2	Classification GTR	8
Q13	C2-2-1	Volume matériaux à transporter	4
Q14	C2-2-1	Volume extrait par 1 godet	4
Q15	C2-2-1	Nombre de cycle de pelle pour remplir une benne	6
Q16	C2-2-1	Temps de cycle de chargement (tc)	4
Q17	C2-2-1	Temps aller (ta), retour (tr), déchargement (td) et temps de cycle (TC)	6
Q18	C2-2-1	Nombre d'engins + temps d'attente (2 pts x 2)	4
Q19	C2-2-1	Rendement extraction + durée de la tâche (2 pts x 2)	4
ÉTUDE 5 (34 pts)			
Q20	C2-2-3	Avantages / inconvénients (1 pt x 4)	4
Q21	C2-1-5	Report des données (PU, Quantités, durées) sur DR6	8
Q22	C2-2-1	Surface compactée par heure, surface à compacter, durée de compactage (2 pts x 3)	6
Q23	C2-1-5	Calculs des DS + valeur bilan	12
Q24	C2-1-5	Conclusion	4

ÉTUDE 1 : CINÉMATIQUE DES TRAVAUX

Documents à utiliser : *DT1, DT2*
DR1, DR2, DR3

Question 1

Sur le document réponse 1 (DR1) et à partir des différentes contraintes d'exécution du projet (ouvrages existants et environnement du chantier, contraintes de l'ouvrage à exécuter, …), identifier leur(s) conséquence(s) et la ou les solution(s) envisagée(s).
(C2-1-1)

DR1 : Tableau d'analyse des contraintes de chantier

Contrainte	Conséquence(s)	Solution(s)
Circulation à maintenir sur la RN 164 (usagers)	Risques de heurts et gêne avec les usagers de la route à proximité de la zone chantier.	Balisage et réduction de vitesse à proximité du chantier.
Circulation à maintenir sur la RN 164 (exécution)	Emprise du chantier sur la route existante	Réalisation en 2 phases (ouvrage Nord puis Sud) avec basculement de la circulation
Travaux d'excavation à proximité de la voie circulée	Risque d'éboulement et d'affaissement de la chaussée existante circulée	Création d'un soutènement provisoire des terres lors de la phase d'excavation pour maintien des remblais existants
Présence du ruisseau « Le Ninian » (écoulement)	Maintien de l'écoulement durant les travaux	Busage provisoire en prolongement des cadres existants
Présence du ruisseau « Le Ninian » (volet environnement)	Risque de pollution pour les espèces présentes + qualité de l'eau	Dispositifs pour limiter l'arrivée de fines, de carburant dans le ruisseau.
Plateforme de travail au niveau +136,00 m NGF	Accès depuis la route existante (à altitude ≈ +141,00 m NGF)	Création d'une voie d'accès à la zone de travail

Question 2

Sur le document réponse 2 (DR2) et à partir de la coupe fournie, vous devez identifier les différentes parties d'ouvrages à exécuter.
(C2-1-2)

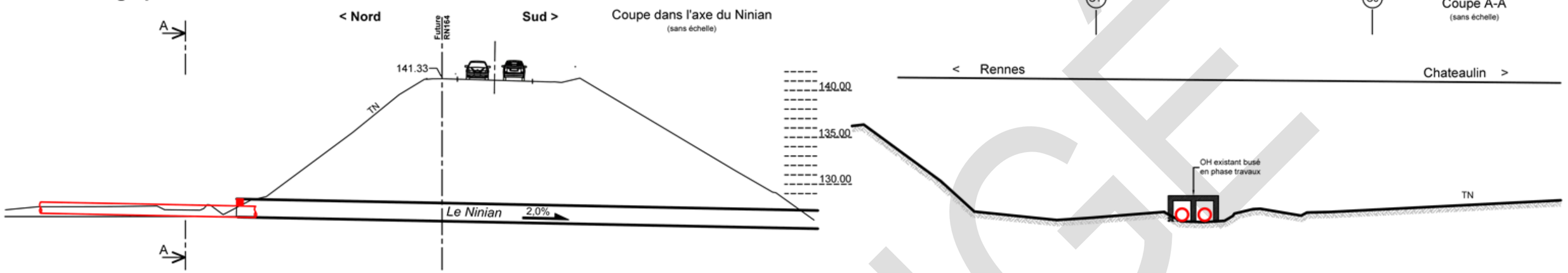
DR2 :
Eléments à repérer :

Liste de éléments à identifier	Numéro correspondant sur la coupe
Tablier OA	1
Culées	3
Dalle de transition	2
Fondations profondes de l'OA	4
Pieux jointifs	8
Tirants	6
Poutre de couronnement	7
Mur garde grève	5

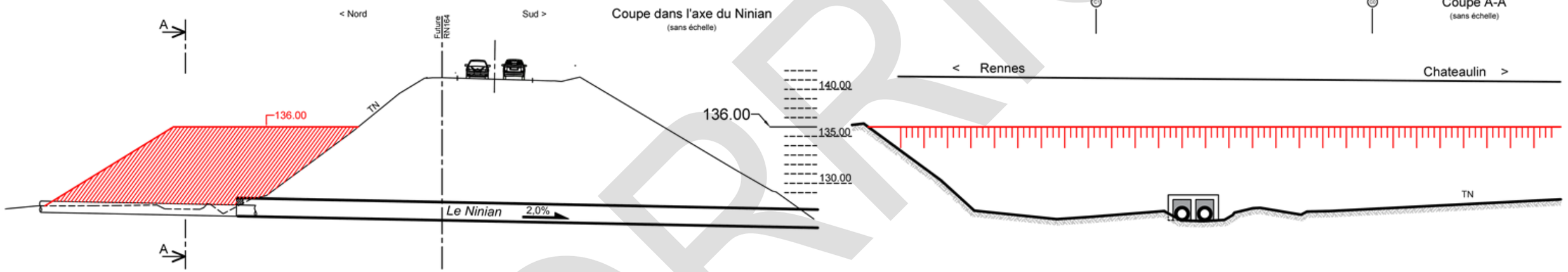
Question 3

Sur le document réponse 3 (DR3) et à partir des éléments fournis dans l'étude géotechnique G2PRO, on vous demande de représenter les différentes phases d'exécution du projet sur la partie Nord.
(C2-1-2)

