

7

Etude hydrogéologique préalable de 2021

Profils pédologiques

Plan de repérage et coordonnées des sondages réalisés.

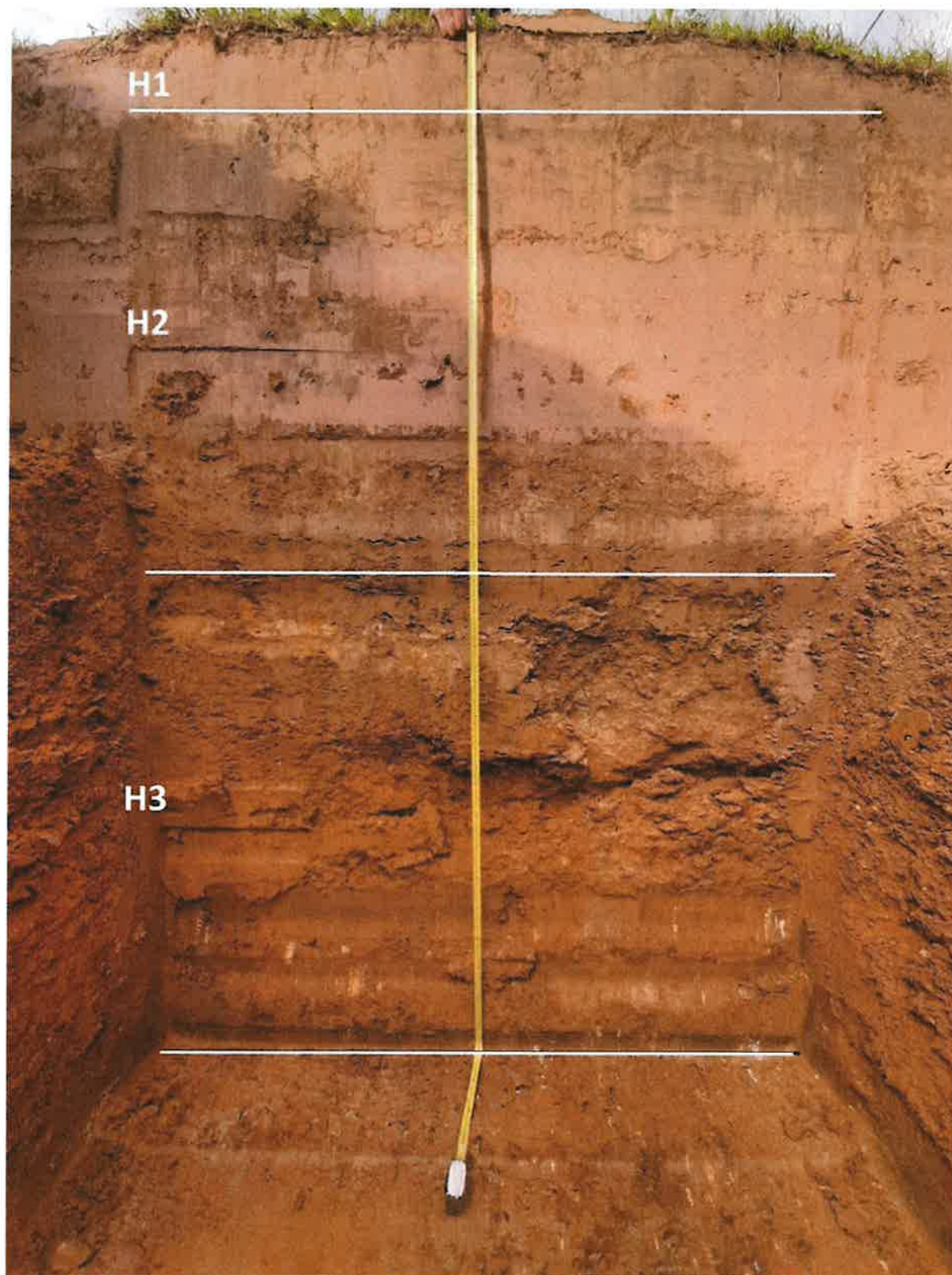


Source Etude hydrogéologique préalable anteagroup - Mai 2021

Sondage n°1

Les horizons au droit de la fosse n°1 sont les suivants :

