



ETUDE RADIOLOGIQUE RADON MESURE D'EXHALATION DE SOL

**CONSTRUCTION SUR TERRAIN NU
ANGLES DES ROUTES LA CROIX DES BUIES ET CHARLES
PERRAULT
72 019 FYE**

Objet : Rapport de mesures d'exhalation de sol du Radon avant construction



Etablissement / site	CONSTRUCTION SUR TERRAIN NU
Donneur d'ordre	SARTHE HABITAT
Date de visite	10/05/2021
Date du rapport	17/05/2021
Version	1

SOMMAIRE

1. OBJET	3
2. METHODES DE MESURES UTILISEES	3
2.1. MESURES PONCTUELLES APRES ACCUMULATION	3
2.2. MESURE EN CONTINU AU MOYEN DU MONITEUR DE TYPE RAD-7	4
2.3. MESURES DE RADON DANS LE SOL NATUREL.	5
3. LOCALISATION DES MESURES D'EXHALATION	6
4. SYNTHESE DES DONNEES METROLOGIQUES	7
4.1. MESURES PONCTUELLES APRES ACCUMULATION	7
4.2. MESURES EN CONTINU	9
4.3. MESURE DE RADON DANS LE SOL NATUREL	10
5. INTERPRETATION ET CONCLUSION	11
6. RECOMMANDATIONS	12
7. ANNEXES	15

1. Objet

Vous nous avez missionné pour une étude radiologique Radon avant une construction sur terrain nu sur le site à l'angle des routes la Croix des Buis et Charles Perrault à Fyé (72019) ;

Notre prestation comprend :

- La réalisation de mesures ponctuelles après accumulation, à l'aide de fioles scintillantes
- La réalisation de mesures en continu à l'aide d'un appareil de type Alpha E
- La réalisation de mesures en profondeur à l'aide d'un appareil en continu de type EQF 3200

2. Méthodes de mesures utilisées

2.1. Mesures ponctuelles après accumulation

Des conteneurs d'accumulation sont disposés selon un maillage tenant compte de la superficie du terrain concerné par le projet.

Ces mesures doivent être mises en parallèle avec les conditions atmosphériques présentes au cours de la réalisation de ces mesures. En effet un sol humide (temps pluvieux) favorise par exemple la diffusion du radon à travers les fissures du sol alors que la présence de vent vient modifier les mesures à la baisse en ventilant fortement le site.

Ces conditions sont résumées ci-après :

Date de l'intervention : 10/05/2021

Caractéristiques des conteneurs d'accumulation	Hauteur Diamètre : Surface utile : Volume utile :	0,131 m 0,294 m 0,0679 m ² 6,12.10 ⁻³ m ³
Conditions de prélèvement	Lieu :	CONSTRUCTION SUR TERRAIN NU
10/05/2021	Caractéristiques du sol : Nature du sol après : Formation végétale : Topographie (pente) :	<ul style="list-style-type: none"> • Terrain en zone herbeuse • Sol très compact faiblement caillouteux • Sol de LAS (55%) en valeur primaire et de type LSa (40%) en secondaire • Herbe principalement • Dénivelé négligeable
Conditions météorologiques	Observations in situ :	<ul style="list-style-type: none"> • Pluvieux et humide • Vent faible (<20 km/h)
10/05/2021	Température : Pression :	<ul style="list-style-type: none"> • T° moyenne : 18°C jour / 9°C nuit • 1004 hPa

Les mesures ont été réalisées par temps relativement humide.

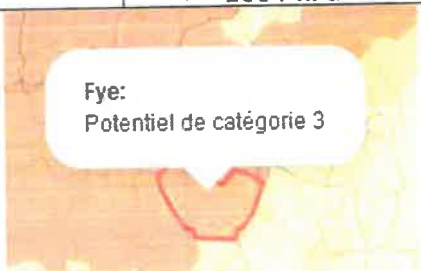
2.2. Mesure en continu au moyen du moniteur de type RAD-7

Ces mesures doivent être mises en parallèle avec les conditions atmosphériques présentes au cours de la réalisation de ces mesures.

Ces conditions sont résumées ci-après :

10/05/2021

Caractéristiques des conteneurs d'accumulation	Hauteur	0,131 m
	Diamètre :	0,294 m
	Surface utile :	0,0679 m ²
	Volume utile :	6,12.10 ⁻³ m ³

Conditions de prélèvement	Lieu :	CONSTRUCTION SUR TERRAIN NU
10/05/2021	Caractéristiques du sol :	<ul style="list-style-type: none"> • Terrain en zone herbeuse • Sol très compact faiblement caillouteux
	Nature du sol après :	<ul style="list-style-type: none"> • Sol de LAS (55%) en valeur primaire et de type LSa (40%) en secondaire
	Formation végétale :	<ul style="list-style-type: none"> • Herbe principalement
	Topographie (pente) :	<ul style="list-style-type: none"> • Dénivelé négligeable
Conditions météorologiques	Observations in situ :	<ul style="list-style-type: none"> • Pluvieux et humide • Vent faible (<20 km/h)
10/05/2021	Température :	<ul style="list-style-type: none"> • T° moyenne : 18°C jour / 9°C nuit
	Pression :	<ul style="list-style-type: none"> • 1004 hPa
Potentiel radon de la commune	 <p style="text-align: center;">Potentiel radon fort</p>	

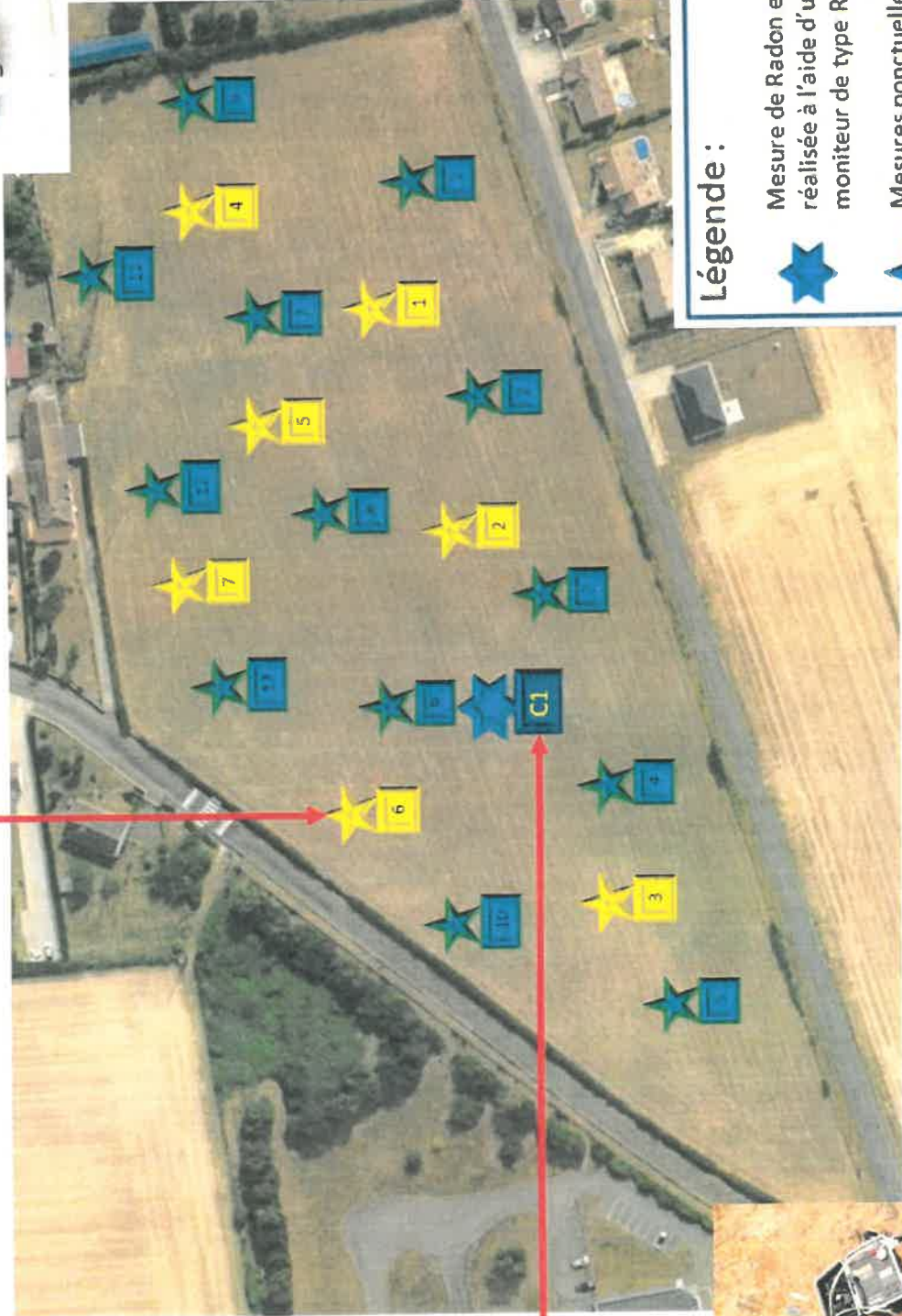
Ce type de mesure réalisé sur un point permet d'avoir une visualisation de la vitesse de montée du radon au travers de la surface étudiée (pente obtenue par régression linéaire de la représentation de l'évolution de l'activité volumique à l'intérieur du conteneur d'accumulation en fonction du temps).

2.3. Mesures de radon dans le sol naturel.

Ces mesures ont pour objet de quantifier le potentiel émetteur de surface, de montrer une variabilité éventuelle en fonction de la profondeur des mesures et de déceler d'éventuelles couches de sol fortement émettrices.

Ces mesures de radon dans la terre sont effectuées à l'aide d'une sonde que l'on introduit dans le terrain naturel et qui fonctionne en continu à l'aide de l'appareil de type RAD7.

3. Localisation des mesures d'exhalation



Légende :

-  Mesure de Radon en continue réalisée à l'aide d'un appareil moniteur de type Rad 7
-  Mesures ponctuelles réalisées à l'aide de fiole scintillante
-  Mesures réalisées en profondeur



ACS - 19, allée François-Joseph Broussais - 56 400 VANNES - ☎ 02 97 13 20 35 - info@controle-s
SARL au capital de 7700 € - SIRET 443 382 916 000 23 - APE 743B - www.controle-santali

4. Synthèse des données métrologiques

4.1. Mesures ponctuelles après accumulation

13 mesures ponctuelles à l'aide de fioles scintillantes (120 ml) ont été réalisées le 10/05/2021 et sont présentés dans la page suivante.

7 de ces valeurs (les points 2, 3, 4, 8, 9, 10 et 11) sont supérieures à la moyenne mondiale observée quantifiée à $20 \text{ mBq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

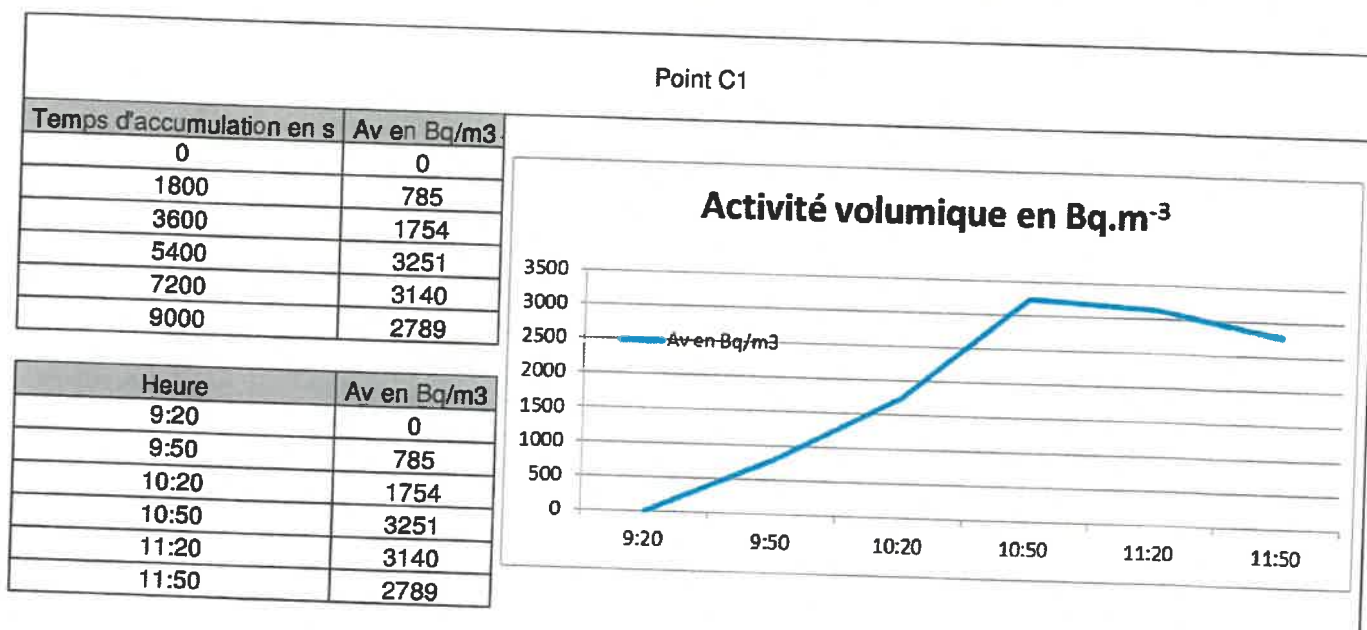
La valeur moyenne est de $26 \text{ mBq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ et sont comprises entre $13 \text{ mBq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ et $54 \text{ mBq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, ce qui correspond à **un sol faiblement à moyennement émetteur localement.**

On retrouve une certaine hétérogénéité des valeurs sur l'ensemble de la parcelle.