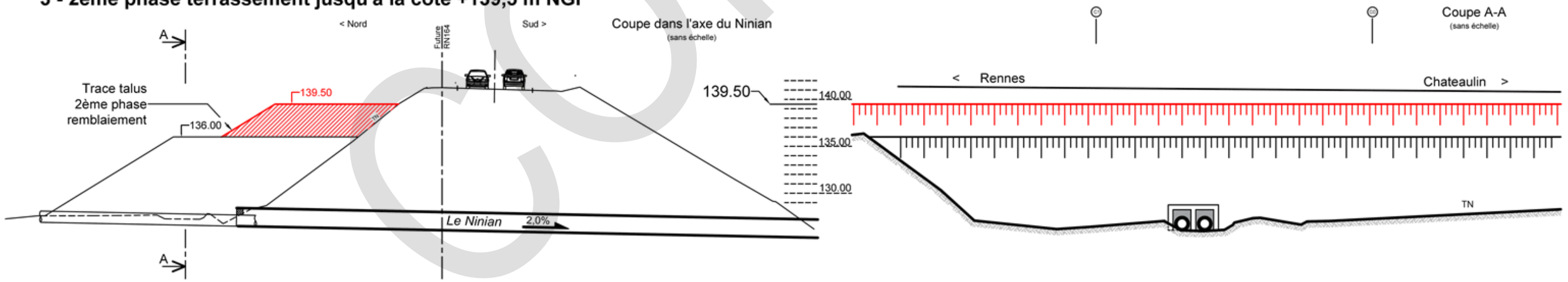
1 - Busage provisoire du ruisseau « Le Ninian » côté Nord



2 - 1ère phase remblaiement jusqu'à la cote +136,0 m NGF

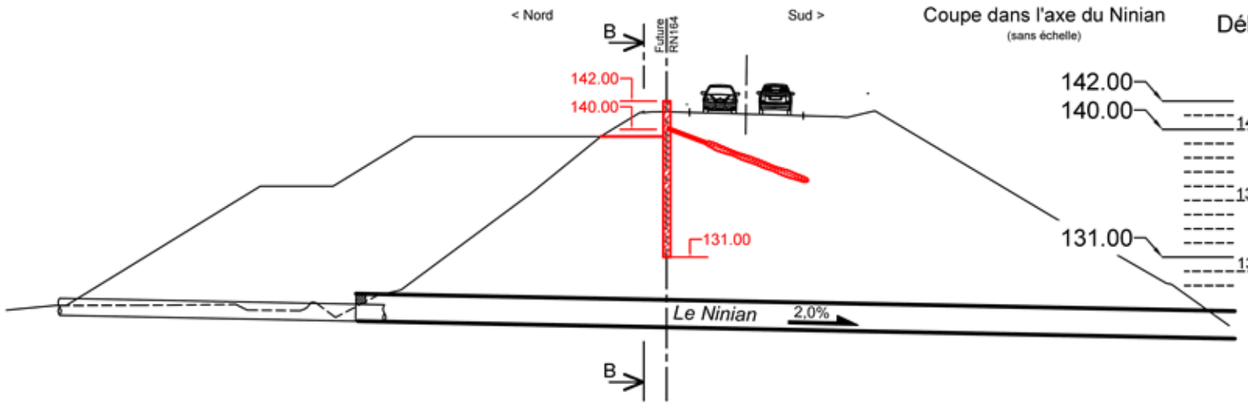


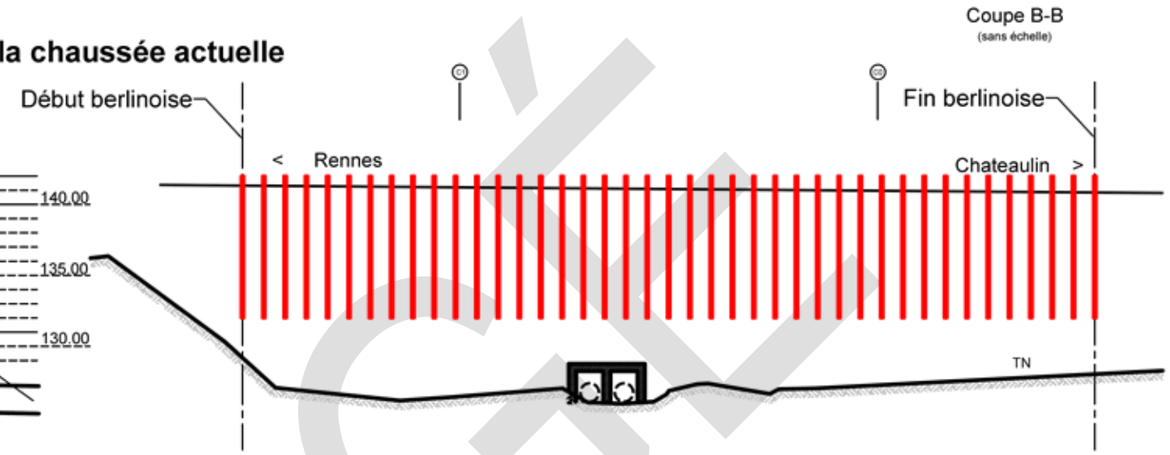
3 - 2ème phase terrassement jusqu'à la cote +139,5 m NGF



