

GEODECRION
LA GÉOTECHNIQUE DEPUIS 1972

Ingénieur conseil - Ingénierie – Expertises
Géotechnique - Géophysique
Loi sur l'Eau - Environnement – Etude préliminaire pollution
Assainissement individuel et collectif
Sondage et essais de sol - Instrumentation
Laboratoire de mécanique des sols - Assistance Technique

Diffusion par mail (a.idasik@funecap.com)

FUNECAP
GROUPE

DAMAZAN
(Lot-et-Garonne)

ZAE CONFLUENCE – ZM 659 / ZM 637

Construction d'un crématorium

Sondages et essais de sol

RAPPORT D'ETUDE GEOTECHNIQUE

N° Affaire :		A20-234-V2	18/03/2021
ETABLI PAR	CONTROLE	Annexes : 10	Première Diffusion : 14/12/20
M. DECRION	C. MARNIER	Texte : 18	
DIRECTEUR TECHNIQUE	INGENIEURE	Nb de feuilles : 29	

© 2021 - GEODECRION -

Table des matières

I - MISSION.....	2
II - PROJET.....	2
III - ETUDE GEOTECHNIQUE	3
3.1 <i>METHODE DE TRAVAIL</i>	3
3.2 <i>RESULTATS ET INTERPRETATION</i>	4
3.2.1 LE SITE.....	4
3.2.2 NATURE DU SOL	4
3.2.3 L'EAU DANS LE SOL	4
3.2.4 CARACTERISTIQUES MECANIQUES.....	5
3.2.5 MESURE PONCTUELLE DE LA PERMEABILITE PORCHET	6
3.2.6 MESURE PONCTUELLE DE LA PERMEABILITE MATSUO	6
3.2.7 CLASSIFICATION SELON LES RISQUES.....	9
IV - ETUDE DES FONDATIONS	12
4.1 <i>NIVEAUX MINIMUM D'ASSISE</i>	12
4.2 <i>CONSTRAINTES AUX ETATS LIMITES</i>	13
4.3 <i>EVALUATION DES TASSEMENTS</i>	14
4.4 <i>CONSEILS GENERAUX DE MISE EN OEUVRE</i>	14
4.5 PRECAUTIONS SPECIALES DUES AU RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS DE FONDATION	15
V - FONDATIONS DES DALLAGES DE FOND	17
VI - LE PROBLEME DE L'EAU DANS LE SOL	17

I - MISSION

A la demande de FUNECAP SCA, notre société a réalisé des sondages de reconnaissance et des essais de sol, début Décembre 2020, sur les parcelles ZM 637 et ZM 659 de la ZAE CONFLUENCE, pour la construction d'un crématorium à DAMAZAN (47160).

Notre mission consistait en une étude géotechnique pour :

- Reconnaître les sols de fondation au droit du crématorium,
- Faire une proposition sur les types et caractéristiques des fondations à envisager,
- Etudier les possibilités et les modalités de réalisation des dallages de fond sur terre-plein,
- Mesurer la perméabilité des sols superficiels.

Il s'agit d'une étude géotechnique de conception G1 + G2 – AVP de la norme NF P 94-500 du 30 novembre 2013.

Le dimensionnement des chaussées n'appartient pas à notre mission, car le niveau du terrain fini ne nous a pas été communiqué.

Les documents en APS fournis pour remplir notre mission ont été les suivants :

- Plan de situation,
- Plan masse.

II - PROJET

Il s'agit d'un bâtiment rectangulaire, avec une fosse de déchargement et une aire de manœuvre.

Compte-tenu de l'altimétrie, aucun remblai supplémentaire n'est à priori prévu.

III - ETUDE GEOTECHNIQUE

3.1 METHODE DE TRAVAIL

Nous avons procédé à l'exécution de 2 sondages de reconnaissance (DEC) à 8 m de profondeur par rapport à la surface topographique du terrain au moment du chantier.

Par ailleurs il a été procédé à 3 essais au pénétromètre dynamique lourd (PD).

La perméabilité K des sols superficiels a été mesurée In Situ par :

- 2 essais d'infiltration par la méthode Porchet (Kp) – Version V1 du rapport.
- 2 essais à la fosse par la méthode Matsuo (Km) - Version V2 du rapport.

Leur implantation est reportée sur le plan annexé.

