

2B RECYCLAGE

Segré-en-Anjou Bleu (49)

Dossier de demande d'autorisation environnementale pour un projet de rehausse d'un casier amiante sur une Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux

Pièce n°VI : Annexes

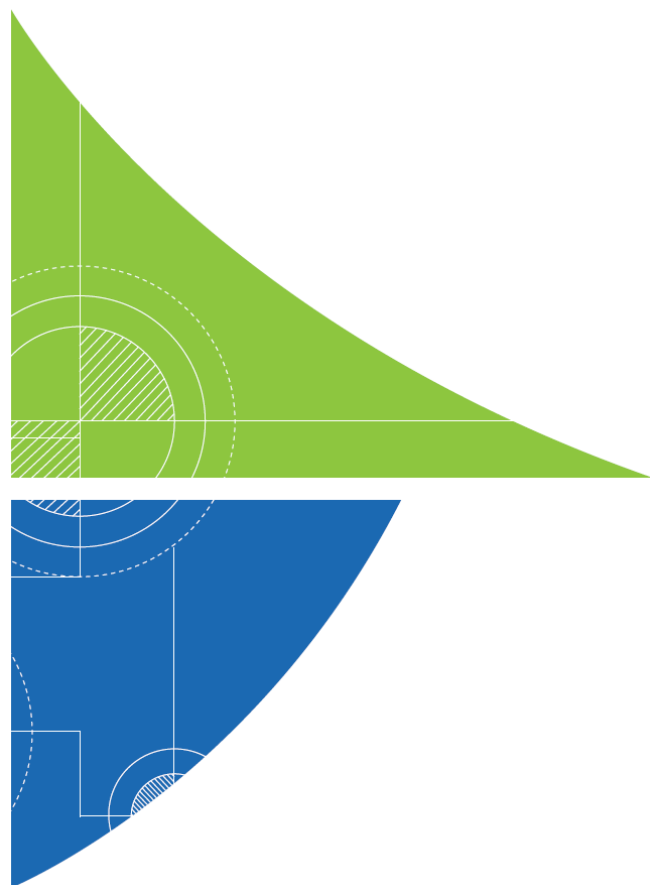
Rapport

Réf : CDMCLB221660 / RDMCLB03314-01

15/22



ANNEXES



Annexe 1. Mise à jour de l'étude de stabilité, des plans et des calculs de résistance des drains dans le cadre du projet de casier amiante en rehausse – GINGER BURGEAP, Novembre 2022

Cette annexe contient 44 pages.

2B RECYCLAGE

Segré-en-Anjou-Bleu (49)

Dossier d'autorisation environnementale unique

**Annexe 1 : Mise à jour des plans
techniques, de l'étude de stabilité
et des calculs de résistance des
drains dans le cadre du projet de
rehausse de l'alvéole amiante**



Rapport

Réf : CDMCLB221660 / RDMCLB03330-02

FLBT / AC







30/03/2024

2B RECYCLAGE

Segré-en-Anjou-Bleu (49)

Annexe 1 : Mise à jour des plans techniques, de l'étude de stabilité et des calculs de résistance des drains dans le cadre du projet de rehausse de l'alvéole amiante

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de : Thierry SAINT-HILLIER (Responsable QSE et SI 2B RECYCLAGE)

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	24/08/2022	01	F. BERNADET 	A. CHEREL 	A. CHEREL 
Remarques 2B RECYCLAGE	30/09/2022	02	F. BERNADET 	A. CHEREL 	A. CHEREL 

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CDMCLB221660 / RDMCLB03330-02
Numéro d'affaire :	A32145
Domaine technique :	SD02

GINGER BURGEAP Agence Loire-Bretagne
 ZAC des hauts de Couëron 3
 24 quater rue Jan Palach
 44220 COUËRON
 Tél. 33 (0) 2 40 38 67 06 • burgeap.nantes@groupeginger.com

SOMMAIRE

1.	Introduction	5
2.	Documents utilisés	6
3.	Présentation de la zone étudiée dans son état actuel	7
	3.1 Données générales	7
	3.2 Caractéristiques d'aménagement.....	7
	3.3 Caractéristiques d'exploitation.....	9
	3.4 Caractéristiques de réaménagement	10
4.	Présentation du projet de rehausse de l'alvéole amiante	11
	4.1 Principes d'aménagement.....	11
	4.2 Principes d'exploitation.....	11
	4.3 Principes de réaménagement	11
5.	Calculs de stabilité	14
	5.1 Logiciel et méthode utilisés	14
	5.2 Profil sélectionné	14
	5.3 Caractéristiques mécaniques	14
	5.3.1 Données disponibles sur les schistes [14][15].....	14
	5.3.2 Caractéristiques mécaniques retenues	15
	5.4 Surcharges et niveau de nappe	16
	5.5 Résultats des calculs.....	16
6.	Calculs de résistance mécanique des drains.....	18
	6.1 Principes du fascicule 70-1 [20].....	18
	6.2 Principales hypothèses retenues	19
	6.3 Résultats des calculs.....	20
7.	Conclusion	21

TABLEAUX

Tableau 1 : Capacités de stockage et durées d'exploitation de l'ISDND et de l'ISDI (sources : [1][2])	7
Tableau 2 : Principales caractéristiques d'aménagement de l'ISDND et de l'ISDI (sources : [1][2])	8
Tableau 3 : Principales caractéristiques géométriques du projet.....	12
Tableau 4 : Résultats d'analyses sur les schistes (sources : [14][15]).....	15
Tableau 5 : Caractéristiques mécaniques retenues	16
Tableau 6 : Résultats des calculs de stabilité	17
Tableau 7 : Principales hypothèses retenues pour les calculs de résistance des drains	19
Tableau 8 : Epaisseurs maximales et poids volumiques des « remblais »	19
Tableau 9 : Résultats des calculs de résistance mécanique des drains.....	20

FIGURES

Figure 1 : Alvéole amiante en cours d'exploitation (source : [13])	5
Figure 2 : Coupes de principe du dispositif de drainage des eaux souterraines et de la BSP (source : [10]).....	9
Figure 3 : Coupe schématique du projet de rehausse de l'alvéole amiante	13

Figure 4 : Définition générale des différentes zones de remblaiement (source : [20])..... 18

ANNEXES

Annexe 1. Dossier de plans

Annexe 2. Calculs de stabilité

Annexe 3. Calculs de la résistance mécanique des drains

1. Introduction

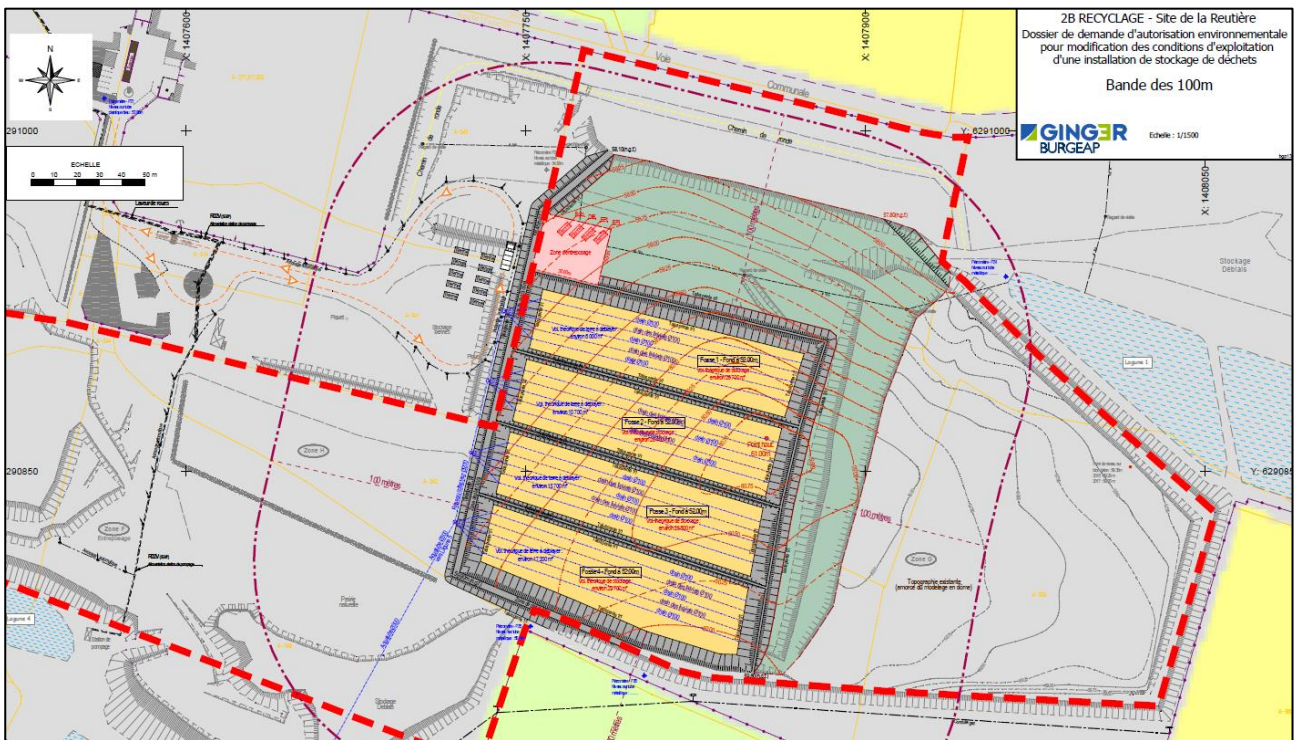
La société 2B RECYCLAGE est autorisée à exploiter une Installation de Stockage de Déchets située au lieu-dit « La Reutière », sur la commune de Segré-en-Anjou-Bleu (49). Plus précisément, l'Arrêté Préfectoral Complémentaire (APC) DIDD-2022-n°138 du 31/05/2022 autorise l'exploitation des installations suivantes :

- Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) dédiée aux déchets de matériaux de construction contenant de l'amiante (autorisation),
- Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) (enregistrement),
- Installation de transit, regroupement ou tri de déchets dangereux (déclaration).

Le site comprend également des alvéoles de stockage de déchets amiantés localisées sur sa partie Ouest, d'ores et déjà exploitées et réhabilitées.

2B RECYCLAGE souhaite augmenter la capacité de stockage de l'alvéole en cours d'exploitation, localisée sur la partie Est du site. Cette augmentation de la capacité de stockage se ferait par constitution d'un 2nd niveau de stockage, en rehausse sur le 1^{er} niveau actuellement en exploitation. La figure suivante présente un aperçu de l'alvéole amiante en cours d'exploitation, modélisée au stade du Dossier d'Autorisation Environnementale Unique (DAEU).

Figure 1 : Alvéole amiante en cours d'exploitation (source : [13])



Dans ce cadre, 2B RECYCLAGE a missionné GINGER BURGEAP pour la réalisation du Dossier d'Autorisation Environnementale Unique (DAEU) associé à ce projet. Ce rapport, basé sur des plans techniques actualisés de l'alvéole amiante, regroupe l'étude de stabilité et les calculs de résistance des drains (Annexe 6 du DAEU).

2. Documents utilisés

► Textes réglementaires

- [1] Arrêté Préfectoral Complémentaire DIDD-2022-n°138 en date du 31/05/2022
- [2] Arrêté Préfectoral DIDD-2019-n°47 d'autorisation d'exploiter en date du 15/02/2019
- [3] Arrêté Ministériel relatif aux Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux en date du 15/02/2016

► Plans transmis par 2B RECYCLAGE

- [4] 22650 – Levé.dwg (relevé topographique de l'ISDND et de l'ISDI, août 2022)
- [5] ADS_1972414_L'HÔTELLERIE DE FLEE_2B RECYCLAGE_RECOLEMENT 2021.dwg (recollement des travaux d'aménagement des sous-alvéoles 3 et 4)
- [6] 2010028_2019_Février.dwg (relevé topographique du site 2016 - 2019)
- [7] 2010028_2018_Janvier 2.dwg (plan DDAE de l'alvéole amiante et du dôme de couverture alvéole amiante + ISDI)

► Rapports et dossiers transmis par 2B RECYCLAGE

- [8] Suivis annuels des eaux souterraines (2020 – 2022)
- [9] Dossier des Ouvrages Exécutés des travaux d'aménagement des sous-alvéoles 3 et 4 (EUROVIA, 2022)
- [10] Dossier des Ouvrages Exécutés des travaux d'aménagement des sous-alvéoles 2 et 3 (EUROVIA, 2021)
- [11] Mémoire en réponse à l'avis d'expert relatif au drainage sous casier (BURGEAP, RDMCLB01870-01, décembre 2018)
- [12] Compléments au Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale suite au relevé des éléments rédhitoires et remarques non rédhitoires (BURGEAP, août 2018)
- [13] Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale pour une modification des conditions d'exploitation d'une Installation de Stockage de Déchets (BURGEAP, RDMCLB00675-02, mars 2018)
- [14] Caractérisation géologique complémentaire au droit du futur casier de stockage de déchets de matériaux de construction contenant de l'amiante – Annexe 11 de la Pièce VI du DDAE [13] (BURGEAP, RDMCLB01096-02, février 2018)
- [15] Caractérisation géologique au droit des futures alvéoles de stockage d'amiante lié à des matériaux inertes (BURGEAP, RDSOLB00797-01, février 2015)

► Guides et bases de données

- [16] geoportail.gouv.fr (vues aériennes, topographie hors site)
- [17] georisques.gouv.fr (zonage sismique)
- [18] Guide GTR « Réalisation des remblais et des couches de forme » (SETRA/LCPC, juillet 2000)
- [19] Norme NF G38-067 : Géosynthétiques, géotextiles et produits apparentés - Stabilisation d'une couche de sol mince sur pente - Justification du dimensionnement et éléments de conception (mai 2017)
- [20] Fascicule 70-I : Fourniture, pose et réhabilitation de canalisations d'eaux à écoulement à surface libre (Version 3.02 – mars 2019)

- Annexe 1 : Mise à jour des plans techniques, de l'étude de stabilité et des calculs de résistance des drains dans le cadre du projet de rehausse de l'alvéole amiante
3. Présentation de la zone étudiée dans son état actuel

3. Présentation de la zone étudiée dans son état actuel

L'alvéole amiante actuellement en exploitation est présentée dans le dossier de plans en **Annexe 1**.

3.1 Données générales

L'Arrêté Préfectoral DIDD-2019-n°47 autorise, sous la rubrique ICPE¹ 2760-2, l'exploitation d'une ISDND dédiée aux déchets de matériaux de construction contenant de l'amiante. L'alvéole amiante est divisée en 4 sous-alvéoles avec des durées d'exploitation d'environ de 2 ans.

L'AP DIDD-2019-n°47 autorise également, sous la rubrique ICPE 2760-3, l'exploitation d'une ISDI, voisine de l'ISDND, recevant principalement des déchets inertes de construction et de démolition, des terres et pierres ainsi que des verres.

Les capacités de stockage autorisées ont été modifiées par l'APC DIDD-2022-n°138. Elles sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Capacités de stockage et durées d'exploitation de l'ISDND et de l'ISDI (sources : [1][2])

Donnée	ISDND	ISDI
Durée d'exploitation	8 ans (2019 – 2026)	8 ans (2019 – 2027)
Densité des déchets	0.8	1.8
Capacité totale (t)	90 720	49 860
Capacité totale (m ³)	113 400	27 700
Capacité annuelle maximale (t/an)	16 000	7 000
Capacité annuelle maximale (m ³ /an)	20 000	3 890
Capacité journalière maximale (t/j)	110	-
Capacité journalière maximale (m ³ /j)	137	-

3.2 Caractéristiques d'aménagement

A ce jour, l'ensemble de l'alvéole est aménagé. La sous-alvéole 3 est en cours d'exploitation. La sous-alvéole 4 est exploitée et couverte provisoirement par 0.3 m de matériaux. Les sous-alvéoles 1 et 2 sont aménagées et en attente d'exploitation. Les sous-alvéoles sont hydrauliquement indépendantes et séparées par des diguettes de 2 m de hauteur.

