



Extension du cimetière

Rue du Bourg – ARMBOUTS-CAPPEL (59)

Étude géotechnique préalable (G1)
Phase Etude de Site (ES)



Agence de Béthune • Technoparc Futura • rue de l'Université • 62400 BETHUNE
Tél. 03 21 56 43 43 • Fax 03 21 68 19 99 • cebtp.bethune@groupeginger.com

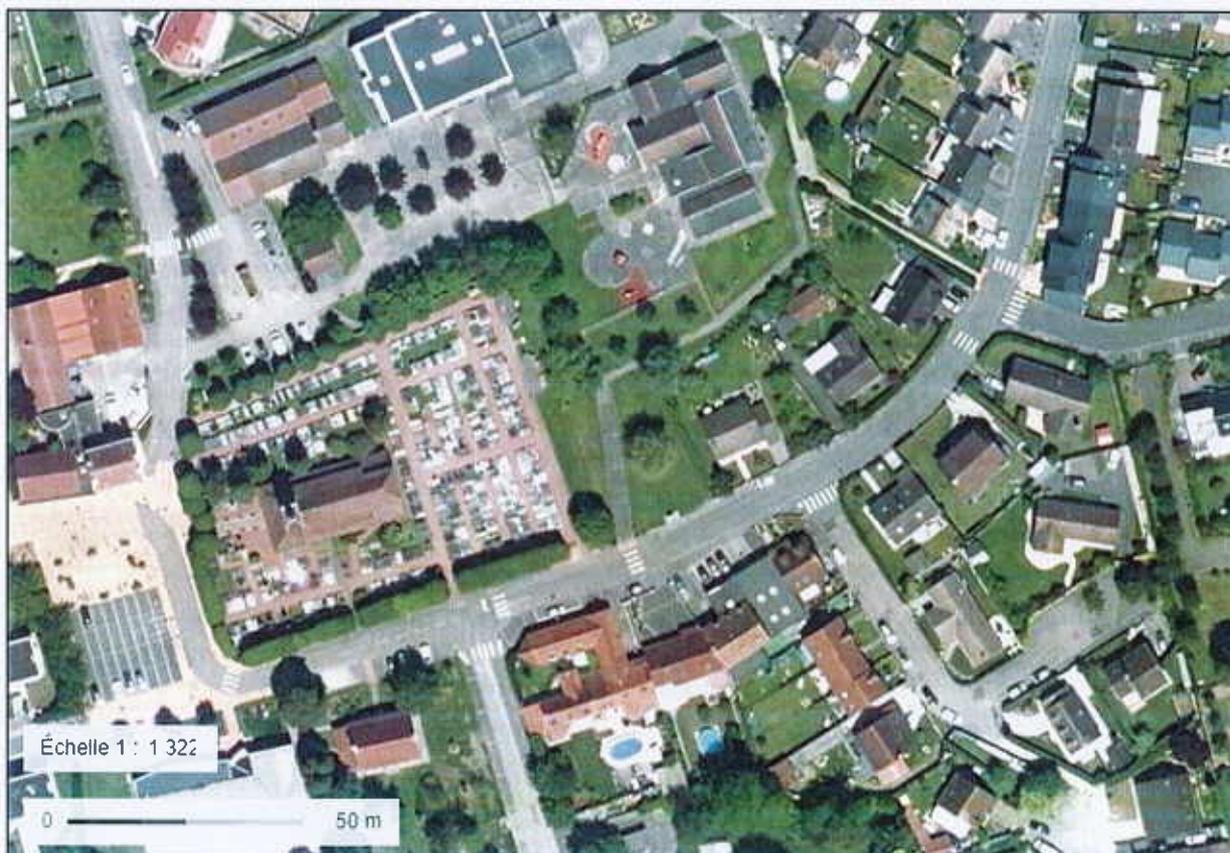


Figure 1 : Vue aérienne de la zone d'étude (source : geoportail.gouv.fr)

Communauté Urbaine de Dunkerque (C.U.D.)

EXTENSION DU CIMETIERE

Rue du Bourg – ARMBOUTS-CAPPEL (59)

RAPPORT - ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1) – PHASE ES

Dossier : NBE2.N0164.15				Contrat : NBE2.N.0149			
Indice	Date	Chargés d'affaire	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu	Observations
1	19/09/23	L. MOREAU J. ROUSSEAUX	<i>[Signature]</i>	R. LETY	<i>[Signature]</i>	16 pages 4 annexes	

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.

Sommaire

1. Plans de situation	4
1.1. Extrait de carte IGN	4
1.2. Image aérienne	4
2. Contexte de l'étude	5
2.1. Données générales.....	5
2.1.1. Généralités	5
2.1.2. Document communiqué	5
2.2. Description du site	5
2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants	5
2.2.2. Contexte géologique, hydrogéologique et sismique.....	7
2.3. Description du projet.....	9
2.4. Mission Ginger CEBTP.....	9
3. Investigations géotechniques	11
3.1. Implantation et nivellement	11
3.2. Sondages, essais et mesures in situ	11
3.2.1. Investigations in situ.....	11
3.2.2. Essais de perméabilité in situ	12
3.2.3. Piézométrie.....	12
3.3. Essais en laboratoire.....	12
4. Résultats des investigations	13
4.1. Modèle géologique général	13
4.1.1. Lithologie	13
4.1.2. Caractéristiques physiques des sols.....	13
4.2. Contexte hydrogéologique général.....	14
4.2.1. Piézométrie.....	14
4.2.2. Perméabilité.....	14
5. Etude de site - Conclusions	15
6. Observations majeures	16

ANNEXES

ANNEXE 1 - NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES
ANNEXE 2 - PLAN D'IMPLANTATION DES SONDRAGES
ANNEXE 3 - SONDRAGES ET ESSAIS IN SITU
ANNEXE 4 - PROCES-VERBAUX DES ESSAIS EN LABORATOIRE

1. Plans de situation

1.1. Extrait de carte IGN

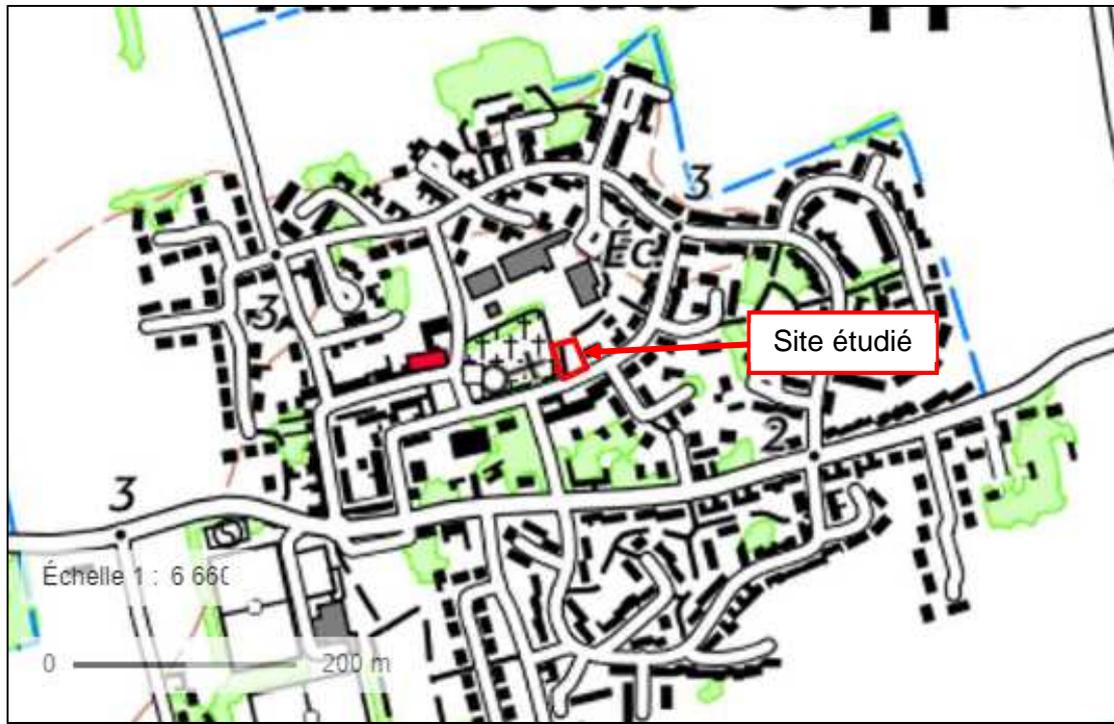


Figure 2 : Extrait de la carte topographique IGN (source : geoportail.gouv.fr)

1.2. Image aérienne



Figure 3 : Photographie aérienne de la zone d'étude (source : geoportail.gouv.fr)

2. Contexte de l'étude

2.1. Données générales

2.1.1. Généralités

Nom de l'opération : Extension du cimetière.