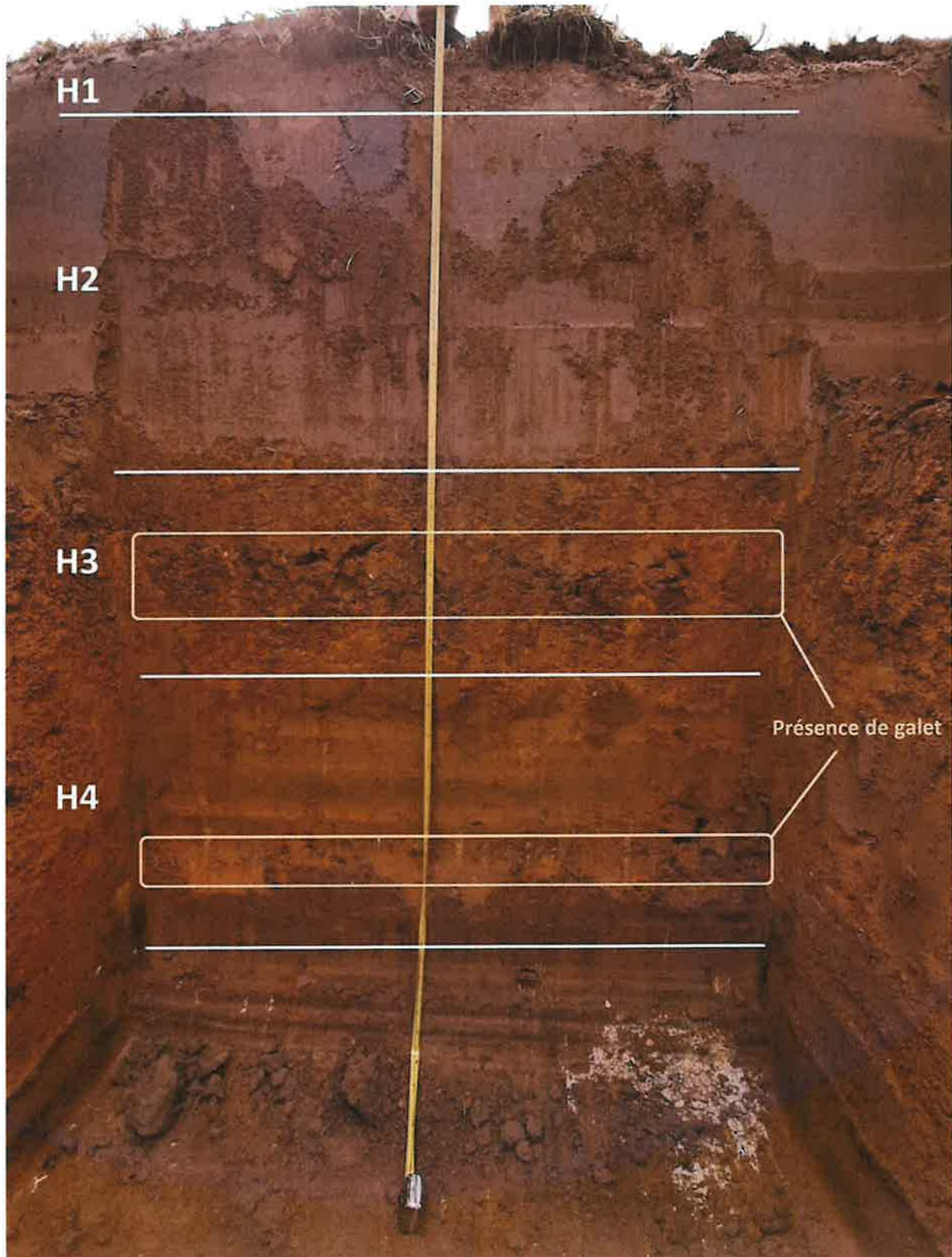
- de 0 à 30 cm : terre végétale ;
- de 30 à 150 cm : sol limono-argileux marron clair (estimation 12 % argile), non caillouteux ;
- de 150 à 300 cm : sol limono-sableux ocre avec des passes grisâtres, présence de blocs gréseux centimétriques.