Les principales caractéristiques concernant l'aménagement de l'ISDND et de l'ISDI sont résumées dans le tableau suivant.

¹ Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

- Annexe 1 : Mise à jour des plans techniques, de l'étude de stabilité et des calculs de résistance des drains dans le cadre du projet de rehausse de l'alvéole amiante
3. Présentation de la zone étudiée dans son état actuel

Tableau 2 : Principales caractéristiques d'aménagement de l'ISDND et de l'ISDI (sources : [1][2])

Donnée	ISDND	ISDI
Emprise totale déchets (m ²)	19 516	42 800
Nombre de sous-alvéoles	4	-
Cotes toit BSP (m NGF)	Entre environ 51.7 – 52.5	-

La géométrie de la digue périphérique de l'alvéole amiante est la suivante :

- Largeur en crête : entre 2.8 et 6.0 m,
- Pente du talus intérieur : environ 1H/1V (100 %),
- Pente du talus extérieur : environ 3H/2V (67 %),
- Hauteur maximale par rapport au fond de casier : environ 8 m.

Le chapitre 3.1 de l'AP DIDD-2019-n°47 impose les aménagements suivants pour l'alvéole amiante :

- Elle est équipée d'une Barrière de Sécurité Passive (BSP) constituée des terrains naturels et/ou le cas échéant reconstituée, répondant aux critères suivants :
 - En fond : perméabilité inférieure à 1.10^{-7} m/s sur au moins 1 m d'épaisseur,
 - En flancs : perméabilité inférieure à 1.10^{-7} m/s sur au moins 0.5 m d'épaisseur,

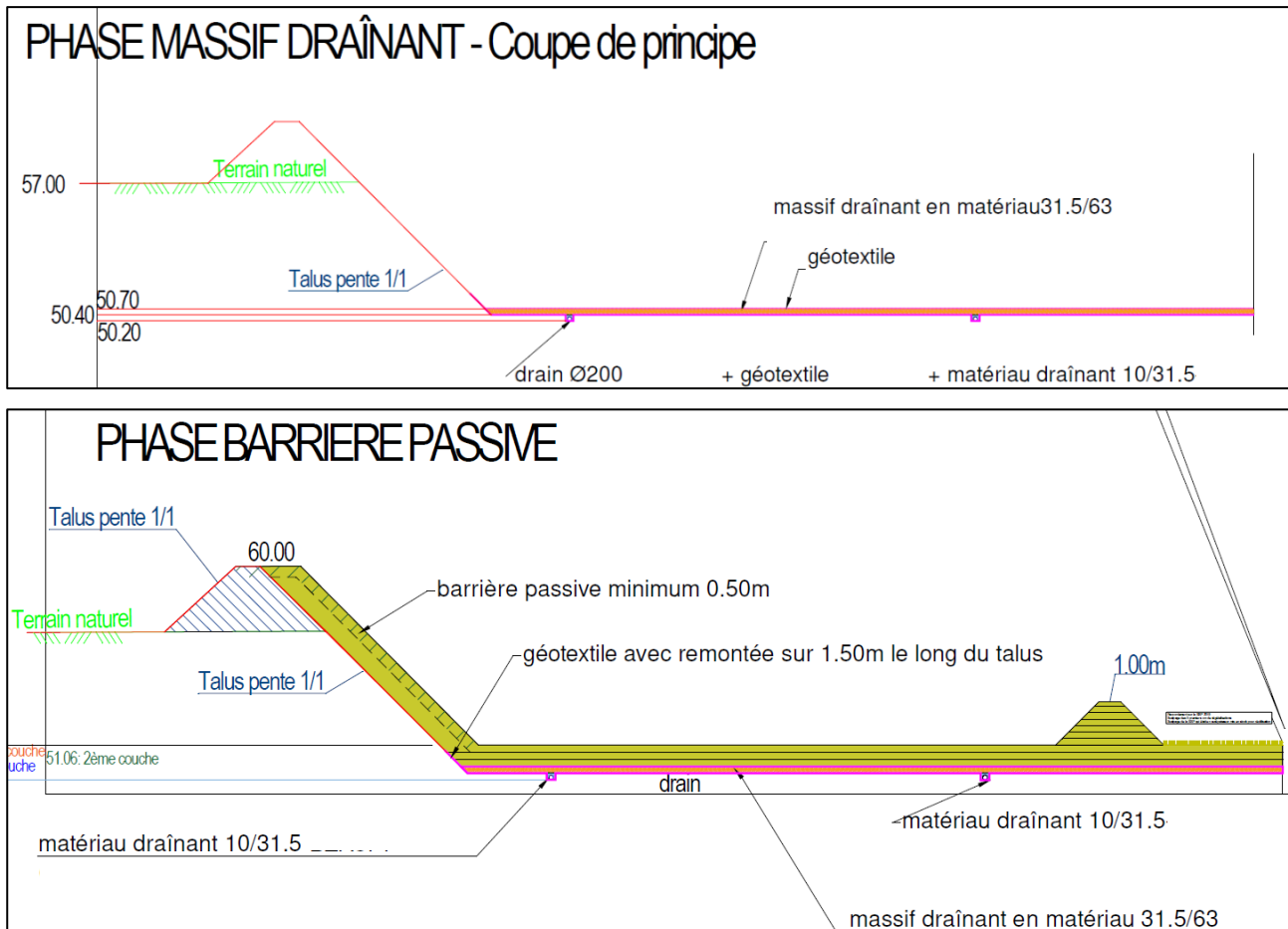
Compte-tenu de la mise en place d'un réseau de drainage des eaux souterraines sous BSP, cette dernière a été reconstituée avec les déblais du site les plus favorables en fond et flancs d'alvéole. En talus, la BSP a été reconstituée par remblais excédentaires sur une épaisseur de 1 m perpendiculairement au talus. Une coupe schématique de la BSP est disponible en Figure 2.

- La géométrie des flancs est déterminée de façon à assurer la stabilité du massif de déchets et à ne pas altérer l'efficacité de la BSP,
- Un dispositif de drainage gravitaire des eaux souterraines permettant la mise hors d'eau de la BSP est mis en place. Il répond notamment aux exigences du document [11], dont les principales caractéristiques sont rappelées ci-après (Cf. Figure 2) :
 - Nature et diamètre des drains : PEHD, Ø 200 mm,
 - Espacement maximal des drains : 20 m,
 - Fil d'eau des drains positionné à 0.5 m sous la BSP,
 - Massif drainant de 0.3 m d'épaisseur entre le mur de la BSP et la génératrice supérieure des drains, encapsulé entre 2 nappes de géotextile,
 - Regards et collecteur latéral PVC Ø 300 mm pour récupérer les eaux des drains et les diriger vers les lagunes.

Notons également qu'en complément, 2 drains de collecte des effluents sur BSP en PVC Ø 125 mm sont mis en place en fond de chaque sous-alvéole, sur le toit de la BSP. Ils sont connectés à des regards et un collecteur PVC Ø 300 mm longeant la bordure Ouest de l'alvéole pour acheminer les effluents sur BSP jusqu'aux lagunes (Cf. **Annexe 1**).

- Annexe 1 : Mise à jour des plans techniques, de l'étude de stabilité et des calculs de résistance des drains dans le cadre du projet de rehausse de l'alvéole amiante
3. Présentation de la zone étudiée dans son état actuel

Figure 2 : Coupes de principe du dispositif de drainage des eaux souterraines et de la BSP (source : [10])



3.3 Caractéristiques d'exploitation

A ce jour, les déchets sont acheminés depuis le Nord de l'alvéole dans la sous-alvéole 3. Le chapitre 3.3 de l'AP DIDD-2019-n°47 fixe les modalités d'exploitation de l'ISDND.

Les déchets stockés sont conditionnés sur palettes filmées, body bennes ou doubles sacs étanches et fermés hermétiquement afin d'éviter toute dispersion de fibre d'amiante. Les déchets sont manutentionnés avec précautions à l'aide de moyens adaptés.

Les opérations de déversement direct des déchets dans l'alvéole ne sont pas autorisées. Les talus de déchets sont en forme de marches d'escalier de 2.5 m de haut et 2.5 m de large (pente 1H/1V ou 100 %). Les déchets stockés sont recouverts en fin de chaque journée de réception et préalablement à toute autre opération de régalaie par une couche de matériaux ou de déchets inertes d'au moins 20 cm d'épaisseur. L'organisation des stockages assure la stabilité des masses de déchets.

La hauteur maximale de déchets dans l'alvéole (1^{er} niveau), telle que modélisée en **Annexe 1**, est d'environ 8.5 m.

La figure suivante présente une vue de la sous-alvéole en cours d'exploitation.

- Annexe 1 : Mise à jour des plans techniques, de l'étude de stabilité et des calculs de résistance des drains dans le cadre du projet de rehausse de l'alvéole amiante
3. Présentation de la zone étudiée dans son état actuel

3.4 Caractéristiques de réaménagement

L'article 2.2.2 de l'AP DIDD-2019-n°47 impose un réaménagement coordonné des zones exploitées (anciens et nouveaux casiers de déchets amiantés et inertes), avec une topographie finale garantissant une continuité visuelle, harmonieuse et cohérente avec les terrains naturels alentours.

Le chapitre 3.4 de l'AP DIDD-2019-n°47 définit les modalités de fin d'exploitation de l'alvéole amiante. Dès la fin de son exploitation, l'alvéole est équipée d'une couverture finale composée, du haut vers le bas par :

- Une couche de terre de revêtement d'une épaisseur minimale de 0.5 m,
- Une couche anti-érosion composée d'éléments minéraux grossiers d'une épaisseur minimale de 1 m.

La couverture doit présenter une pente globale d'environ 1 % pour favoriser l'écoulement des eaux pluviales. La cote du point haut de la couverture ne doit pas excéder 61 m NGF.

Les travaux de végétalisation, qui doivent permettre le maintien de l'intégrité de la couverture, sont engagés dès l'achèvement de la mise en place de la couverture finale.

La structure et géométrie de la couverture de l'ISDI ne sont pas décrites dans les Arrêtés Préfectoraux du site. En pratique, 2B RECYCLAGE met en place une couverture de 1 m sur l'ISDI (0.7 m de matériaux grossiers surmontés par 0.3 m de terre végétale).

4. Présentation du projet de rehausse de l'alvéole amiante

Le projet de rehausse de l'alvéole amiante est modélisé dans le dossier de plans en **Annexe 1**.

4.1 Principes d'aménagement

L'alvéole amiante en rehausse (2nd niveau) sera localisée au droit de l'alvéole autorisée en cours d'exploitation (1^{er} niveau). Ainsi, l'emprise des déchets du 2nd niveau sera entièrement comprise dans celle de la digue périphérique et de la BSP du 1^{er} niveau.

Une banquette périphérique d'une largeur moyenne de 5.0 m servira à la circulation des engins d'exploitation autour de l'alvéole en rehausse. Elle sera aménagée en remblais depuis la crête de digue à l'avancement de l'exploitation, avec une pente permettant de diriger les eaux pluviales du 2nd niveau vers le Sud-Ouest de l'alvéole via un fossé (en direction des bassins de stockage). Dans l'angle Sud-Ouest de l'alvéole, le fossé sera relié à une descente d'eau.

Ce projet de rehausse ne nécessitera donc pas la reconstitution d'une BSP, d'un réseau de drainage des eaux souterraines ou des effluents sur BSP, dans la mesure où il se situera au droit du 1^{er} niveau aménagé.

Une couverture provisoire d'environ 0.3 m sera mise en place sur le toit du 1^{er} niveau dans l'attente de l'exploitation du niveau de rehausse. Cette couverture provisoire pourra être décapée avant exploitation du 2nd niveau.

4.2 Principes d'exploitation

Les principes d'exploitation du 2nd niveau resteront similaires à ceux du 1^{er} niveau. L'alvéole en rehausse sera exploitée par bandes, sur la base d'une capacité de stockage annuelle demandée de 16 000 t. Une rampe d'accès sera aménagée depuis l'extérieur de l'alvéole pour y déposer les déchets, stockés sur palette filmée, en body benne ou double sac étanche fermé.

Les talus extérieurs de déchets seront en forme de marches d'escalier de 2.5 m de haut et 5 m de large. La pente générale du talus périphérique sera de 2H/1V (50 %).

La hauteur maximale de déchets du 2nd niveau de rehausse sera de 7.5 m par rapport au toit du 1^{er} niveau. La hauteur maximale cumulée de déchets des 1^{ers} et 2^{èmes} niveaux sera de 15.5 m.

D'après le retour d'expérience de 2B RECYCLAGE sur l'exploitation du 1^{er} niveau, une densité de 0.7 a été prise en compte pour l'exploitation du 2nd niveau.

4.3 Principes de réaménagement

En fin d'exploitation, la couverture finale sera mise en place sur le niveau de rehausse. La structure de couverture sera identique à celle décrite en partie 3.4.

Le profil de la couverture, affichant des pentes d'environ 1 %, sera similaire à celui décrit dans le DDAE de 2018 en étant positionné 8 m plus haut, avec un point haut n'excédant pas 69 m NGF.

La rehausse de l'ISDND, combinée à la conservation d'une géométrie de réaménagement ISDND/ISDI commune pour des raisons d'intégration paysagère, induira également une augmentation du volume de stockage pour l'ISDI.

En complément, l'ISDI voisine sera donc réaménagée selon les principes suivants :

- Emprise périphérique des déchets inertes inchangée,
- Epaisseur et structure de couverture identiques à celles décrites en partie 3.4,
- Raccordement altimétrique de la couverture de l'ISDI à celle de l'ISDND.

Le tableau suivant synthétise les principales caractéristiques géométriques du projet de rehausse.

- Annexe 1 : Mise à jour des plans techniques, de l'étude de stabilité et des calculs de résistance des drains dans le cadre du projet de rehausse de l'alvéole amiante
4. Présentation du projet de rehausse de l'alvéole amiante

Nota : sur la base du retour d'expérience de 2B RECYCLAGE sur l'exploitation du 1^{er} niveau, une densité de 0.7 a été prise en compte pour les calculs de capacité de stockage des 2 niveaux.