Localisation : Rue du Bourg – ARMBOUTS-CAPPEL (59)

Demandeur de la mission / client : Communauté Urbaine de Dunkerque - CUD.

2.1.2. Document communiqué

Le document qui nous a été communiqué et qui a été utilisé dans le cadre de ce rapport, correspond à la notice de présentation du foncier cimetière établie par la Direction Qualité de Vie Environnement.

2.2. Description du site

2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants

La zone étudiée se situe en bordure de la rue du Bourg, à l'Est du cimetière d'ARMBOUTS-CAPPEL (59).

Le terrain correspond à un espace public enherbé et partiellement arboré traversé par un chemin piétonnier.

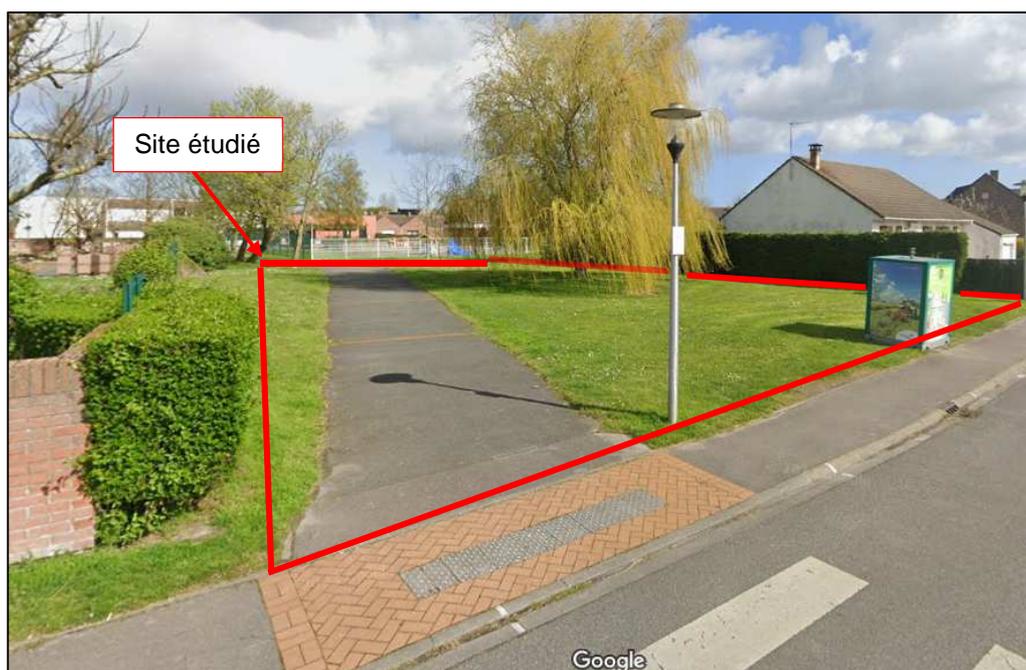
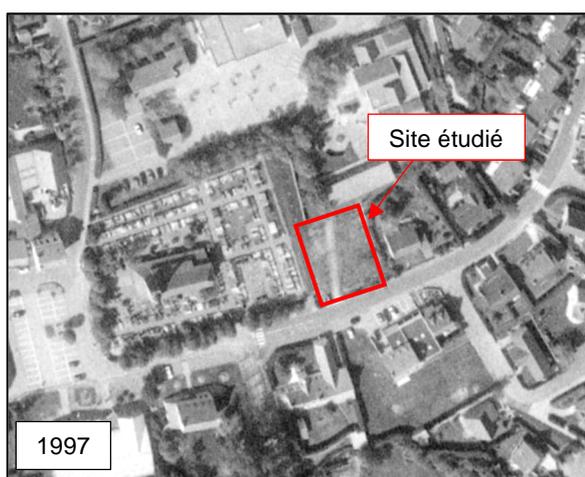
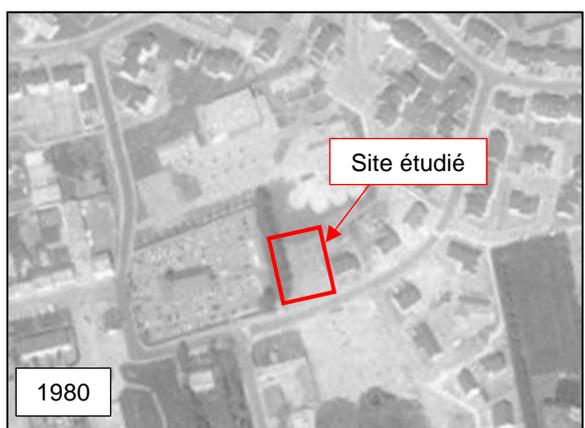
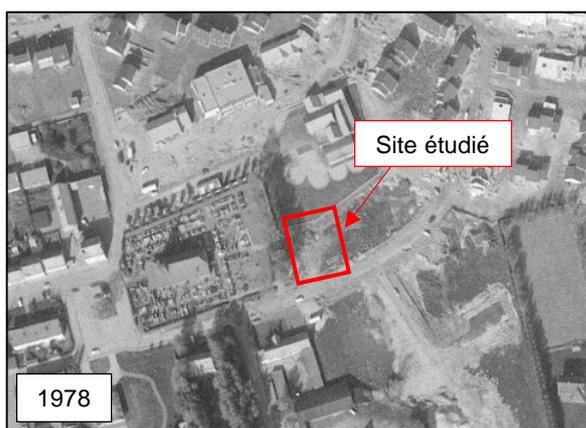
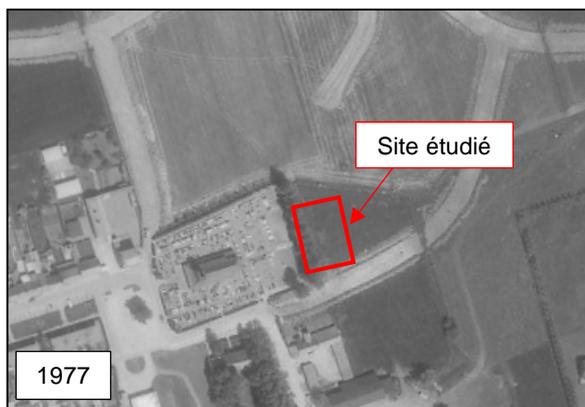


Figure 4 : Vue Google Street de la zone d'étude (source : Google Maps)

Une brève recherche historique à partir des photographies aériennes du site « remonterletemps.ign.fr » montre que la zone étudiée correspondait à une parcelle agricole. Vers 1977, des travaux de viabilisation, puis la construction de nombreuses habitations modifie peu à peu la commune. Le chemin piétonnier est créé vers 1997 et la zone étudiée restera inchangé jusqu'à nos jours.