Sondage n°2

Les horizons au droit de la fosse n°2 sont les suivants :

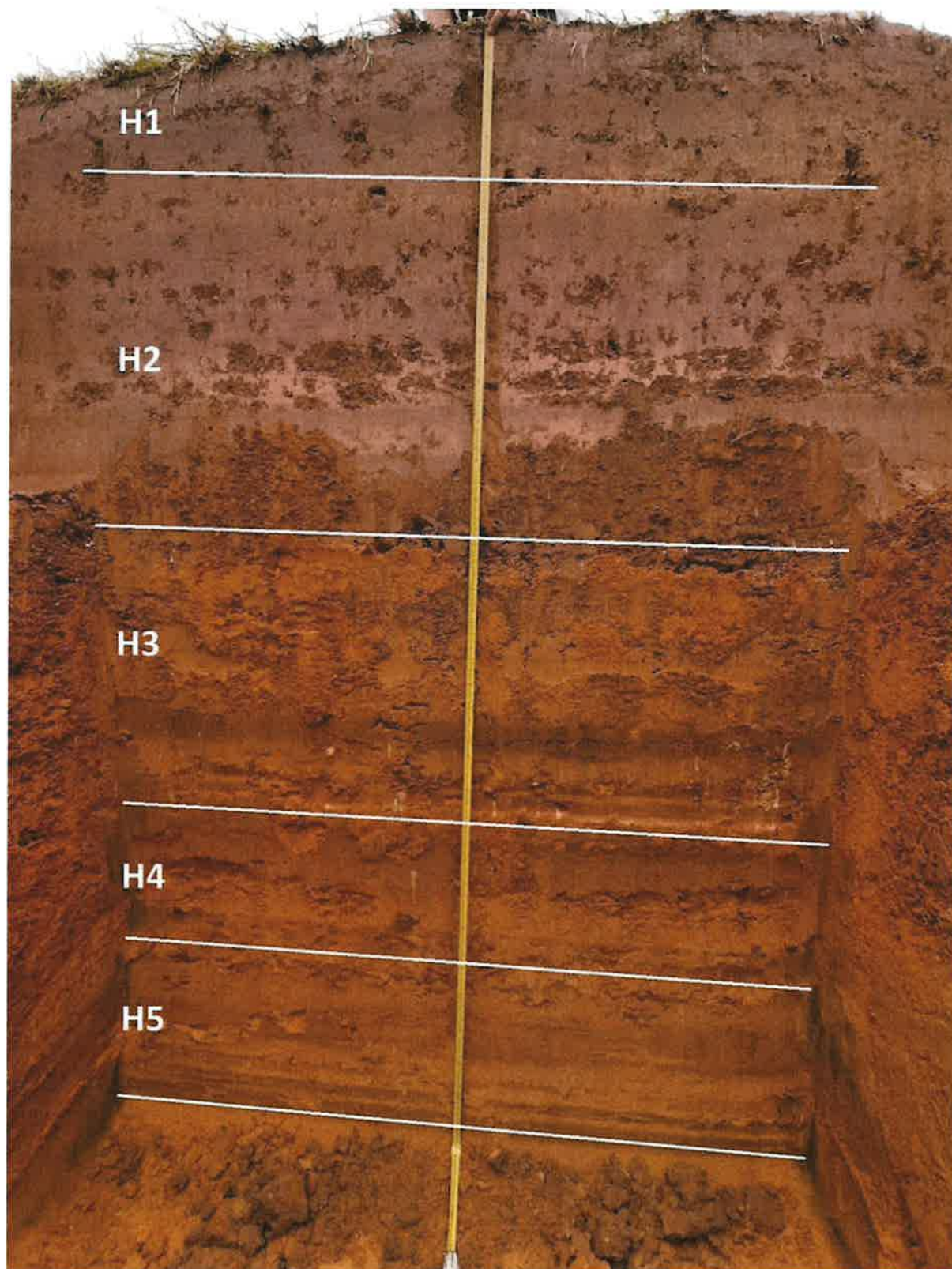
- de 0 à 40 cm : terre végétale ;
- de 40 à 140 cm : sol limono-argileux marron clair (estimation 12 % d'argile), non caillouteux ;
- de 140 à 200 cm : sol limono-sablo-argileux, chargement progressif en sables ocres ;
- de 200 à 300 cm : sol sablo-limoneux ocre ;
- de 5 à 10 cm à 170 cm (40 %) et à 260 cm (60 %) : passes de galets.