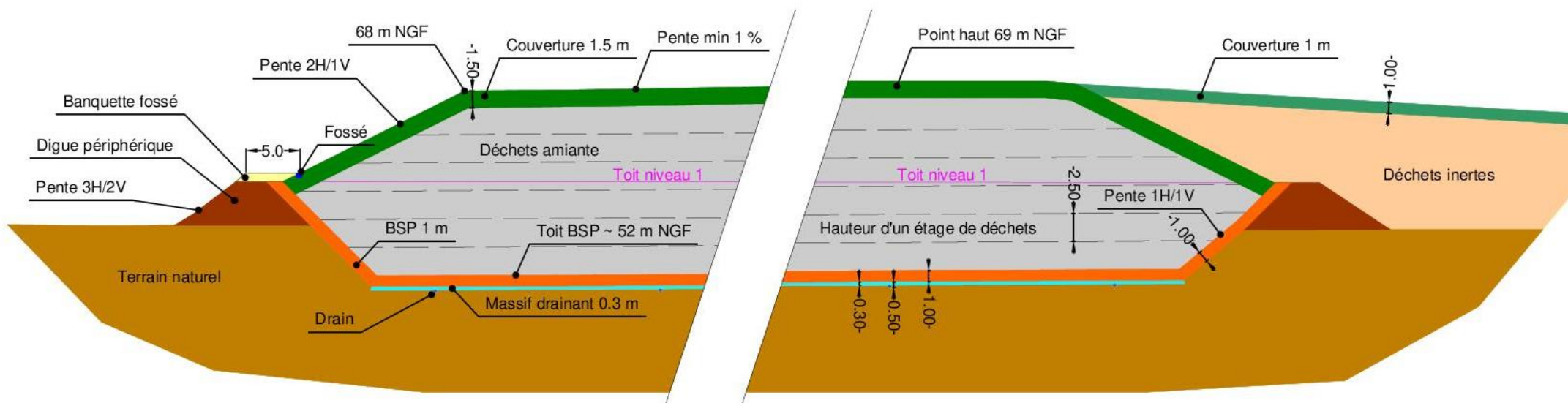
Tableau 3 : Principales caractéristiques géométriques du projet

Donnée	Point haut 2 ^{ème} niveau 69 m NGF
Alvéole amiante actuelle (1^{er} niveau – avec couverture)	
Volume de déchets (m ³)	109 532
Tonnage de déchets (t) (d = 0.7)	76 672
Hauteur maximale de déchets (m)	7.0
Alvéole amiante en rehausse (2nd niveau – avec couverture)	
Surface 2D totale de la rehausse (m ²)	19 678
Surface 3D totale de la rehausse (m ²)	20 618
Volume de déchets (m ³)	128 435
Tonnage de déchets (t) (d = 0.7)	89 905
Hauteur maximale de déchets (m)	8
Cumul 1^{er} et 2nd niveau	
Volume de déchets (m ³)	237 967
Tonnage de déchets (t) (d = 0.7)	166 577
Hauteur maximale de déchets (m)	15.5
ISDI	
Surface 3D de la couverture (m ²)	39 383
Volume de déchets inertes restant (m ³)	84 407
Tonnage de déchets inertes restant (t) (d = 1.8)	151 933
Hauteur maximale de déchets (m)	8.8

La figure suivante présente une coupe schématique du projet de rehausse de l'alvéole amiante incluant l'interface avec l'ISDI.

- Annexe 1 : Mise à jour des plans techniques, de l'étude de stabilité et des calculs de résistance des drains dans le cadre du projet de rehausse de l'alvéole amiante
4. Présentation du projet de rehausse de l'alvéole amiante

Figure 3 : Coupe schématique du projet de rehausse de l'alvéole amiante



5. Calculs de stabilité

5.1 Logiciel et méthode utilisés

Les calculs de stabilité ont été effectués avec le logiciel TALREN v5.

Les calculs de stabilité ont été effectués en conditions normales selon la méthode de calcul de Bishop et un jeu de coefficients de sécurité "unitaires" (calculs non pondérés).

Au regard de l'objectif de l'étude, seul l'état long terme a été étudié (étude de la stabilité de la rehausse et de son impact sur la stabilité de la digue périphérique).

A long terme et selon ces conditions, la stabilité est classiquement considérée comme assurée si $FS \geq 1.50$.

Les conditions sous séisme n'ont pas été étudiées (zonage sismique niveau 2 – faible) [17].

5.2 Profil sélectionné

Le profil sélectionné traverse le projet de rehausse dans son axe Nord-Sud (profil BB'). Il intègre le tronçon de digue périphérique le plus défavorable d'un point de vue de la stabilité. Ses principales caractéristiques géométriques sont les suivantes :

- Largeur en crête de digue : 2.8 m.

Les largeurs les plus faibles de crête de digue sont enregistrées sur la digue Sud, avec des largeurs inférieures à 3 m. La largeur de la crête de digue Ouest est globalement supérieure à 4 m. La digue Nord est d'ores et déjà en partie confortée en pied de talus avec des déchets inertes et le sera en totalité à moyen terme.

- Pente du talus extérieur de la digue périphérique : 73 %.

Les pentes les plus élevées du talus extérieur sont enregistrées sur les digues Sud et Ouest et peuvent aller jusqu'à 80 %.

- Dénivelé du talus extérieur de la digue périphérique : 4.7 m.

Les dénivelés les plus importants sont observés au niveau de la digue Sud du fait d'une altimétrie du terrain naturel plus basse que sur la partie Ouest (la crête de digue étant globalement à 60 m NGF sur toute la périphérie).

La digue Est a été écartée dans la mesure où des déchets inertes sont déjà stockés contre le talus extérieur.

Par ailleurs, d'après les données de l'IGN [16], le terrain naturel hors site présente une légère pente descendante d'environ 5 % au Sud du profil retenu.

La localisation du profil retenu est disponible en **Annexe 1**.

5.3 Caractéristiques mécaniques

5.3.1 Données disponibles sur les schistes [14][15]

Les prélèvements suivants ont été effectués sur les schistes du site en 2015 [15] et 2016 [14] :

- 2015 : échantillon composite de schistes prélevé sur 6 sondages à la pelle mécanique au droit de l'alvéole amiante,

- 2016 : échantillon composite de schistes prélevé sur 2 sondages carottés au droit de l'alvéole amiante.

Les résultats des essais en laboratoire sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 4 : Résultats d'analyses sur les schistes (sources : [14][15])

Essai	Norme	2015	2016	Commentaire
Identification GTR	NF P11-300	B3	C1B5	En 2016, essais réalisés après concassage des plus gros éléments
W_{nat} (%)		6.1	9.2	
VBS (g/100 g sol)		0.15	0.11	
Passant à 80 μ m (%)		7.5	14.3	
W_{OPN} (%)	NF P94-093	11.4	9.9	En 2015, fraction 20/D éliminée
d_{OPN}		2.00	1.83	En 2016, fraction 20/D > 30 % dans l'échantillon analysé

D'après le GTR [18], une roche schisteuse se fragmente plus ou moins bien à la mise en œuvre, en libérant des fines, plastiques et sensibles à l'eau. La destruction de leur structure peut se poursuivre après la mise en œuvre sous l'action des contraintes mécaniques de l'eau et du gel. Cette évolution se produit d'autant plus que les matériaux ont été moins fragmentés à la mise en œuvre, et que la granularité obtenue à ce stade est homométrique.

Un concassage à faible intensité a été effectué en 2016 avant caractérisation GTR afin de reproduire les phases d'excavation et de mise en œuvre des matériaux en phase chantier. La comparaison des courbes granulométriques obtenues en 2015 et 2016 appellent les commentaires suivants :

- $D_{max} > 50$ mm en 2016 après concassage (d'où la classe C1B5) alors qu'il était < 50 mm en 2015 (sans concassage mentionné),
- Passant à 80 μ m environ 2 fois supérieur en 2016 après concassage par rapport à 2015.

En l'état, et en l'absence d'informations sur la granulométrie initiale de l'échantillon de 2016 pour comparaison avec celui de 2015, il n'est pas possible de déterminer si le concassage entraîne une fragmentation excessive du matériau, ni si cette fragmentation correspond à l'état ultime du matériau en fin de mise en œuvre.

En revanche, le comportement d'un matériau C1B5 peut être assez justement apprécié par celui de sa fraction 0/50 mm, et le guide GTR mentionne un matériau globalement insensible à l'eau pour une classe B3 ($D_{max} < 50$ mm).

5.3.2 Caractéristiques mécaniques retenues

Les caractéristiques mécaniques retenues pour mener les calculs de stabilité sont présentées dans le Tableau 5. Elles sont basées sur les réflexions suivantes :

- Schistes en place : les données de l'étude de stabilité du DDAE de 2018 ont été réutilisées, Les sondages SP4 et SP8 réalisés dans le cadre du DDAE et situés entre 30 et 50 m à l'Ouest du profil BB' ont mis en évidence une épaisseur de schistes sur plus de 5 m de profondeur [13],
- BSP : le couple cohésion et angle de frottement de l'étude de stabilité du DDAE a été revu pour tenir compte d'une sensibilité à l'eau avérée des argiles du site. La poids volumique retenu correspond à la moyenne des densités à l'OPN mesurées en 2015 [15],

- Déchets : les données de l'étude de stabilité du DDAE ont été revues avec une cohésion nulle (déchets stockés dans des contenants difficilement compactables) et un angle de frottement augmenté pour se rapprocher des angles des talus de déchets inter-alvéoles (de l'ordre de 100 % ou 45 °). Une marge de sécurité a été conservée par rapport à cet angle de talus inter-alvéoles. Un poids volumique de 10 kN/m³ a été conservé, hypothèse sécuritaire considérant une densité supérieure à celle attendue (0.7) et pesant défavorablement sur la digue périphérique,
- Remblais de digue et banquette fossé : les données de l'étude de stabilité du DDAE ont été réutilisées,
- Matériaux drainants : des données bibliographiques ont été utilisées pour ce faciès n'influençant pas les résultats des calculs de stabilité,
- Couverture finale : les données retenues correspondent à la gamme haute des valeurs proposées par la norme NF G38-067 [19].

Tableau 5 : Caractéristiques mécaniques retenues

Ouvrage/faciès	Poids volumique γ (kN/m ³)	Cohésion c' (kPa)	Angle de frottement ϕ' (°)	Source
Schistes en place	18.3	59.0	29.1	[14]
Remblais de digue et banquette fossé	18.3	5.0	34.0	[14]
BSP	19.0 (17.0)	0.0 (15.0)	20.0 (10.0)	REX du site
Matériaux drainants	13.0*	0.0	30.0	Bibliographie (*Fiche technique [10])
Déchets amiantés	10.0 (10.0)	0.0 (8.0)	38.0 (20.0)	REX du site
Couverture	17.0	2.5	28.0	[19]

() : Données prises en compte au DDAE [14] quand différentes de cette étude

5.4 Surcharges et niveau de nappe

Une surcharge de 10 kPa a été appliquée au droit de la digue, représentant le trafic des engins d'exploitation et d'entretien. Notons que cette surcharge ne représente pas une surcharge fixe (engin à fort tonnage type compacteur stationné à long terme en crête de digue) et est en ce sens sécuritaire.

Les niveaux de nappe suivants ont été pris en compte :

- Au droit de l'alvéole : cote fil d'eau des drains sous BSP,
- Hors alvéole : plus haut niveau mesuré au droit du piézomètre PZ6 (ouvrage le plus proche du profil BB'), soit 52.3 m NGF.

5.5 Résultats des calculs

Le Tableau 6 synthétise les configurations étudiées ainsi que les résultats des calculs de stabilité. Le détail des calculs est disponible en **Annexe 2**.

Les résultats appellent les commentaires suivants :

- Les résultats sont conformes à l'objectif de coefficient de stabilité visé à long terme ($FS \geq 1.50$),
- D'une manière générale, au regard des résultats conformes mais sans marge significative, les calculs de stabilité devront être actualisés en cas de modification d'une des hypothèses considérées.

Tableau 6 : Résultats des calculs de stabilité

N°	Surcharge (kPa)	Nappe (m NGF)	Phase	Situation	Objectif	Résultat	Stabilité
1	10	50.7 – 51.8	Long terme	Digue périphérique	1.50	1.60	OUI
2	10	50.7 – 51.8	Long terme	Rehausse	1.50	1.51	OUI
3	10	50.7 – 51.8	Long terme	Digue + rehausse	1.50	1.69	OUI

6. Calculs de résistance mécanique des drains

6.1 Principes du fascicule 70-1 [20]

Ce fascicule concerne la fourniture et l'exécution des travaux de pose et de réhabilitation de canalisations d'eau fonctionnant à écoulement à surface libre. Les dispositions qu'il contient s'appliquent aux canalisations, à leurs équipements et accessoires posés en tranchée ou sans tranchée. Les types d'eau concernés sont principalement les eaux usées domestiques, industrielles et pluviales, mais aussi les eaux brutes, traitées, potables et réutilisées.

La méthode de dimensionnement utilisée est la méthode française mentionnée dans la norme NF EN 1295-1 « Calcul de résistance mécanique des canalisations enterrées sous diverses conditions de charge - Partie 1 : Prescriptions générales ». Les tuyaux enterrés reçoivent les actions et les réactions du sol environnant. Celles-ci dépendent étroitement de la nature et du comportement de la canalisation, des paramètres géotechniques du sol environnant et des remblais, ainsi que des conditions de mise en œuvre des remblais.

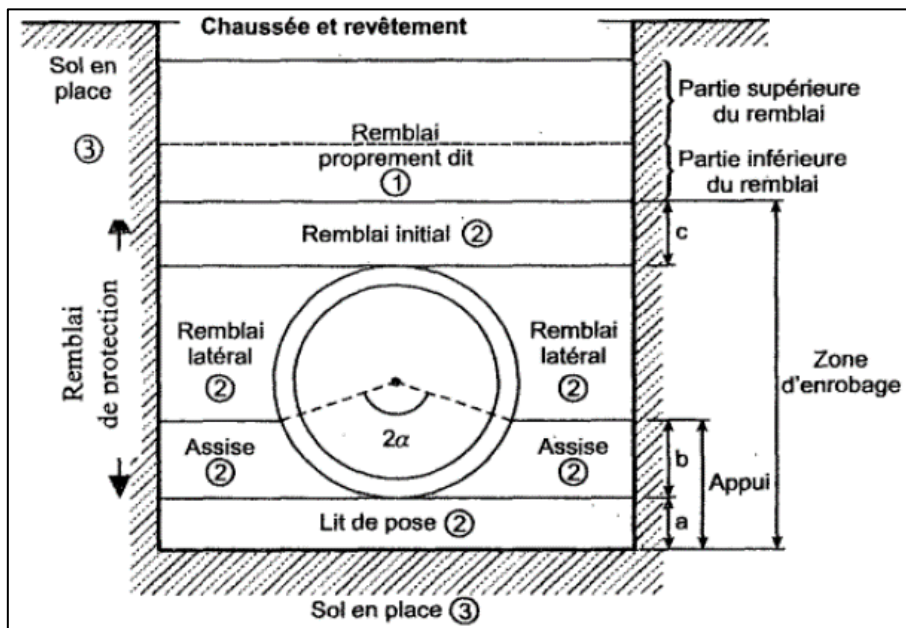
Le modèle de calcul retenu suppose que les ovalisations maximales sont inférieures à 15 % et que les caractéristiques du sol de fondation de la canalisation ne sont pas susceptibles d'altérer la compacité initiale de l'enrobage.

Les ouvrages visés sont ceux qui :

- Sont mis en œuvre de façon traditionnelle dans des tranchées, ou sous remblai sur un lit de pose constituant un appui continu,
- Sont enterrés à des hauteurs de couverture supérieures ou égales à 0.80 m lorsqu'il y a une chaussée,
- Sont posés dans le plan médian d'une tranchée avec une tolérance de ± 10 cm quel que soit le diamètre,
- Entrent dans un réseau à écoulement gravitaire.

La figure suivante rappelle la localisation de la zone d'enrobage et de remblai proprement dit par rapport à la canalisation.

Figure 4 : Définition générale des différentes zones de remblaiement (source : [20])



6.2 Principales hypothèses retenues

Le tableau suivant synthétise les principales hypothèses retenues pour les calculs de résistance des drains.

Tableau 7 : Principales hypothèses retenues pour les calculs de résistance des drains

Paramètre	Unité	Valeur
Caractéristiques de la canalisation		
Nature du matériau	-	PEHD (PE100)
Diamètre extérieur	mm	200
Epaisseur	mm	11.9
Classe de rigidité	kN/m ²	16.30
Caractéristiques du sol et des remblais		
Groupe de sol de l'enrobage	-	G1
Hauteur de remblais	m	18 (Cf. Tableau 8)
Poids volumique des remblais	kN/m ³	11.1 (Cf. Tableau 8)
Largeur de tranchée	m	0.4

Le tableau suivant rappelle les épaisseurs maximales de chaque faciès, attendues au droit des drains (configuration la plus défavorable). Tout comme pour les calculs de stabilité, un poids volumique sécuritaire de 10 kN/m³ a été retenu pour les déchets amiantés.