2.2.2. Contexte géologique, hydrogéologique et sismique

➤ Carte géologique

D'après notre expérience locale et la carte géologique de DUNKERQUE-HONDSCHOOTE à l'échelle 1/50000^{ème}, le site serait constitué des formations suivantes, sous un horizon végétalisé (terre végétale ou remblais végétalisés) :

- Assise de Dunkerque (sables, limons, argiles) du Flandrien supérieur (**Mzb**),
- Tourbe supérieure recouverte par les dépôts de Dunkerque du Flandrien supérieur (**T1**).

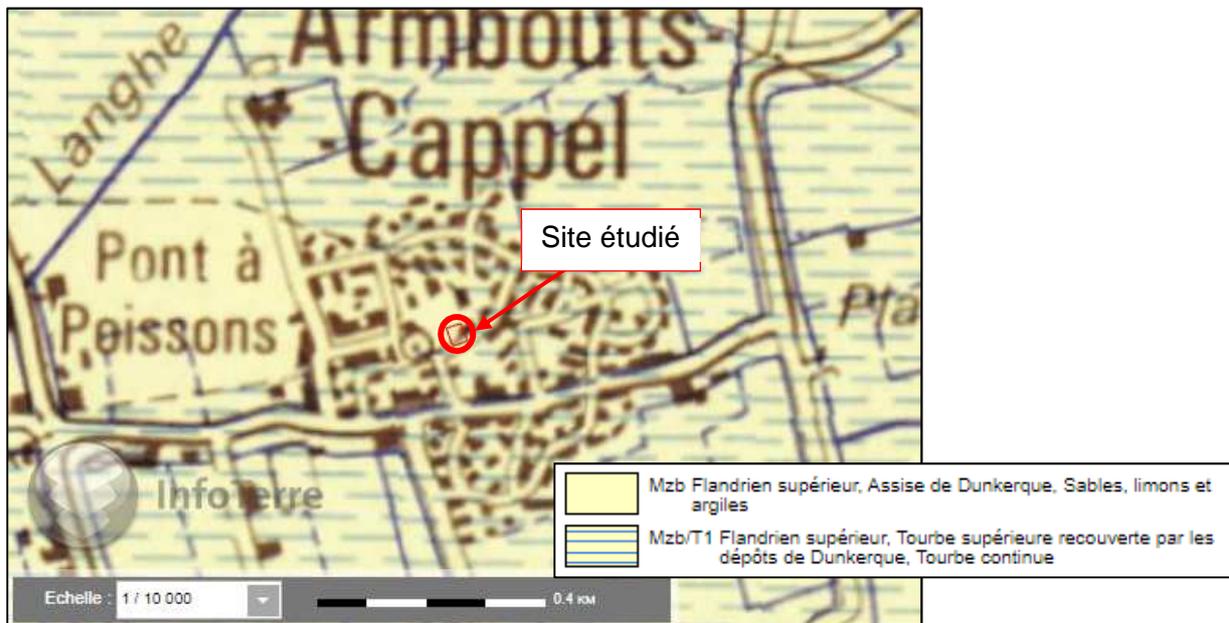


Figure 5 : Extrait de la carte géologique de Dunkerque-Hondschoote à l'échelle 1/50000^{ème} (source : infoterre.brgm.fr)

➤ **Inondations**

D'après la carte des zones sensibles aux remontées de nappe extraite du site internet « Géorisques », le site étudié se trouverait au droit d'une **zone potentiellement sujette aux débordements de nappe**.

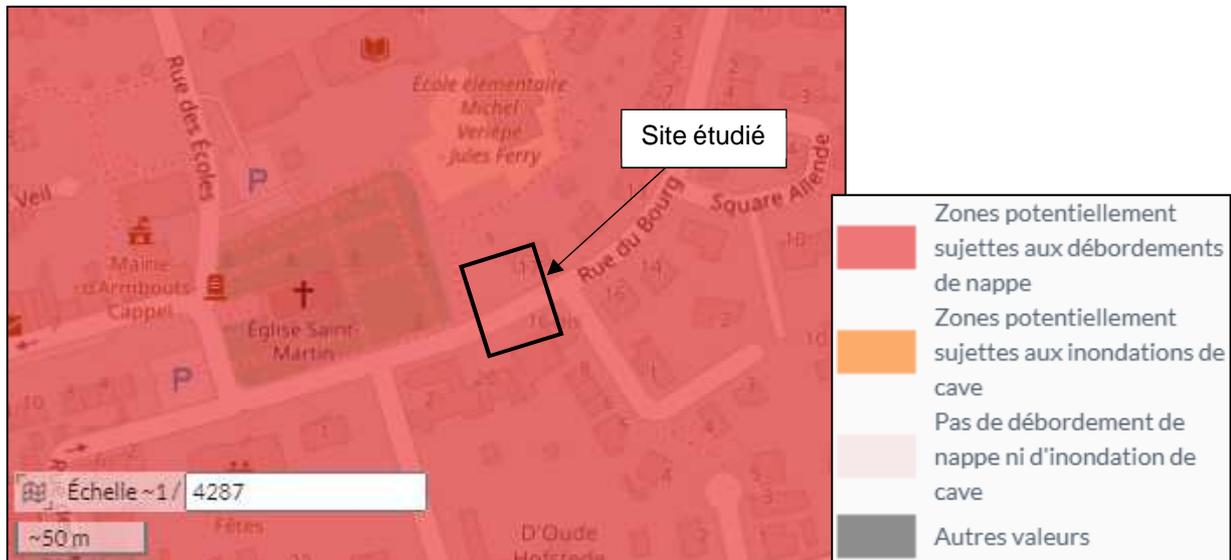


Figure 6 : Extrait de la carte des zones sensibles aux remontées de nappe (source : georisques.gouv.fr)

De plus, la commune d'ARMOBOUTS-CAPPEL fait l'objet d'un **Plan de Prévention des Risques d'inondations (PPRi d'Armbouts-Cappel)** prescrit en Février 2001, mais non approuvé à ce jour.

➤ **Aléa retrait-gonflement des argiles**

La carte des zones d'exposition aux phénomènes de retrait-gonflement des argiles disponible sur « Géorisques » montre que le site se trouve en **zone d'exposition moyenne**.



Figure 7 : Extrait de la carte des zones d'exposition aux phénomènes de retrait-gonflement des argiles (source : georisques.gouv.fr)

➤ **Risque sismique**

D'après le zonage sismique de la France (décret n°2010-1255 du 22/10/2010 modifié les 15/09/2014 et 08/09/2021), le site étudié est classé en **zone de sismicité 2 (aléa faible)**.

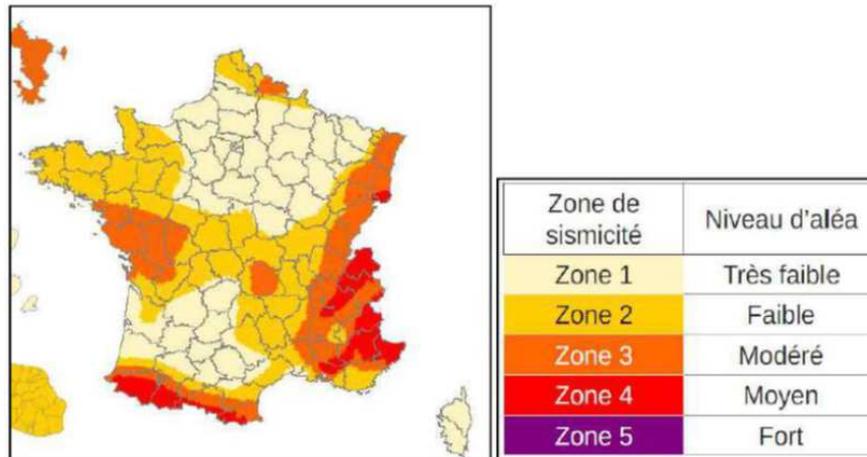


Figure 8 : Carte du zonage sismique de la France

2.3. Description du projet

Le projet qui fait l'objet d'une étude géotechnique préalable de site (G1 ES), concerne l'extension du cimetière de la commune d'ARMBOUTS-CAPPEL (59).

2.4. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat NBE2.N.0149.