Sondage n°3

Les horizons au droit de la fosse n°3 sont les suivants :

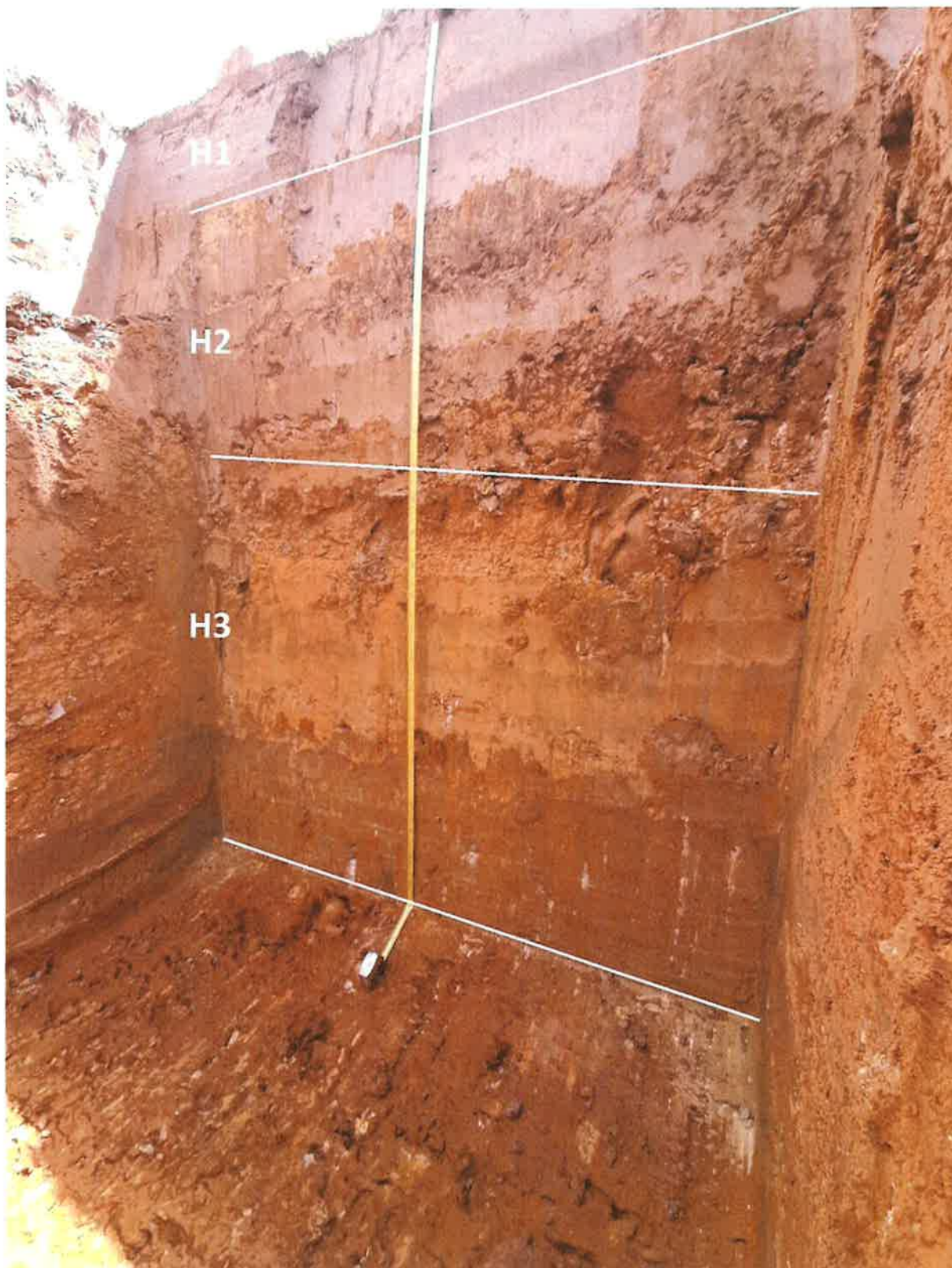
- de 0 à 40 cm : terre végétale ;
- de 40 à 130 cm : sol limono-argileux marron clair (estimation 12 % argile), non caillouteux ;
- de 130 à 210 cm : sol limono-sablo-argileux, arrivée progressive de la passe sableuse ocre environ 30 % ;
- de 210 à 250 cm : sol sablo-limoneux (estimation de 60% de sable et 10 % de galet) ;
- de 250 à 300 cm : sol sableux ocre/jaune ;
- de 5 à 10 cm à 180 cm (10 %) : passes de galet.