Tableau 8 : Epaisseurs maximales et poids volumiques des « remblais »

Faciès	Epaisseur (m)	Poids volumique (kN/m ³)
BSP	1.0	19.0
Déchets	15.5	10.0
Couverture	1.5	17.0
Total	18.0	Moyenne pondérée : 11.1

Notons qu'au stade des travaux d'aménagement des sous-alvéoles 3 et 4 (1^{er} niveau), une hauteur de remblais de 10 m et de poids volumique 20 kN/m³ avait été considérés pour le dimensionnement des drains [9][10]. Ce poids volumique était nettement surévalué par rapport au poids volumique des déchets constituant la majeure partie de la surcharge.

- Annexe 1 : Mise à jour des plans techniques, de l'étude de stabilité et des calculs de résistance des drains dans le cadre du projet de rehausse de l'alvéole amiante
- 6. Calculs de résistance mécanique des drains

6.3 Résultats des calculs

Le tableau suivant présente les configurations étudiées ainsi que les résultats des calculs de résistance mécanique des drains.

Tableau 9 : Résultats des calculs de résistance mécanique des drains

Situation	Configuration	Résultat
1	Sol en place de classe GTR B3	Conforme
2	Sol en place de classe GTR C1B5	Conforme

Le PV des calculs avec détail des résultats est disponible en **Annexe 3**.

7. Conclusion

La société 2B RECYCLAGE est autorisée à exploiter une Installation de Stockage de Déchets située au lieu-dit « La Reutière », sur la commune de Ségré-en-Anjou-Bleu (49).

2B RECYCLAGE souhaite augmenter la capacité de stockage de l'alvéole en cours d'exploitation, localisée sur la partie Est du site. Cette augmentation de la capacité de stockage se ferait par constitution d'un 2nd niveau de stockage, en rehausse sur le 1^{er} niveau actuellement en exploitation.

Dans ce cadre, 2B RECYCLAGE a missionné GINGER BURGEAP pour la réalisation du Dossier d'Autorisation Environnementale Unique (DAEU) associé à ce projet. Ce rapport, basé sur des plans techniques actualisés de l'alvéole amiante, regroupe l'étude de stabilité et les calculs de résistance des drains.

La rehausse de l'alvéole amiante a ainsi été modélisée au droit de l'alvéole autorisée en cours d'exploitation (1^{er} niveau) avec conservation d'une bande périphérique qui servira à la circulation des engins d'exploitation et à la gestion des eaux pluviales.

Les principes d'exploitation du 2nd niveau resteront similaires à ceux du 1^{er} niveau (exploitation par bandes). La pente générale du talus périphérique sera de 2H/1V (50 %).

La hauteur maximale de déchets du 2nd niveau de rehausse sera de 8 m par rapport au toit du 1^{er} niveau. La hauteur maximale cumulée de déchets du 1^{er} et 2^{ème} niveau sera de 15.5 m.

En fin d'exploitation, une couverture finale de 1.5 m d'épaisseur sera mise en place sur le niveau de rehausse. Le profil de la couverture, dont pentes d'environ 1 %, sera similaire à celui décrit dans le DDAE et sera positionné 8 m plus haut que celui du DDAE, avec un point haut n'excédant pas 69 m NGF.

Le volume total de déchets des 2 niveaux cumulés est estimé à environ 237 967 m³ soit 166 577 t (d = 0.7).

Cette configuration géométrique a été validée par des calculs de stabilité effectués sur le profil le plus défavorable d'un point de vue de la stabilité à long terme de l'ouvrage (situé au niveau de la digue Sud). Les calculs de stabilité ont été effectués avec le logiciel TALREN v5, en conditions normales selon la méthode de calcul de Bishop et un jeu de coefficients de sécurité "unitaires" (calculs non pondérés).

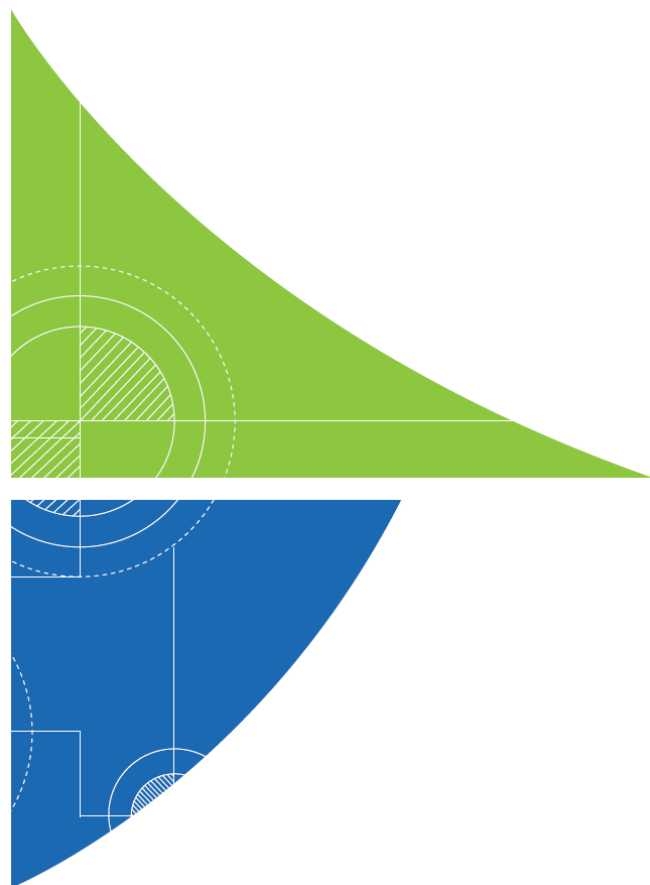
Un niveau de nappe sous BSP ainsi qu'une surcharge en crête de digue périphérique ont été intégrés aux calculs.

Les résultats obtenus sont conformes à l'objectif de coefficient de stabilité visé à long terme (FS ≥ 1.50).

La résistance mécanique des drains a également été vérifiée sur la base d'une hauteur de remblais maximale de 18 m et d'un poids volumique moyen de tous les faciès composant la colonne de remblais (BSP, déchets et couverture).

Les résultats des calculs mettent en évidence une bonne correspondance entre la résistance mécanique des drains utilisés (PEHD, Ø 200 mm, SDR17) et la surcharge que représenterait l'exploitation du 2nd niveau.

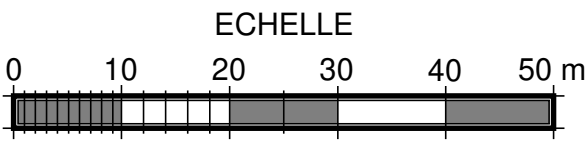
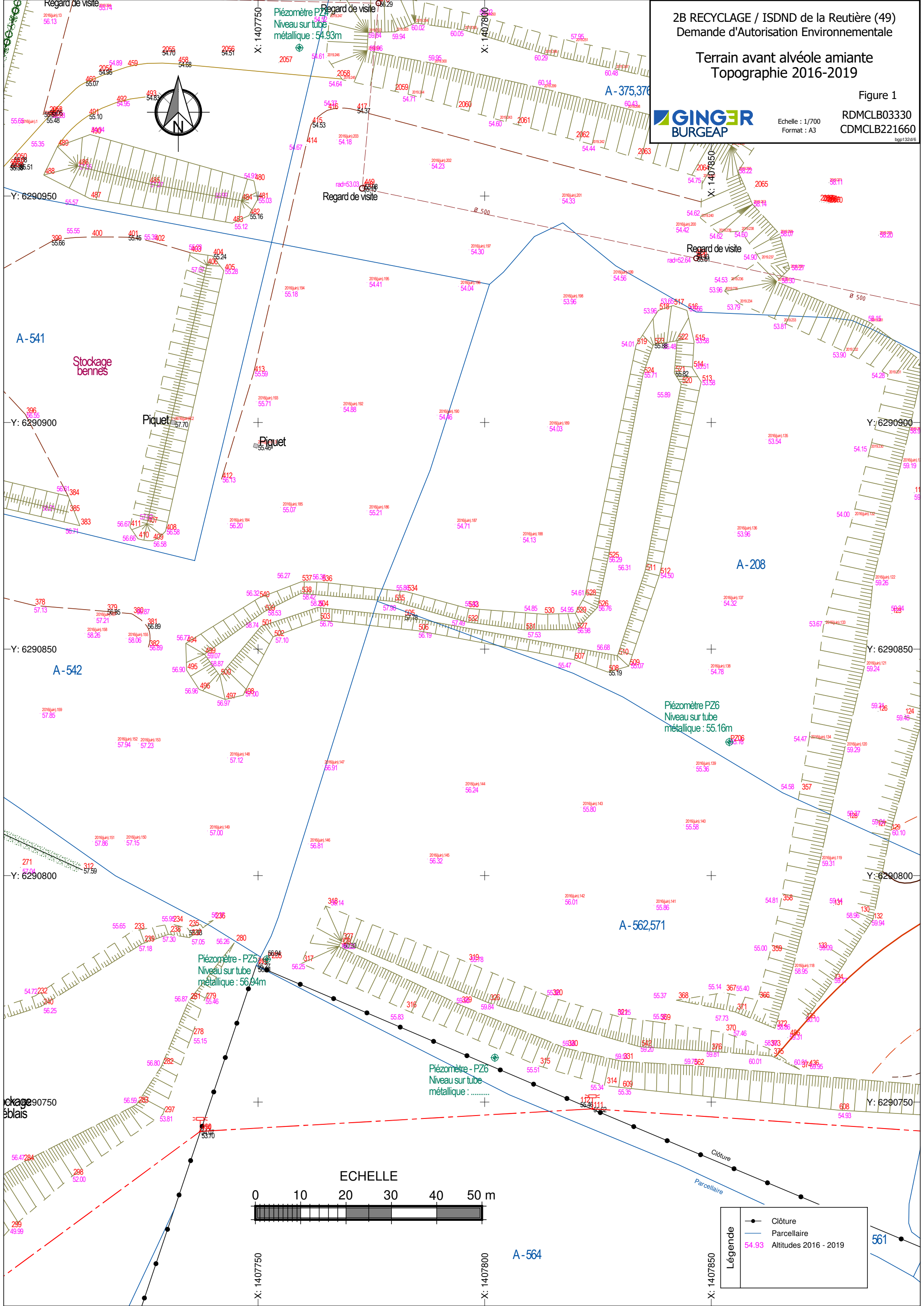
ANNEXES



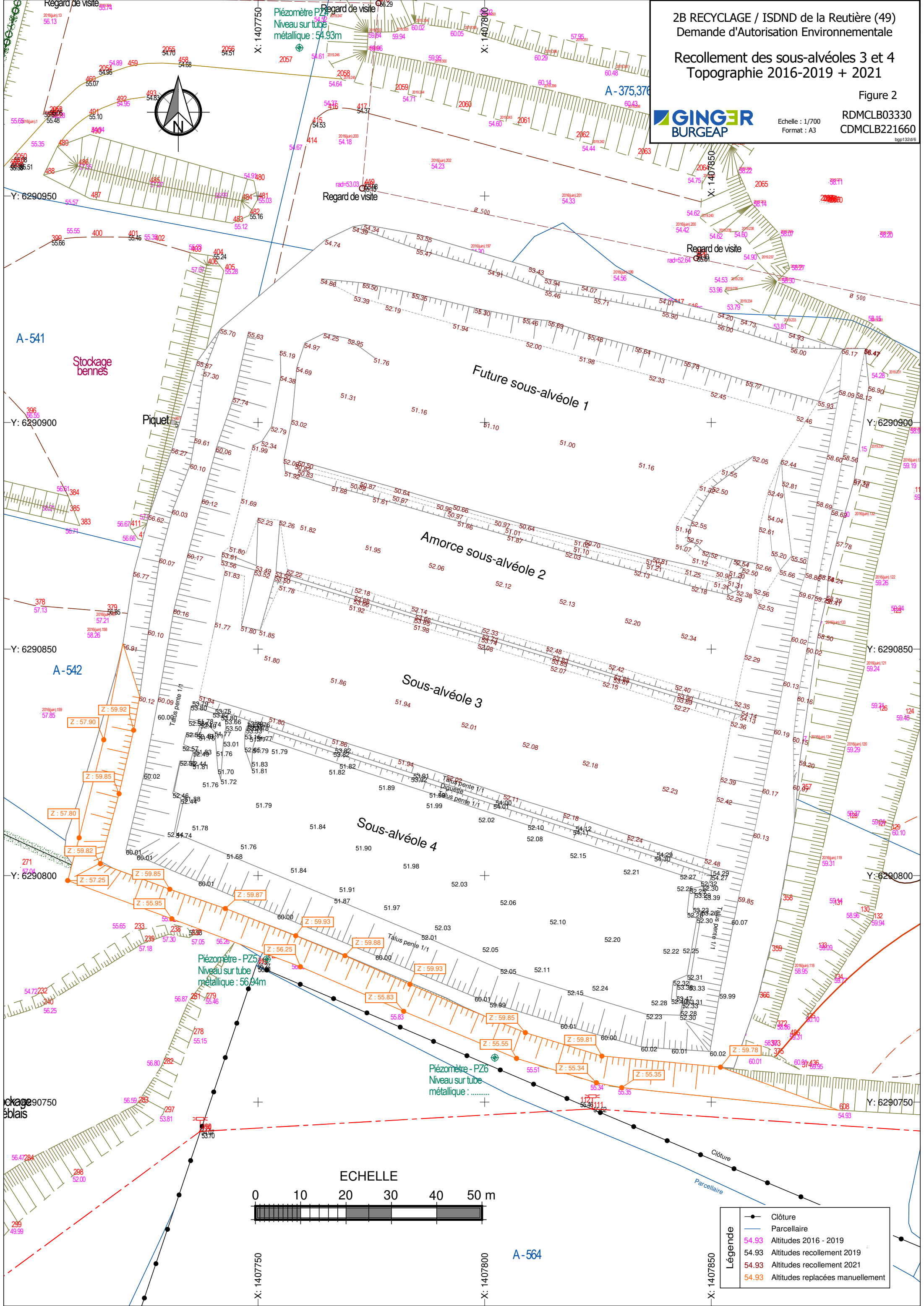
- Annexe 1 : Mise à jour des plans techniques, de l'étude de stabilité et des calculs de résistance des drains dans le cadre du projet de rehausse de l'alvéole amiante
Annexes

Annexe 1. Dossier de plans

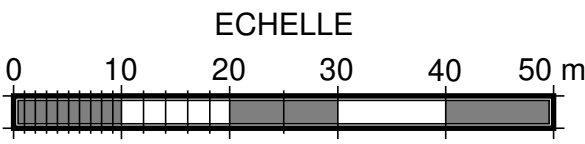
Cette annexe contient 12 pages.