Les sondages ont été forés en Ø 63 mm à la tarière mécanique hélicoïdale continue avec un atelier SOCOMAFOR 35 P, les Porchet ont été réalisés en Ø 114 mm jusqu'à 3 m de profondeur, les Matsuo dans des fouille à la pelle mécanique creusée jusqu'à 1,8 m de profondeur.

Des échantillons remaniés représentatifs des différentes couches traversées ont été prélevés au fur et à mesure de l'avancement pour leur identification géologique ; leur résistance a été mesurée au moyen d'essais au **pressiomètre** (Norme NF P 94-110-1), et au **pénétromètre** dynamique (Norme NF P 94-115-32kgs).

Les têtes de sondages ont été nivelées par nos soins en prenant comme référence l'altitude du parking (+ 54,7).

Ces altitudes sont inscrites sur les feuilles de sondages annexées.

Elles sont données avec une précision de +/- 0,2 mètre.

La coupe géologique de chacun des sondages, et les résultats des essais, sont joints sur les feuilles placées en annexe.

3.2 RESULTATS ET INTERPRETATION

3.2.1 LE SITE



3.2.2 NATURE DU SOL

Les 2 sondages de reconnaissance ont permis de distinguer des argiles +/- silteuses, de couleur dominante marron, coiffées par quelques décimètres de terre végétale.

3.2.3 L'EAU DANS LE SOL

Il n'a pas été observé d'arrivée d'eau dans les sondages au moment du chantier (le 01/12/2020).

3.2.4 CARACTERISTIQUES MECANQUES

Les caractéristiques mécaniques mesurées dans les sondages au pénétromètre PD (Norme NF P 94-115-32), et au moyen d'essais au pressiomètre (Norme NF P 94-110-1) dans les 2 sondages de reconnaissance DEC, s'avèrent, avec **moyennes** avec :

$$6,3 \leq E_m \leq 21 \text{ MPa,}$$

$$0,5 \leq P_{I^*} \leq 1,7 \text{ MPa,}$$

$$4 \leq q_d \leq 5 \text{ MPa}$$

E_m = module Ménard

P_{I^*} = pression limite nette

q_d = résistance en pointe effective

Les valeurs à retenir pour les calculs sont données dans le modèle géotechnique ci-après :

Prof. base (m)	Epaisseur (m)	α	E_m (MPa)	E_s (MPa)	P_{I^*} (MPa)	q_d (MPa)
> 8	> 8	0,67	9	13	0,70	4

Avec $E_s = E_m/\alpha$.

3.2.5 MESURE PONCTUELLE DE LA PERMEABILITE PORCHET

L'évaluation de la perméabilité des sols meubles a été réalisée par 2 essais PORCHET. Il a été effectué 2 sondages notés K1 et K2, à 3 m de profondeur, à la tarière hélicoïdale continue Ø 114/127 mm. Ils ont été remplis d'eau, et la descente a été mesurée en fonction du temps.

Les essais ont donné les 2 courbes jointes en annexe, soit les perméabilités suivantes en mètres par seconde par la méthode Porchet

Sondage (Numéro)	Perméabilité k (m/s)
K1	3.10^{-9}
K2	7.10^{-8}

Le tableau ci-dessous indique la valeur des perméabilités :

Nature du sol	Ordre de grandeur de k en m/s	Degré de perméabilité
Graviers moyens à gros	10^{-1} à 10^{-3}	Très élevé
Petits graviers, sable	10^{-3} à 10^{-5}	Assez élevé
Sable très fin, sable limoneux, loess	10^{-5} à 10^{-7}	Faible
Limon compact, argile silteuse	10^{-7} à 10^{-9}	Très faible
Argile franche	10^{-9} à 10^{-12}	Pratiquement imperméable

3.2.6 MESURE PONCTUELLE DE LA PERMEABILITE MATSUO

2 fouilles calibrées rectangulaires PM1 et PM2 ont été creusées à la pelle mécanique sur une profondeur de 1,8 m.



PM1



PM1



PM2



PM2

La fouille est saturée sous la terre végétale pendant 4 h.

L'infiltration médiocre n'a pas permis d'opérer à niveau constant.

Après remplissage, le niveau d'eau a été mesuré après 18 heures.