Sondage n°4

Les horizons au droit de la fosse n°4 sont les suivants :

- de 0 à 50 cm : terre végétale ;
- de 50 à 150 cm ; sol limono-argileux (sensation de frais, présence humidité résiduelle au touché) (estimation entre 20 et 25 % d'argile) ;
- de 150 à 300 cm : sol sablo-limoneux ocre humide avec des taches gris clair (estimation 2 % de galets).



Test de perméabilité

Modalités du test

Au droit de 3 des 4 fosses, des tests de perméabilité de type 'Porchet' ont été réalisés.

Les modalités du test ont été les suivantes :

- réalisation d'une section à l'aide d'une tarière à main en fond de fosse en forme de cercle, dimensions 15 cm de diamètre sur 30 cm de profondeur ;
- remplissage d'eau jusqu'à saturation du sol ;
- une fois la saturation obtenue, mesure de la hauteur d'eau toutes les minutes pendant 10 à 30 min selon l'évolution de l'infiltration.

Perméabilité calculée à l'aide de la formule suivante, suivant la loi de Darcy : $Q = K.S.(H/L)$

Q = Quantité d'eau percolée (m³/s)

K = conductivité hydraulique (m/s)

S = Surface de la section de colonne (m²)

H = Charge d'eau (m)

L = Longueur de la colonne de terre (m)

Au total, 3 tests de perméabilité ont été réalisés au droit des fosses 1, 2 et 3 à 3.00 m de profondeur. Au regard de la nature des sols, la saturation a été assez rapidement atteinte :

- fosse 1 en 30 min,
- fosses 2 et 3 en 2h30.

Les résultats au droit des trois fosses ont été les suivants :

Calcul des différentes perméabilités				
À 3,00 m	Fosse 1	Volume (m3) =	1,155E-05	Sol moyennement à peu perméable
		Surface (m2) =	0,01155	
		Durée (sec) =	600	
		K (m/s) =	1,66667E-06	
À 3,00 m	Fosse 2	Volume (m3) =	2,31E-05	Sol moyennement à peu perméable
		Surface (m2) =	0,01155	
		Durée (sec) =	1800	
		K (m/s) =	1,11111E-06	
À 3,00 m	Fosse 3	Volume (m3) =	0,00199815	Sol perméable à moyennement perméable
		Surface (m2) =	0,01155	
		Durée (sec) =	1800	
		K (m/s) =	9,61111E-05	

La perméabilité calculée à partir des données de terrain récoltées est de l'ordre de 1.10⁻⁴ m/s à 1.10⁻⁶ m/s. Cet ordre de grandeur correspond à une perméabilité modérée à faible d'après le Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts (CTGREF).