Légende	
	Clôture
	Parcelle
	Altitudes 2016 - 2019



Légende	
	Clôture
	Parcelleaire
	54.93 Altitudes 2016 - 2019
	54.93 Altitudes recollement 2019
	54.93 Altitudes recollement 2021
	54.93 Altitudes remplacées manuellement



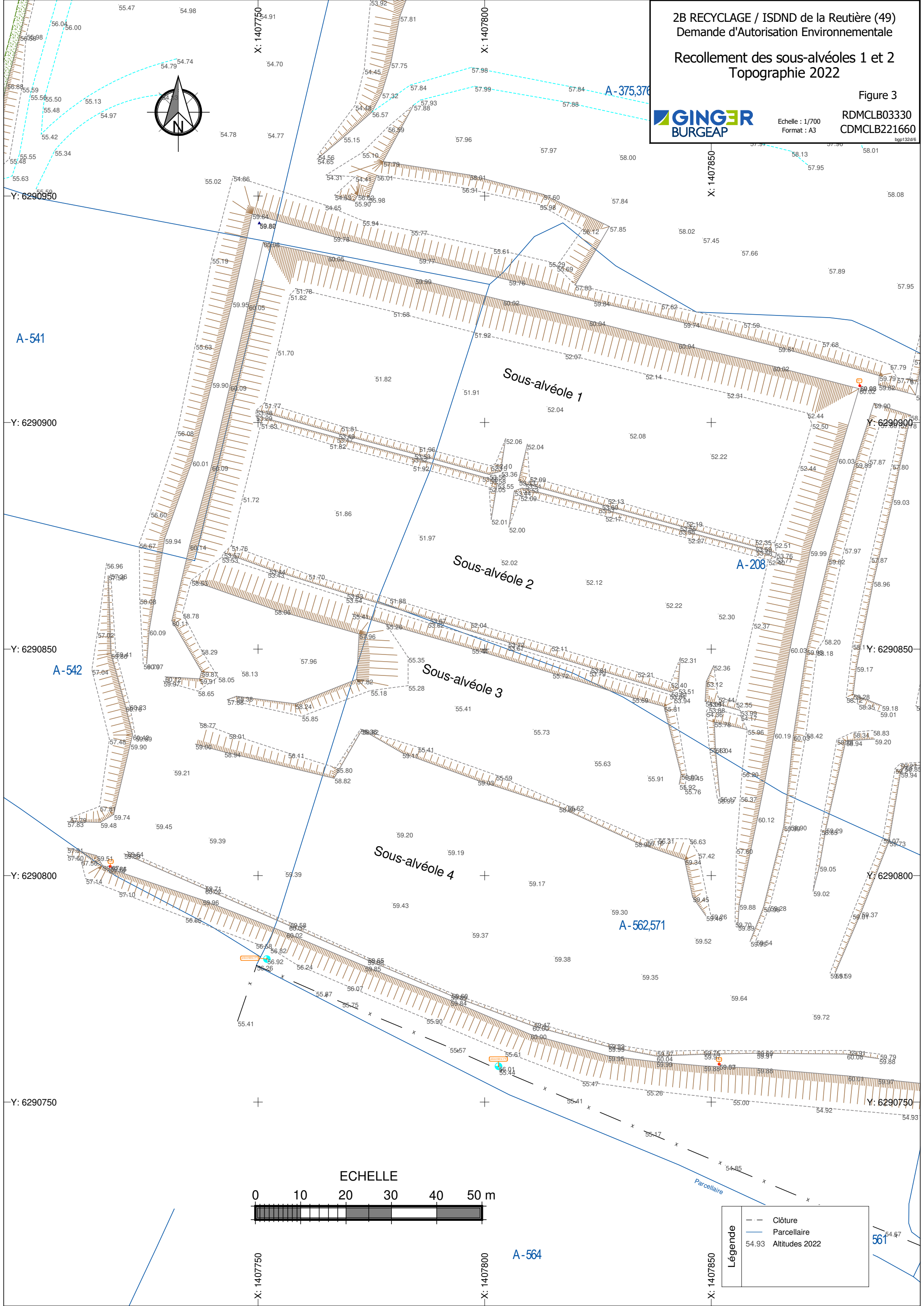
2B RECYCLAGE / ISDND de la Reutière (49)
 Demande d'Autorisation Environnementale
 Recollement des sous-alvéoles 1 et 2
 Topographie 2022

Figure 3



Echelle : 1/700
 Format : A3

RDMCLB03330
 CDMCLB221660

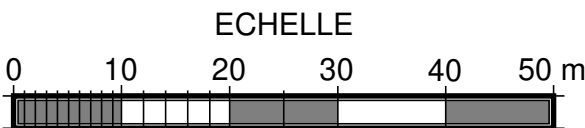
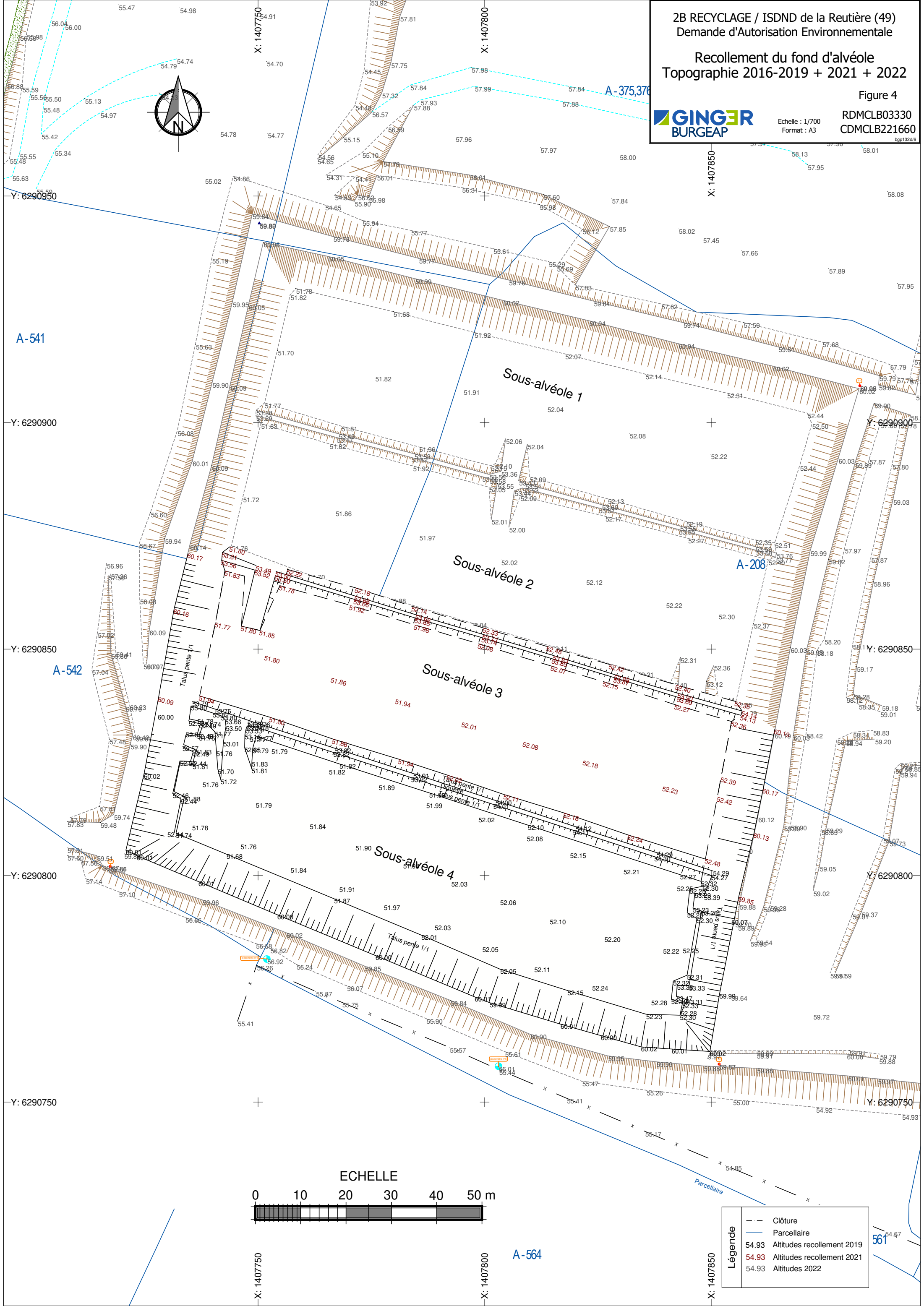
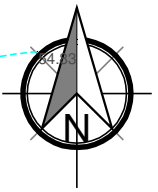


Légende	
---	Clôture
—	Parcelle
54.93	Altitudes 2022



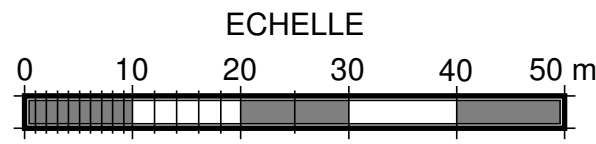
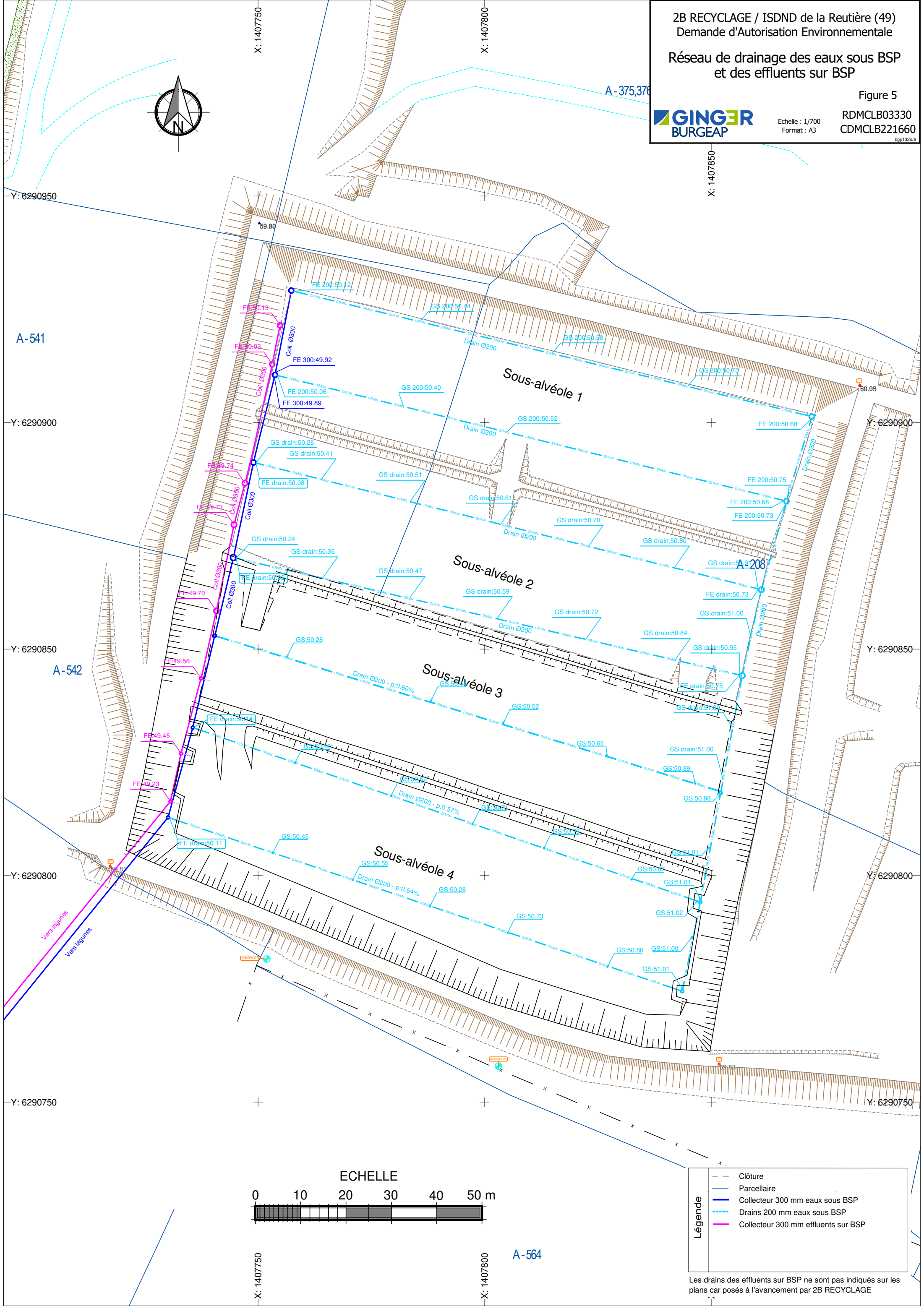
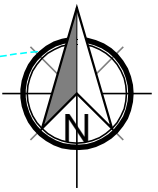
Echelle : 1/700
Format : A3

RDMCLB03330
CDMCLB221660



Légende	
---	Clôture
---	Parcelaire
54.93	Altitudes recollement 2019
54.93	Altitudes recollement 2021
54.93	Altitudes 2022

561



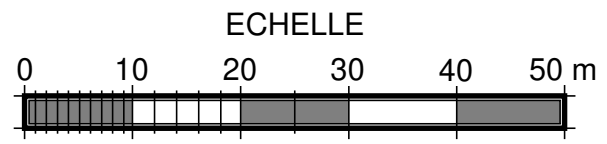
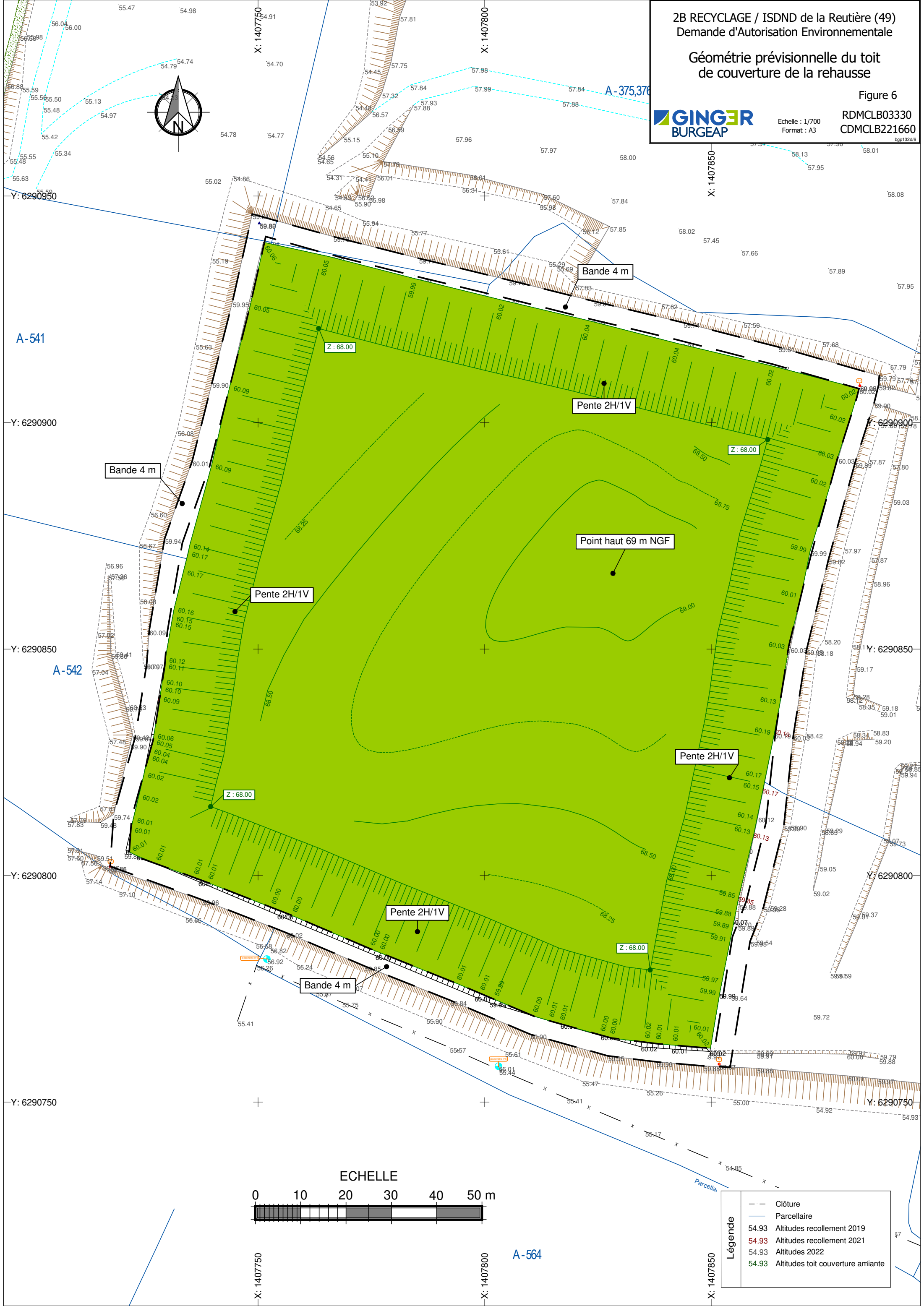
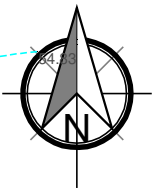
Légende	
	Clôture
	Parcelle
	Collecteur 300 mm eaux sous BSP
	Drains 200 mm eaux sous BSP
	Collecteur 300 mm effluents sur BSP