Il s'agit d'une ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1) selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique. Plus précisément, compte tenu du niveau d'avancement du projet, notre mission s'intègre dans la phase Etude de Site (ES).

La mission comprend, conformément au contrat, les prestations suivantes :

- Réaliser une enquête documentaire géologique pour décrire le cadre géotechnique du site.
- Réaliser une campagne de reconnaissance de sols au droit du site.
- Décrire la lithologie de la zone d'étude.
- Relever le niveau d'eau dans les sondages réalisés.
- Identifier les caractéristiques géologiques, géotechniques, hydrogéologiques et sismiques du site.

Il convient de rappeler que les aspects suivants ne font pas partie de cette mission :

- L'étude historique du site.
- L'évolution dans le temps de l'hydrogéologie locale.
- L'étude géotechnique de conception [Mission G2].
- La reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de l'emprise des investigations.

3. Investigations géotechniques

3.1. Implantation et nivellement

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan joint en annexe 2. Elle a été définie et réalisée par Ginger CEBTP en fonction du projet.

Leurs coordonnées, qui ont été relevées en X, Y (RGF93 – CC50) et en Z (NGF IGN69) à l'aide d'un GPS de précision, sont reportées sur les coupes de sondage correspondantes.

L'altitude des têtes de sondage correspond au niveau du terrain actuel au moment des investigations en Juillet 2023.

3.2. Sondages, essais et mesures in situ

3.2.1. Investigations in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Type de sondage	Quantité	Sondages	Prof. / TA (m)
Sondage semi-destructif à la tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	1	T1	8.00
Sondage destructif au tricône ø 120 mm pour la pose d'un équipement piézométrique	1	PZ1	8.00
Fouille à la pelle mécanique pour essais d'infiltration à niveau variable (ou essais à la fosse dits MATSUO)	1	EF1	2.00 (2 essais)

Les coupes des sondages et de la fouille à la pelle sont présentées en annexe 3 où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- **Sondage semi-destructif à la tarière hélicoïdale :**
 - Coupe des sols,
 - Résultats des essais au laboratoire.

- **Sondage destructif au tricône :**
 - Coupe des sols,
 - Equipement piézométrique.

- **Fouille de reconnaissance à la pelle mécanique :**

- Coupe détaillée des sols,
- Résultats des essais d'infiltration,
- Résultats des essais en laboratoire,
- Photographies de la fouille et des sols extraits.

Nota : les feuilles de sondages peuvent également contenir des informations complémentaires dont les niveaux d'eau éventuels, les incidents de forage, etc...

3.2.2. Essais de perméabilité in situ

Les essais suivants ont été réalisés :

Type d'essai de perméabilité in situ	Sondage de référence	Dénomination	Prof. / TA (m)
Essai d'infiltration à niveau variable (ou essai à la fosse dits MATSUO)	EF1	EF1.1	1.00 – 1.50
		EF1.2	1.50 – 2.00

3.2.3. Piézométrie

L'équipement suivant a été mis en place :

Equipement piézométrique	Sondage de référence	Prof. / TA (m)
Piézomètre définitif de type ouvert avec capot métallique Norme NF P94-157-1	PZ1	8.00

3.3. Essais en laboratoire

Les essais suivants ont été réalisés en laboratoire :

Identification des sols	Nombre	Norme
Teneur en eau pondérale W	6	NF P94-050
Analyse granulométrique par tamisage	2	NF P94-056
Valeur au bleu du sol (VBS)	2	NF P94-068
Classification des sols (GTR)	2	NF P11-300

4. Résultats des investigations

4.1. Modèle géologique général

4.1.1. Lithologie

Il est à noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain actuel tel qu'il était au moment de la reconnaissance en Juillet et Août 2023.

L'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées ont permis de dresser la coupe géotechnique schématique suivante :

Formation n°0 : Horizon limono-sableux végétalisé avec racines.

Profondeur de la base : 0.80 (T1) à 0.90 m/TA (EF1).

Formation n°1 : Limon sableux marron-brun de classe GTR B₅ à débris coquillers, quelques racines et cailloutis.

Profondeur de la base : 1.50 m/TA.

Formation n°2 : Argile limoneuse de classe GTR A₂ à traces d'hydromorphie à argile tourbeuse gris foncé.

Profondeur de la base : 2.00 m (profondeur maximale investiguée en EF1) à 8.00 m/TA (profondeur maximale investiguée en T1).

Remarque : Nous rappelons qu'il n'est pas toujours évident de distinguer les variations horizontales et/ou verticales éventuelles, inhérentes aux changements de faciès, compte tenu de la surface investiguée par rapport à celle concernée par le projet. De ce fait, les caractéristiques indiquées précédemment ont un caractère représentatif mais non absolu.

4.1.2. Caractéristiques physiques des sols

Les résultats des essais en laboratoire, dont les procès-verbaux sont insérés en annexe 4, sont synthétisés dans le tableau ci-après :

Sondage	Formation / type de sol	Prof. (m) échantillon	W (%)	VBS	Tamisé < 80 µm (%)	Classe G.T.R.
EF1	Limon sableux à débris coquillers + racines + cailloutis	0.90 – 1.50	7.6	0.87	33.2	B5
	Argile limoneuse à traces d'hydromorphie	1.50 – 2.00	21.1	2.90	81.0	A2

Légende :

W :	Teneur en eau pondérale
VBS :	Indice de mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène du sol
Tamisé < 80 µm :	Pourcentage d'éléments fins passant au tamis de 80 micromètres
Classe GTR :	Classe de sol selon la norme NF P11-300

4.2. Contexte hydrogéologique général

4.2.1. Piézométrie

Lors de notre intervention en Juillet 2023, un niveau d'eau non stabilisé a été relevé à 2.60 m de profondeur lors de l'installation de l'équipement piézométrique.

Après purge et nettoyage du piézomètre, un niveau d'eau stabilisé a été mesuré à 1.87 m de profondeur en Septembre 2023.

Il est à noter que le régime hydrogéologique peut varier en fonction de la saison et de la pluviométrie. Ce niveau d'eau doit donc être considéré à un instant donné.

Enfin, n'ayant pas d'information sur les niveaux prévisibles des plus hautes eaux, seule une mission complémentaire permettra de préciser cette altitude.

4.2.2. Perméabilité

Afin d'estimer l'ordre de grandeur de la perméabilité des terrains en place, des essais d'infiltration à niveau variable (ou essai à la fosse) adaptés au site et au projet, ont été réalisés.

Les résultats de ces essais sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Sondage	Essai	Formation / Nature du sol	Profondeur de l'essai (m/TA)	Coefficient de perméabilité k (m/s)
EF1	EF1.1	Limon sableux à débris coquillers + racines + cailloutis	1.00 – 1.50	$< 10^{-7}$
	EF1.2	Sable à débris coquillers	1.50 – 2.00	$< 10^{-7}$

Nous rappelons qu'il s'agit d'essais ponctuels mesurant la perméabilité sur une surface très limitée par rapport au terrain étudié. Des variations latérales ne sont donc pas exclues.

5. Etude de site – Conclusions

Le site est caractérisé par :

- Un espace vert partiellement arboré traversé par un chemin piétonnier, à l'Est du cimetière d'Armbouts-Cappel.
- Une exposition moyenne aux phénomènes de retrait/gonflement des argiles.
- La commune est soumise à un PPR Inondations non approuvé à ce jour.
- La succession lithologique est la suivante : sous une couverture de remblais limono-sableux végétalisés, présence de **limon sableux marron-brun de classe GTR B₅** à débris coquillers comportant quelques racines et cailloutis jusqu'à 1.50 m de profondeur qui recouvre une **argile limoneuse à traces d'hydromorphie de classe GTR A₂** à **argile tourbeuse gris foncé** jusqu'à la profondeur maximale investiguée, soit 8.00 m/TA.
- Les sols sableux sont **moyennement à peu perméables**.
- **Un niveau d'eau stabilisé a été mesuré à 1.87 m de profondeur** dans le piézomètre en Septembre 2023. Ce niveau d'eau est susceptible de varier en fonction des conditions météorologiques. Afin de suivre les variations de celui-ci, il est recommandé la réalisation d'un suivi piézométrique manuel mensuel sur une période de 6 à 12 mois.