Les fosses 1 et 2 montrent un résultat de l'ordre de 1.10⁻⁶ m/s et correspondent à des sols peu perméables selon le CTGREF, classés comme bons à mauvais pour leur capacité drainante, mais non imperméables par l'Institut National Polytechnique de Lorraine.

La fosse 3 montre un résultat proche de 1.10⁻⁴ m/s et correspond à un sol perméable selon le CTGREF, classé comme bon pour sa capacité de drainage.

La zone nord-ouest du site (fosse 3) semble présenter les meilleures caractéristiques du point de vue de la perméabilité des sols.



**Ville de Carentan
les Marais**



Création d'un nouveau cimetière à Carentan

Etude hydrogéologique préalable



Rapport n°NIEP210187/version A– 18 mai 2021

Projet suivi par Guillaume POSIADOL – 07.85.28.12.55 – guillaume.posiadol@anteagroup.fr

Fiche signalétique

Création d'un nouveau cimetière à Carentan
Etude hydrogéologique préalable

CLIENT

Ville de Carentan les Marais

Ville de Carentan les Marais

Boulevard de Verdun

50500

CARENTAN LES MARAIS

Alex LAMY

Directeur des Services Techniques

02 33 42 74 00

a.lamy@carentan.fr

RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet

Guillaume POSIADOL

Interlocuteur commercial

Guillaume POSIADOL

Implantation chargée du suivi du projet

Implantation de Rouen

02.32.76.69.60

secretariat.rouen-fr@anteagroup.fr

Projet n°

NIEP210187

Version n°

version A

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Guillaume POSIADOL	Chef de Projet	Juin 2021	
Approbation	Thomas DETRIMONT	Responsable adjoint du Pôle Eau	Juin 2021	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	4 juin 2021	32	0	Version initiale

Sommaire

1. Préambule	6
2. Contexte du projet.....	7
2.1. Localisation géographique	7
2.2. Topographie	8
2.3. Hydrographie.....	8
2.4. Zones humides	9
2.5. Géologie	10
2.6. Pédologie.....	12
2.7. Hydrogéologie	13
2.8. Environnement humain et occupation des sols.....	15
3. Investigations complémentaires	17
3.1. Objectifs	17
3.2. Modalités préalables aux travaux	17
3.3. Description pédologique des terrains	18
3.3.1. Mise en œuvre des sondages.....	18
3.3.2. Profils pédologiques.....	20
3.3.3. Synthèse.....	24
3.4. Tests de perméabilité	24
3.4.1. Modalités du test	24
3.4.2. Résultats.....	26
3.4.3. Interprétations	27
4. Faisabilité du projet.....	29
4.1. Critère topographique.....	29
4.2. Critère géologique	29
4.3. Critère hydrogéologique	30
4.4. Aspects d'hygiène publique	30
5. Conclusion	31

Table des figures

Figure 1. Situation du site d'investigation.....	7
Figure 2. Etat actuel du site d'investigation.....	8
Figure 3. Situation du site par rapport aux zonages de zones humides (DREAL Normandie)	9
Figure 4. Résultat de la détermination de l'existence de zones humides au droit du site (Planis, 2017)	10
Figure 5. Contexte géologique	11
Figure 6. Situation du site par rapport aux données piézométriques (DREAL Normandie).....	14
Figure 7 : Evolution du toit de la nappe à Appeville	14
Figure 8. Situation du site par rapport aux sites de captage d'eau potable	16
Figure 9. Situation du site par rapport aux puits et forages connus (Infoterre).....	16
Figure 10. Mise en œuvre des travaux.....	17
Figure 11. Localisation des fosses pédologiques.....	18
Figure 12. Tableau des coordonnées des sondages.....	18
Figure 13. Planche photographique des fosses.....	19
Figure 14. Horizons pédologiques au droit de la fosse 1	20
Figure 15. Horizons pédologiques au droit de la fosse 2	21
Figure 16. Horizons pédologiques au droit de la fosse 3	22
Figure 17. Horizons pédologiques au droit de la fosse 4	23
Figure 18. Test de perméabilité au droit de la fosse n°2	25
Figure 19 : Classement des sols en fonction de leur perméabilité	28
Figure 20 : Classement des sols en fonction de leur perméabilité	28
Figure 21 : Conclusion des résultats de l'étude	32