Dans le cas d'un sol sec, comme ici, on applique la formule de MATSUO et AKAI :

$$K = Q/(B+2H)$$

Q = débit infiltré en fond et bords de fouille d'une forme parallélépipédique rectangle (par unité de longueur si noue/fossé),

H = Hauteur d'eau (moyenne) dans la fouille qui correspond à la charge Hydraulique,

B = Largeur de la fouille au niveau du plan d'eau (moyen) = 0,6 m (largeur du godet).

Sondage (PM)	Q (M3/sec)	H (m)	Perméabilité k (m/s)
1	$5,17.10^{-8}$	0,90	$1,8.10^{-8}$
2	$4,40.10^{-7}$	1,15	$1,8.10^{-7}$

Les argiles ont donc une mauvaise aptitude à infiltrer les eaux claires.

On pourra retenir la perméabilité de $5,7.10^{-8}$ m/s pour le dimensionnement des noues ou autres.

3.2.7 CLASSIFICATION SELON LES RISQUES

a) Risque sismique et classification :

- Le projet :

Les constructions sont classées en quatre catégories d'importance définie suivant le Code de l'Environnement (article R 563-3). Ces catégories sont référencées dans le tableau suivant :

Catégorie d'importance	Description
I	<ul style="list-style-type: none"> • Bâtiment dans lequel il n'y a pas d'activité humaine nécessitant un séjour de longue durée
II	<ul style="list-style-type: none"> • Bâtiment d'habitation individuelle, • Etablissement recevant du public (ERP) de 4^{ième} et 5^{ième} catégorie à l'exception des écoles selon R123-2 et R123-19, • Bâtiment dont <u>la hauteur est inférieure ou égale à 28 mètres</u> dont : <ul style="list-style-type: none"> • Les bâtiments d'habitation collective, • Les bâtiments à usage commercial ou de bureau pouvant accueillir simultanément <u>au plus</u> 300 personnes, • Les bâtiments industriels pouvant accueillir <u>au plus</u> 300 personnes, • Les parcs de stationnement ouverts au public.
III	<ul style="list-style-type: none"> • Etablissements scolaires, • Etablissement recevant du public de 1^{ère}, 2^{ième} et 3^{ième} catégorie selon R123-2 et R123-19, • Bâtiment dont <u>la hauteur est supérieure à 28 mètres</u> dont : <ul style="list-style-type: none"> • Les bâtiments d'habitation collective, • Les bâtiments à usage de bureau, • Les bâtiments pouvant accueillir simultanément <u>plus de</u> 300 personnes dont les bâtiments à usage commerciale ou de bureau non classé ERP, • Les bâtiments industriels pouvant accueillir <u>plus de</u> 300 personnes, • Bâtiments des établissements sanitaires et sociaux à l'exception des bâtiments de santé, • Bâtiments des centres de production <u>collective</u> d'énergie.
IV	<ul style="list-style-type: none"> • Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public (moyens de secours, personnel et matériel de la défense, moyens de communication, sécurité aérienne), • Bâtiments assurant la production et le stockage d'eau potable et la distribution <u>publique</u> d'énergie, • Etablissements de santé, • Centres météorologiques.

Si le crématorium est destiné à recevoir moins de 300 personnes, il est de 4^{ème} catégorie et donc **d'importance II.**

S'il est destiné à recevoir plus de 300 personnes, il est de 3^{ème} catégorie et donc **d'importance III.**

• **Classification des sols :**

La classe du sol a été définie en considérant les sondages de reconnaissance et les essais géotechniques réalisés in situ.

Elle est définie selon le tableau ci-dessous :

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		V _s (m/s)	N _{SPT} (coups/30cm)	C _u (kPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant	> 800	-	-
B	Dépôts raides de sable, de graviers ou d'argile surconsolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	630 - 800	> 50	> 250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de graviers ou d'argiles moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de v s de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec v s > 800 m/s			
S₁	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé (IP > 40) et une teneur en eau importante	< 100 valeur indicative	-	10 - 20
S₂	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S ₁			