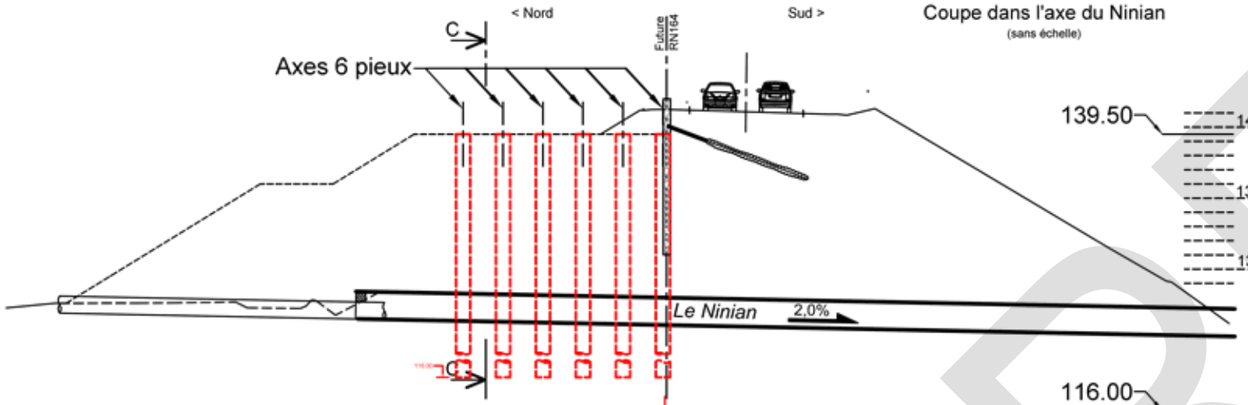
CORRIGÉ

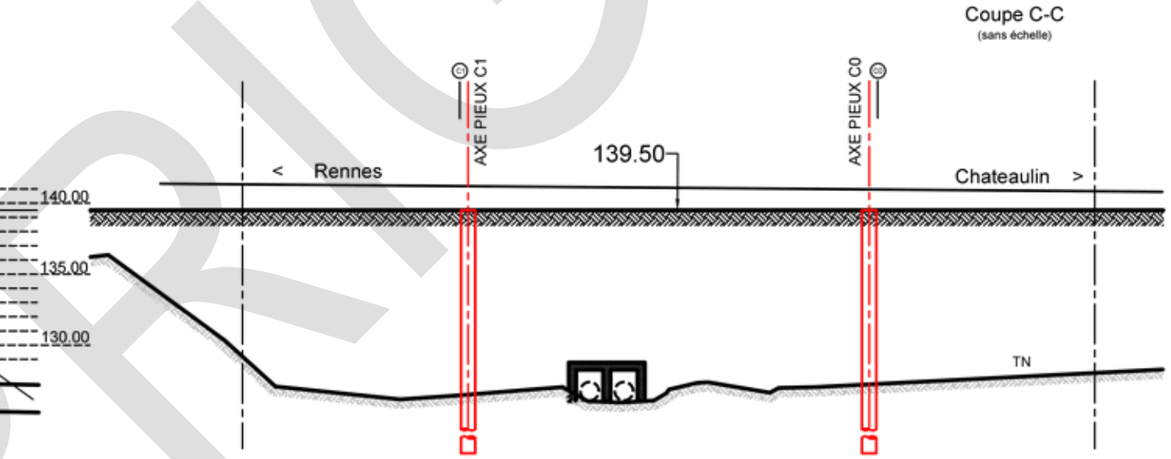
4 - Soutènement provisoire de type paroi berlinoise tirantée en bordure Nord de la chaussée actuelle