Bâtiment	Point de mesure	Date mise en place	Heure mise en place	Date prélèvement	Heure prélèvement	Durée d'accumulation	Activité vol. prév. (Bq.m ⁻³)	Flux (Bq.m ⁻² .s ⁻¹)	Flux (mBq.m ⁻² .s ⁻¹)	Incertitude moyenne	Données de calcul
CONSTRUCTION	1	10/05/2021	9:30	10/05/2021	12:30	3:00	1926	0,0163	16,310	4,08	Volume conteneur (L) 6,21
CONSTRUCTION	2	10/05/2021	9:31	10/05/2021	Temps d'accumulation en s 12:31	10800	3486	0,0295	29,521	7,38	Surface utile (m ²) 0,0679
CONSTRUCTION	3	10/05/2021	9:32	10/05/2021	Temps d'accumulation en s 12:32	10800	5045	0,0427	42,723	10,68	Surface utile (m ²) 0,0679
CONSTRUCTION	4	10/05/2021	9:33	10/05/2021	Temps d'accumulation en s 12:33	10800	3578	0,0303	30,300	7,57	Volume conteneur (L) 6,21
CONSTRUCTION	5	10/05/2021	9:34	10/05/2021	Temps d'accumulation en s 12:34	10800	1559	0,0132	13,202	3,30	Surface utile (m ²) 0,0679
CONSTRUCTION	6	10/05/2021	9:35	10/05/2021	Temps d'accumulation en s 12:35	10800	1895	0,0155	15,539	3,88	Surface utile (m ²) 0,0679
CONSTRUCTION	7	10/05/2021	9:36	10/05/2021	Temps d'accumulation en s 12:36	10800	1559	0,0132	13,202	3,30	Volume conteneur (L) 6,21
CONSTRUCTION	8	10/05/2021	9:37	10/05/2021	Temps d'accumulation en s 12:37	10800	6330	0,0536	53,605	13,40	Surface utile (m ²) 0,0679
CONSTRUCTION	9	10/05/2021	9:38	10/05/2021	Temps d'accumulation en s 12:38	10800	3945	0,0334	33,408	8,35	Surface utile (m ²) 0,0679
CONSTRUCTION	10	10/05/2021	9:39	10/05/2021	Temps d'accumulation en s 12:39	10800	3761	0,0318	31,849	7,96	Surface utile (m ²) 0,0679
CONSTRUCTION	11	10/05/2021	9:40	10/05/2021	Temps d'accumulation en s 12:40	10800	2477	0,0210	20,976	5,24	Surface utile (m ²) 0,0679
CONSTRUCTION	12	10/05/2021	9:41	10/05/2021	Temps d'accumulation en s 12:41	10800	2202	0,0186	18,647	4,66	Surface utile (m ²) 1,0679
CONSTRUCTION	13	10/05/2021	9:42	10/05/2021	Temps d'accumulation en s 12:42	10800	1651	0,0140	13,981	3,50	Surface utile (m ²) 2,0679

4.2. Mesures en continu

Voir résultats ci-dessous (les mesures ont été réalisées le 10/05/2021).



Calcul de la pente:

0,60

Volume utile:

6,21E-03

Surface utile:

6,79E-02

Flux surfacique en mBq/m²s-1:

54,48

Incertitude:

16,34

Sur volume utile: 20%

Sur surface utile: 10%

Sur calcul de la pente: 20%

Incertitude globale: 30%

Résultat: Flux en mBq/m²/s

54 +/- 16

4.3. Mesure de Radon dans le sol naturel

Ces résultats prennent en compte l'ensemble de l'émanation Radon et Thoron.
7 mesures ont été établies à 50 cm de profondeurs :

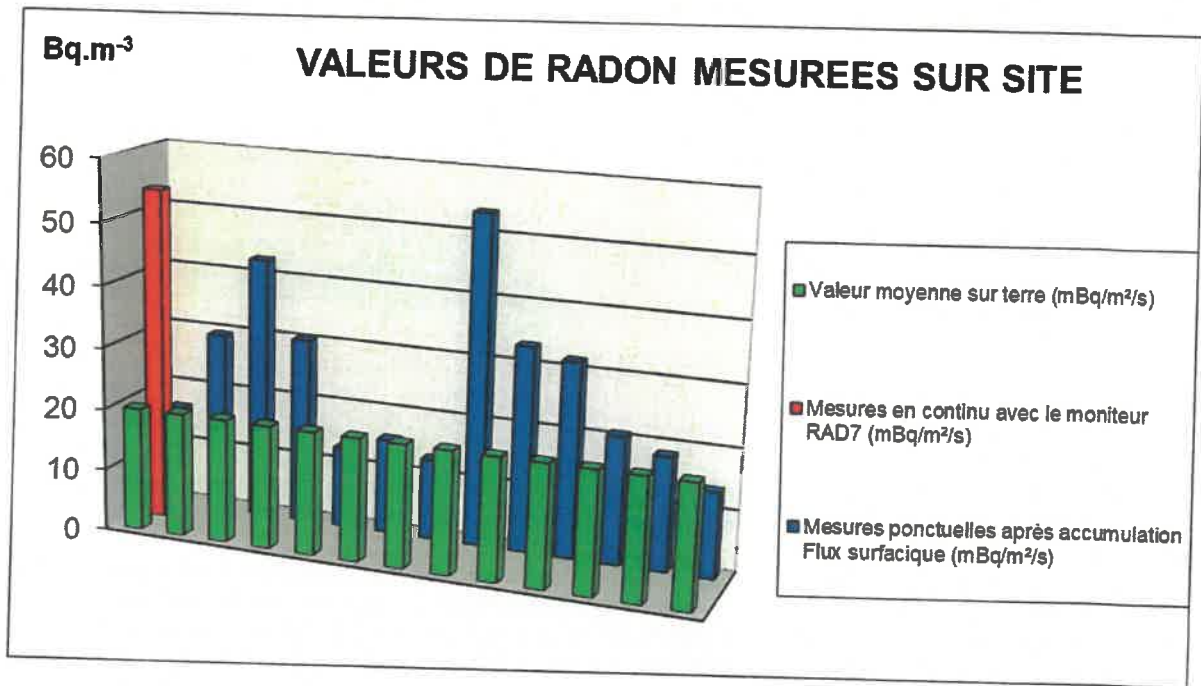
Le tableau de valeurs est le suivant :

Sondage	Profondeur en mètres par rapport au terrain naturel	Exhalation en Bq.m ⁻³
1	-0,5	3800
2	-0,5	5200
3	-0,5	4700
4	-0,5	5600
5	-0,5	3900
6	-0,5	2500
7	-0,5	5150

Les résultats de mesures de Radon dans la terre présentés dans le tableau ci-dessus montrent que l'émanation de Radon diffère nettement en fonction de la profondeur et de la localisation (0,50 m) par rapport aux mesures de surfaces. Les valeurs en profondeur sont légèrement plus élevées et sont révélatrices d'une exhalation plus importante. Le terrain présente donc une texture du sol relativement hétérogène (compacité, nature physico-chimique du sol) aux regards des mesures effectuées.

Les présents résultats corroborent ainsi l'hypothèse d'une émanation moyenne en profondeur ($D > 0,5m$).

5. Interprétation et Conclusion



Les résultats de mesures d'exhalation au niveau des points choisis **sont supérieurs** à la moyenne mondiale observée quantifiée à $20 \text{ mBq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ pour 7 points (2, 3, 4, 8, 9, 10 et 11). Les valeurs obtenues montrent une exhalation en Radon assez hétérogène. La moyenne sur l'ensemble des points est de $26 \text{ mBq m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ce qui est légèrement supérieure à la moyenne sur Terre.

la mesure réalisée en continue montre localement un flux de $54 \text{ mBq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ traduisant une exhalation supérieure à la moyenne mondiale fixée à $20 \text{ mBq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Les mesures effectuées en profondeur montrent que l'exhalation augmente légèrement avec la profondeur.

Ainsi, ces résultats de mesures témoignent **d'un site faiblement à moyennement émetteur en radon.**

Remarques :

- Les mesures ont été réalisées alors que le sol était humide. Cet état de fait sous-estime sans doute l'exhalation en Radon,
- Le caractère compact de la nature du sol en surface (- 0,5 m) sous-estime également l'exhalation en Radon.

6. Recommandations

Initialement présent dans les roches de nature granitique contenues dans le sous-sol, le radon 222 (issu de l'uranium 238) peut se retrouver à des concentrations élevées à l'intérieur de l'habitat.

Ce phénomène s'explique par deux modes de transfert :

- **le transfert par diffusion** (homogénéisation des concentrations en polluant(s) dans un même milieu)
- **le transfert convectif (gradient de pression : dépression de l'air intérieur par rapport à l'air contenu dans le sol), phénomène le plus souvent prépondérant.**

Le transfert par diffusion peut avoir un impact non négligeable sur les concentrations en radon lorsque les matériaux de construction du bâtiment sont de nature granitique ou dès qu'il y a présence d'une source importante de radon (accumulation à un endroit).

Dans la plupart des cas, le transfert convectif est principalement responsable des concentrations très élevées (> à 1000 Bq/m³) détectées dans certains locaux.

Le radon issu du sous-sol pénètre ainsi dans les locaux du bâtiment grâce à la dépression initiale (phénomène d'aspiration) par l'intermédiaire des voies de pénétration qu'il rencontre sur son passage. Ces voies de pénétration sont représentées par les perforations (passage de gainage électrique, grille de ventilation, détériorations...), par les fissures (sol, jonction mur / sol...) et par les défauts d'étanchéité (canalisation, évacuation, gaine...) présents au niveau de certains dallages.

Ensuite, le manque de renouvellement de l'air intérieur (apport d'air neuf / éjection d'air vicié) favorise l'accumulation du radon dans certains locaux du bâtiment. Un taux de renouvellement d'air intérieur satisfaisant est d'1 Volume /Heure (source CSTB) en moyenne sans mise en dépression des locaux intérieurs, moteur de transfert du radon.

Deux niveaux d'actions sont alors possibles : apporter une étanchéité à l'interface et/ ou induire un renouvellement de l'air intérieur suffisant de manière à diluer et évacuer le radon à l'extérieur. Il est important de souligner que bien souvent, ces deux techniques sont **complémentaires** mais que certains cas sont traités par l'une ou l'autre de ces techniques.

Au regard des résultats obtenus, le site peut être globalement qualifié de **faiblement à moyennement émetteur localement**.

Votre site représente **un site jugé à risque faible à moyen au sens de la problématique Radon**.

Il convient de garder par ailleurs à l'esprit que la mise en place d'un bâtiment, y compris sur le présent terrain, avec son tirage thermique associé, en particulier en période de chauffe, peut favoriser la migration du Radon et renforcer en ce sens l'exhalation déterminée au cours de la présente étude.

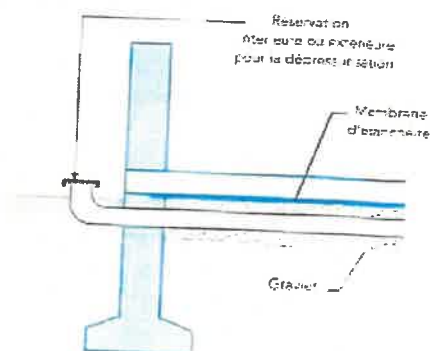
C'est pourquoi, nous préconisons d'apporter **un soin particulier au niveau de l'interface** des futurs bâtiments avec le sol.

Dans le présent cas, nous vous laissons le choix en terme de procédé constructif, sur le plan de l'interface, entre une solution en vide sanitaire ventilé et la solution sur terre plein, moyennant le respect des éléments suivants :

- **Dans le cas d'un bâtiment sur vide sanitaire et/ou galeries techniques, créant ainsi un espace tampon pour ventiler le Radon avant pénétration dans le bâtiment, veillez à appliquer les démarches préventives suivantes :**
 - La ventilation du vide sanitaire devra comprendre des entrées d'air conséquentes permettant une circulation de l'air de manière naturelle. La possibilité de la mise en dépression de l'espace vide-sanitaire par un extracteur devra être envisagée, par mise en application alternative si besoin.
 - Les passages traversant verticaux (canalisations, gaines...) de dalle devront être limités et leurs étanchéités soignées.
- **Dans le cas où le choix se porterait sur une construction sur terre plein, veillez à appliquer les démarches préventives suivantes :**
 - Prévoir la pose d'une membrane d'étanchéité au Radon (membrane en polyéthylène basse densité d'épaisseur 300-400 micromètres)
 - Couler une dalle béton de bonne qualité proposant des garanties en termes de tenue dans le temps (adjuvant d'étanchéité etc.) et évitant les fissures de retrait en périphérie (interface murs / dalle).

*Exemple de dalle de sol posée sur un lit de **gravier homogène** favorisant une bonne ventilation en sous-face de la dalle avec la mise en place d'un système de drainage.*

La membrane d'étanchéité et le recouvrement de la dalle sur les fondations évitent les remontées éventuelles de radon à partir du vide sanitaire ou du sol.



- Les passages traversant (canalisations, gaines...) de dalle devront être limités et leurs étanchéités soignées.
Les nouvelles normes d'étanchéité à l'air dans les bâtiments BBC vont dans ce sens.
- En option, vous pouvez traiter le soubassement avec un Système de mise en Dépression du Sol (S.D.S.).
Cette dernière technique, considérée comme la plus efficace, consiste à générer un champ de pression dans le soubassement inférieur à celui régnant au niveau du sol du bâtiment. Pour cela, l'air du soubassement est extrait mécaniquement vers l'environnement extérieur où le radon se dilue rapidement.

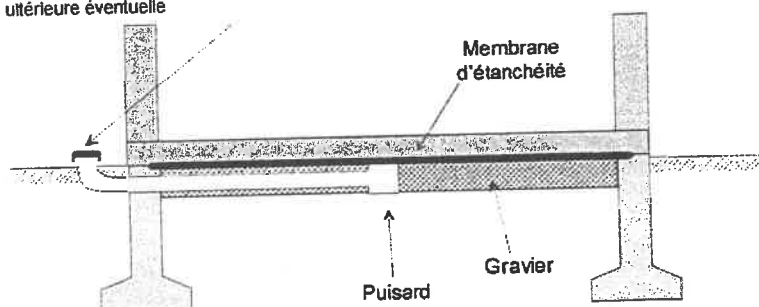
On empêche ainsi les mouvements convectifs de l'air contenu dans la porosité du sol et chargé en radon vers le bâtiment.
L'adaptation de ces techniques à la construction neuve présente l'avantage de les intégrer dans la conception du bâtiment.

Leur efficacité sera donc améliorée et le coût marginal.

Des précautions simples peuvent être prises comme :

- limiter la surface d'échange entre le sol et le bâtiment,
- limiter les points de réseaux fluides traversant le dallage en contact avec le soubassement.
- la ventilation doit être correctement réalisée vis-à-vis de la réglementation en vigueur.

Réservation extérieure pour une dépressurisation ultérieure éventuelle



Cette technique est plus complexe à mettre en œuvre dans les bâtiments existants compte tenu de la difficulté à apprécier la porosité du sol et étudier la faisabilité technique du SDS.

• **Par ailleurs, quelque soit le type constructif choisi pour le présent bâtiment :**

- Eviter les mises en dépression des locaux occupés par rapport au sol, la mise en dépression représentant un moteur de transfert du radon dans le bâtiment.

Par exemple, la mise en œuvre d'un système VMC double flux mettant en légère surpression les locaux et assurant un balayage minimum d'environ 1 volume/heure, avec une surpression de l'ordre de 30 %, pourra être envisagée en même temps qu'une réflexion énergétique.

L'échangeur au niveau du caisson de ventilation devra présenter des garanties en termes d'étanchéité entre le flux d'air soufflé et le flux d'air extrait (Attention sur ce point aux échangeurs rotatifs).

Ainsi, le système de ventilation du bâtiment pourra être :

- soit de type VMC par extraction avec, impérativement, un dimensionnement correct des entrées d'air,
- soit de type insufflation,
- soit de type double flux, solution préférable au vu des présents résultats.