Table des tableaux

Tableau 1. Informations pédologiques sur le site (Planis, 2017)	12
Tableau 2 : Mesures effectuées au cours des tests d'infiltration	26
Tableau 3 : Résultat des calculs de perméabilité des terrains	27

1. Préambule

La commune de Carentan les Marais souhaite créer un nouveau cimetière sur son territoire.

Ce projet nécessite l'aval des services de l'état et notamment de l'ARS. Pour décider de l'adéquation du projet avec le contexte environnemental, il est nécessaire de réaliser une étude hydrogéologique préalable.

La mairie a missionné le bureau d'étude Antea Group pour réaliser cette étude. Elle vise à étudier la faisabilité du projet vis-à-vis du contexte environnemental et plus précisément vis-à-vis des critères géologique, topographique, hydrogéologique, sanitaire.

Le document du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France fait office de guide technique en la matière : « Recommandation relative aux critères topographiques, géologiques, hydrogéologiques et d'hygiène publique à prendre en compte pour assurer la protection de l'hygiène publique en matière de cimetière » (adoptée lors de sa séance du 5 septembre 1996).

Le présent rapport constitue l'ensemble des données collectées et traitées répondant aux attentes de l'ARS et conclura sur la faisabilité du projet.

2. Contexte du projet

2.1. Localisation géographique

Le site retenu pour le projet se situe sur le territoire communal de la Ville de Carentan les Marais, en limite sud du centre urbanisé, au lieu-dit La Maison Neuve.

Le site est bordé par :

- La RD971E9 au sud-est,
- La RD974 au sud-ouest,
- Un lotissement au nord.

Les investigations portent sur une seule parcelle cadastrale (n°51 section ZE), scindée en deux ensembles cultureux :

- La partie sud est un herbage de pâturage,
- La partie nord est cultivée.

Les deux parties sont séparées d'une haie. Chacune dispose de son accès carrossable.

La figure suivante présente la situation du site d'investigation.