Les drains des effluents sur BSP ne sont pas indiqués sur les plans car posés à l'avancement par 2B RECYCLAGE

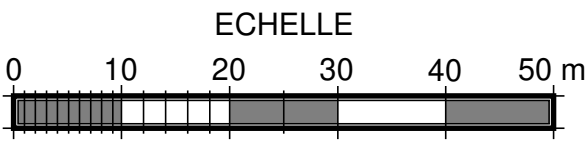
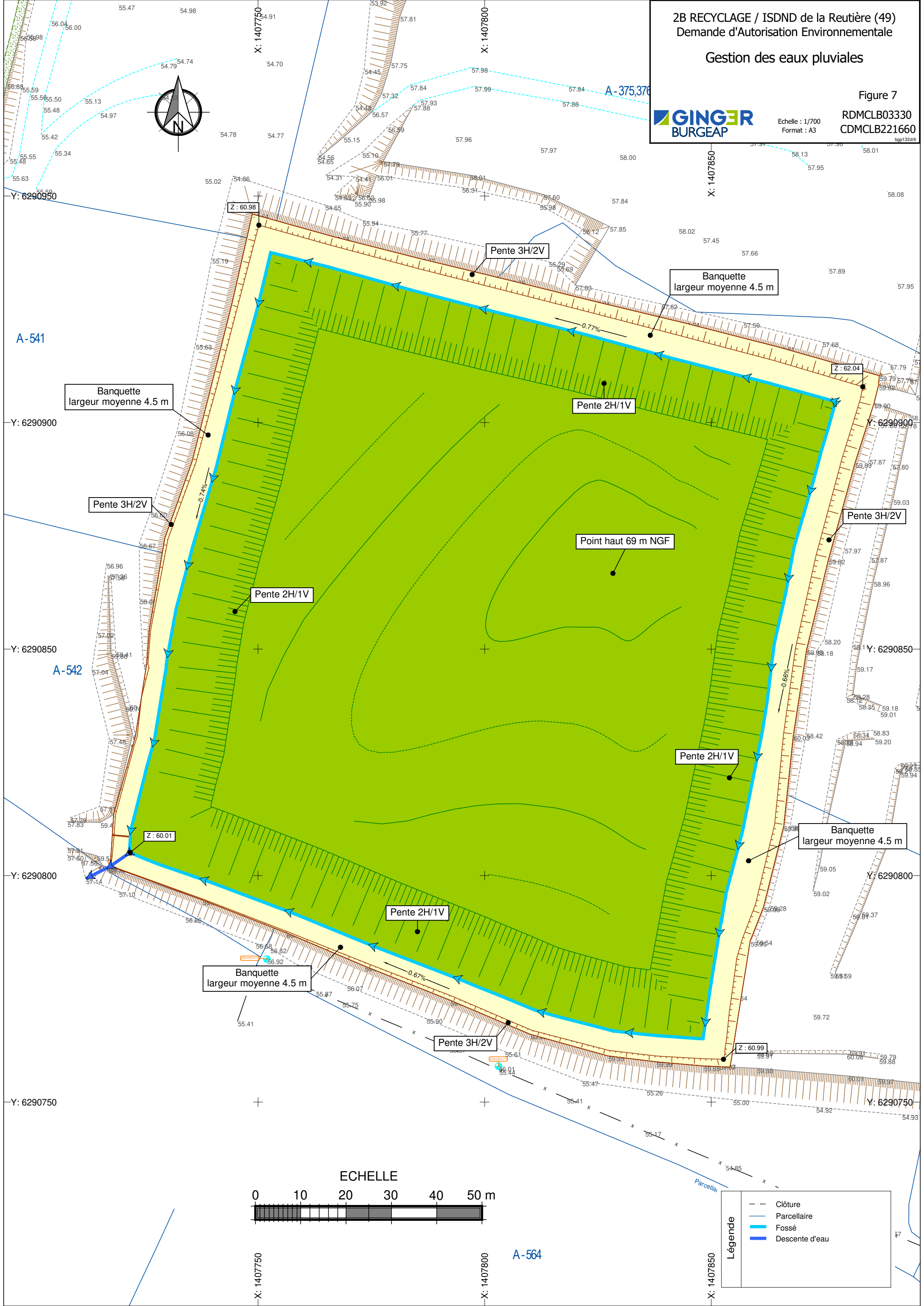
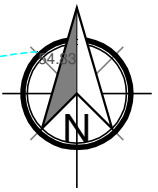


Echelle : 1/700
Format : A3

RDMCLB03330
CDMCLB221660
bep132a6



Légende	
---	Clôture
---	Parcelle
54.93	Altitudes recollement 2019
54.93	Altitudes recollement 2021
54.93	Altitudes 2022
54.93	Altitudes toit couverture amiante



Légende	
	Clôture
	Parcellaire
	Fossé
	Descente d'eau



Légende	
	Clôture
	Parcelle
	Altitudes recollement 2019
	Altitudes recollement 2021
	Altitudes 2022
	Altitudes toit couverture amiante
	Altitudes toit couverture ISDI

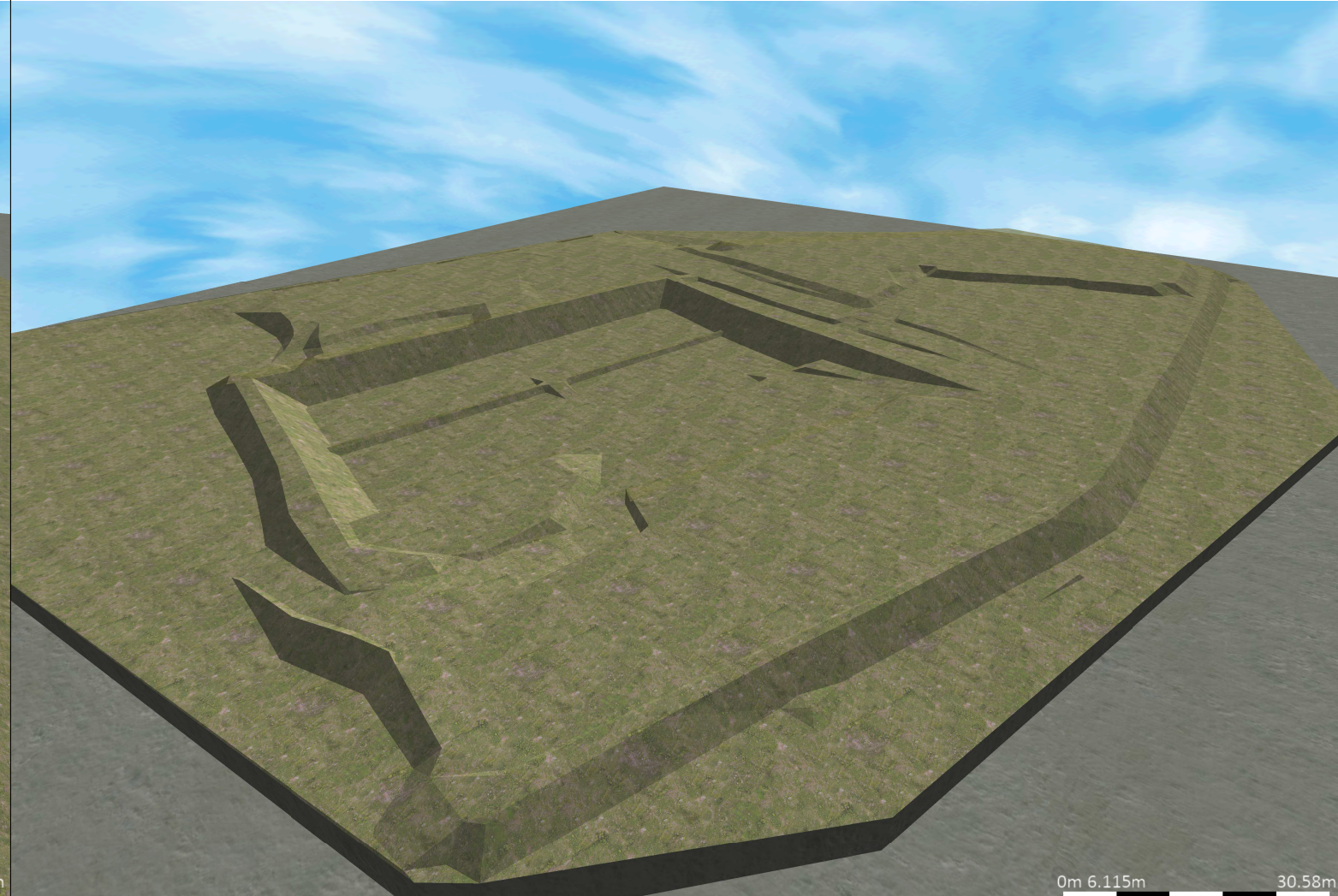
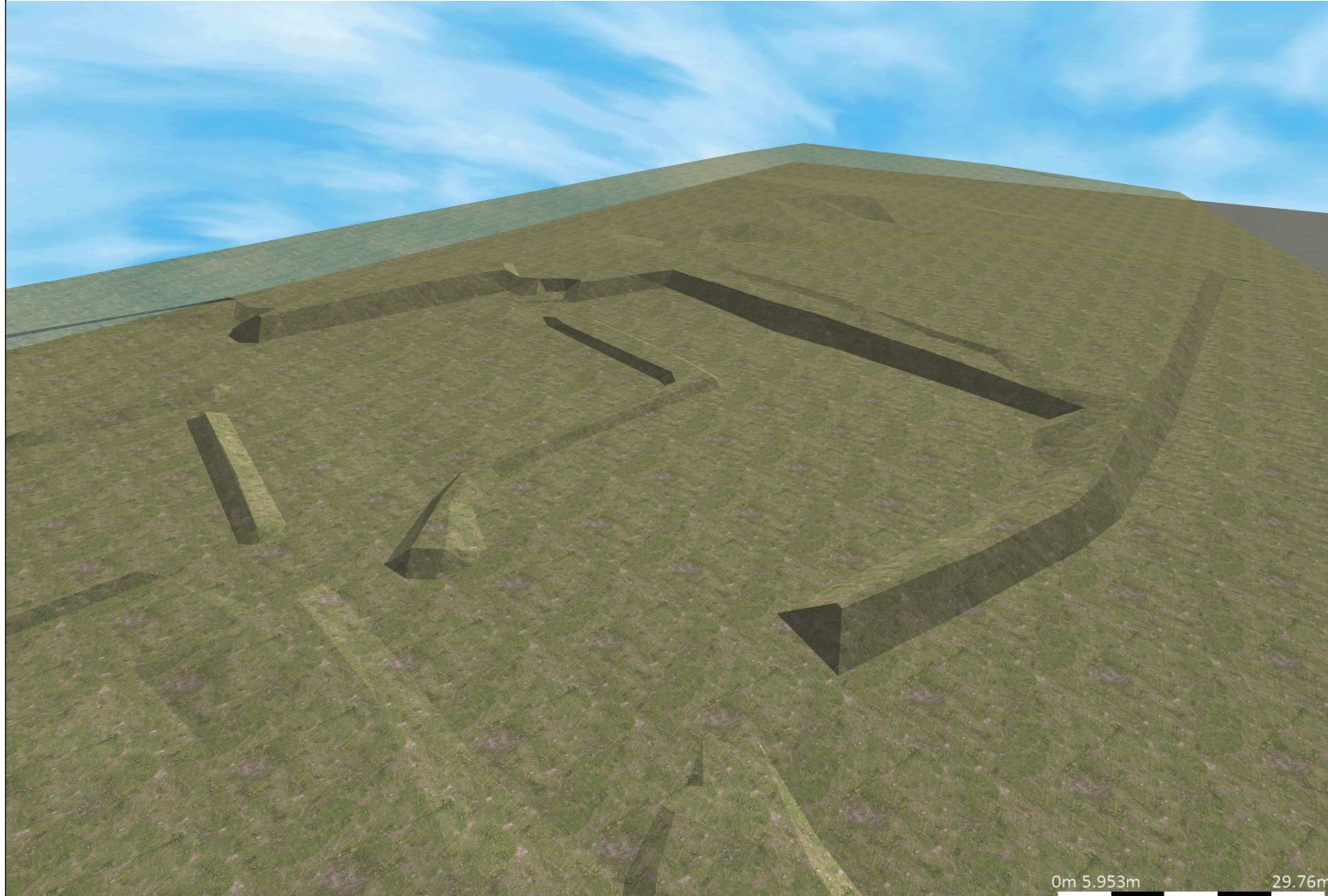
3D1