6. Observations majeures

Les reconnaissances de sol procédant par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (hétérogénéité locale des terrains remaniés ou zones très altérées par exemple) qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques de l'Union Syndicale Géotechnique fournies en annexe 1 (norme NF P 94-500 de novembre 2013).

Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre d'une étude géotechnique préalable – Etude de site (G1 ES) et que, conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, les différentes phases de l'étude géotechnique de conception (G2) peuvent être envisagées (collaboration avec l'équipe de conception) pour permettre l'optimisation du projet avec, notamment, la prise en compte des interactions sol / structure.

Ginger CEBTP peut prendre en charge la réalisation des missions géotechniques à suivre, de conception et de réalisation.

ANNEXE 1 - NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

- Classification des missions types d'ingénierie géotechnique,
- Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique.

ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94-500 - version de Novembre 2013)

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

CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94-500 - version de Novembre 2013)

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

GINGER
CEBTP

- ⊗ Sondage à la Tarière
- Equipement Piézométrique
- Fouille à la pelle mécanique avec Essais d'infiltration à niveau variable

Extension du cimetière

Rue du Bourg - ARMOUITS-CAPPEL (59)

C.U.D.

Dossier NBE2.N0164.15

ANNEXE 3 – SONDAGES ET ESSAIS IN SITU

Cote (m)	Profondeur (m)	Outil	Tubage	Niveau d'eau (m)	Lithologie	Equipment	Echantillons	Résultats des essais en laboratoire
0					Limon sableux végétalisé avec racines			W = 10.6 %
	0.80				0.80 m - NGF : 1.10 m		0.80 m	
1				1.87 m NGF	Limon plus ou moins sableux marron-brun			W = 17.7 %
	1.50			0.03 m NGF	1.50 m - NGF : 0.40 m		1.50 m	
0				01/09/2023				W = 66.2 %
	3.00			Stabilisé			3.00 m	
-1					Argile tourbeuse gris foncé			
	8.00				8.00 m - NGF : -6.10 m		8.00 m	W = 48.5 %
-2								
	4.00							
-3								
	5.00							
-4								
	6.00							
-5								
	7.00							
-6								
	8.00							

Observation : Niveau d'eau stabilisé à 1.87 m de profondeur.

EXGTE 3.23.3

Ech.Prof: 1/50°

date travaux: 24/07/2023

Prof. (m)	Outils	Tubage	Etages	COUPE		Description des sols	Piezomètre	Echant.	équipement Piezo et observations
				Prof	NGF				
1				0.80	01.10	Limon sableux végétalisé marron avec racines			capot métallique cadenassé sur massif de scellement. bouchon étanche avec Billes d'argile de 0.5 à 1.0 m. gravillons drainants à partir de 1.00 m début crépine à 1 m.
				1.50	00.40	Limon plus ou moins sableux marron-brun			
2									
3									
4									
5						Argile tourbeuse gris foncé			tube crépiné sur H=7.00 m avec chaussette géotextile
6									
7									
8				8.00	-06.10	[Arrêt du sondage]			tube piezo PVC diamètre Int. 52 mm longueur 8 m. fin crépine à 8 m. bouchon à la base
9									
10									

Sondeuse: Socomafor 35C

Observations : Cimentation de 0.00 à 0.50 m de profondeur.

Niveau d'eau à 1.87 m.
niveau relevé le 01/09/2023

Dossier : **NBE2.N0164.15**

Localité : **Rue du Bourg - ARMOUITS CAPPEL (59)**

Chantier : **Extension du cimetière**

Client : **Communauté Urbaine de Dunkerque**

X : **1654555.0**

Date début de forage : **24/08/2023**

Echelle : **1/15**

Y : **9308979.5**

Date fin de forage : **24/08/2023**

Machine : **Pelle mécanique 2.8 t**

Z : **1.96**

Profondeur de fin : **2.00m**

Profondeur (m)	Cote NGF	Matériel	Niveau d'eau (m)	Lithologie	Echantillons	Résultats des essais d'infiltration	Résultats des essais en laboratoire
0		Pelle mécanique		Horizon végétalisé			
0.90 m - NGF : 1.06 m	1.06 m						0.90 m - NGF : 1.06 m
1.50 m - NGF : 0.46 m	0.46 m			Limon sableux marron à débris coquillers, racines et cailloux divers	1.00 m	$k < 10^{-7}$ m/s	W = 7.6 % VBS = 0.87 Passants 80 µm = 33.2 % GTR = B5
1.50 m - NGF : 0.46 m					1.50 m		1.50 m - NGF : 0.46 m
2.00 m - NGF : -0.04 m	-0.04 m			Argile gris foncé à traces d'hydromorphie		$k < 10^{-7}$ m/s	W = 21.1 % VBS = 2.90 Passants 80 µm = 81.0 % GTR = A2
2.00 m - NGF : -0.04 m					2.00 m		2.00 m - NGF : -0.04 m

Observation : Arrivée d'eau à 2.00 m de profondeur.

EXGTE 3.23.3

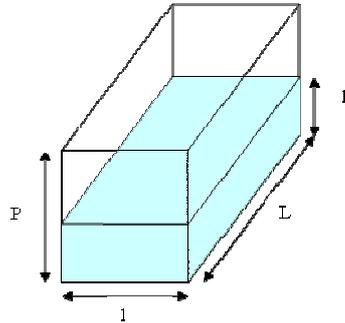
K (m/s)* : Perméabilité à partir de l'origine des mesures
K (m/s) :** Perméabilité entre deux points de mesures

Dossier : NBE2.N0164.15	Client : CUD
Date de l'essai: 24/08/2023	Technicien : YSE
Commune : ARMBOUTS CAPPEL (59)	Dépouillement : JRO

P (m)	l (m)	L(m)	C	Référence
1.5	0.45	1.5	0.17	EF1.1

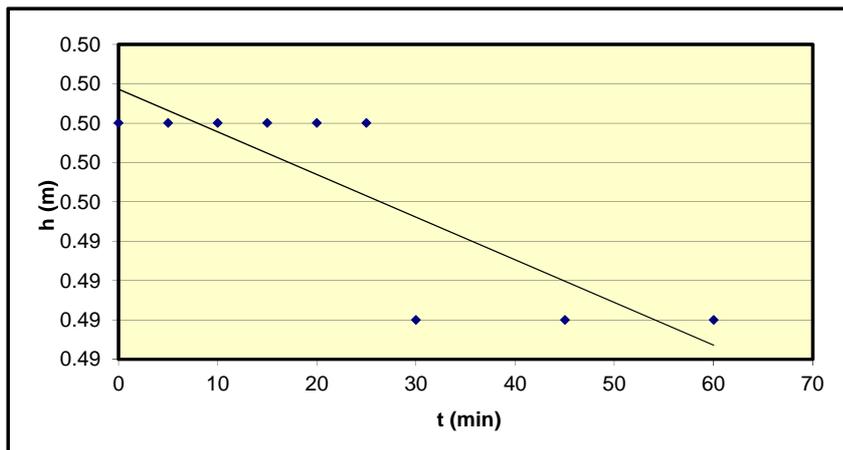
t (min)	h (m)	K (m/s)*	K (m/s)**	COUPE DE SOL	
0	0.50	-	-	Nature du matériau	Profondeur/TN (m)
5	0.50	0.00E+00	0.00E+00	Horizon végétalisé	0.90
10	0.50	0.00E+00	0.00E+00	Limon sableux marron + racines + cailloux + débris coquillers	1.50
15	0.50	0.00E+00	0.00E+00		
20	0.50	0.00E+00	0.00E+00		
25	0.50	0.00E+00	0.00E+00		
30	0.49	1.44E-06	8.64E-06		
45	0.49	9.60E-07	0.00E+00		
60	0.49	7.20E-07	0.00E+00		

$$K = \frac{-C}{60 \times t} \times l \frac{h + C}{H + C} \quad \text{avec } C = \frac{L \times l}{2 \times (L + l)}$$