17 mai 2021

Rédacteur : E. DARDELET

7. Annexes

- Feuilles de calcul des activités volumiques par mesure ponctuelles (foies scintillantes)



Calcul de l'activité volumique du Radon 222 par la méthode des Fioles Scintillantes

Opérateur	ED
Localisation	1
Numéro de fiole	19
Rendement de la fiole	50 %
Bruit de fond	0 impulsions/min
Heure du prélèvement	12:30
Heure du comptage	15:30
Temps écoulé entre le prélèvement et le comptage	180 min soit 0 j, 3 h et 00 min
Résultat du comptage	21 impacts
Durée du comptage	1 min
N (cps/min)	21
Cc =	2.90693
Cd =	0.97760

Résultat = **1926 Bq/m³**

0 Bq dans la fiole



Calcul de l'activité volumique du Radon 222 par la méthode des Fioles Scintillantes

Opérateur	ED
Localisation	2
Numéro de fiole	18
Rendement de la fiole	50 %
Bruit de fond	1 impulsions/min
Heure du prélèvement	12:31
Heure du comptage	15:31
Temps écoulé entre le prélèvement et le comptage	180 min soit 0 j, 3 h et 00 min
Résultat du comptage	39 impacts
Durée du comptage	1 min
N (cps/min)	38
Cc =	2.90693
Cd =	0.97760

Résultat = **3486 Bq/m³**

0 Bq dans la fiole



Calcul de l'activité volumique du Radon 222 par la méthode des Fioles Scintillantes

Opérateur	ED
Localisation	3
Numéro de fiole	17E
Rendement de la fiole	50 %
Bruit de fond	0 impulsions/min
Heure du prélèvement	12:32
Heure du comptage	15:32
Temps écoulé entre le prélèvement et le comptage	180 min soit 0 j, 3 h et 00 min
Résultat du comptage	55 impacts
Durée du comptage	1 min
N (cps/min)	55
Cc =	2.90693
Cd =	0.97760

Résultat = **5045 Bq/m3**

1 Bq dans la fiole



Calcul de l'activité volumique du Radon 222 par la méthode des Fioles Scintillantes

Opérateur	ED
Localisation	4
Numéro de fiole	5D
Rendement de la fiole	50 %
Bruit de fond	0 impulsions/min
Heure du prélèvement	12:33
Heure du comptage	15:33
Temps écoulé entre le prélèvement et le comptage	180 min soit 0 j, 3 h et 00 min
Résultat du comptage	39 impacts
Durée du comptage	1 min
N (cps/min)	39
Cc =	2.90693
Cd =	0.97760

Résultat = **3578 Bq/m³**

0 Bq dans la fiole



Calcul de l'activité volumique du Radon 222 par la méthode des Fioles Scintillantes

Opérateur	ED
Localisation	5
Numéro de fiole	2B
Rendement de la fiole	50 %
Bruit de fond	1 impulsions/min
Heure du prélèvement	12:34
Heure du comptage	15:34
Temps écoulé entre le prélèvement et le comptage	180 min soit 0 j, 3 h et 00 min
Résultat du comptage	18 impacts
Durée du comptage	1 min
N (cps/min)	17
Cc =	2.90693
Cd =	0.97760

Résultat = **1559 Bq/m³**
0 Bq dans la fiole



Calcul de l'activité volumique du Radon 222 par la méthode des Fioles Scintillantes

Opérateur	ED
Localisation	6
Numéro de fiole	11E
Rendement de la fiole	50 %
Bruit de fond	0 impulsions/min
Heure du prélèvement	12:35
Heure du comptage	15:35
Temps écoulé entre le prélèvement et le comptage	180 min soit 0 j, 3 h et 00 min
Résultat du comptage	20 impacts
Durée du comptage	1 min
N (cps/min)	20
Cc =	2.90693
Cd =	0.97760

Résultat = 1835 Bq/m³

0 Bq dans la fiole



Calcul de l'activité volumique du Radon 222 par la méthode des Fioles Scintillantes

Opérateur	ED
Localisation	7
Numéro de fiole	6E
Rendement de la fiole	50 %
Bruit de fond	0 impulsions/min
Heure du prélèvement	12:36
Heure du comptage	15:36
Temps écoulé entre le prélèvement et le comptage	180 min soit 0 j, 3 h et 00 min
Résultat du comptage	17 impacts
Durée du comptage	1 min
N (cps/min)	17
Cc =	2.90693
Cd =	0.97760

Résultat = 1559 Bq/m³

0 Bq dans la fiole



Calcul de l'activité volumique du Radon 222 par la méthode des Fioles Scintillantes

Opérateur	ED
Localisation	8
Numéro de fiole	16E
Rendement de la fiole	50 %
Bruit de fond	0 impulsions/min
Heure du prélèvement	12:37
Heure du comptage	15:37
Temps écoulé entre le prélèvement et le comptage	180 min soit 0 j, 3 h et 00 min
Résultat du comptage	69 impacts
Durée du comptage	1 min
N (cps/min)	69
Cc =	2.90693
Cd =	0.97760

Résultat = **6330 Bq/m³**
1 Bq dans la fiole



Calcul de l'activité volumique du Radon 222 par la méthode des Fioles Scintillantes

Opérateur	ED
Localisation	9
Numéro de fiole	1E
Rendement de la fiole	50 %
Bruit de fond	1 impulsions/min
Heure du prélèvement	12:38
Heure du comptage	15:38
Temps écoulé entre le prélèvement et le comptage	180 min soit 0 j, 3 h et 00 min
Résultat du comptage	44 impacts
Durée du comptage	1 min
N (cps/min)	43
Cc =	2.90693
Cd =	0.97760

Résultat = **3945 Bq/m³**
0 Bq dans la fiole



Calcul de l'activité volumique du Radon 222 par la méthode des Fioles Scintillantes

Opérateur	ED
Localisation	10
Numéro de fiole	12C
Rendement de la fiole	50 %
Bruit de fond	0 impulsions/min
Heure du prélèvement	12:39
Heure du comptage	15:39
Temps écoulé entre le prélèvement et le comptage	180 min soit 0 j, 3 h et 00 min
Résultat du comptage	41 impacts
Durée du comptage	1 min
N (cps/min)	41
Cc =	2.90693
Cd =	0.97760

Résultat = **3761 Bq/m³**
0 Bq dans la fiole



Calcul de l'activité volumique du Radon 222 par la méthode des Fioles Scintillantes

Opérateur	ED
Localisation	11
Numéro de fiole	12E
Rendement de la fiole	50 %
Bruit de fond	1 impulsions/min
Heure du prélèvement	12:40
Heure du comptage	15:40
Temps écoulé entre le prélèvement et le comptage	180 min soit 0 j, 3 h et 00 min
Résultat du comptage	28 impacts
Durée du comptage	1 min
N (cps/min)	27
Cc =	2.90693
Cd =	0.97760

Résultat = **2477 Bq/m³**
0 Bq dans la fiole



Calcul de l'activité volumique du Radon 222 par la méthode des Fioles Scintillantes

Opérateur	ED
Localisation	12
Numéro de fiole	2E
Rendement de la fiole	50 %
Bruit de fond	1 impulsions/min
Heure du prélèvement	12:41
Heure du comptage	15:41
Temps écoulé entre le prélèvement et le comptage	180 min soit 0 j, 3 h et 00 min
Résultat du comptage	25 impacts
Durée du comptage	1 min
N (cps/min)	24
Cc =	2.90693
Cd =	0.97760

Résultat = **2202 Bq/m³**
0 Bq dans la fiole



Calcul de l'activité volumique du Radon 222 par la méthode des Fioles Scintillantes

Opérateur	ED
Localisation	13
Numéro de fiole	8C
Rendement de la fiole	50 %
Bruit de fond	1 impulsions/min
Heure du prélèvement	12:42
Heure du comptage	15:42
Temps écoulé entre le prélèvement et le comptage	180 min soit 0 j, 3 h et 00 min
Résultat du comptage	19 impacts
Durée du comptage	1 min
N (cps/min)	18
Cc =	2.90693
Cd =	0.97760

Résultat = **1651 Bq/m3**
0 Bq dans la fiole



Résultats métrologiques supplémentaires Cartographie

N° Fiole	Bruit de fond (cps/min)	Localisation de la mesure	Heure de Prélèvement	Heure de la Mesure	Résultat du comptage (cps)	Durée du comptage (min)	Résultat (Bq/m ³)	Incertitude 30% (Bq)
19	0	1	12:30	15:30	21	1	1926	± 578
18	1	2	12:31	15:31	39	1	3486	± 1046
17E	0	3	12:32	15:32	55	1	5045	± 1514
5D	0	4	12:33	15:33	39	1	3578	± 1073
2B	1	5	12:34	15:34	18	1	1559	± 468
11E	0	6	12:35	15:35	20	1	1835	± 550
6E	0	7	12:36	15:36	17	1	1559	± 468
16E	0	8	12:37	15:37	69	1	6330	± 1899
1E	1	9	12:38	15:38	44	1	3945	± 1184
12C	0	10	12:39	15:39	41	1	3761	± 1128
12E	1	11	12:40	15:40	28	1	2477	± 743
2E	1	12	12:41	15:41	25	1	2202	± 661
8C	1	13	12:42	15:42	19	1	1651	± 495



Sarthe Habitat

Viabilisation d'un lotissement

Programme n°2224

Rue Charles Perrault à FYE (72)



Étude géotechnique de conception (G₂)
Phase Avant-Projet – G₂ AVP, pour les voiries

01 octobre 2021



Agence du MANS • 14 Rue de Vienne – 72190 COULAINES
Tél. 33 (0) 2 43 76 86 86 • Fax 33 (0) 2 43 76 86 875 • cebtp.lemans@groupe-cebtp.com

GINGER
CEBTP

SARTHE HABITAT							
158 Avenue Bollée – 72072 LE MANS							
VIABILISATION D'UN LOTISSEMENT							
Rue Charles Perrault à FYE (72)							
Étude géotechnique de conception (G2) – phase AVP, pour les voiries							
Dossier : OLM2.KC122-013				Contrat : OLM2.L.0124			
Version	Date	Rédigé par	Visa	Vérfié par	Visa	Contenu	Observations
A	01/10/21	Romain PAHUD		David HATEAU		28 pages 3 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. Identification du projet et des principaux interlocuteurs.....	5
2.1.2. Documents communiqués / disponible.....	5
2.2. Description du site	5
2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants	5
2.2.2. Géologie prévisionnelle	6
2.2.3. Aléas géologiques et géotechniques	6
2.2.4. Contexte sismique	7
2.3. Caractéristiques de l'avant-projet	8
2.3.1. Description du projet.....	8
2.3.2. Terrassements prévus.....	8
2.3.3. Voiries	8
2.4. Mission Ginger CEBTP.....	9
3. Investigations géotechniques	10
3.1. Préambule	10
3.2. Implantation	10
3.3. Sondages, essais et mesures in situ	10
3.3.1. Investigations in situ	10
3.3.2. Essais de perméabilité in situ	11
3.4. Essais en laboratoire	11
4. Synthèse des investigations	12
4.1. Modèle géologique général	12
4.1.1. Lithologie	12
4.1.2. Caractéristiques physiques des sols	13
4.2. Contexte hydrogéologique général.....	14
4.2.1. Piézométrie et niveaux d'eau	14
4.2.2. Perméabilité	14
4.2.3. Inondabilité	14

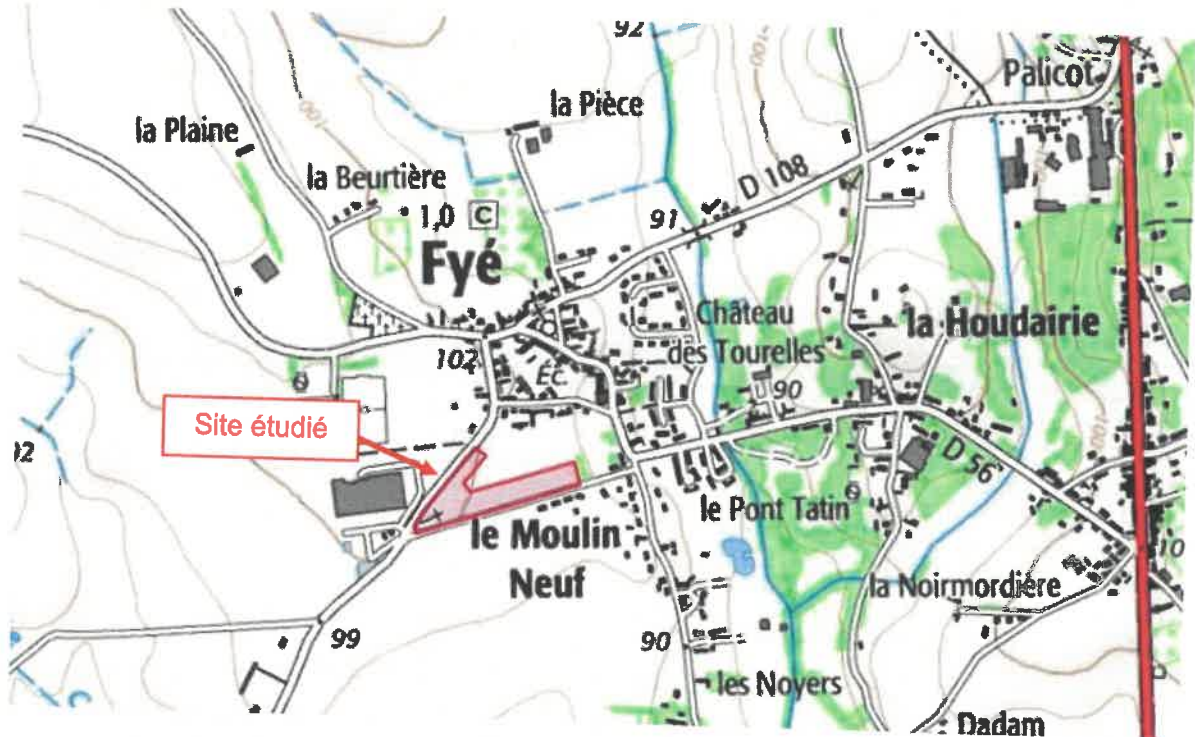
5. Principes généraux de construction	15
5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation	15
5.2. Adaptations générales de l'avant-projet.....	15
5.2.1. Remarques préalables.....	15
5.2.2. Réalisation des terrassements	15
5.3. Voiries et aires de stationnement.....	17
5.3.1. Préambule	17
5.3.2. Hypothèses de calcul	17
5.3.3. Partie Supérieure des Terrassements (PST) et classe d'arase	17
5.3.4. Travaux préparatoires	17
5.3.5. Couche de forme	18
5.3.6. Structure type de chaussée	18
5.4. Tranchées	19
5.4.1. Remblai pour le réseau d'assainissement : réutilisation des matériaux	19
5.4.2. Matériaux utilisables en remblai	23
5.4.3. Conditions de réemploi des matériaux du site	26
6. Observations majeures	28