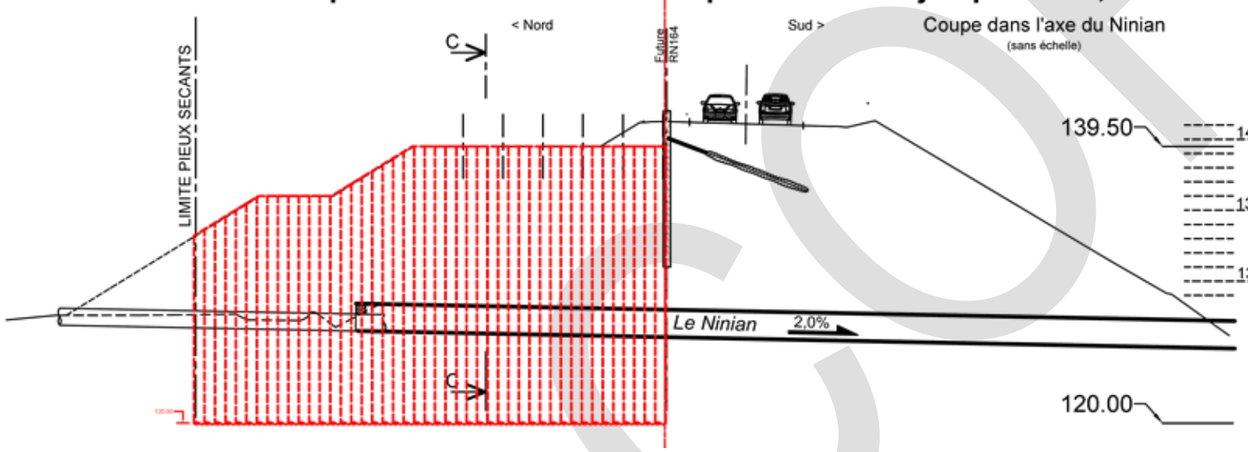


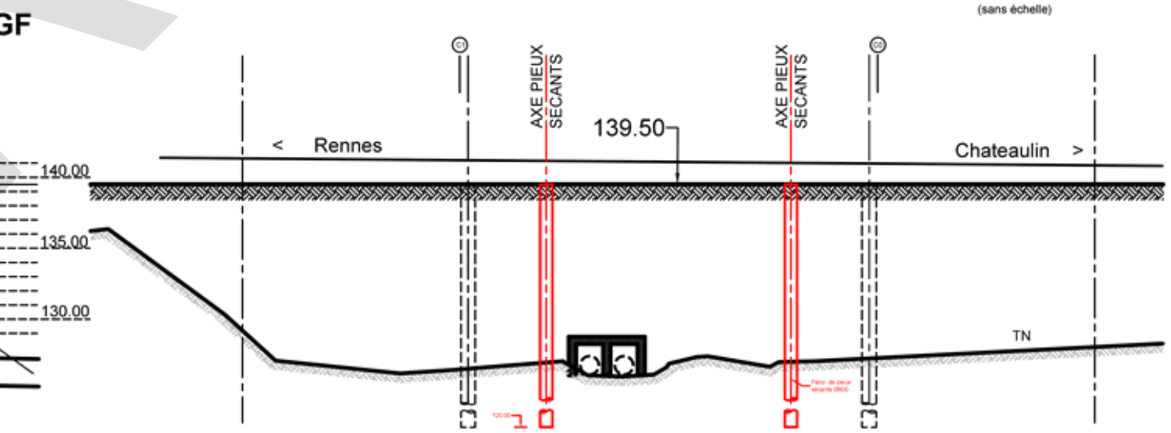
5 - Fondations/culées de l'ouvrage d'art à la cote +116,0 m NGF





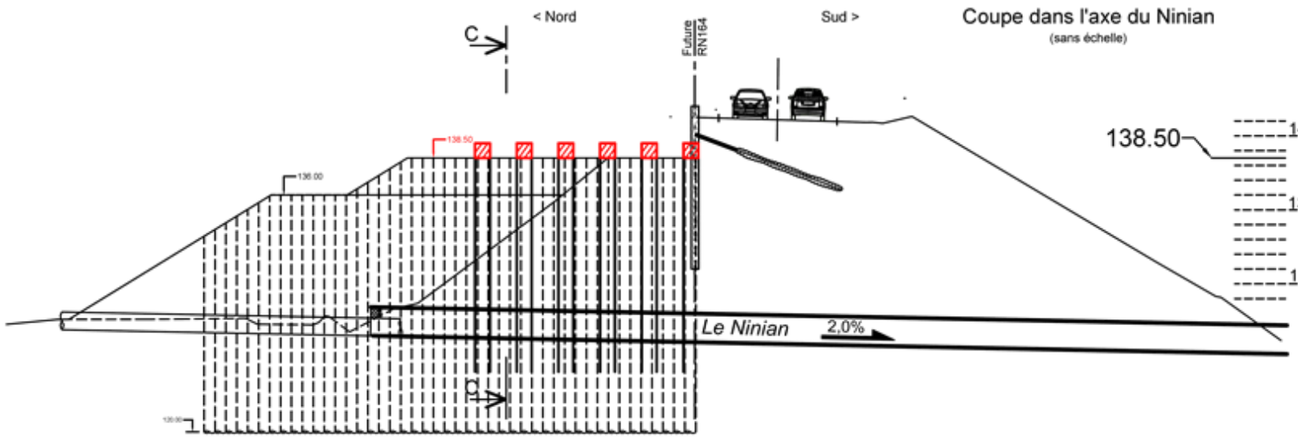
6 - Réalisation des parois de soutènement en pieux sécants jusqu'à +120,0 m NGF