- K est la perméabilité des sols (m/s)
- H est la hauteur du niveau d'eau à t=0 (m)
- h est la hauteur du niveau d'eau à t (m)
- L est la longueur de la fosse (m)
- l est la largeur de la fosse (m)

Perméabilité K (m/s)
< 10⁻⁷


 Date du rapport: **31/08/2023**

Nom du chargé d'affaires :
LMO/JRO

Visa du chargé d'affaires :
JRO

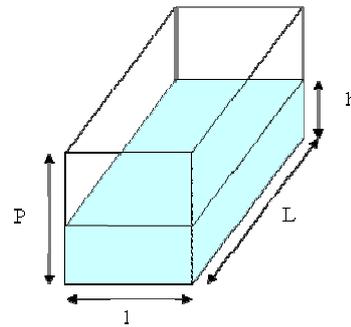
K (m/s)* : Perméabilité à partir de l'origine des mesures
K (m/s) :** Perméabilité entre deux points de mesures

Dossier : NBE2.N0164.15	Client : CUD
Date de l'essai: 24/08/2023	Technicien : YSE
Commune : ARMBOUTS CAPPEL (59)	Dépouillement : JRO

P (m)	l (m)	L(m)	C	Référence
2	0.45	1.5	0.17	EF1.2

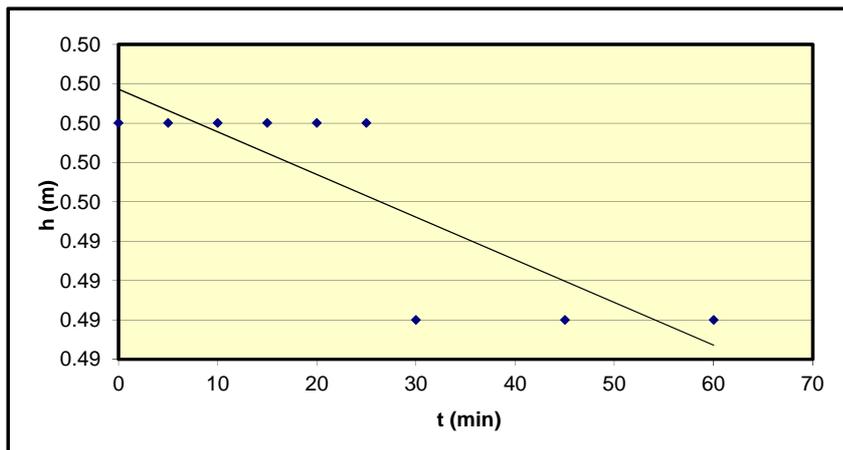
t (min)	h (m)	K (m/s)*	K (m/s)**	COUPE DE SOL	
0	0.50	-	-	Nature du matériau	Profondeur/TN (m)
5	0.50	0.00E+00	0.00E+00	Horizon végétalisé	0.90
10	0.50	0.00E+00	0.00E+00	Limon sableux marron + racines + cailloux + débris coquillers	1.50
15	0.50	0.00E+00	0.00E+00	Argile gris foncé + traces hydromorphie	2.00
20	0.50	0.00E+00	0.00E+00		
25	0.50	0.00E+00	0.00E+00		
30	0.49	1.44E-06	8.64E-06		
45	0.49	9.60E-07	0.00E+00		
60	0.49	7.20E-07	0.00E+00		

$$K = \frac{-C}{60 \times t} \times l \frac{h + C}{H + C} \quad \text{avec } C = \frac{L \times l}{2 \times (L + l)}$$



- K est la perméabilité des sols (m/s)
- H est la hauteur du niveau d'eau à t=0 (m)
- h est la hauteur du niveau d'eau à t (m)
- L est la longueur de la fosse (m)
- l est la largeur de la fosse (m)

Perméabilité K (m/s)
< 10⁻⁷


 Date du rapport: **31/08/2023**

Nom du chargé d'affaires :
LMO/JRO

Visa du chargé d'affaires :
JRO





ANNEXE 4 – PROCES-VERBAUX DES ESSAIS EN LABORATOIRE

**CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES
REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES
NF P 11-300**

 GINGER CEBTP Béthune
 TECHNOPARC FUTURA
 62400 BETHUNE

Informations générales

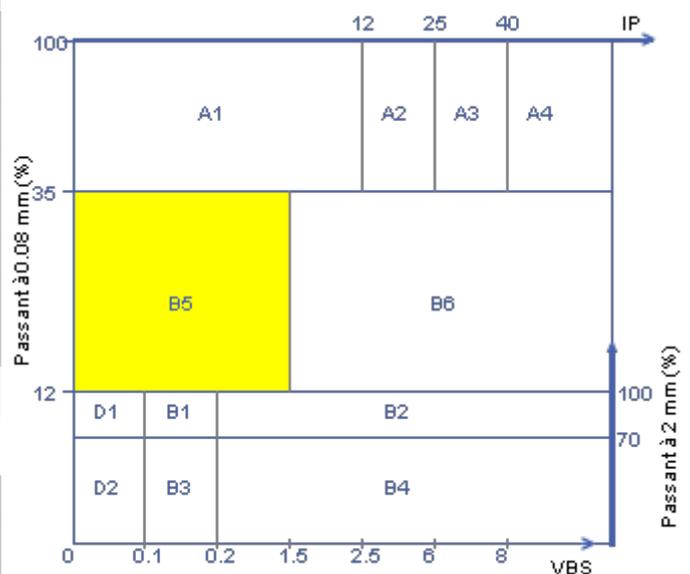
N° dossier : NBE2.N0164.0015	Client / MO : COMMUNAUTE URBAINE DE DUNKERQUE
Désignation : ARMBOUTS-CAPPEL - G1ES - EXTENSION CIMETI59380	Demandeur / MOE : COMMUNAUTE URBAINE DE DUNKERQUE
Localité : ARMBOUTS CAPPEL	
Chargé d'affaire : LOUIS MOREAU	

Informations sur l'échantillon N° 23NBE-1784

Mode de prélèvement : Sondage à la Pelle Mécanique	Sondage : EF1
Prélevé par : POLE SONDAGE	Profondeur : 0.90/1.50 m
Date prélèvement : 24/08/23	
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac	
Date de livraison : 24/08/23	
Description : Remblai limono-sableux	

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	26	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	65.6	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	33.2	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	ME selon NFP94-051		%
Limite de plasticité - WP	ME selon NFP94-051		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF P94-068	0.87	g de bleu pour 100

CLASSIFICATION NF P 11-300: B5

Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	7.6	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / IP		
Wn / W OPN	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W _{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ _{OPN} (Mg/m ³) :	


Observations:

 Le Responsable du Laboratoire
Alain LORIOL

GINGER CEBTP Béthune
TECHNOPARC FUTURA
62400 BETHUNE



N°06-77

Informations générales

N° dossier : NBE2.N0164.0015	Client / MO : COMMUNAUTE URBAINE DE DUNKERQUE
Désignation : ARMOBOUTS-CAPPEL - G1ES - EXTENSION CIMETI59380	
Localité : ARMOBOUTS CAPPEL	Demandeur / MOE : COMMUNAUTE URBAINE DE DUNKERQUE
Chargé d'affaire : LOUIS MOREAU	

Informations sur l'échantillon N° 23NBE-1784

Mode de prélèvement : Sondage à la Pelle Mécanique	Sondage : EF1
Prélevé par : POLE SONDRAGE	Profondeur : 0.90/1.50 m
Date prélèvement : 24/08/23	
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac	
Date de livraison : 24/08/23	dm (mm) : 31.5
Description : Remblai limono-sableux	