Annexes

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

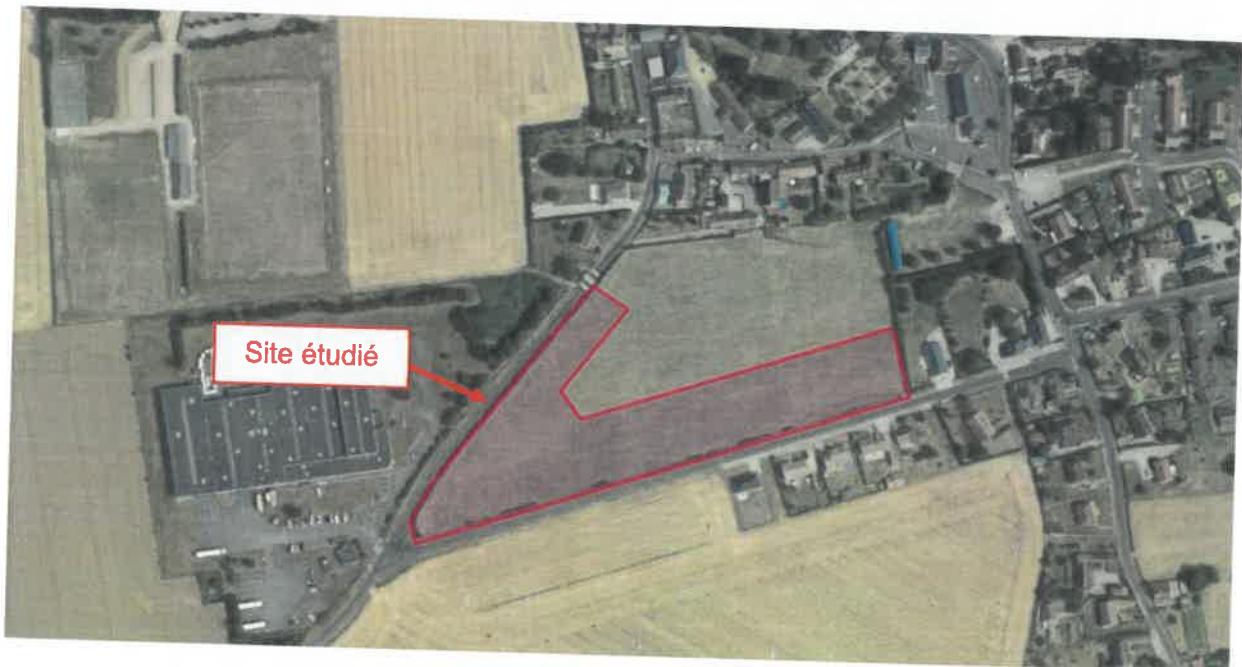
1. Plans de situation

1.1. Extrait de carte IGN



Source : Géoportail

1.2. Image aérienne



Source : Géoportail

2. Contexte de l'étude

2.1. Données générales

2.1.1. Identification du projet et des principaux interlocuteurs

Nom de l'opération : Viabilisation d'un lotissement
 Localisation : Rue Charles Perrault
 Commune : FYE (72)
 Demandeur de la mission et client : SARTHE HABITAT

2.1.2. Documents communiqués / disponible

Document	Echelle	Référence / Origine	Format	Date
Plan de masse du projet	-	SARTHE HABITAT	PDF	-
Rapport G2 AVP	-	Ginger CEBTP – OLM2.KC122-14	PDF	02/09/2021

2.2. Description du site

2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants

Le site d'étude est localisé entre la rue Charles Perrault en partie Nord et la rue de la Croix des Buis en partie Sud, sur la commune de FYE (72). Il correspond à une prairie présentant une pente de l'ordre de 2 % vers le Sud-Ouest. Un ruisseau s'écoule à environ 450 m à l'Est du site.

L'emprise de l'ouvrage projeté est libre de toute mitoyenneté.



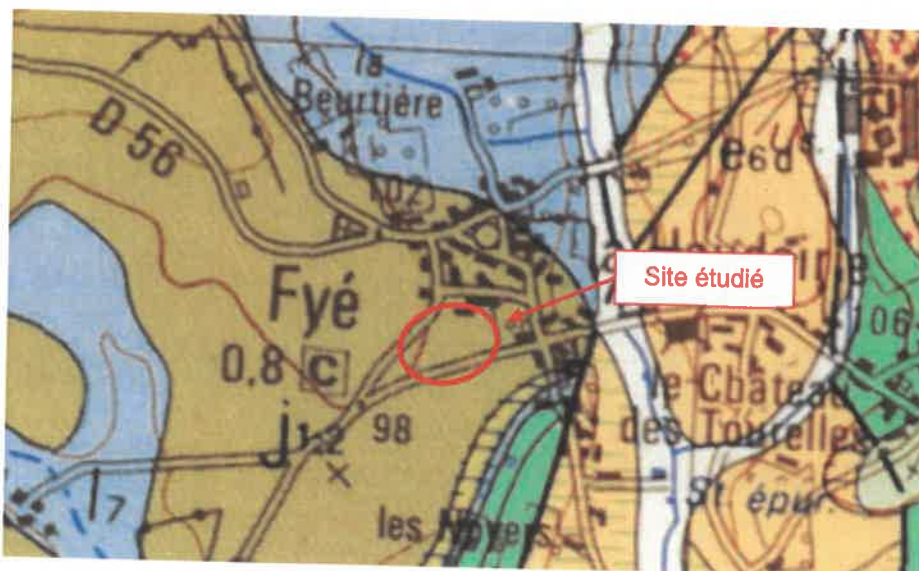
Photo du site d'étude vers le Sud-Ouest, à la date du 12/08/2021

2.2.2. Géologie prévisionnelle

D'après la carte géologique de Fresnay-sur-Sarthe au 1/50 000^e et les études géotechniques réalisées à proximité, les terrains du secteur devraient être constitués de haut en bas par :

- des formations de couverture,
- des Calcaires du Saosnois (j1-2).

La zone présente un réseau de failles orientées Nord-Est / Sud-Ouest.

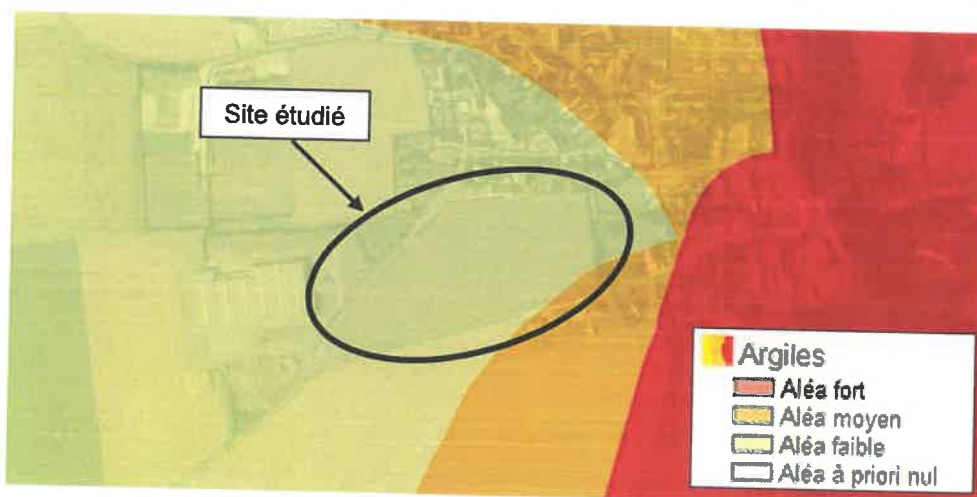


Extrait de la carte géologique de Fresnay-sur-Sarthe au 1/50 000^e, source : infoterre.brgm.fr

2.2.3. Aléas géologiques et géotechniques

Aléa retrait-gonflement des argiles

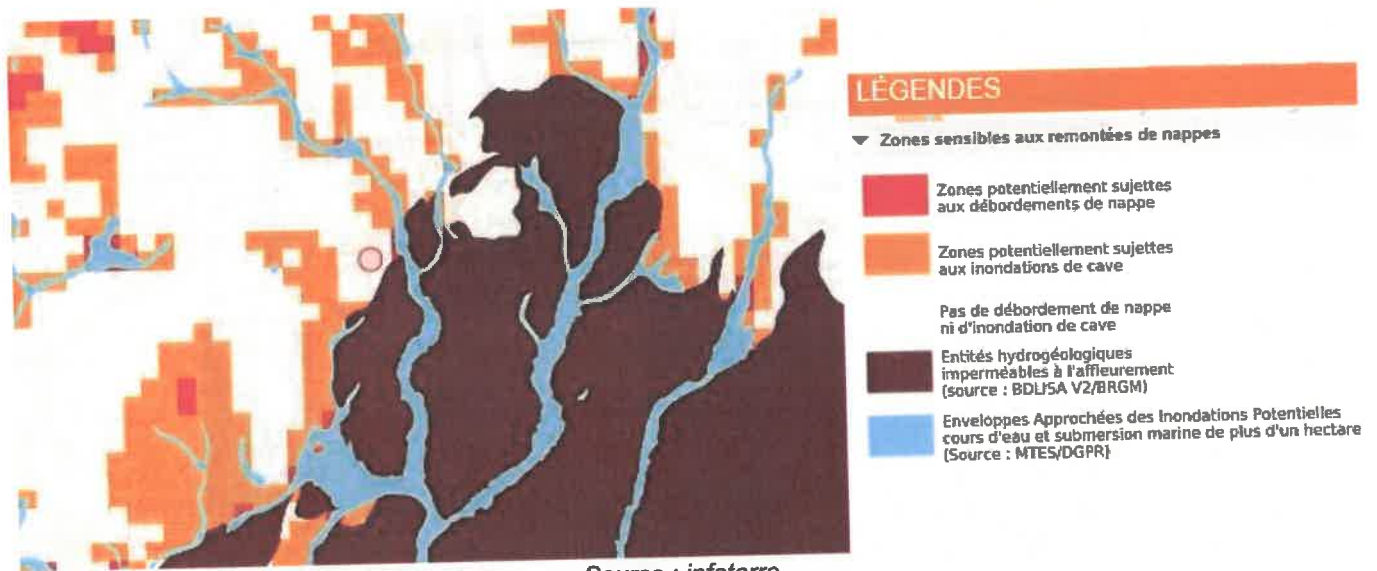
Selon les données du BRGM, le secteur d'étude se situe en zone d'aléa **faible** vis-à-vis du risque de retrait-gonflement des sols argileux.



Source : infoterre

Aléa inondation

La carte des aléas inondation établie par le BRGM indique que le site n'est pas classé en zone potentiellement sujette aux débordements de nappe ou aux inondations de cave.



2.2.4. Contexte sismique

Les règles de classification et de construction parasismiques pour les bâtiments de classe dite « à risque normal » (décret n°2010-1255 du 22/10/2010 modifié par l'arrêté du 25/10/2012) sont applicables. Le site étudié est classé en zone de sismicité 2 (faible).

L'analyse du risque de liquéfaction des sols n'est pas requise en zone de sismicité 2.

2.3. Caractéristiques de l'avant-projet

2.3.1. Description du projet

D'après les documents cités au paragraphe 2.1 et les informations fournies, le projet porte sur la viabilisation d'un lotissement sur un terrain situé Rue Charles Perrault à Fyé (72). Le projet comprend la création de voiries et la création d'ouvrages d'infiltration des EP (bassins, noues, descriptif non communiqué).

2.3.2. Terrassements prévus

Il est prévu un simple reprofilage du terrain (+/- 0.5 m de déblais/remblais) pour les voiries et la réalisation de terrassements en déblais sur des hauteurs restant à définir et supposées inférieures à 2 m pour la pose de réseaux et la réalisation des ouvrages de gestion des EP.

2.3.3. Voiries

Le projet comprend la réalisation de voiries de desserte.

En l'absence de données, le trafic sera estimé inférieur à 25 PL par jour et par sens de circulation. Nous prendrons donc l'hypothèse d'une classe de trafic T5, correspondant au trafic le plus faible (moins de 750 véhicules/jours et moins de 25 PL/jour), selon le « **Guide pour la construction des voiries à faible trafic Bretagne – Pays de la Loire** » (2002).

Toute autre classe de trafic conduira à des structures de chaussées différentes de celles énoncées dans le présent rapport.

2.4. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n° **OLM2.L.0124**.

Il s'agit d'une mission d'étude géotechnique de conception - Phase Avant-Projet (G2AVP), selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique.

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

- la définition d'un programme d'investigations géotechniques spécifique, sa réalisation et son suivi technique ;
- l'exploitation des résultats ;
- la définition des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet ;
- la définition de certains principes de construction envisageables (assise des voiries, terrassements, pentes et talus, amélioration de sols, disposition générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants) au stade de l'avant-projet ;
- la fourniture d'une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique.

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

- l'étude des fondations et niveaux-bas des futurs pavillons ou ilots ;
- l'étude de stabilité des talus ;
- l'étude des ouvrages de soutènements éventuels ;
- la reconnaissance de cavités ;
- l'évolution dans le temps de l'hydrogéologie locale (propriétés des différents aquifères, niveaux d'eau caractéristiques EB, EF, EH, EE, PHEC) ;
- les études de pollutions ;
- la reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de l'emprise des investigations.

Conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, une étude de projet G₂ phase Projet (G₂ PRO) doit être envisagée afin de valider les Principes Généraux de Construction établis en phase AVP, fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), établir des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques et des notes de calcul de dimensionnement.

Les résultats de la mission G2 phase AVP, réalisée au stade de l'Avant-Projet, si cette mission n'est pas suivie d'une mission G2 phase PRO, ne peuvent pas être utilisés directement dans un DCE (Document de Consultation des Entreprises).

3. Investigations géotechniques

3.1. Préambule

Les moyens de reconnaissance et d'essais ont été définis par Ginger CEBTP en accord avec le client. Ces investigations ont toutes été réalisées.

3.2. Implantation

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

L'altitude des têtes de sondages correspond au niveau du terrain naturel tel qu'il était au moment de la campagne de reconnaissance (août 2021).

3.3. Sondages, essais et mesures in situ

3.3.1. Investigations in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Type de sondage	Quantité	Noms	Profondeur (m/TA)
Puits au tractopelle	3	PT1	2.1
		PT2	2.0
		PT3	2.0
Sondage à la tarière	1	Pz3	2.8

Les coupes des sondages, les pénétrogrammes et les résultats des essais in situ sont présentés en annexe 3, où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- **Puits de reconnaissance au tractopelle :**
 - coupe détaillée des sols,
 - tenue des fouilles,
 - prélèvements d'échantillons intacts et/ou remaniés.
- **Sondages semi-destructifs à la tarière continue :**
 - coupe des sols.

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

3.3.2. Essais de perméabilité in situ

Les essais suivants ont été réalisés :

Type d'essai de perméabilité in situ	Noms	Sondage de référence	Profondeur (m/TA)
Essai Matsuo	Ma1	PT1	2.1
	Ma2	PT2	2.0
	Ma3	PT3	2.0

3.4. Essais en laboratoire

Sur les échantillons prélevés, les essais suivants ont été réalisés :

Identification des sols	Nombre	Norme
Teneur en eau pondérale W	2	NF P94-050
Analyse granulométrique par tamisage	2	NF P94-056
Valeur au bleu du sol (VBS)	2	NF P94-068
Indice Portant Immédiat (IPI)	2	NF P94-078
Classification des sols (GTR)	2	NF P11-300

Les résultats des essais en laboratoire sont présentés en annexe 4.