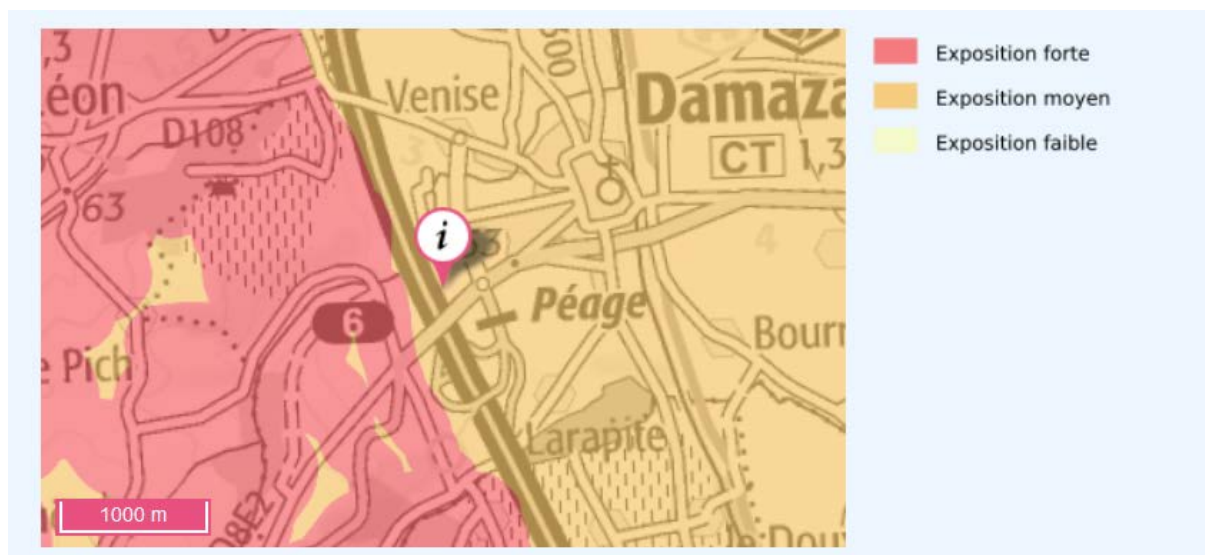
Le profil de sol à considérer dans le présent rapport est de **classe B**.

• **Classification du site :**

Le site géographique est à classer en **zone sismique 1 (aléa très faible)** d'après la carte de sismicité de la France (Décret n° 2010-1255 du 22 Octobre 2010).

b) Risque au retrait des sols de fondation :

Le site est classé en aléa **moyen** dû aux mouvements de terrain différentiels consécutifs aux sécheresses et à la réhydratation des sols (phénomène de retrait-gonflement des argiles).

**c) Risque aux remontées de nappes phréatiques :**

Les sites sont classés en aléa **nul** sur le risque de remontée de nappe phréatique par inondation d'eau dans les sédiments (source BRGM).

d) Risque de liquéfaction :

L'analyse de la liquéfaction n'est pas requise dans les zones de sismicité 1 et 2 (très faible et faible) par l'arrêté de l'article 4 de l'Euro code 8 NF-EN 10 298-5.

En conséquence, ce risque est **nul**.

IV - ETUDE DES FONDATIONS

De l'analyse des résultats des sondages et des essais présentés plus haut, il s'avère que le sol est composé par des **argiles** moyennement compactes, sensibles au phénomène de retrait-gonflement.

Nous proposons de fonder le crématorium par **SEMELLES et/ou MASSIFS** solidement encastrés dans les argiles pour éviter au maximum le risque de retrait-gonflement.

Ce mode de fondation superficielle est étudié ci-après.

4.1 NIVEAUX MINIMUM D'ASSISE

Les fondations seront assises au minimum à 1,5 m/T.N et encastrées d'au moins 1,5 m/T.F.

En conséquence, la profondeur minimale d'assise sera de 1,5 m par rapport à la surface topographique au moment du chantier, le 01/12/2020.

Notes:

- **Encastrement** = profondeur minimale des fondations au-dessous du terrain fini extérieur et intérieur pour un hangar photovoltaïque.
- **T.N** : terrain naturel.
- **T.F** : terrain fini extérieur.

4.2 CONTRAINTES AUX ETATS LIMITES

En appliquant la norme d'Application Nationale de l'Eurocode 7 (NF P 94-261) « Fondations superficielles », la contrainte de calcul q_{net} associée à la résistance nette du terrain est déterminée à partir de la relation suivante :

$$q_{net} = K_p P_{le} * i_\delta i_\beta$$

P_{le} = Pression limite nette équivalente au niveau d'assise retenu = 0,66 MPa

K_p = facteur de portance pressiométrique en fonction des dimensions de la fondation = 0,8

i_δ = coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement = 1

i_β = coefficient de portance lié à la proximité d'un talus de pente $\beta = 1$

Les valeurs de calcul de la résistance nette du terrain en termes de contrainte aux ELU et aux ELS pour une fondation uniformément chargée s'écrivent :

$$\sigma_{R;d} = q_{net} / (\gamma_{R;d;v} \gamma_{R;v})$$

$$\sigma_{R;d (E.L.U.)} = 0,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{R;d (E.L.S.)} = 0,2 \text{ MPa}$$