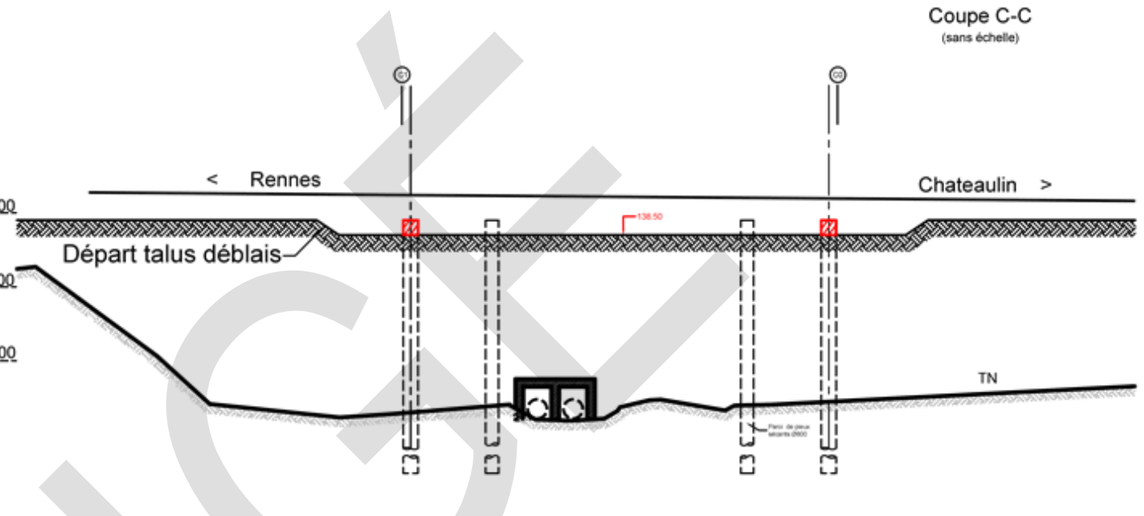




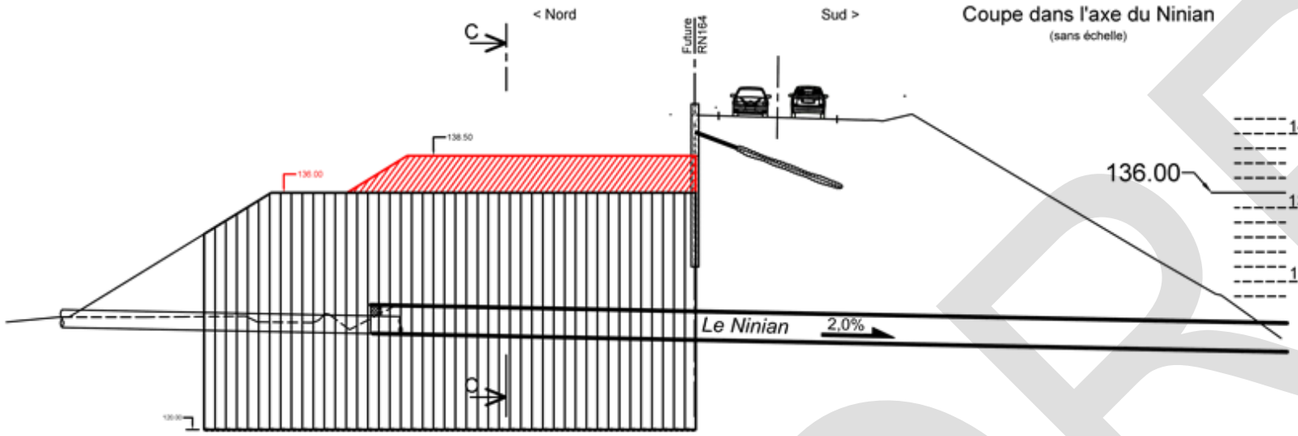
CORRIGÉ

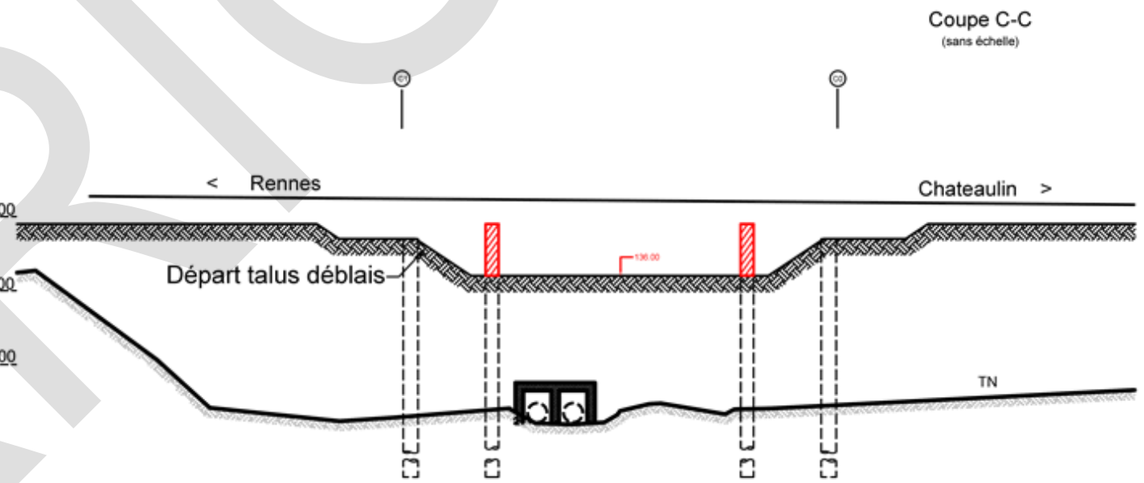
7 - Terrassement et recépage des pieux de culées à +138,50 m NGF



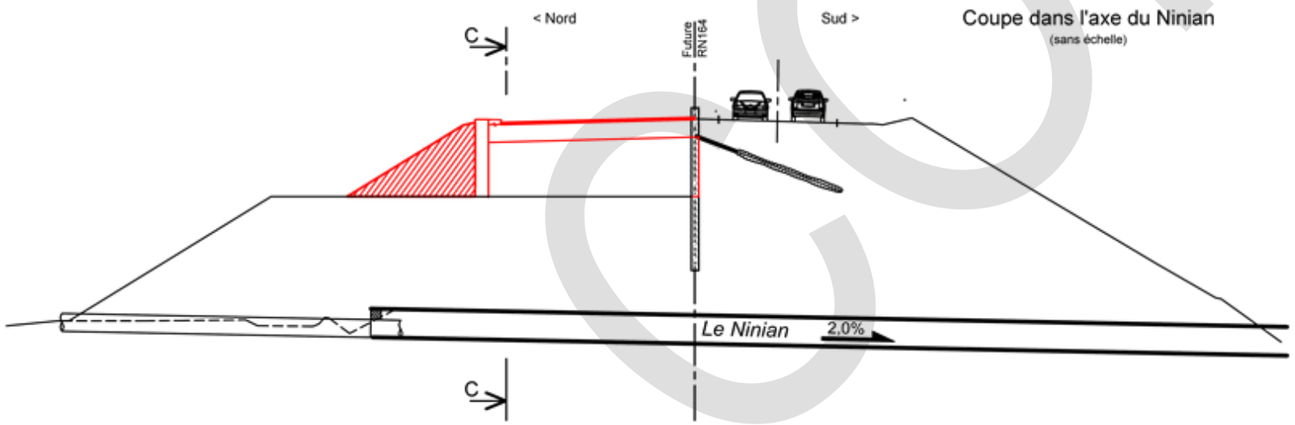


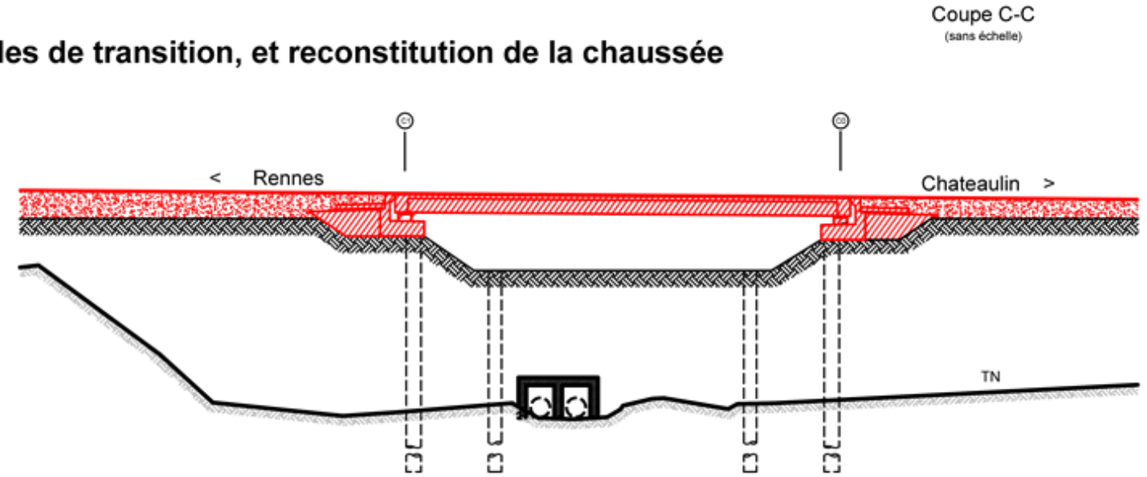
8 - Terrassement et recépage des pieux sécants de soutènement à +136,0 m NGF