Site 2016-2019

18/08/2022 3D2

Site 2022

18/08/2022



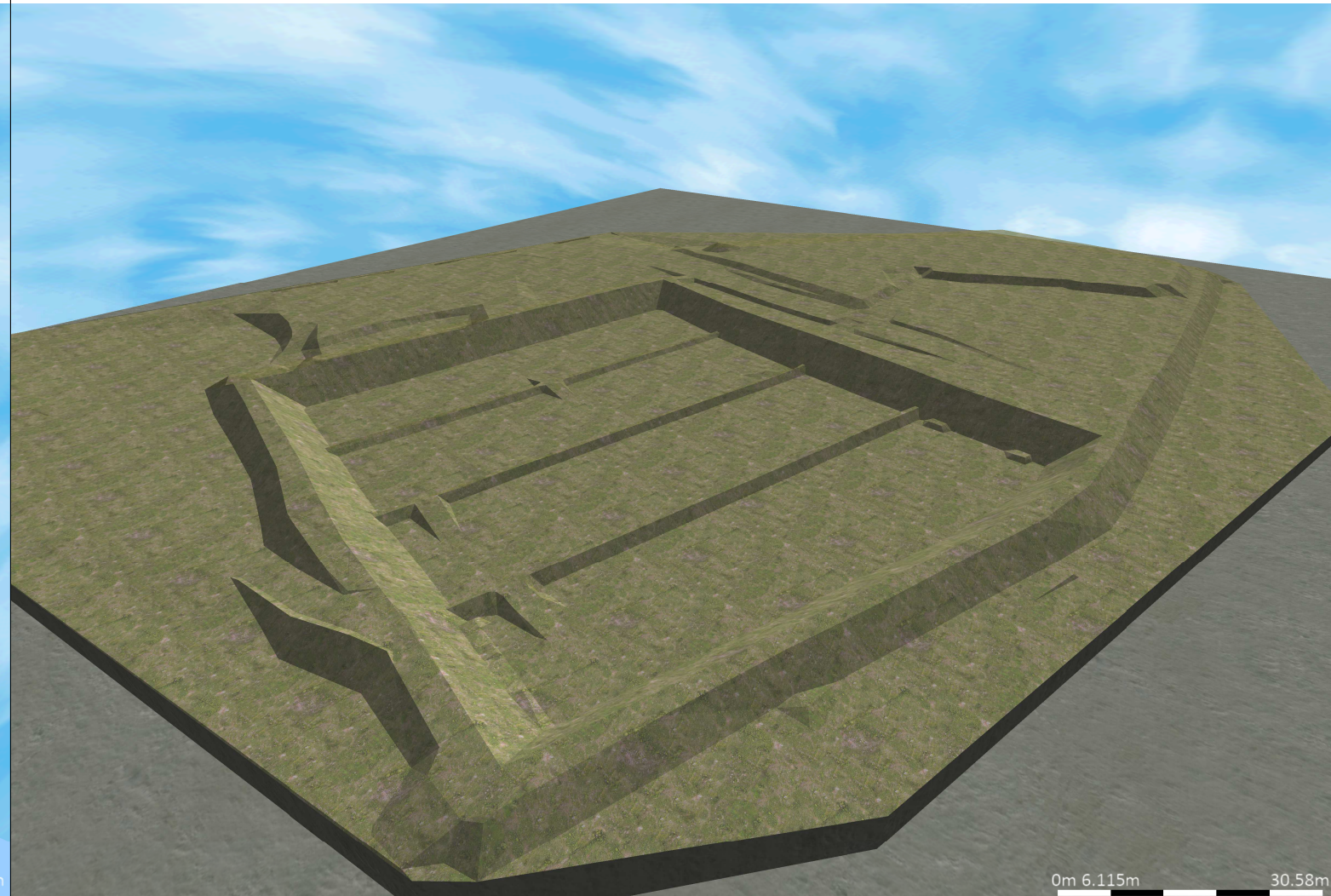
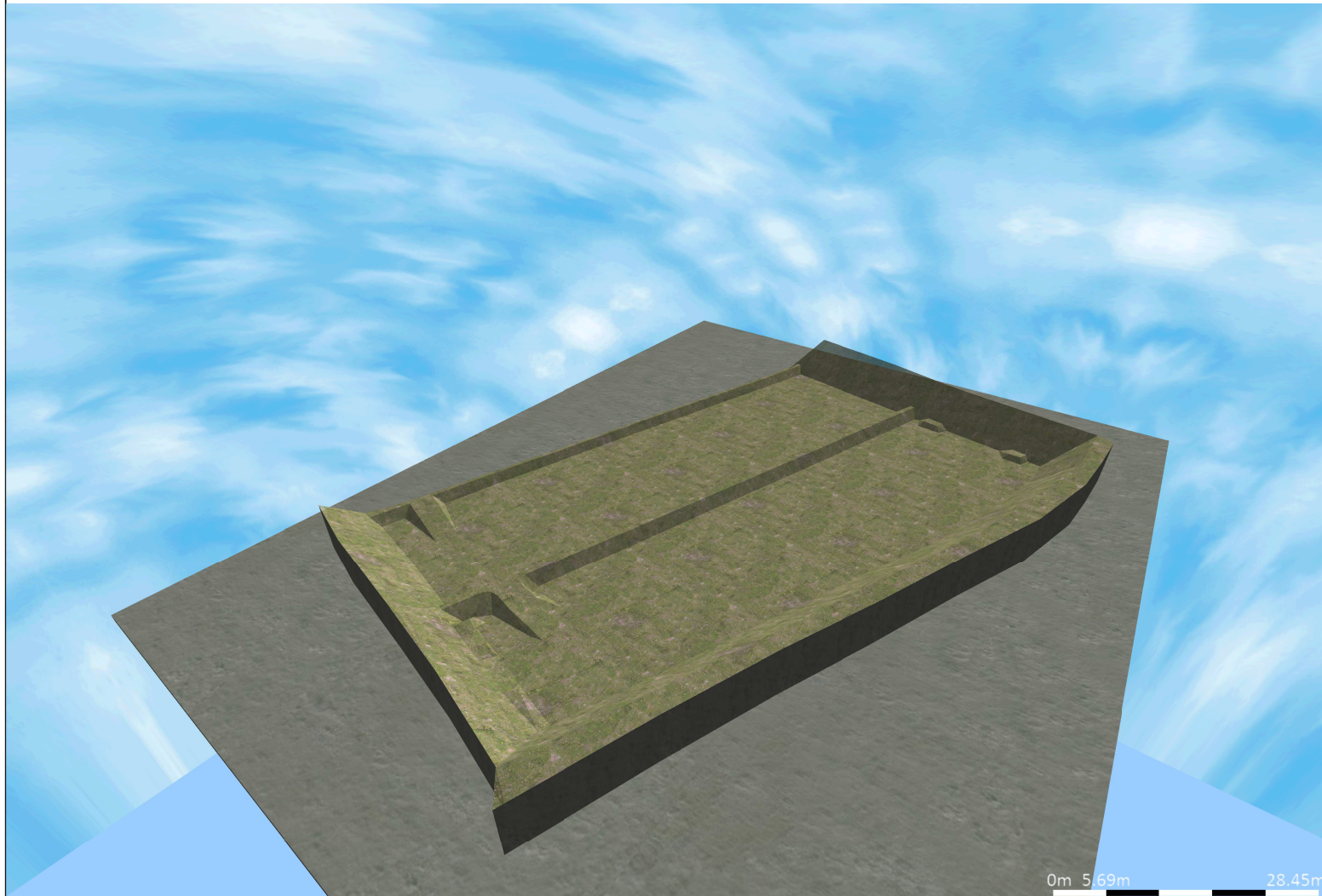
3D3

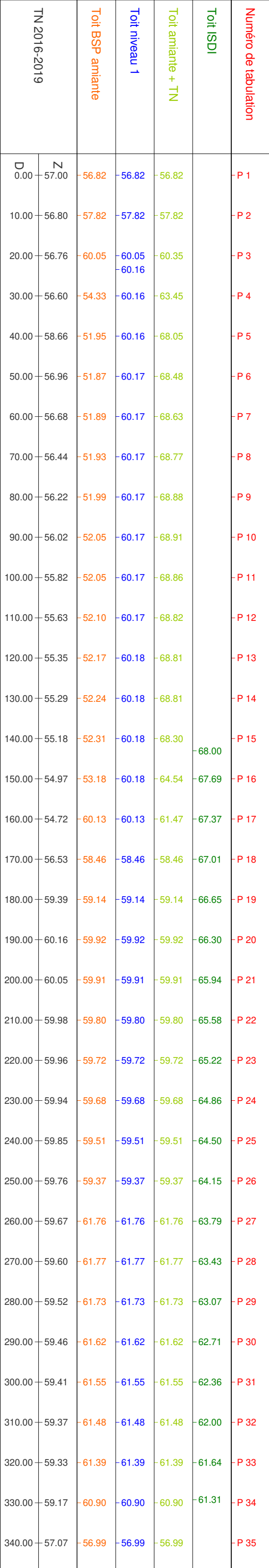
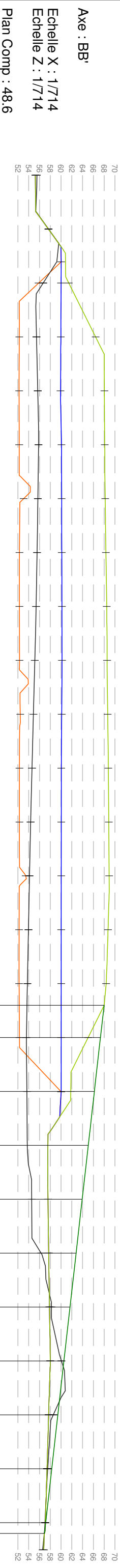
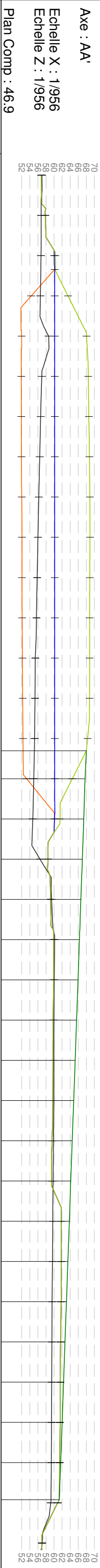
Recollement sous-alvéoles 3 et 4

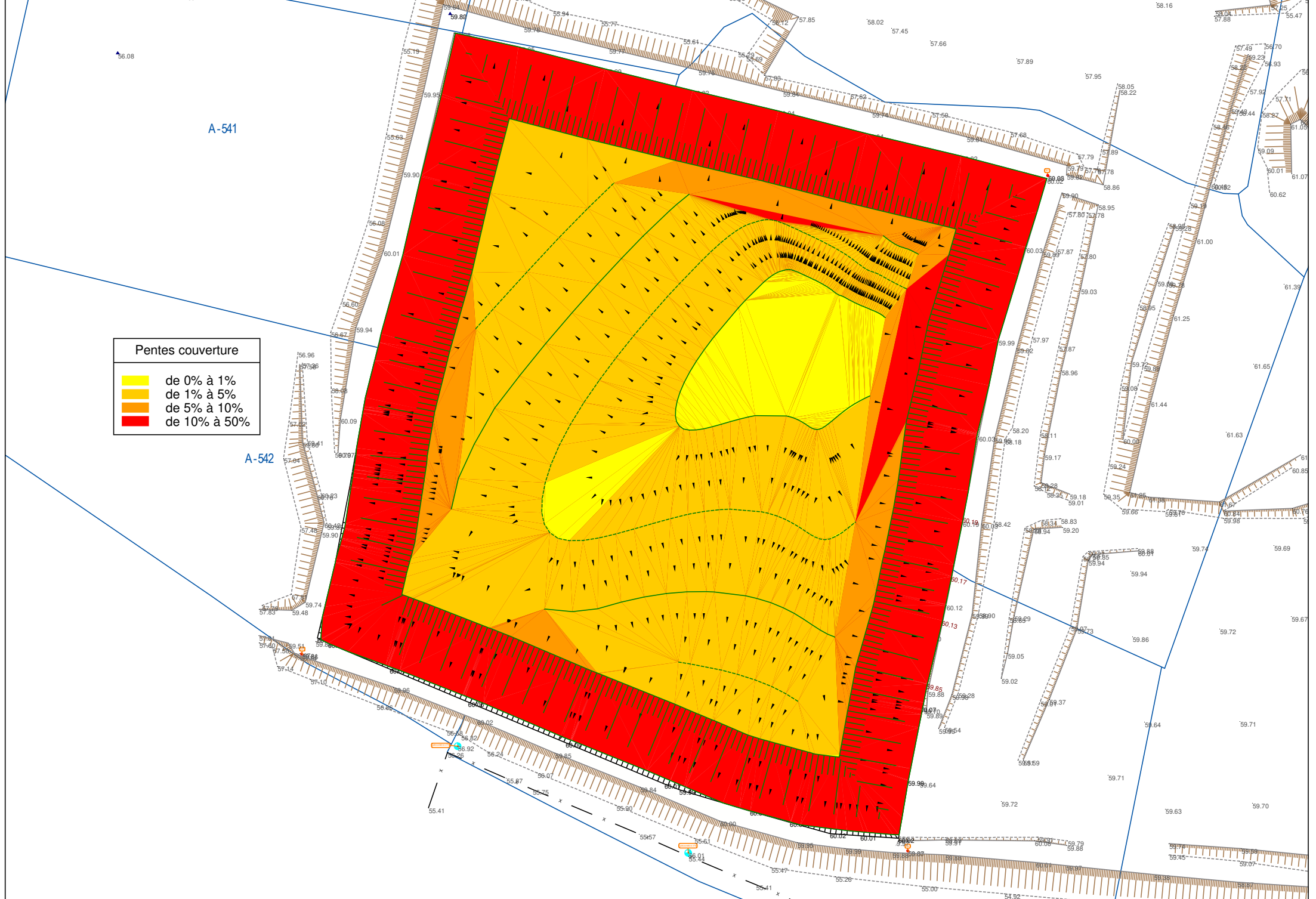
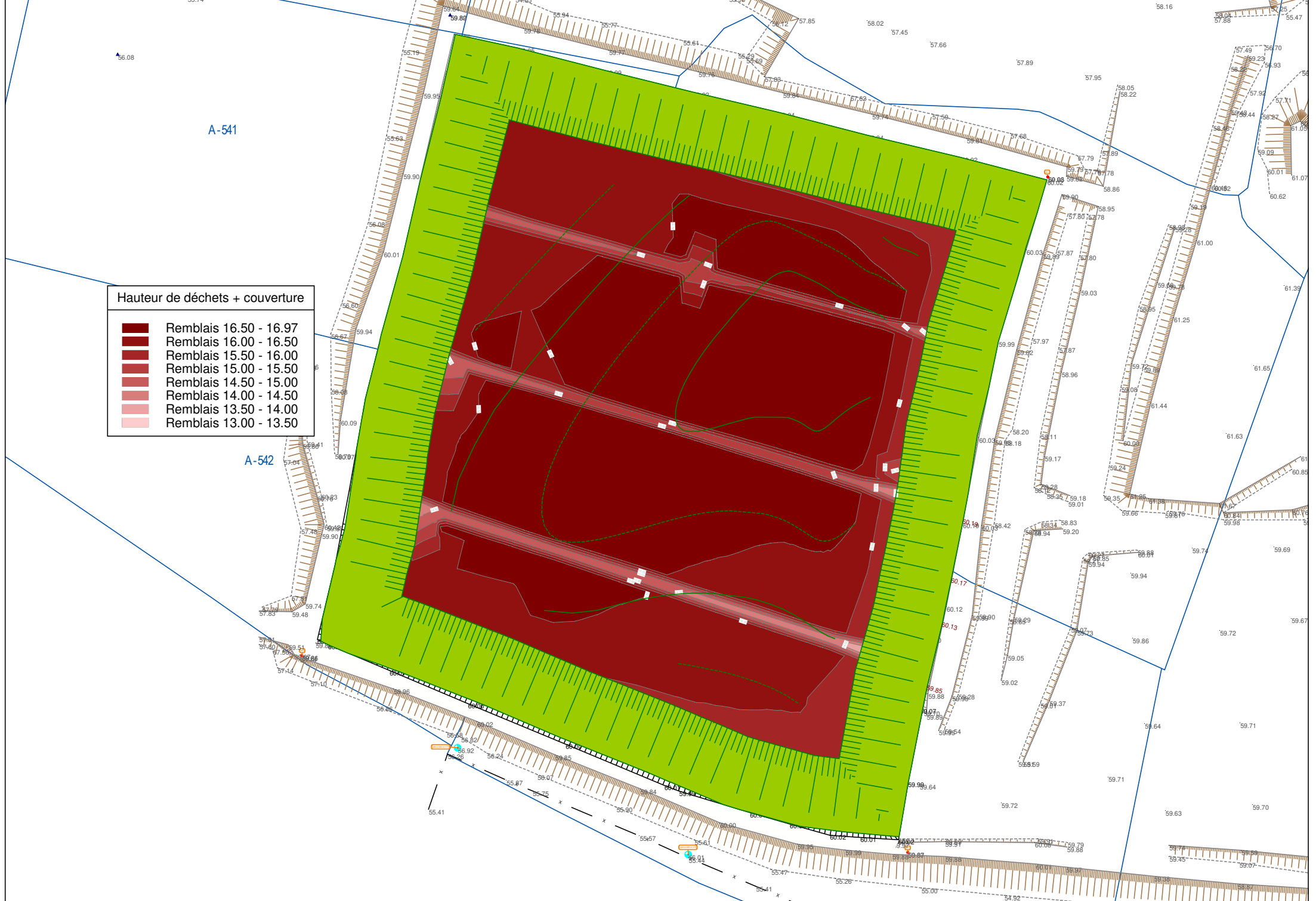
18/08/2022 3D4