Aux E.L.U. : $\gamma_{R;d;v} = 1,2$ & $\gamma_{R;v} = 1,4$

Aux E.L.S. : $\gamma_{R;d;v} = 1,2$ & $\gamma_{R;v} = 2,3$

Pour le dimensionnement des fondations, on prendra le taux de travail admissible de :

$q_{ELS} = 0,2 \text{ MPa}$

$$0,1 \text{ MPa} = 1 \text{ bar} = 1 \text{ daN/cm}^2 = 10^3 \text{ daN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 10 \text{ T/m}^2 = 100 \text{ kN/m}^2 = 0,1 \text{ MN/m}^2$$

4.3 EVALUATION DES TASSEMENTS

Les tassements totaux seront inférieurs au centimètre, les tassements différentiels restant inférieurs au demi-centimètre. **Ils seront donc admissibles.**

4.4 CONSEILS GENERAUX DE MISE EN OEUVRE

- Vérification soigneuse des matériaux extraits des fouilles pour assurer le bon ancrage des fondations dans les argiles ; purger le cas échéant toutes poches de remblais, que l'on pourrait encore rencontrer au niveau d'assise retenu, ce qui pourra conduire à un approfondissement du niveau de fondations entre les sondages et des volumes de béton supplémentaires.
- Bétonner aussitôt après terrassement et pleine fouille, pour éviter les phénomènes d'altération et de décomposition des **argiles** sensibles à l'eau, car cette altération pourrait induire des tassements supplémentaires non négligeables à ceux estimés précédemment.
- La largeur minimale des semelles sera de 0,5 m pour les semelles continues, et de 0,7 m pour des semelles isolées et des massifs.
- Compte-tenu de l'encastrement minimum de 1,5 m/TF demandé, la profondeur minimale des fondations de 0,5 m pour assurer leur mise hors gel est automatiquement assurée.

4.5 PRECAUTIONS SPECIALES DUES AU RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS DE FONDATION

Le sol de fondation est composé par des argiles, sensibles au phénomène de retrait-gonflement dans la région.

Les variations de teneur en eau au niveau de ces sols provoquent des phénomènes de gonflement et de retrait, qui sont préjudiciables aux bâtiments qui y sont fondés superficiellement, avec un encastrement insuffisant, notamment lorsqu'ils sont légers.

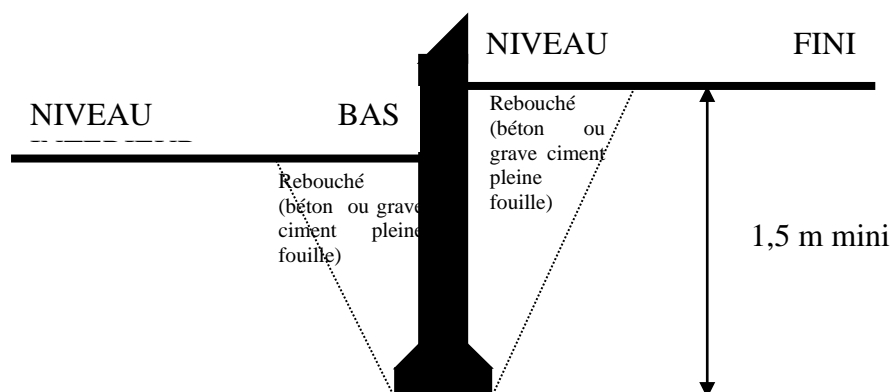
Les bâtiments qui sont implantés dans une pente avec des sous-sols enterrés en partie arrière, et à niveau en façade, sont particulièrement exposés.