9 - Exécution des culées et du tablier 10 - Reconstitution des remblais contigus, dalles de transition, et reconstitution de la chaussée





CORRIGÉ

ÉTUDE 2 : SOUTENÈMENT PROVISOIRE

Documents à utiliser : *DT3, DT4, DT5, DT6, DT7 et DT8*
DR4

Question 4
DR4

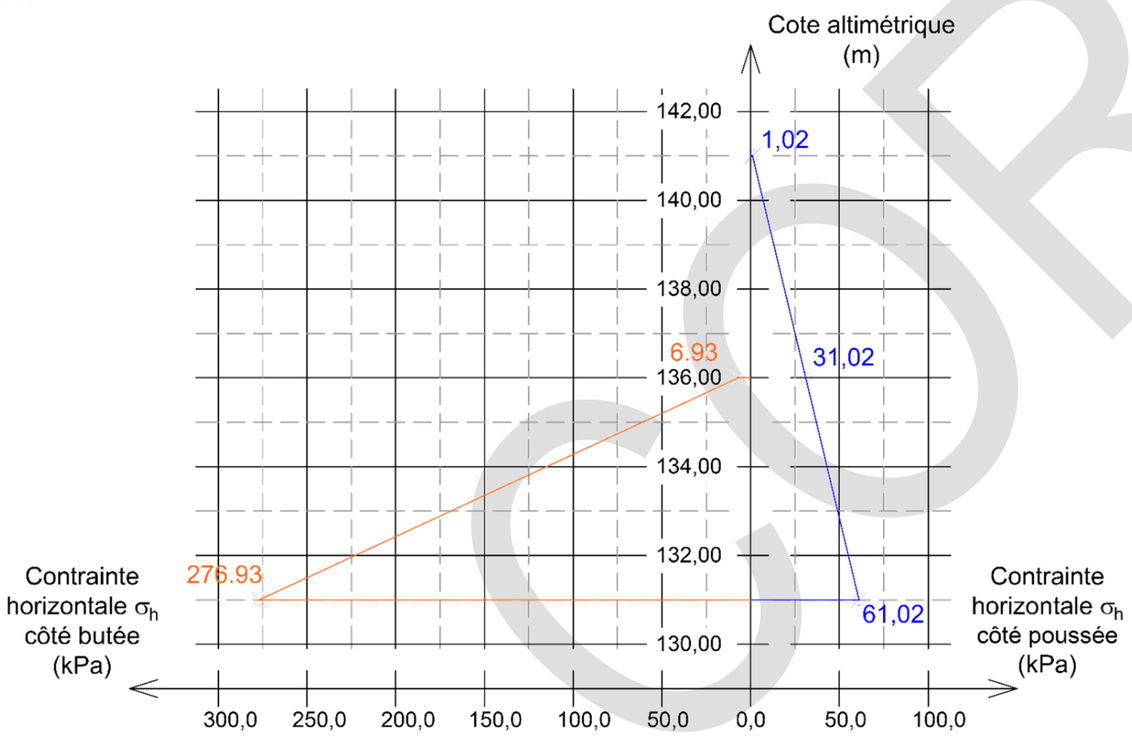
Côté poussée :

Nature du sol	Cote altimétrique z (m)	Profondeur (m)	Contrainte verticale due au sol σ vsol (kPa)	Surcharge s_c (kPa)	Contrainte verticale totale σ v (kPa)	Coefficient de poussée Ka sans unité	Contrainte horizontale totale σ h (kPa)
Remblais	141,00	0	0	10	10	0,33	1,02
	131,00	10	180	10	190		61,02

Côté butée :

Nature du sol	Cote altimétrique z (m)	Profondeur (m)	Contrainte verticale due au sol σ vsol (kPa)	Surcharge s_c (kPa)	Contrainte verticale totale σ v (kPa)	Coefficient de butée Kp sans unité	Contrainte horizontale totale σ h (kPa)
Remblais	136,00	0	0	0	0	3,00	6,93
	131,00	5	90	0	90		276,93

Question 5
DR4



Question 6

Les profilés étant espacés de 1,5 m, chacun reprend 1,5 m de largeur de paroi. Les efforts dans un profilé sont donc égaux à :
Vd max = 1,5 × 57,01 = 85,52 kN pour un profilé métallique,
Md max = 1,5 × 65,11 kN.m = 97,67 kN.m pour un profilé métallique.

Vérification EC3 à l'effort tranchant : $V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$
$V_{Ed} = V_{dmax} = 85{,}52\ kN$
$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \times \frac{f_y/\sqrt{3}}{\gamma_{M0}}$
avec :
$A_{v,z} = 2483\ mm^2$
$f_y = 235\ MPa$
$\gamma_{M0} = 1{,}1$
$V_{pl,Rd} = 2483 \times \frac{235/\sqrt{3}}{1{,}1} = 306261\ N = 306{,}26\ kN$

Donc : $V_{Ed} = 85{,}52\ kN < 306{,}26\ kN = V_{pl,Rd} \Rightarrow$ Le profilé convient vis-à-vis de l'effort tranchant.