4. Synthèse des investigations

4.1. Modèle géologique général

Cette synthèse devra être confirmée dans les phases ultérieures de l'étude (mission d'étude géotechnique de conception G2 phase Projet (G2 PRO) et/ou mission d'étude géotechnique d'exécution (G3)).

4.1.1. Lithologie

A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain tel qu'il était au moment de la reconnaissance (août 2021).

Sous une formation de couverture végétale limoneuse (formation n°0) de 0.1 à 0.3 m d'épaisseur environ, la succession des horizons rencontrés est la suivante :

Formation n°1 : Sable graveleux +/- argileux

- ✓ *Caractéristiques descriptives :*
A partir de : 0.1 à 0.3 m/TA.
Jusqu'à : 0.6 à 1.2 m/TA.
Nature : Sables graveleux, sables argileux, argiles sableuses.
Couleur : marron, marron clair.
- ✓ *Caractéristiques géotechniques :*

Classe GTR	A1 m
------------	------

Formation n°2 : Calcaire décomposé à altéré

- ✓ *Caractéristiques descriptives :*
A partir de : 0.6 à 1.2 m/TA.
Jusqu'à la fin des sondages (de >2.0 à 2.8 m/TA).
Nature : Calcaire.
Couleur : blanchâtre.
- ✓ *Caractéristiques géotechniques :*

Classe GTR	B5 m
------------	------

Pour une meilleure analyse, il a été établi ci-après une classification des formations décrites ci-dessus au droit de chaque sondage.

Profondeur de la base / TA (m)			
Sondage	Formation n°0 Couverture végétale limoneuse	Formation n°1 Sables graveleux +/- argileux	Formation n°2 Calcaire décomposé à altéré
PT1	0.3	1.2	>2.1
PT2	0.3	0.6	>2.0
PT3	0.1	0.6	>2.0
Pz3	0.2	0.8	>2.8

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

Dans le tableau ci-dessous sont reportés les résultats des essais d'identification et des essais mécaniques sur matériaux non rocheux :

Référence échantillon	Nature du sol	Prof. échant (m/TA)	W (%)	VBS	Dmax (mm)	Tamisat < 80 µm	IPI	Classe GTR
PT1	Sable argileux blanchâtre	0.3 à 1.0	8.9	1.31	20	49.4 %	16	A1
PT3	Sable blanchâtre	0.6 à 2.0	10.5	1.45	50	22.2 %	25	B5

Légende :

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

4.2. Contexte hydrogéologique général

4.2.1. Piézométrie et niveaux d'eau

Aucune arrivée d'eau n'a été observée dans les sondages lors des investigations (août 2021) et dans le piézomètre Pz3.

Il est à noter que le régime hydrogéologique peut varier en fonction de la saison et de la pluviométrie.

Par ailleurs, il peut exister des circulations d'eau anarchiques et/ou ponctuelles qui n'ont pas été détectées par les sondages.

4.2.2. Perméabilité

4.2.2.1. Essais Matsuo

Afin d'estimer la perméabilité des terrains en place, des essais de perméabilité de type Matsuo ont été réalisés. Les résultats de ces essais de perméabilité sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Sondage	Référence	Formation et nature de sol	Profondeur de l'essai (m)	Coefficient de perméabilité K (m/s)
PT1	Ma1	n°2 – Calcaire décomposé à altéré	2.1	2.1×10^{-5}
PT2	Ma2	n°2 – Calcaire décomposé à altéré	2.0	2.4×10^{-5}
PT3	Ma3	n°2 – Calcaire décomposé à altéré	2.0	2.9×10^{-5}

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 exclues.

4.2.3. Inondabilité

Des informations précises sur le risque réel d'inondation peuvent être fournies dans les documents d'urbanisme (P.L.U.) et dépendent des travaux de protection réalisés, donc susceptibles de varier dans le temps. S'agissant de données d'aménagement hydraulique et non de données hydrogéologiques, elles ne font pas partie de notre mission d'étude géotechnique.

5. Principes généraux de construction

5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation

Compte-tenu de ce qui a été indiqué dans les paragraphes précédents, les points essentiels ci-dessous sont à prendre en compte et conduiront les choix d'adaptation du projet :

- Sous une couverture végétale limoneuse (formation n°0) jusqu'à 0.1 à 0.3 m de profondeur, on observe une formation de sables graveleux +/- argileux (formation n°1) jusqu'à 0.6 à 1.2 m de profondeur puis une formation de calcaire décomposé à altéré (formation n°2) jusqu'à la fin des sondages (>2.0 à 2.8 m/TA) pouvant également correspondre en tête à des remblais.
- Aucun niveau d'eau n'a été relevé au cours des investigations (août 2021).
- Les essais en laboratoire ont permis de classer les sols testés en **A1m** et **B5m**.

5.2. Adaptations générales de l'avant-projet

5.2.1. Remarques préalables

Nota : les indications données dans les chapitres suivants, qui sont fournies en estimant des conditions normales d'exécution pendant les travaux, seront forcément adaptées aux conditions réelles rencontrées (intempéries, niveau de nappe, matériels utilisés, provenance et qualité des matériaux, phasages, plannings et précautions particulières).

Nous rappelons que les conditions d'exécution sont absolument prépondérantes pour obtenir le résultat attendu et qu'elles ne peuvent être définies précisément à l'heure actuelle. A défaut, seules des orientations seront retenues.

5.2.2. Réalisation des terrassements

5.2.2.1. Hauteurs envisagées

Il est prévu un simple reprofilage du terrain (+/- 0.5 m de déblais/remblais) pour les voiries et la réalisation de terrassements en déblais sur des hauteurs restant à définir et supposées inférieures à 2 m pour la pose de réseaux et la réalisation des ouvrages de gestion des EP.

5.2.2.2. Traficabilité en phase chantier

Les essais d'identification ont permis de classer les sols testés de la formation n°1 en **A1 m** et de la formation n°2 en **B5 m** au sens de la norme NFP 11-300 (GTR).

Compte tenu de la classification précédente, ces sols sont moyennement sensibles à l'eau. Ils étaient dans un état hydrique « m » (moyen) au moment des investigations (août 2021).

En fonction des conditions rencontrées au moment des travaux, cet état hydrique est susceptible de varier sensiblement. Les conditions d'utilisation de ces matériaux peuvent, par conséquent, évoluer fortement.

Les travaux devront donc être réalisés en période météorologique favorable. Si ce n'est pas le cas, les travaux préparatoires pourront être les suivants :

- cloutage (incorporation par compactage et jusqu'à refus d'éléments 100/300 mm ou équivalents) sur une épaisseur minimale de 50 cm puis mise en place d'un géotextile ;
- mise en place d'un géotextile si la plate-forme n'est pas praticable, et d'une sous-couche de 50 cm minimum en matériaux d'apports granulaires compactés et insensibles à l'eau ;

5.2.2.3. Terrassabilité des matériaux

La réalisation des déblais concernant la couche de couverture végétale limoneuse, les sables graveleux +/- argileux et les calcaires décomposés à altérés (formations n°0, n°1 et n°2) ne devrait pas poser de problème particulier à l'extraction. Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance.

Toutefois, il n'est pas exclu de rencontrer des blocs ou bancs rocheux notamment dans la formation de calcaire. Cela pourra alors nécessiter l'emploi d'engins adaptés ou d'outils adaptés tels que pelle puissante, BRH, etc.

5.2.2.4. Drainage en phase chantier

En principe, le terrain devrait être sec sur les profondeurs concernées par le projet (hors épisodes pluviométriques, sur les profondeurs reconnues). Cependant, les venues d'eau pouvant apparaître en cours de terrassement, en particulier en cas de précipitations, seront collectées en périphérie et évacuées en dehors de la fouille (captage).

Les dispositions spécifiques prévisibles seront adaptées au cas par cas pour assurer la mise au sec de la plateforme de travail à tout moment.

Toute zone décomprimée fera l'objet d'un traitement spécifique si elle doit recevoir un élément de l'ouvrage à porter (purge, compactage).

5.3. Voiries et aires de stationnement

5.3.1. Préambule

L'étude de dimensionnement des voiries ne fait pas partie de la présente mission et devra faire l'objet d'une mission complémentaire dans le cadre d'une étude conception en phase projet (G2 PRO) ou d'une étude d'exécution (G3). Les indications données ici ne constituent qu'une première approche, un prédimensionnement.

Pour le prédimensionnement des structures types, nous avons utilisé le « Guide pour la construction des voiries à faible trafic Bretagne – Pays de la Loire » (2002).

5.3.2. Hypothèses de calcul

La classe de trafic ne nous a pas été fournie. Nous avons donc considéré une classe de trafic T5 (maximum 25 PL/ jour et par sens de circulation).

5.3.3. Partie Supérieure des Terrassements (PST) et classe d'arase

La partie supérieure des terrassements est constituée par des sols de classe GTR A1 et B5 dans un état hydrique « moyen » à la période des sondages correspondant à une PST "sols peu déformables portants mais sensibles à l'eau".

Cette classe peut évoluer en fonction des conditions météorologiques.

Les travaux devront être réalisés en période météorologique favorable afin d'obtenir des matériaux en état hydrique moyen à sec et pour permettre une circulation des engins sur la PST sans difficulté.

Si, toutefois, les travaux sont réalisés en période défavorable, des sujétions seront à prévoir afin d'augmenter la portance avant la réalisation de la couche de forme.

5.3.4. Travaux préparatoires

Avant la mise en place de la couche de forme, les travaux préparatoires consisteront à :

- **drainer** le site (fossés...),
- **purger la terre végétale** ainsi que des éventuelles poches inconsistantes et des sols détériorés par les engins de terrassements ou les eaux de pluie,
- **compacter le fond de forme** à 95% de l'Optimum Proctor Normal (OPN). Cette opération ne sera réalisable dans les sols en place que si ces derniers présentent une teneur en eau voisine de l'OPN. Selon le GTR, la mise en œuvre correcte de la couche de forme nécessite un fond de forme ayant un module EV2 de l'ordre de 15 à 20 MPa pour une couche de forme en matériaux granulaires.

Dans le cas contraire (à la suite d'intempéries par exemple), et s'il est impossible d'attendre que le terrain s'assainisse, on devra envisager l'une des solutions ci-dessous :

- cloutage (incorporation par compactage et jusqu'à refus d'éléments 100/300 mm ou équivalents) sur une épaisseur minimale de 50 cm puis mise en place d'un géotextile,
- mise en place d'un géotextile si la plate-forme n'est pas praticable, et d'une sous-couche de 50 cm minimum en matériaux d'apports granulaires compactés et insensibles à l'eau,

5.3.5. Couche de forme

L'épaisseur de la couche de forme dépendra de la classe du matériau extrait de la carrière.

Sur la base d'un matériau de type R61 ou équivalent, les épaisseurs minimales de matériaux à mettre en œuvre en couche de forme sont les suivantes :

Classe des matériaux en couche de forme : R₆₁ ou équivalent.		
Qualification de la portance de la PST	Contexte de réalisation	Epaisseur de la couche de forme, pour obtenir une plate-forme de type PF2- (EV2 entre 50 et 80 MPa). préalable à l'édification des chaussées
Sols déformables à très déformables	Déblais sans drainage	0,75 m (0,2 m de 0/63 + 0,55 m de 0/150) ou 0,6 m (0,2 m de 0/63 + 0,4 m de 0/150) sur géotextile
	Déblais avec drainage profond	0,6 m (0,2 m de 0/63 + 0,4 m de 0/150) ou 0,5 m de 0/63 sur géotextile
Sols peu déformables mais sensibles à l'eau	Déblais sans drainage	0,45 m de 0/63
	Déblais avec drainage profond	0,3 m de 0/63

L'épaisseur donnée précédemment est indicative ; elle devra être adaptée sur le chantier en fonction de la classe de PST au démarrage des travaux et des résultats des contrôles effectués (planche d'essais préalable).

5.3.6. Structure type de chaussée

Sur la base d'une assise de classe PF2- et pour un trafic T5, on peut proposer, à titre de prédimensionnement pour les voiries lourdes, les structures de chaussée suivantes :

Couches	Epaisseur	Epaisseur
Surface	6 cm de BBS	4 cm de BBM
Fondation et base	16 cm de GNT de type B2 (0/20 ou 0/31,5)	12 cm de GB2 (0/14)
Plateforme	PF2- (EV2 entre 50 et 80 MPa)	PF2- (EV2 entre 50 et 80 MPa)

Légende : BBS : Béton bitumineux souple, BBM : Béton bitumineux mince, GNT : grave non traitée, GB : grave bitume.

Les exemples ci-avant ne tiennent pas compte de la vérification au gel de la structure de chaussée. Le dimensionnement au niveau de l'étude de conception phase projet (G2 PRO) ou de l'étude d'exécution (G3) devra être réalisé en fonction de la circulation effective prévue sur les voiries et de la tenue au gel.

Dans les zones de fortes sollicitations (zones de manœuvre, de giration, rampe d'accès, ...), nous conseillons de privilégier des enrobés à liants élastomères pour leur caractère anti-orniérage.

L'entreprise pourra proposer des structures différentes dans la mesure où elles sont équivalentes (à justifier par note technique).

Lors de la réalisation des travaux, la plus grande attention sera portée sur les points suivants :

- contrôle du niveau de portance de la plateforme,
- respect des épaisseurs préconisées,
- contrôle de la qualité des matériaux mis en œuvre et de leur compacité.

Ginger CEBTP se tient à la disposition du Maître d'œuvre ou de l'entreprise pour la réalisation des essais de contrôle à tout stade de l'exécution.

Nota Bene : Ceci n'est donné qu'à titre d'exemple. Les matériaux disponibles sur place peuvent conduire à des dimensionnements de structure très différents. Nous nous tenons à disposition pour en vérifier la définition et les possibilités, dans le cadre d'une étude de projet.