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage	Technicien : Timothée LECLERCQ
Température : 105°C	Date essai : 04/09/23

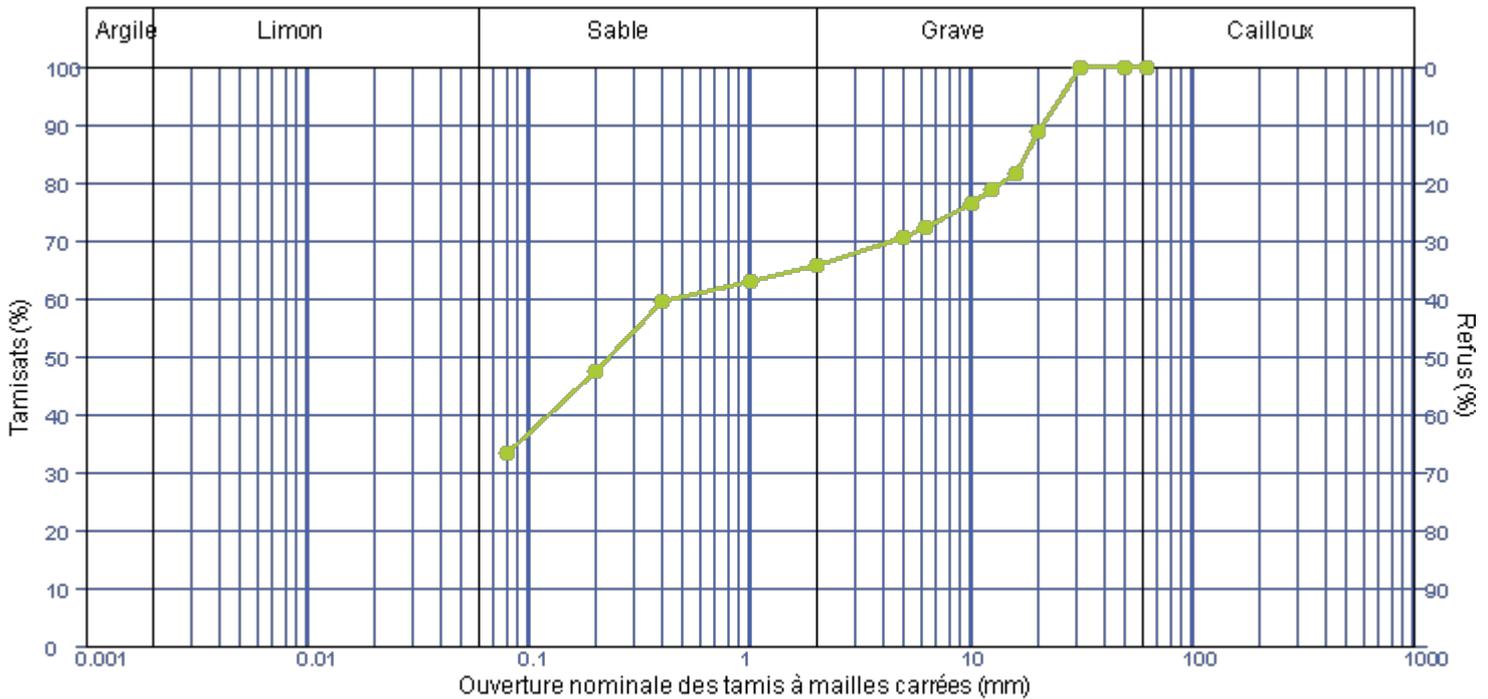
Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tamais à mailles carrées (mm)	63 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	16 mm	12.5 mm	10 mm	6.3 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	200 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	88.8	81.6	78.8	76.3	72.1	70.4	65.6	62.9	59.5	47.5	33.2

Facteur d'uniformité $C_u = (N.D.)$

Facteur de courbure $C_c = (N.D.)$

Facteur de symétrie $C_s = (N.D.)$



Observations :

Dérogation à la méthode d'essai: La fin du tamisage est déterminée visuellement (pas d'incidence sur les résultats suivant que l'essai est réalisé selon la norme ou avec dérogation)

N° Qualité E357 V2 du 06/08/2018

1 / 1

Le Responsable du Laboratoire
Alain LORIOU

**CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES
REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES
NF P 11-300**

 GINGER CEBTP Béthune
 TECHNOPARC FUTURA
 62400 BETHUNE

Informations générales

N° dossier :	NBE2.N0164.0015	Client / MO :	COMMUNAUTE URBAINE DE DUNKERQUE
Désignation :	ARMBOUTS-CAPPEL - G1ES - EXTENSION CIMETI59380	Demandeur / MOE :	COMMUNAUTE URBAINE DE DUNKERQUE
Localité :	ARMBOUTS CAPPEL		
Chargé d'affaire :	LOUIS MOREAU		

Informations sur l'échantillon N° 23NBE-1784

Mode de prélèvement :	Sondage à la Pelle Mécanique	Sondage :	EF1
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	1.50/2.00 m
Date prélèvement :	24/08/23		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	24/08/23		
Description :	Limon légèrement argileux		

Paramètres de nature

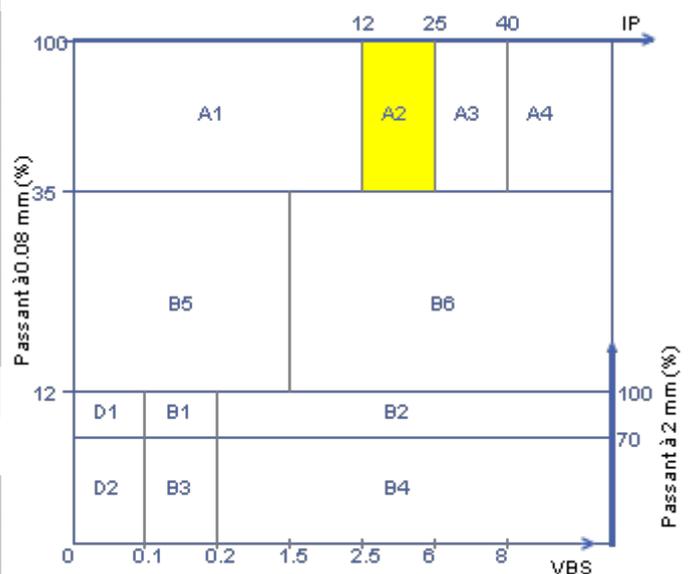
Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	0.2	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	99.9	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	81.0	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	ME selon NFP94-051		%
Limite de plasticité - WP	ME selon NFP94-051		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF P94-068	2.90	g de bleu pour 100

Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	21.1	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - I _c	(WL - W _n) / IP		
W _n / W _{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W _{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ _{OPN} (Mg/m ³) :	

Observations:
CLASSIFICATION NF P 11-300: A2

 Le Responsable du Laboratoire
 Alain LORIOL

GINGER CEBTP Béthune
TECHNOPARC FUTURA
62400 BETHUNE



N°06-77

Informations générales

N° dossier : NBE2.N0164.0015	Client / MO : COMMUNAUTE URBAINE DE DUNKERQUE
Désignation : ARMOBOUTS-CAPPEL - G1ES - EXTENSION CIMETI59380	
Localité : ARMOBOUTS CAPPEL	Demandeur / MOE : COMMUNAUTE URBAINE DE DUNKERQUE
Chargé d'affaire : LOUIS MOREAU	

Informations sur l'échantillon N° 23NBE-1784

Mode de prélèvement : Sondage à la Pelle Mécanique	Sondage : EF1
Prélevé par : POLE SONDAGE	Profondeur : 1.50/2.00 m
Date prélèvement : 24/08/23	
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac	
Date de livraison : 24/08/23	dm (mm) : 5
Description : Limon légèrement argileux	

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage	Technicien : Timothée LECLERCQ
Température : 105°C	Date essai : 04/09/23