Vérification EC3 au moment fléchissant : $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$
$M_{Ed} = M_{dmax} = 97{,}67\ kN.m$

Un HEB 200 S235 est de classe 1 en flexion et donc :
$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{w_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}}$
avec :
$w_{pl} = w_{pl,y} = 642500\ mm^3$
$f_y = 235\ MPa$
$\gamma_{M0} = 1{,}1$
$M_{c,Rd} = \frac{642500.10^{-9} \times 235.10^6}{1{,}1} = 137261\ N.m = 137{,}26\ kN.m$
Donc : $M_{Ed} = 97{,}67\ kN.m < 137{,}26\ kN.m = M_{c,Rd} \Rightarrow$ Le profilé convient vis-à-vis du moment fléchissant.

Question 7

Les tirants étant espacés de 6 m, chacun reprend 6 m de largeur de paroi. L'effort dans un tirant est donc égal à :
Effort au niveau du tirant = 60,45 kN × 6 = 362,70 kN pour un tirant.

Vérification de l'effort dans un tirant d'après la NFP 94-282 : $R_d \leq N_{b,Rd}$
$R_d = 362{,}70\ kN$
$N_{b,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}}$
$A = \pi \times R^2 = \pi \times 16^2 = 804\ mm^2$
$f_y = 500\ MPa$
$\gamma_{M0} = 1{,}1$
$N_{b,Rd} = \frac{804.10^{-4} \times 500.10^6}{1{,}1} = 365{,}57\ kN$
Donc : $R_d = 362{,}70\ kN < 365{,}57\ kN = N_{b,Rd} \Rightarrow$ Le tirant satisfait le critère de résistance.

Justification de la longueur de scellement :
La longueur scellée doit vérifier la relation suivante :

$$L_S = \frac{\gamma_a \times \gamma_{Rd} \times R_d}{q_s \times \pi \times \alpha_s \times D}$$

avec :
$R_d = 362{,}70\ kN$,
$q_s = 100\ kPa$,
$\alpha_s = 1{,}2$,
$D = 200\ mm$ diamètre du forage
$\gamma_{Rd} = 1{,}4$ sans essai préalable,
$\gamma_a = 1{,}1$.

$L_S = \frac{1{,}1 \times 1{,}4 \times 362{,}70.10^3}{100.10^3 \times \pi \times 1{,}2 \times 0{,}2} = 7{,}41\ m$ arrondi à $7{,}50\ m$

ÉTUDE 3 : DIMENSIONNEMENT DE LA BUSE PROVISOIRE

Documents à utiliser : *DT9, DT10*
DR5, DR6

Question 8

Rappel des données :
Diamètre 1200 mm
Coefficient K = 80
Pente i = 2 % = 0,02 m/m

Calculs :
Pour 1 canalisation :
Périmètre mouillé : $P_m = 2 \times \pi \times R = 2 \times \pi \times 600 = 3770\ mm$
Section mouillée : $S_m = \pi \times R^2 = \pi \times 600^2 = 1130973\ mm^2 = 1{,}130973\ m^2$
Rayon hydraulique : $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{1130973}{3770} = 300\ mm$

Remarque : on peut calculer R_h plus vite : $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\pi \times R^2}{2 \times \pi \times R} = \frac{R}{2} = \frac{600}{2} = 300\ mm$

Vitesse d'écoulement (pleine section) :

$$V_{PS} = K \times R_h^{2/3} \times i^{1/2} = 80 \times 0{,}300^2 \times 0{,}02^{1/2} = 5{,}070\ m/s$$

Débit pleine section : $Q_{PS} = V \times S_m = 5{,}070 \times 1{,}130973 = 5{,}734\ m^3/s$

Question 9
Pour 2 canalisations en parallèle :

$$Q_{PS} = 2 \times 5{,}734 = 11{,}468\ m^3/s$$

Le débit du ruisseau pour une crue décennale étant de $Q_{max} = 9\ m^3/s$, le débit capable de 2 collecteurs 1200 mm est satisfaisant : $Q_{PS} = 11{,}468\ m^3/s > \ Q_{max} = 9\ m^3/s$.

Question 10 DR 5

Risques environnementaux	Solutions envisagées
Dépôt de fines dans le ruisseau lors de la réalisation du lit de pose	Utilisation de gravier lavé pour le lit de pose des tuyaux
Pollution due aux engins lors de l'acheminement et le stockage des buses	Plateforme de stockage + kit anti-pollution des engins
Dégradation des berges et du lit du ruisseau par les engins	Maintien de l'engin à 2 m de la berge
Pollution du ruisseau par déversement de laitance lors de la création du bouchon en béton entre les buses et l'O.H. existant	Bassin de nettoyage toupie + filtre à paille

Question 11 DR 5

Situations	Risques pour la sécurité du personnel	Solutions envisagées
Circulation des engins pour l'acheminement des buses lors de la livraison	Heurt du personnel avec les engins Accident avec circulation usagers/riverains	Signaux sonores + guidage au sol Homme trafic + signalisation d'approche
Stockage des buses	Heurt du personnel lors du déversement/roulage des buses	Plateforme horizontale et stockage avec cales de maintien
Manutention des buses	Décrochage charge + blessures personnel	Appareillage adapté à la manutention des buses Charge Maximale d'Utilisation adaptée

CORRIGÉ

ÉTUDE 4 : TERRASSEMENT DE L'O.A.4

Documents à utiliser : *DT10, DT11 et DT12*
Aucun DR

Question 12
Classement GTR 2023 :

- D_{max} = 20 mm et Fines (<63µm) = 47% => **Sol F**
- VBS = 1,02 <2.5 => **Sol F1** (limons peu plastiques)
- W_{OPN}= 13% ; W_N=10,4% => W_N=(10,4/13) x W_{OPN} = 0,77.W_{OPN} => **Sol F1s**

Question 13
Vol_{place} x coef fois. = vol transporté soit 9128 m^3 x 1.25 = 11447m^3

Question 14
Volume du godet avec coefficient de remplissage : 1,87m3 x 1,1 = 2,057 m^3

Question 15
Nombre de cycle entier : 17,1 / 2,057 = 8,31 soit 8 cycles entiers
8 x 2,057 m^3= 16,456 m^3 - 16,456 m^3 x 1,51 t/m^3 = 24,85 t < C.U. 28t