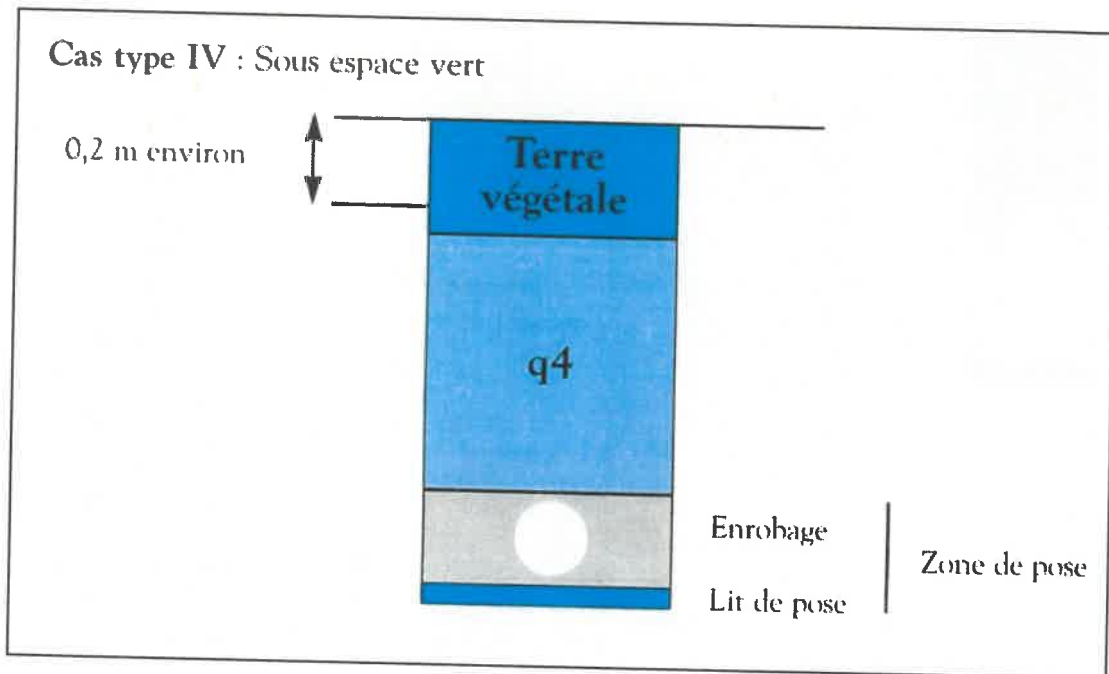
5.4. Tranchées

5.4.1. Remblai pour le réseau d'assainissement : réutilisation des matériaux

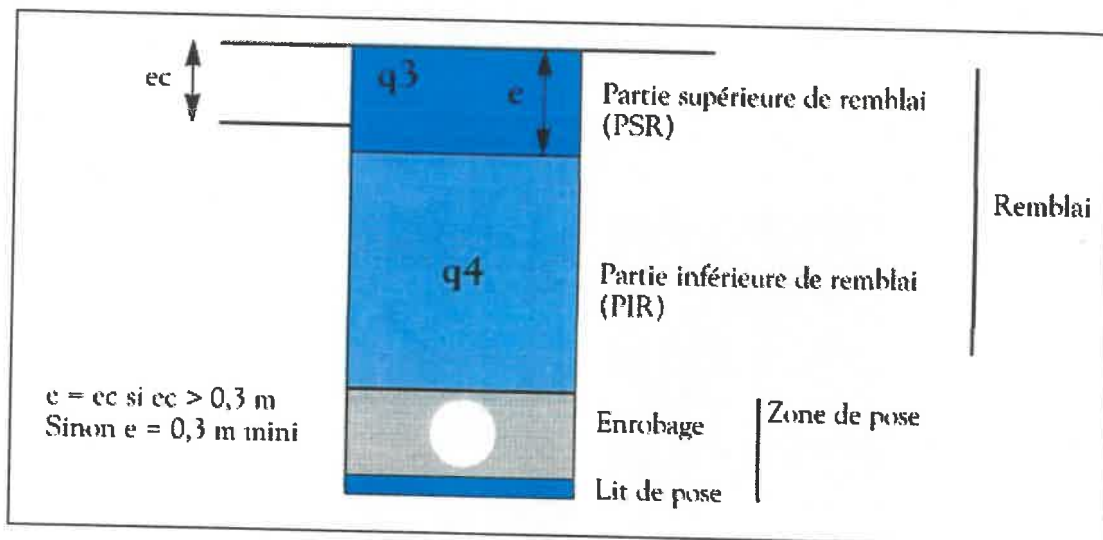
Les objectifs de densification et les croquis ci-dessous sont donnés à titre indicatif selon les recommandations du Guide Technique pour le Remblayage des Tranchées et Réfection des Chaussées (Guide LCPC-SETRA de mai 1994).

Quatre cas distincts peuvent se présenter sur le site :

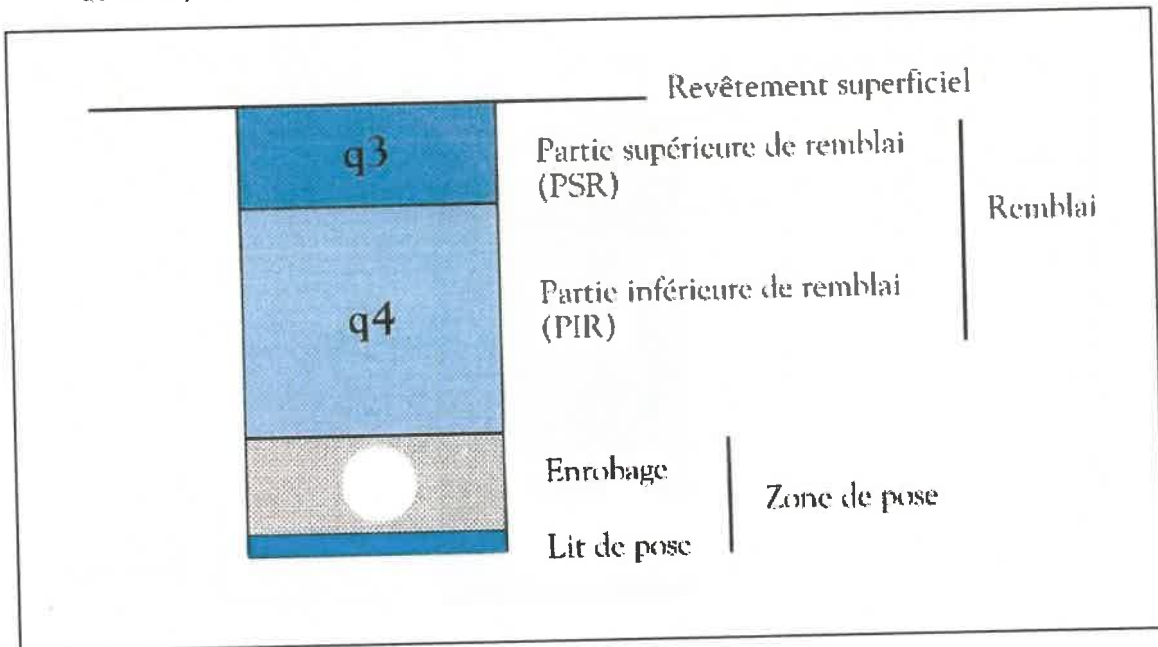
- **Canalisation sous espaces verts : une structure de type IV, correspondant à la figure ci-dessous, sera retenue :**



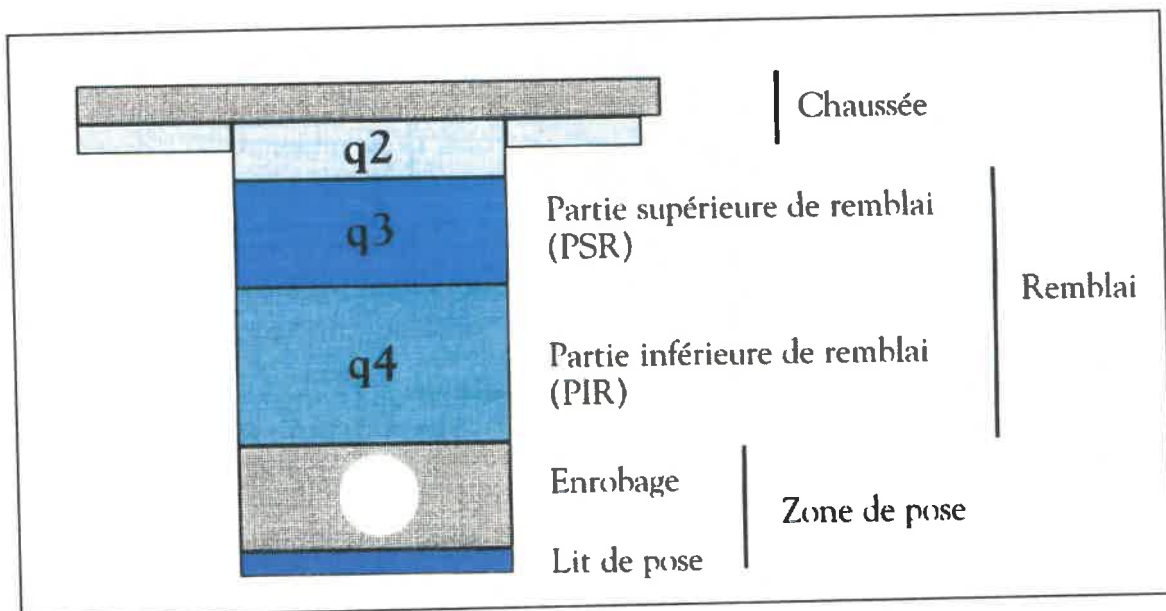
- **Canalisation sous accotements : une structure de type III, correspondant à la figure ci-dessous, sera retenue :**



Canalisation sous trottoir : une structure de type II, correspondant à la figure ci-dessous, sera retenue :



- **Canalisation sous chaussée : une structure de type I, correspondant à la figure ci-dessous, sera retenue :**



Dans tous les cas, on veillera à ce que les points suivants soient respectés :

- fond de tranchée compacté en deux passes de compacteurs de géométrie appropriée permettant d'assurer la stabilité et la planéité du fond de la tranchée ;
- enrobage de la canalisation par des matériaux comportant peu d'éléments grossiers et non argileux de manière à ne pas offrir d'entraînement hydraulique en cas de remontée de la nappe ;
- recouvrement de la canalisation (matériau d'enrobage) sur une hauteur comprise entre 10 cm minimum et 30 cm maximum.

5.4.2. Matériaux utilisables en remblai

Le niveau q4, correspondant à la partie inférieure du remblai non sollicitée par des charges lourdes, pourra être constitué par les matériaux cités dans le tableau ci-dessous (après contrôle de leur état hydrique) :

Tableau 3.2 - Matériaux utilisables en remblayage de la partie inférieure de remblai		Objectif de densification q4
Appellation selon NF P 11-300 Sols	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Sols fins	A1h ; A1m ; A1s ; A2h ; A2m ;	
Sols sableux et graveleux avec fines	B1 ; B2h ; B2m ; B2s ; B3 ; B4h ; B4m ; B4s ; B5h ; B5m ; B5s ; B6h ; B6m ;	
Sols comportant oc. fines et des gros éléments	C1A1h ; C1A1m ; C1A2h ; C1A2m ; C2A1h ; C2A1m ; C2A2h ; C2A2m ; C1B2h ; C1B2m ; C1B4h ; C1B4m ; C1B5h ; C1B5m ; C1B6h ; C1B6m ; C2B2h ; C2B2m ; C2B4h ; C2B4m ; C2B5h ; C2B5m ; C2B6h ; C2B6m	
Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments	C1B1 ; C1B3 ; C2B1 ; C2B3	
Sols insensibles à l'eau	D1 ; D2 ; D3	
Appellation selon NF P 11-300 Matériaux rocheux	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Craies	R11 ; R12h ; R12m ; R13h ; R13m	
Calcaires rocheux divers	R21 ; R22 ; R23	R22 et R23 assimilés à C2B4
Roches siliceuses*	R41 ; R42 ; R43	R42 assimilé à C2B4 ; R43 assimilé à C1B1
Roches magmatiques et métamorphiques	R61 ; R62 ; R63 ;	R62 et R63 assimilés à C2B4
Appellation selon NF P 11-300 Sous-produits industriels	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Cendres volantes et cendres de foyer silico-aluminieuses de centrales thermiques	F2h ; F2m ; F2s	F2 assimilé à A1
Schistes houillers	F31 ; F32 ;	F31 et F32 assimilés à D3
Schistes des mines de potasse	F41 ;	F41 assimilé à B5
Mâchefers d'incinération des ordures ménagères	F61 ; F62 ;	F61 et F62 assimilés à B4
Matériaux de démolition	F71 ;	F71 assimilé à C2B4
Laitiers de haut-fourneau	F8 ;	fonction du type d'obtention
Matériaux d'apport élaborés	Difficulté de compactage	
Matériaux élaborés	DC1, DC2, DC3	

Les matériaux mis en œuvre en niveau q4 devront répondre aux exigences de compactage suivantes :

- densité sèche moyenne de la couche $\geq 95\%$ ρ_{dOPN} ,
- densité sèche en fond de couche $\geq 92\%$ ρ_{dOPN} .

L'épaisseur du niveau q4 est fonction de la hauteur de la tranchée et des épaisseurs des niveaux q3 et q2. Dans la mesure où l'épaisseur du niveau q4 ne dépasserait pas 0.15 m, le remblai serait obligatoirement réalisé avec le même matériau que celui de la partie supérieure du remblai.

Le niveau q3 correspond à la partie supérieure du remblai subissant des sollicitations dues à l'action du trafic ou au revêtement de la chaussée en cas d'absence de charges lourdes.

Seuls les matériaux cités dans le tableau ci-dessous pourront entrer dans la constitution du niveau q3 :

Appellation selon NF P 11-300 Sols	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Sols sableux et graveleux avec fines (non argileuses)	B1 ; B3	
Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments	C1B1 ; C1B3 ; C2B1 ; C2B3 C2B1 ; C2B3 C1B4 ; C2B4 après élimination de la fraction, fine 0/d	
Sols insensibles à l'eau	D1 ; D2 ; D3	
Appellation selon NF P 11-300 Matériaux rocheux	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Craies	R11	
Calcaires rocheux divers	R21 ; R22	R22 assimilé à C2B4
Roches siliceuses*	R41 ; R42 ;	R42 assimilé à C2B4
Roches magmatiques et métamorphiques	R61 ; R62 ;	R62 assimilé à C2B4
Appellation selon NF P 11-300 Sous-produits industriels	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Schistes houillers	F31	F31 assimilé à D3
Mâchefers d'incinération des ordures ménagères	F61 ; F62 Se référer à la réglementation pour l'utilisation	F61 et F62 assimilés à B4
Matériaux de démolition	F71	F71 assimilé à C2B4
Lairiers de haut-fourneau	F8	fonction du type d'obtention
Matériaux d'apport élaborés	Difficulté de compactage	
Matériaux élaborés	IX1, IX2, IX3	

Les matériaux mis en œuvre en niveau q3 devront répondre aux exigences de compactage suivantes :

- densité sèche moyenne de la couche $\geq 98.5\%$ pd_{OPN} ,
- densité sèche en fond de couche $\geq 96\%$ pd_{OPN} .

Des contrôles à la plaque ou à la dynaplaque permettront de vérifier qu'une portance de 50 MPa minimum est obtenue en surface du niveau q3.

Les matériaux utilisés en q3 ne devront pas présenter de « sensibilité à l'eau » que ce soit dans leur état naturel ou après leur avoir fait subir un traitement approprié.

L'épaisseur du niveau q3 à mettre en œuvre est fonction du trafic. Elle sera donc de 0.3 m minimum pour un trafic faible et de 0.6 m minimum pour un trafic fort.