Les causes des variations de teneur en eau peuvent être diverses :

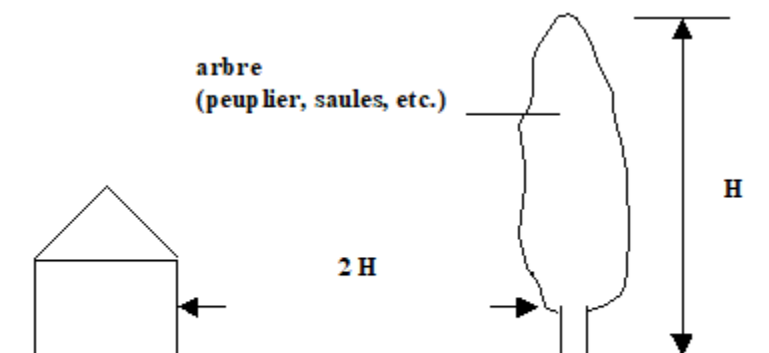
- Naturelles lorsque l'on en trouve dans la zone de variation du profil hydrique, ou en cas de sécheresse prolongée,
- Artificielles : fuites de canalisation, modification du régime de circulation des eaux superficielles, plantation d'arbres, etc.

Il conviendra d'adopter certaines dispositions constructives pour s'affranchir de ces problèmes :

1. Fondations par semelles continues armées et rigidifiées ; les semelles isolées et les massifs seront liaisonnés par des longrines.
2. Coulage des fondations à pleines fouilles.
3. La profondeur minimale des fondations au-dessous du terrain fini extérieur sera partout au moins égale à 1,5 m.
4. Les fouilles de fondations extérieures seront complètement remplies de béton coulé en pleine fouille, ou de grave-ciment, jusqu'au niveau du terrain fini extérieur, pour assurer une bonne étanchéité des fondations aux eaux de surface.



5. Joints complets rapprochés en cas de maisons ou bâtiments allongés, et à chaque aile de la construction.
6. **IMPERATIF** : La distance minimale entre la construction et les arbres et arbustes sera de $2 H$, H étant la hauteur prévisible de l'arbre adulte.



Distance minimale entre les bâtiments et les arbres

7. Maitrise soignée des eaux de circulations superficielles (caniveaux, etc..).
8. Etanchéité soignée et pérenne des réseaux humides, notamment ceux enterrés.
9. Terrassements rapides et continus ; ensuite, coulage des fondations dans les plus brefs délais.
10. La mise en place d'un drainage périphérique des eaux de surface n'est pas conseillée, il ne remplace en aucun cas la nécessité d'encastrement. Ce système se bouche vite en milieu argileux, accumule ainsi l'eau, et attire le système racinaire même éloigné qui le colmate très rapidement en poussant à l'intérieur des drains.

V - FONDATIONS DES DALLAGES DE FOND

Compte-tenu de la sensibilité des argiles au phénomène de retrait-gonflement, **les dallages de fond seront portés par les fondations sans obligation de vide sanitaire, ou liaisonnées avec les fondations.**

En effet, si les dallages de fond sont mis sur terre-plein, le mouvement de retrait-gonflement des argiles pourrait les fissurer d'une manière conséquente.

VI - LE PROBLEME DE L'EAU DANS LE SOL

Il n'a pas été rencontré d'eau dans les sondages au moment du chantier.

Il sera cependant nécessaire de protéger les parties enterrées du projet (quais de déchargement, fosse d'ascenseur, sous-sol, chemins de câble, etc.) contre les eaux infiltrées qui circulent de façon anarchique dans les terrains superficiels, par un système de drainage périphérique collectant ces eaux et les évacuant vers un exutoire existant ou à construire, fiable et pérenne. En l'absence d'exutoire, au moins deux pompes de relevage seront prévues.

CONCLUSIONS

Les sondages ont reconnu des **argiles** moyennement compactes, sensibles au phénomène de retrait-gonflement.

Leur perméabilité d'infiltration est médiocre : $K = 5,7.10^{-8}$ m/s.



Il n'a pas été rencontré d'eau dans les sondages au moment du chantier (le 01/12/2020).



Le crématorium sera fondé par **semelles** ou **massifs**, encastés d'au moins 1,5 m/T.F, et avec une profondeur minimale d'assise de 1,5 m/T.N.

Ces fondations seront dimensionnées sur **la base du taux de travail admissible qELS de 2 daN/cm² (20 T/m²)**.



Les dallages de fond seront, soit portés par les fondations sans obligation de vide sanitaire, soit solidement liaisonnées aux fondations.



Tous les ouvrages enterrés seront soigneusement drainés.



Nous restons à la disposition des différents intervenants pour tous renseignements complémentaires dans le cadre de notre mission G2 – AVP.

M. DECRION
Directeur Technique
06 74 94 75 78