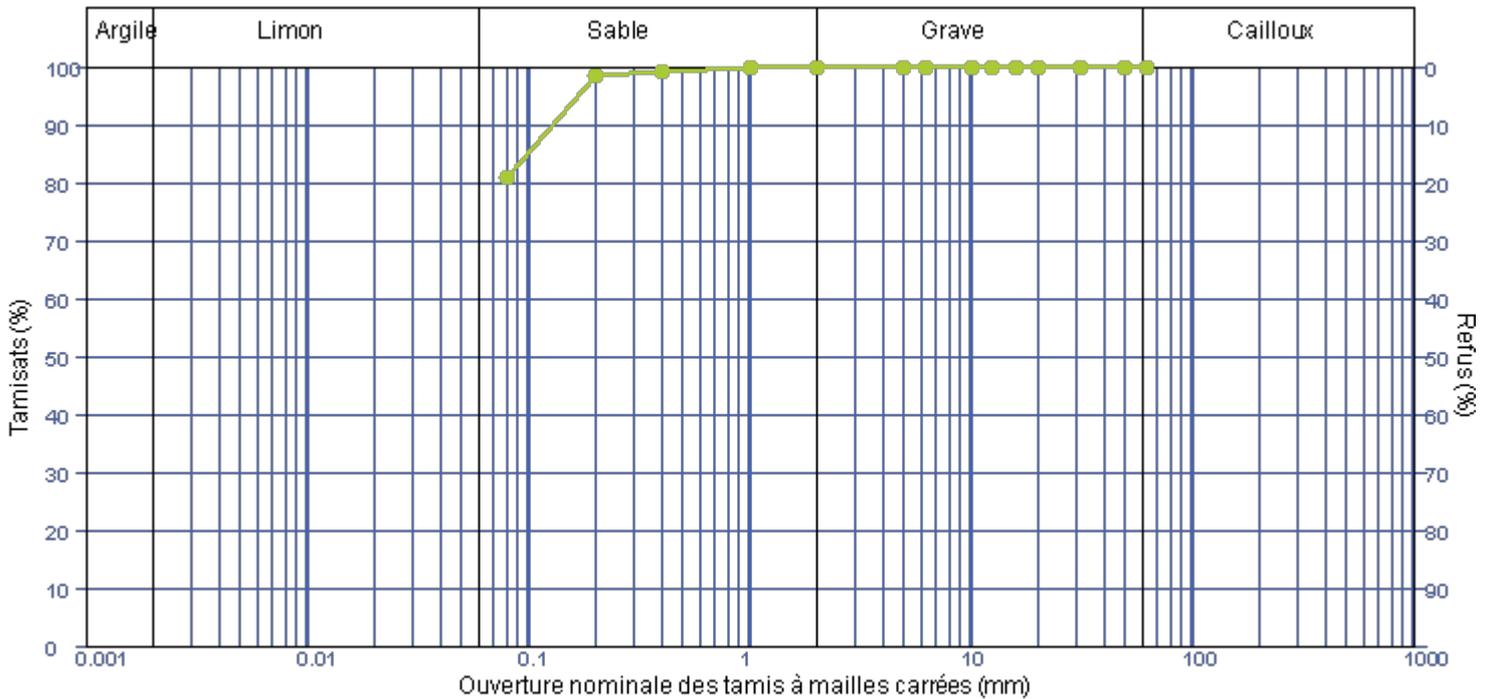
Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tamais à mailles carrées (mm)	63 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	16 mm	12.5 mm	10 mm	6.3 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	200 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.8	99.2	98.3	81.0

Facteur d'uniformité $C_u = (N.D.)$

Facteur de courbure $C_c = (N.D.)$

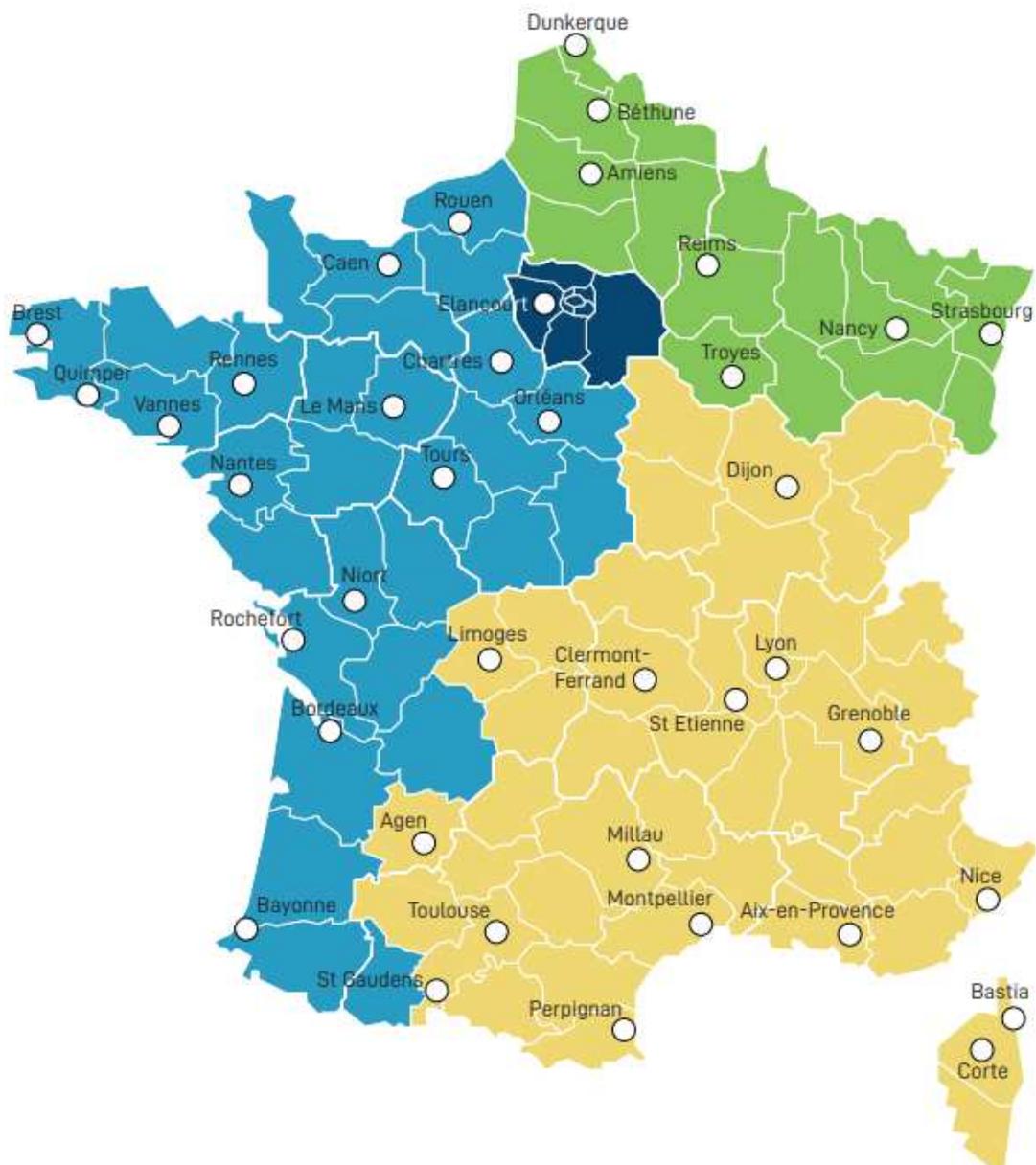
Facteur de symétrie $C_s = (N.D.)$



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Alain LORIOL

Dérogation à la méthode d'essai: La fin du tamisage est déterminée visuellement (pas d'incidence sur les résultats suivant que l'essai est réalisé selon la norme ou avec dérogation)



CONTACT

Agence de Béthune

Technoparc Futura - Rue de l'Université

62400 BETHUNE

Tel : 03.21.56.43.43

www.groupe-cebtp.com