Le niveau q2 s'applique aux couches de chaussées.

Ce niveau correspondra à une réfection de voirie qui ne pourra être définie qu'en fonction de la classe de trafic retenue pour la voirie.

Pour les préconisations de remblayage des tranchées, l'entreprise se reportera au guide technique de remblayage des tranchées édité par le SETRA-LCPC.

5.4.3. Conditions de réemploi des matériaux du site

Les matériaux du site appartiennent aux classes suivantes pour échantillons testés :

- A1 pour les sables argileux de la formation n°1,
- B5 pour les calcaires +/- altérés de la formation n°2

Les matériaux prélevés sur le site ont été caractérisés selon les préconisations du GTR (guide LCPC-SETRA 1994 – NF P11-300).

Niveau q4 :

- les argiles sableuses rencontrés ont été classés A1 dans un état hydrique « m » au moment de notre intervention ;
- les calcaires +/- altérés ont été classé B5 dans un état hydrique « m » au moment de notre intervention ;
- les matériaux classés A1 et B5 peuvent donc être réutilisés en l'état.

Niveau q3 et q2 :

Les matériaux du site n'entrant pas dans le tableau récapitulatif présenté précédemment, il conviendra donc d'utiliser des **matériaux d'apport**.

L'étude des tranchées, ainsi que l'étude de réemploi des matériaux du site ne fait pas partie de la présente mission et devra faire l'objet d'une mission complémentaire dans le cadre d'une étude en phase projet (G2 PRO).

Ginger CEBTP se tient à la disposition du Maître d'œuvre ou de l'entreprise pour la réalisation des essais de contrôle à tout stade de l'exécution.

Lors de la réalisation des travaux, la plus grande attention sera portée sur les points suivants :

- contrôle du niveau de portance de la plateforme,
- respect des épaisseurs préconisées,

- contrôle de la qualité des matériaux mis en œuvre et de leur compacité.

Ginger CEBTP se tient à la disposition du maître d'œuvre ou de l'entreprise pour la réalisation des essais de contrôle à tout stade de l'exécution.

NB : l'ensemble de ces préconisations est donné à titre d'exemple. Les matériaux disponibles sur place peuvent conduire à des dimensionnements de structure très différents. Nous nous tenons à disposition, dans le cadre d'une étude de projet, pour en vérifier la définition et les possibilités.

6. Observations majeures

On s'assurera que la stabilité des ouvrages et des sols avoisinant le projet est assurée pendant et après la réalisation de ce dernier.

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 P94-500 de novembre 2013).

Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre de l'avant-projet (G₂ AVP) et que, conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, une étude de projet (G₂ PRO) doit être envisagée (collaboration avec l'équipe de conception) pour :

- permettre l'optimisation du projet avec, notamment, prise en compte des interactions sol / structure ;
- vérifier la bonne transcription de toutes les préconisations dans les pièces techniques du marché (G₂ DCE/ACT).

Ginger CEBTP peut prendre en charge la maîtrise d'œuvre dans le domaine de la géotechnique, au stade du projet.

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

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

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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).
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

<p>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)</p> <p>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — 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) <p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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



Légende :

- Essai de perméabilité type Matsuo
- Sondage à la tarière 63 mm de diam. avec tube piézométrique

Plan d'implantation des sondages

FYE (72) – Rue de la Croix des Buis
Viabilisation d'un lotissement

Dossier : OLM2.KC122-13

Date : 09/09/2021

Echelle : graphique



GINGER CEBTP
Agence du Mans
14 rue de Vienne
72190 COULAINES

ANNEXE 3 – COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS IN SITU

- **Sondage à la tarière**
- **Sondages à la pelle mécanique**
 - coupe des sols ;
 - prélèvements d'échantillons remaniés.
- **Essais Matsuo**

Dossier : **OLM2.KC122-13**

Chantier : **G1 - Viabilisation d'un lotissement - FYE (72)**

Client : **SARTHE HABITAT**

Echelle : **1/20°**

Machine : **Tractopelle**

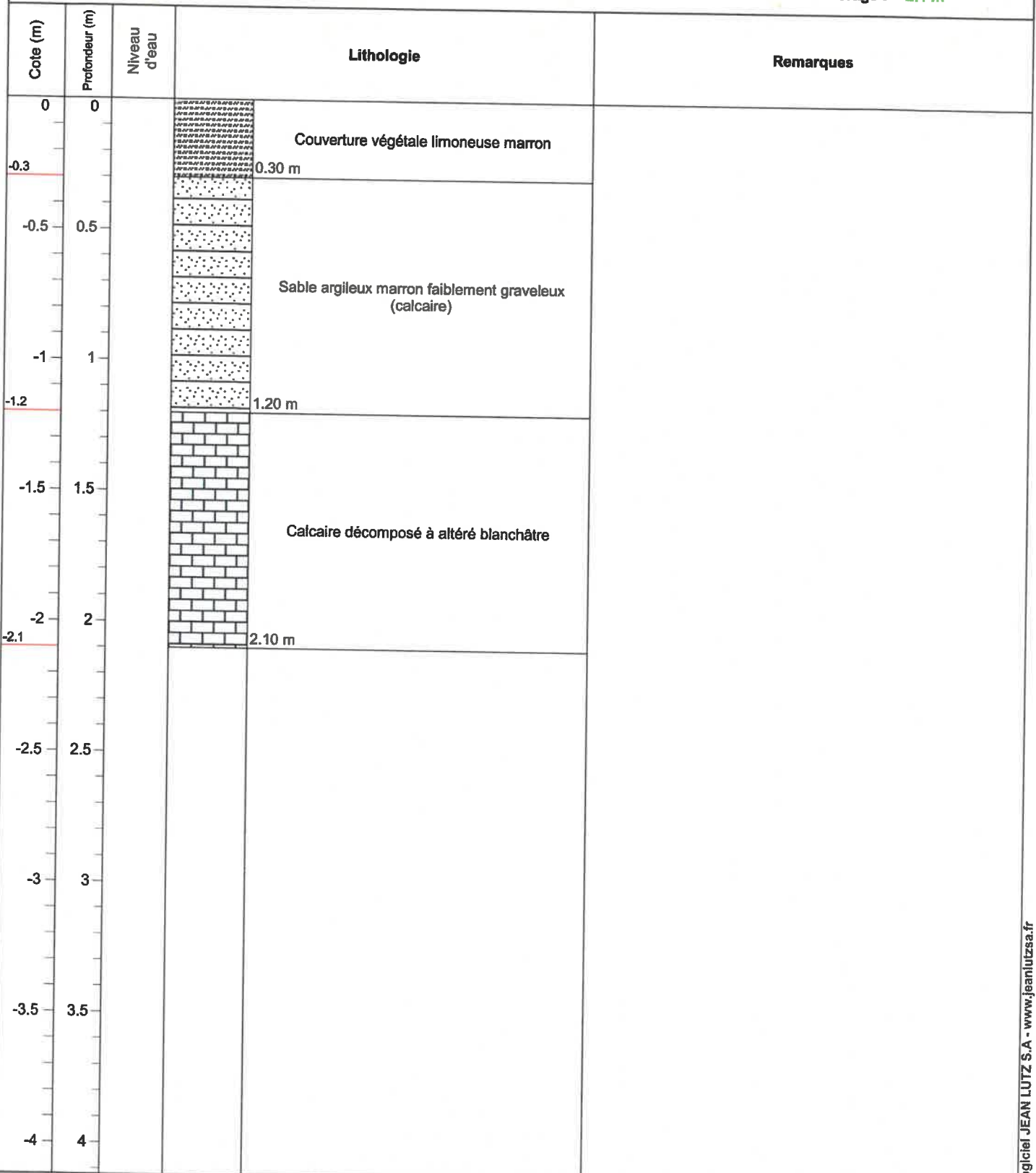
X :

Y :

Altitude :

Date forage : **12/08/2021**

Profondeur du forage : **2.1 m**



Observations : **Pas de niveau d'eau reconnu en profondeur.**
Prise d'échantillon entre 0.3 et 1.2 m de profondeur.

Dossier : **OLM2.KC122-13**

Chantier : **G1 - Viabilisation d'un lotissement - FYE (72)**

Client : **SARTHE HABITAT**

Echelle : **1/20°**

Machine : **Tractopelle**

X :

Y :

Altitude :

Date forage : **12/08/2021**

Profondeur du forage : **2.0 m**

Cote (m)	Profondeur (m)	Niveau d'eau	Lithologie	Remarques
0	0		Couverture végétale limoneuse marron	
-0.3			0.30 m	
-0.5	0.5		Sable faiblement graveleux (calcaire) marron clair	
-0.6			0.60 m	
-1	1		Calcaire décomposé à altéré blanchâtre	
-1.5	1.5			
-2.0	2		2.00 m	
-2.5	2.5			
-3	3			
-3.5	3.5			
-4	4			

Observations : **Pas de niveau d'eau reconnu en profondeur.**
Prise d'échantillon entre 0.6 et 2.0 m de profondeur.

Dossier : **OLM2.KC122-13**

Chantier : **G1 - Viabilisation d'un lotissement - FYE (72)**

Client : **SARTHE HABITAT**

Echelle : **1/20°**

Machine : **Tractopelle**

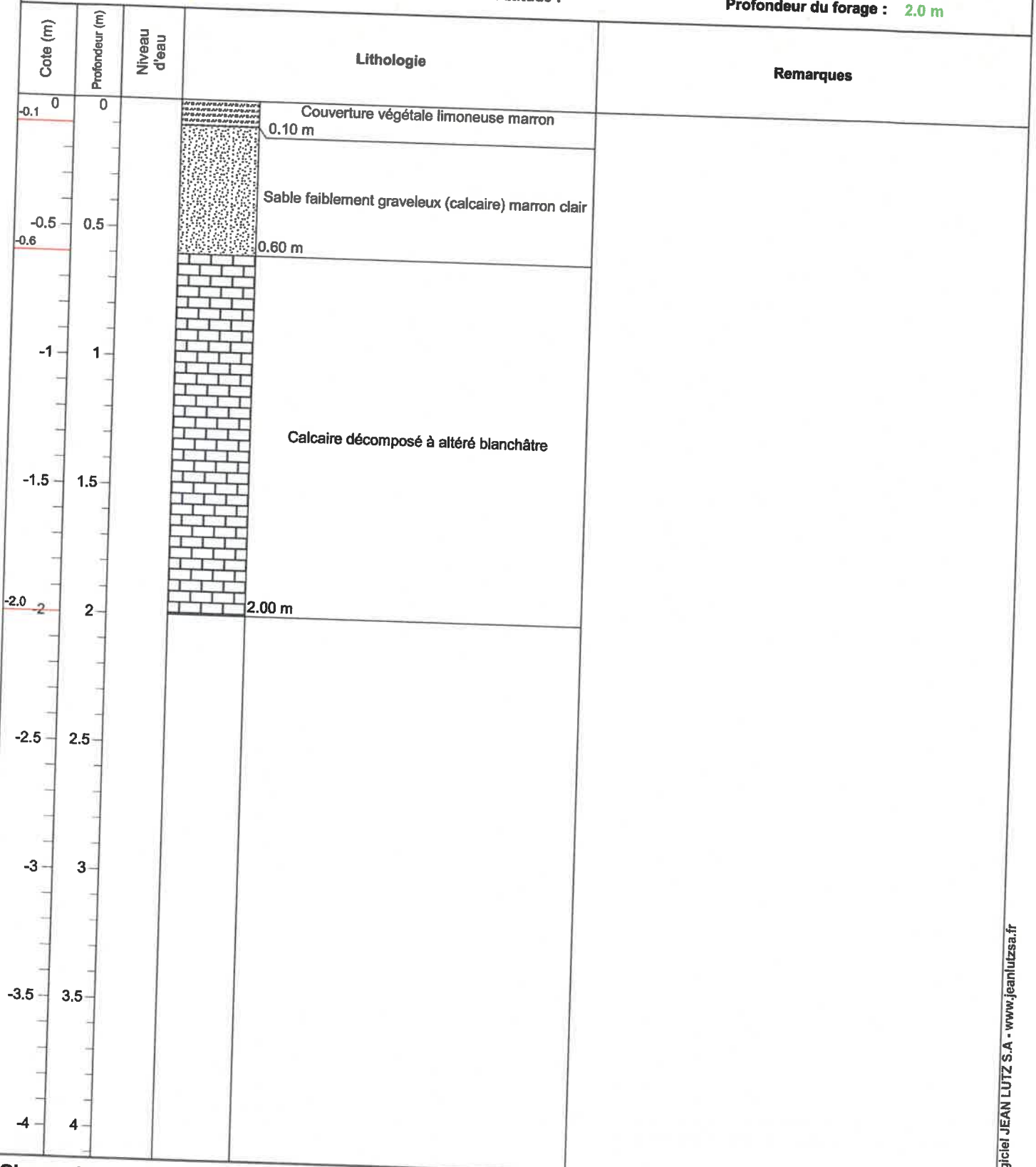
X :

Y :

Altitude :

Date forage : **12/08/2021**

Profondeur du forage : **2.0 m**



Observations : **Pas de niveau d'eau reconnu en profondeur.**
Prise d'échantillon entre 0.6 et 2.0 m de profondeur.