Fond de forme alvéole amiante

18/08/2022







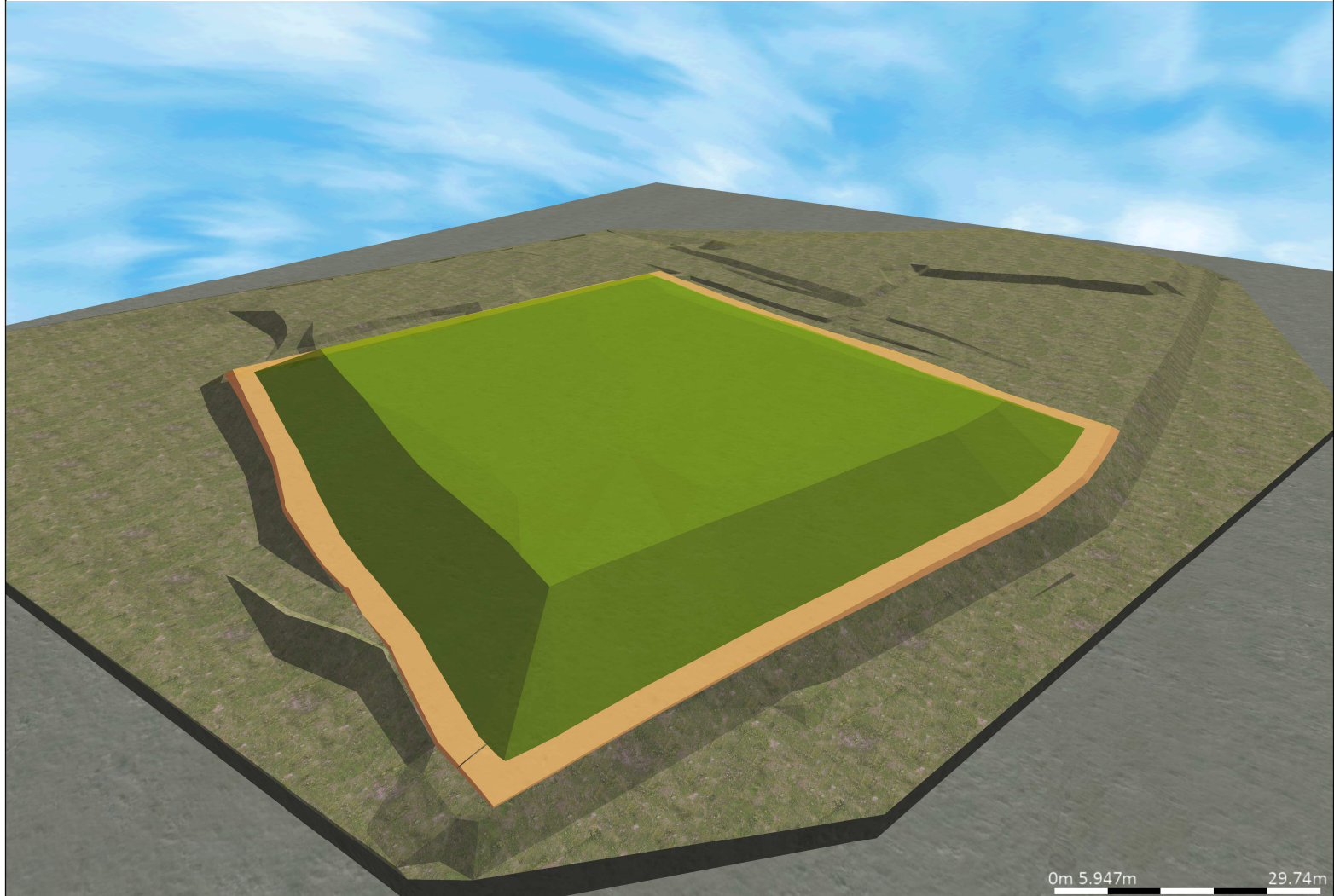
3D5

Toit couverture niveau de rehausse

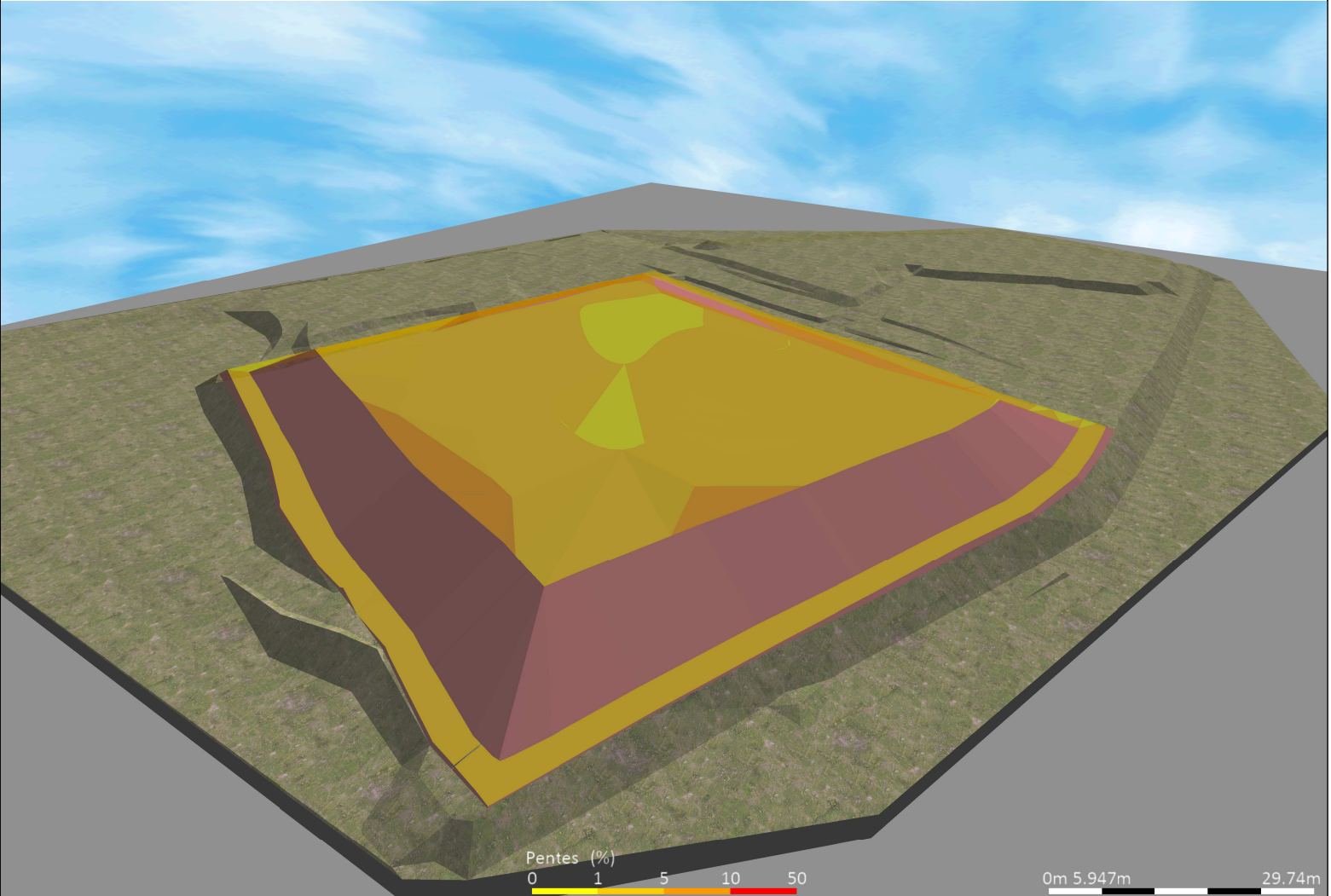
18/08/2022 3D6

Pentes couverture niveau de rehausse

18/08/2022



0m 5.947m 29.74m



Pentes (%) 0 1 5 10 50

0m 5.947m 29.74m

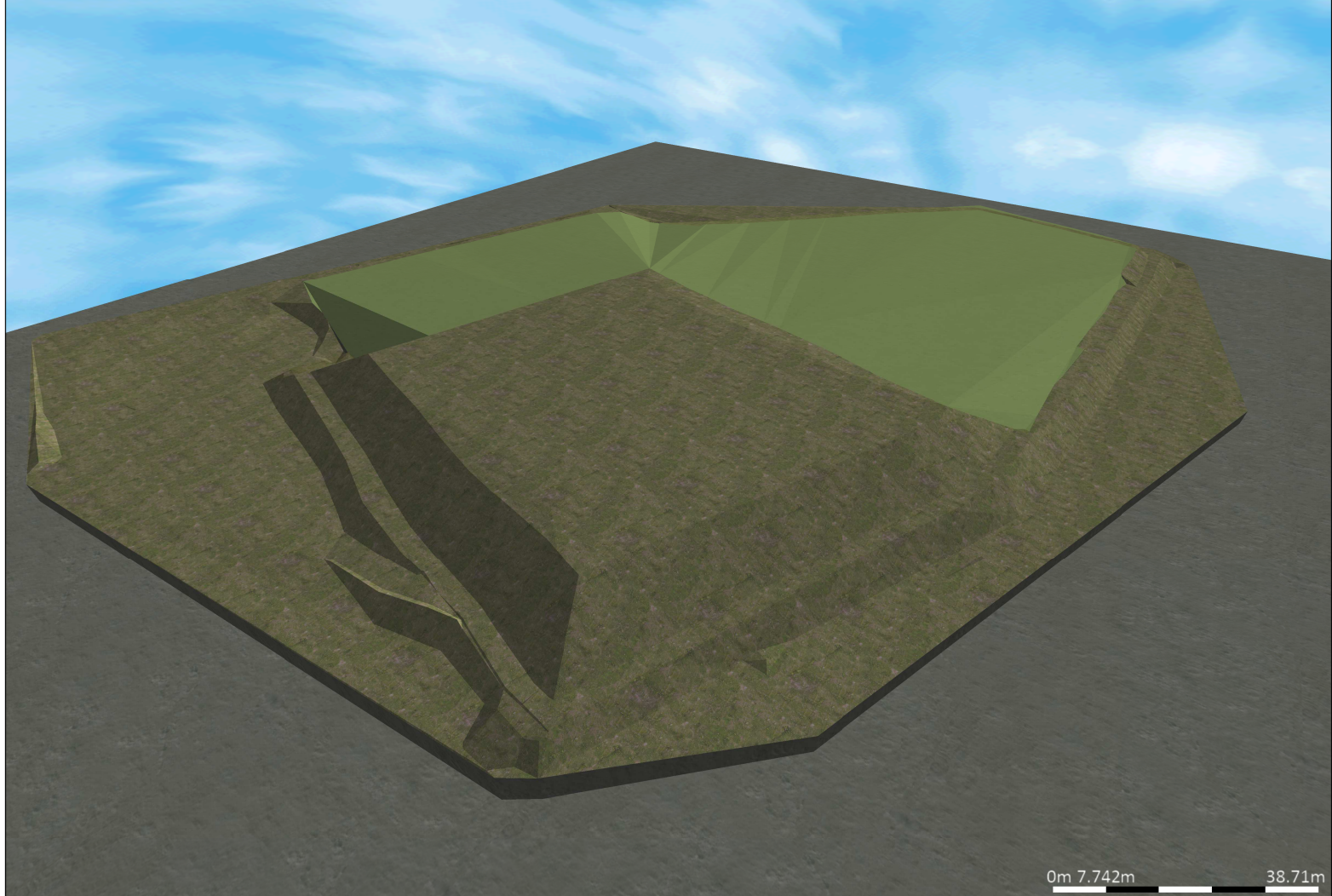
3D7

Toit couverture niveau de rehausse + ISDI

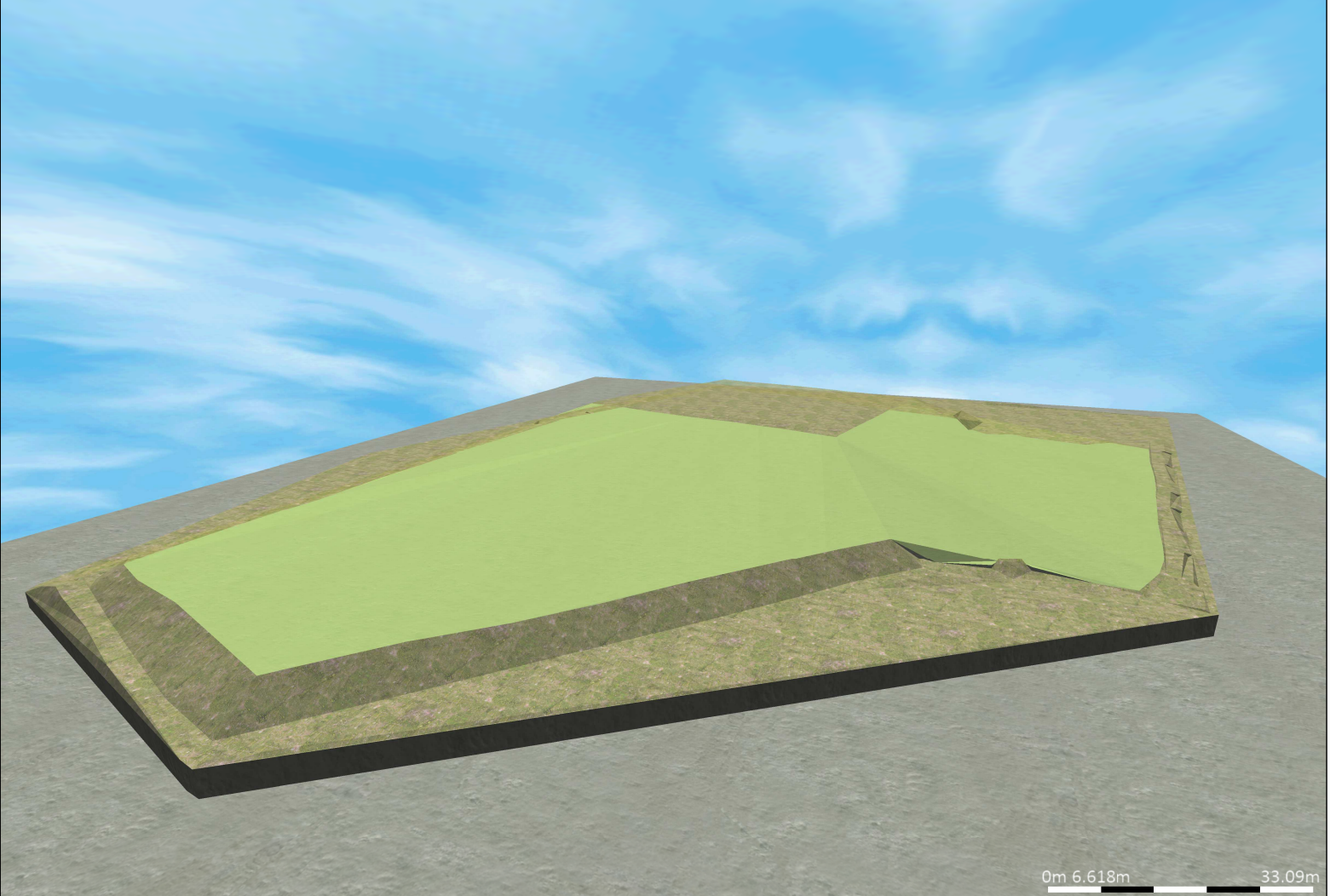
18/08/2022 3D8

Toit couverture niveau de rehausse + ISDI

18/08/2022



0m 7.742m 38.71m



0m 6.618m 33.09m