Question 16
24'' / 0,83 = 28,91'' soit 29''
8 cycles x 29''= 232'' soit tc = 3,87min

Question 17
ta = (2kmx60'/40km) = 3 minutes
tr = (2kmx60'/45km) = 2,67 minutes
TC = tc + ta + td + tr = 3,87+3+1+2,67 = 10,57min

Question 18
Nbr = TC / tc = 10,57/3,87 = 2,73 Choix : 3 tombereaux
Temps attente transport : Nbr x tc – TC = 3x3,87 – 10,57 = 1,04min

Question 19
2,057m^3x3600''/29''= 255m^3/h
7h x 255m^3/h = 1785 m^3/j
11447m^3 / 1785 m^3/j = 6,41j soit 6 jours et 3 heures

ÉTUDE 5 : Déboursé Sec Bassin N°3

Question 20

	Avantages	Inconvénients
Solution 1 étanchéité par géomembrane	Etanchéité parfaite : Faible risque de pollution par infiltration	Utilisation de produits hydro-carbonés : bilan carbone (production, transport, recyclage)
Solution 2 étanchéité par couches de limons du site	Réutilisation du matériau du site Impact transport faible	Risque de pollution potentiel par infiltration

Question 21

Sur le document réponse 6 (DR6)

Question 22

Surface compactée par heure : 2000 m/h x 2,13m = 4260 m²/h
T.U. = 4260 m²/h

Surface à compacter :
1339 m² x 3 passes x 1,06 (recouvrement 6%) = 4258 m²

Temps de compactage :
Durée = Qt / T.U. = 4258/4260 = 1h

Question 23

D.S. pour 1m² de bassin = 44,39 €/m² de bassin

Question 24

La solution la plus avantageuse économiquement sera la solution 2 avec le limon du site à 12,09 €/m².

CORRIGÉ

DÉBOURSÉ SEC exécution BASSIN N°3 - Solution 1 : étanchéité par géomembrane

Étapes	Main d' œuvre				Matériel						Matériaux					Récap
	Nombre	Durée (h)	Prix unitaire	Total	Quantité	Unité	Rend[t] (U/h)	Durée (h)	Prix unitaire	Total	Types	unité	Qté	Prix unitaire	Total	(€)
Phase 1: gravillon 10/14 sur 0,20m																
Données : 587 t																**18 147,69 €**
Fourniture gravillon 10/14											Grav. 10/14	t	587,00	**28,10 €**	**16 494,70 €**	
Pelle Hydraulique					587	t	60	**9,78 h**	110,00 €	**1 076,17 €**						
Ouvrier N2P2	2	**9,78 h**	29,48 €	**576,83 €**												
S/Total				**576,83 €**						**1 076,17 €**					**16 494,70 €**	
Phase 2: nappe drainante des gaz																
Données : 3586 m²																**48 884,71 €**
Fourniture nappe drainante des gaz											Géomemb.	m²	**3944,60**	**10,54 €**	**41 576,08 €**	
Pelle Hydraulique					3586	m²	100	**35,86 h**	110,00 €	**3 944,60 €**	(10% perte)					
Ouvrier N2P2	2	**35,86 h**	29,48 €	**2 114,31 €**												
Chef d'équipe N3P2	1	**35,86 h**	34,85 €	**1 249,72 €**												
S/Total				**3 364,03 €**						**3 944,60 €**					**41 576,08 €**	
Phase 3: géotextile de protection																
Données : 3586 m²																**18 850,01 €**
Fourniture géotextile de protection											Géotext.	m²	**3944,60**	**2,72 €**	**10 729,31 €**	
Pelle Hydraulique					3586	m²	90	**39,84 h**	110,00 €	**4 382,89 €**	(10% perte)					
Ouvrier N2P2	2	**39,84 h**	29,48 €	**2 349,23 €**												
Chef d'équipe N3P2	1	**39,84 h**	34,85 €	**1 388,58 €**												
S/Total				**3 737,81 €**						**4 382,89 €**					**10 729,31 €**	
Phase 4: géomembrane d'étanchéité																
Données : 3586 m²																**46 399,61 €**
Fourniture géotextile de protection											Géotext.	m²	**3944,60**	**9,91 €**	**39 090,99 €**	
Pelle Hydraulique					3586	m²	100	**35,86 h**	110,00 €	**3 944,60 €**	(10% perte)					
Ouvrier N2P2	2	**35,86 h**	29,48 €	**2 114,31 €**												
Chef d'équipe N3P2	1	**35,86 h**	34,85 €	**1 249,72 €**												
S/Total				**3 364,03 €**						**3 944,60 €**					**39 090,99 €**	
Phase 5: géotextile de protection																
Données : 3586 m²																**18 850,01 €**
Fourniture géotextile de protection											Géotext.	m²	**3944,60**	**2,72 €**	**10 729,31 €**	
Pelle Hydraulique					3586	m²	90	**39,84 h**	110,00 €	**4 382,89 €**	(10% perte)					
Ouvrier N2P2	2	**39,84 h**	29,48 €	**2 349,23 €**												
Chef d'équipe N3P2	1	**39,84 h**	34,85 €	**1 388,58 €**												
S/Total				**3 737,81 €**						**4 382,89 €**					**10 729,31 €**	
Phase 6: GNT 0/31[5] (0,15m)																
Données : 1339 m² - 342 t																**8 045,35 €**
Fourniture GNT 0/31[5]											GNT 0/31[5]	t	342,00	**20,04 €**	**6 853,68 €**	
Pelle Hydraulique					342	t	50	**6,84 h**	110,00 €	**752,40 €**						
Compacteur					4258	m²	**4260**	**1,00 h**	36,00 €	**35,98 €**						
Ouvrier N2P2	2	**6,84 h**	29,48 €	**403,29 €**												
S/Total				**403,29 €**						**788,38 €**					**6 853,68 €**	

TOTAL **159 177,38 €**

44,39 € par m² de bassin