Dossier : OLM2.KC122-13

Chantier : G2 AVP - Viabilisation d'un lotissement - FYE (72)

Client : SARTHE HABITAT

Echelle : 1/50°

Machine : M258

X :

Y :

Altitude :

Date de forage : 27/05/2021

Profondeur du forage : 2.80 m

Cote (m)	Profondeur (m)	Outil	Equipement	Niveau d'eau (m)	Lithologie	Observations
-0.2	0	Tarière hélicoïdale diam. 63 mm	Tube piézométrique diam. 45 mm	Pas d'eau	Couverture végétale limono-argileuse	
-0.5	0.5				Argile sableuse marron	
-0.8	0.8				Argile sableuse à grains calcaires	
-1	1				Calcaire blanchâtre	
-1.6	1.6				Calcaire +/- altéré blanchâtre	
-2	2					
-2.8	2.8					
-3	3					
-4	4					
-5	5					
-6	6					
-7	7					
-8	8					
-9	9					

Observations : Pas de niveau d'eau détecté

Dossier : OLM2.KC122-13

Client : SARTHE HABITAT

Date de l'essai : 12/08/2021

Technicien/Ingénieur : R.Pahud

Commune : FYE

Dépouillement : 12/08/2021

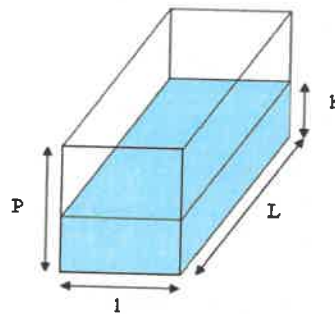
P (m)	l (m)	L(m)	C	Référence
2.1	0.5	1.7	0.19	Ma1

t (min)	h (m)	K (m/s)*
0	0.85	-
10	0.72	4.29E-05
20	0.66	3.24E-05
40	0.54	2.84E-05
60	0.48	2.35E-05
80	0.43	2.07E-05
100	0.37	1.98E-05

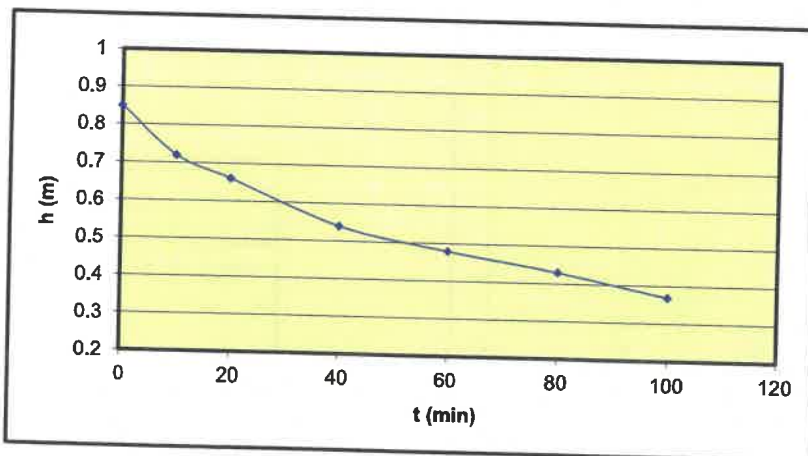
COUPE DE SOL	
Nature du matériau	Profondeur/TN (m)
Couverture végétale marron	0.30
Sables argileux marron clair faiblement graveleux	1.20
Calcaire décomposé blanchâtre	2.10

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

- 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)
2.14E-05



Nom du chargé d'affaires :

R.PAHUD

Visa du chargé d'affaires :

Dossier : OLM2.KC122-13

Client :

SARTHE HABITAT

Date de l'essai : 12/08/2021

Technicien/Ingénieur :

R.Pahud

Commune : FYE

Dépouillement :

12/08/2021

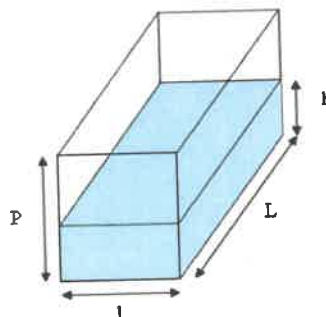
P (m)	l (m)	L (m)	C	Référence
2	0.7	1.6	0.24	Ma2

t (min)	h (m)	K (m/s)*
0	0.45	-
10	0.4	3.04E-05
20	0.355	2.99E-05
30	0.325	2.69E-05
50	0.26	2.60E-05
70	0.225	2.27E-05
90	0.18	2.22E-05

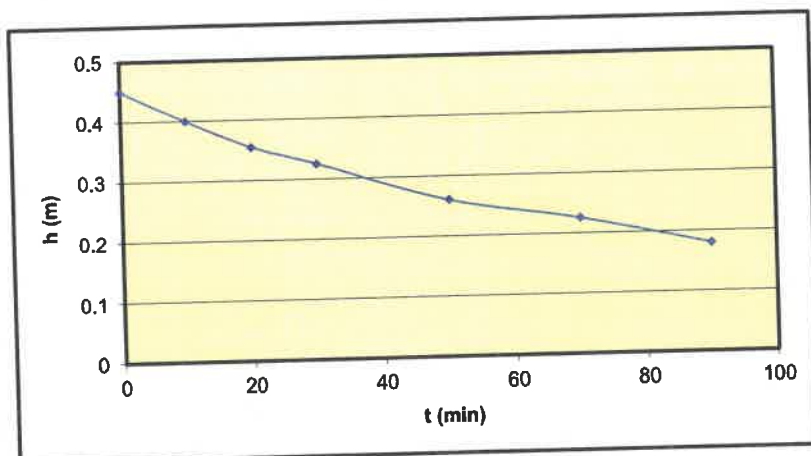
COUPE DE SOL	
Nature du matériau	Profondeur/TN (m)
Couverture végétale marron foncé	0.30
Sables marron clair faiblement graveleux	0.80
Calcaire décomposé blanchâtre	2.00

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

- 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)
2.37E-05



Nom du chargé d'affaires :

R.PAHUD

Visa du chargé d'affaires :

Dossier : OLM2.KC122-13

Client : SARTHE HABITAT

Date de l'essai : 12/08/2021

Technicien/Ingénieur : R.Pahud

Commune : FYE

Dépouillement : 12/08/2021

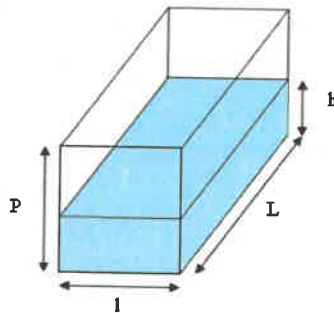
P (m)	l (m)	L(m)	C	Référence
2	0.75	1.6	0.26	Ma3

t (min)	h (m)	K (m/s)*
0	0.52	-
10	0.445	4.33E-05
20	0.39	3.90E-05
30	0.35	3.51E-05
50	0.29	2.99E-05
70	0.225	2.91E-05
90	0.175	2.78E-05

COUPE DE SOL	
Nature du materiau	Profondeur/TN (m)
Couverture végétale limoneuse marron	0.10
Sables marron +/- graveleux (calcaire)	0.60
Calcaire décomposé à altéré blanchâtre	2.00

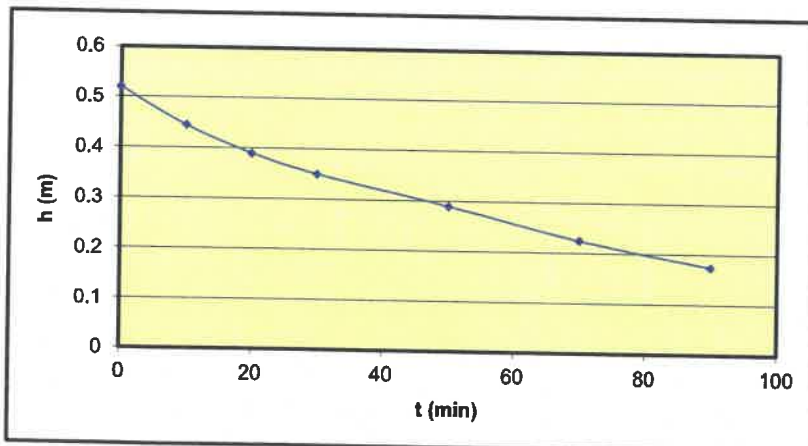
$$K = \frac{-C}{60 \times t} \times \ln \frac{h+C}{H+C} \quad \text{avec } C = \frac{L \times l}{2 \times (L+l)}$$

- 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)

2.90E-05



Nom du chargé d'affaires :

R.PAHUD

Visa du chargé d'affaires :

ANNEXE 4 – PROCES VERBAUX DES ESSAIS EN LABORATOIRE

- **Essais d'identification et paramètres d'état :**
 - teneur en eau ;
 - courbe granulométrique ;
 - mesure de la VBS ;
 - indice IPI.

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

GINGER CEBTP ORLEANS
PADE LA SAUSSAYE
ALLEES DES JONCS
45590 ST CYR EN VAL

Informations générales

N° dossier : **OLM2.KC122.0013**
 Désignation : **G1+G2 VIABILISATION LA CROIX DES BUIS - 72610**
 Localité : **FYE**
 Chargé d'affaire : **HATEAU DAVID**

Client / MO : **SARTHE HABITAT**

Demandeur / MOE : **SARTHE HABITAT**

Informations sur l'échantillon N° 21ORL-0519

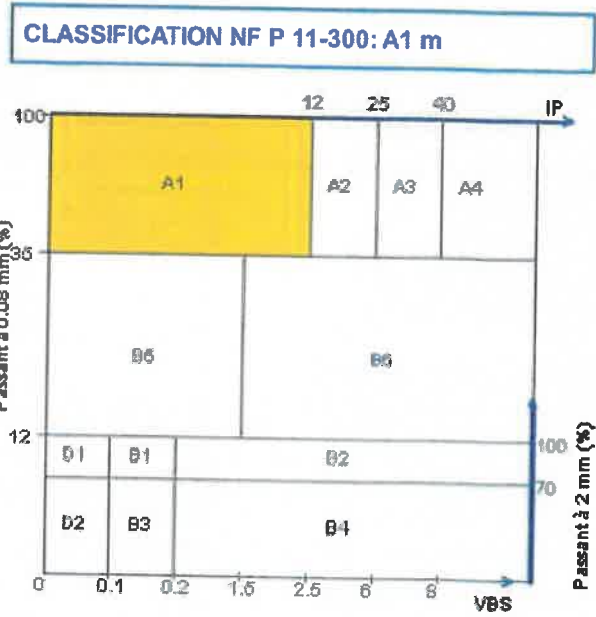
Mode de prélèvement : **Sondage à la Pelle Mécanique**
 Prélevé par : **GINGER CEBTP**
 Date prélèvement : **12/08/21**
 Mode de conservation : **Ech. prélevé en sac**
 Date de livraison : **06/09/21**
 Description : **Sable argileux blanc / beige**

Sondage : **PT1**

Profondeur : **0.30/1.00 m**

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	20	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	79.1	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	49.4	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	NF P94-051		%
Limite de plasticité - WP	NF P94-051		%
Indice de plasticité - Ip	WL - WP		
VBS	NF P94-068	1.31	g / 100 g
MV des particules solides ρs	NF P94-054		kg/m3
Propreté des sables - SE	NF EN 933-8		%
Masse volumique humide ρ	NF P94-053		kg/m3
Masse volumique sèche ρd	NF P94-064		t/m3
Teneur en carbonate	NF P94-048		%
Teneur en MO - CMOC	XP P 94-047		%

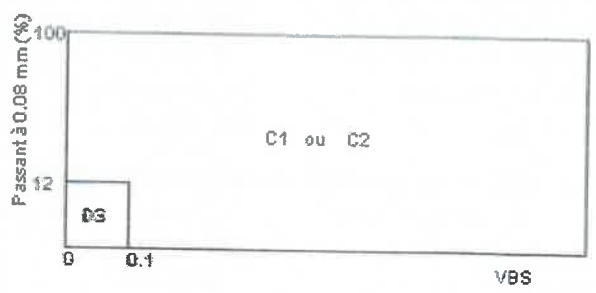


Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	(NF P 94-050)	8.9	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078	16	
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / Ip		
Wn / W OPN	NF P94-093		

Paramètres de comportement mécanique - Matériaux rocheux

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Fragmentabilité - FR	NF P94-066		
Dégradabilité - DG	NF P94-067		
micro-Deval - MDE (10/14 mm)	NF EN 1097-1		
Los Angeles - LA (10/14 mm)	NF EN 1097-2		
Friabilité des sables - Fs	NF P18-576		%



Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :
 Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :

Responsable de laboratoire
Frédéric GIBIER

Observations :

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

 GINGER CEBTP ORLEANS
 PA DE LA SAUSSAYE
 ALLEES DES JONCS
 45590 ST CYR EN VAL

Informations générales

 N° dossier : **OLM2.KC122.0013**
 Désignation : G1+G2 VIABILISATION LA CROIX DES BUIS - 72610
 Localité : FYE
 Chargé d'affaire : HATEAU DAVID

Client / MO : SARTHE HABITAT

Demandeur / MOE : SARTHE HABITAT

Informations sur l'échantillon N° 21ORL-0521

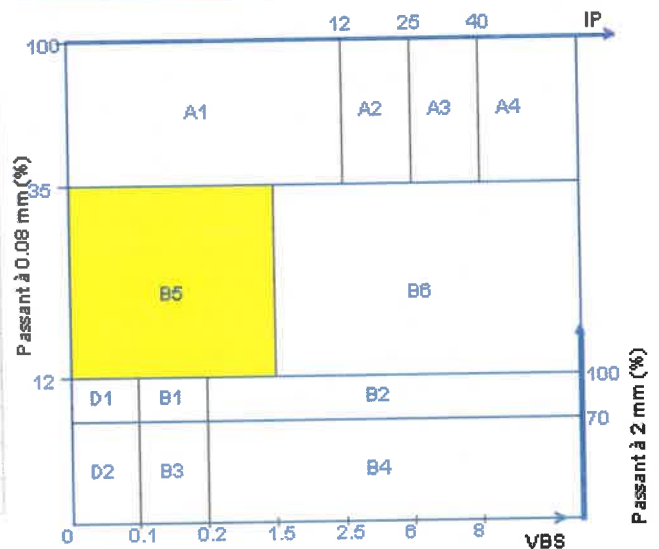
 Mode de prélèvement : Sondage à la Pelle Mécanique
 Prélevé par : GINGER CEBTP
 Date prélèvement : 12/08/21
 Mode de conservation : Ech. prélevé en sac
 Date de livraison : 06/09/21
 Description : Sable blanc/beige

Sondage : PT3

Profondeur : 0.60/2.00 m

Paramètres de nature

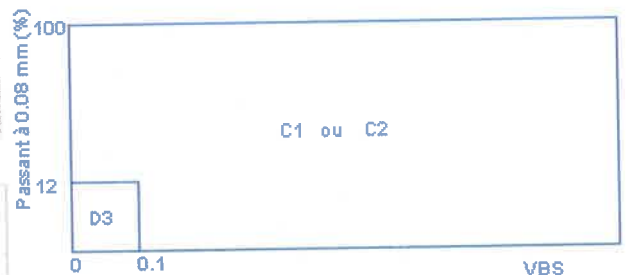
Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	50	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	60.4	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	22.2	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	NF P94-051		%
Limite de plasticité - WP	NF P94-051		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF P94-068	1.45	g /100 g
MV des particules solides ρs	NF P94-054		kg/m3
Propreté des sables - SE	NF EN 933-8		%
Masse volumique humide ρ	NF P94-053		kg/m3
Masse volumique sèche ρd	NF P94-064		t/m3
Teneur en carbonate	NF P94-048		%
Teneur en MO - Cmoc	XP P 94-047		%

CLASSIFICATION NF P 11-300: B5 m

Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	(NF P 94-050)	10.5	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078	25	
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / Ip		
Wn / W OPN	NF P94-093		

Paramètres de comportement mécanique - Matériaux rocheux

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Fragmentabilité - FR	NF P94-066		
Dégradabilité - DG	NF P94-067		
micro-Deval - MDE (10/14 mm)	NF EN 1097-1		
Los Angeles - LA (10/14 mm)	NF EN 1097-2		%
Friabilité des sables - Fs	NF P18-576		


Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :

Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :

Responsable de laboratoire

Frédéric GIBIER

Observations :

GINGER

CEBTP

LE RESEAU



La Réunion



Guyane



Martinique



Guadeloupe



Nouvelle
Calédonie



Polynésie



Maghreb

CONTACT

Agence du Mans

14 Rue de Vienne

72190 COULAINES

Tél. : +33 (0) 02.43.76.86.86

Fax. : +33 (0) 02.43.76.86.87

cebtp.lemans@groupeginger.com

www.ginger-cebtp.com