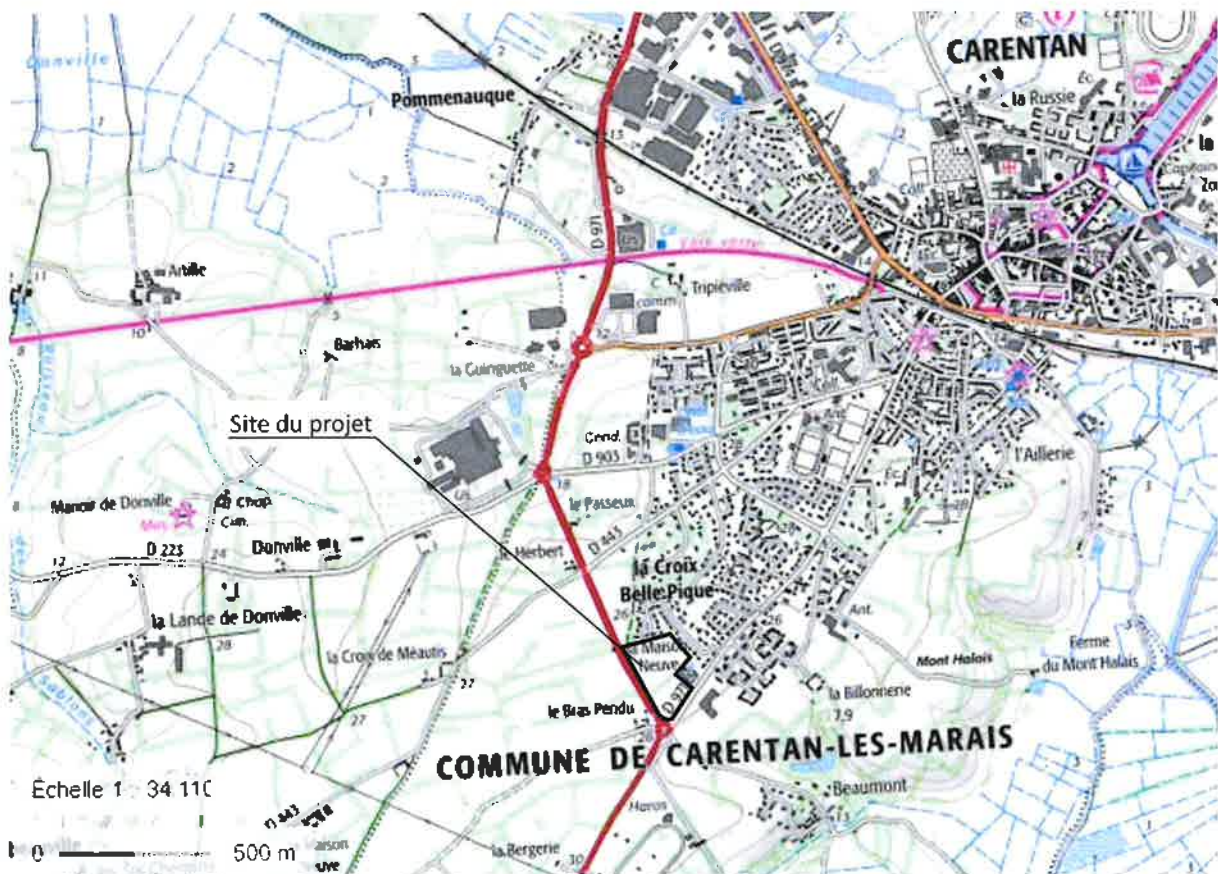


Figure 1. Situation du site d'investigation

La figure suivante présente l'état actuel du site d'investigation.



Figure 2. Etat actuel du site d'investigation

2.2. Topographie

La Ville de Carentan se situe sur des terrains bordant les marais de l'estuaire de la Taute. La partie sud de la Ville sur laquelle se trouve le site est implantée à la cote de +/- 25 m NGF. Les marais évoluent à la cote de +3 m NGF.

L'assiette de la parcelle est globalement régulière et admet une légère pente orientée vers le nord-est. Les données fournies par l'IGN (Géoportail[®]) indiquent un point haut à proximité de la RD971 (27.2 m NGF) et un point bas à proximité du lotissement (26.2 m NGF).

A l'est du site, la topographie s'abaisse rapidement à la faveur de l'incision du vallon de Beaumont qui peut admettre un écoulement temporaire de surface lors de périodes favorables.

2.3. Hydrographie

Au droit de la parcelle on ne distingue pas d'axe préférentiel d'écoulement de l'eau de surface ni de marques de ruissellement. Le site est détourné de fossés qui longent la RD971 et la RD971E5 interdisant toute traversée de la parcelle par des ruissellements provenant de l'amont.

Au droit du site, l'infiltration des eaux météoriques est privilégiée. Il semblerait néanmoins que les terrains puissent être saturés d'eau le long de la bordure nord du site à limite du lotissement, lors d'épisodes pluvieux intenses ou répétés.

Une mare persiste sur le terrain de la propriété limitrophe du site.

Il n'existe pas de cours d'eau pérenne au droit ou à proximité immédiate du site ; le plus proche est la Taute à 1.7 km à l'est.

2.4. Zones humides

La cartographie des zones humides fournie par la DREAL Normandie indique que la moitié nord du site est fortement prédisposée à la présence de zones humides. La moitié sud y est faiblement prédisposée. En conséquence, la Ville de Carentan a mis en œuvre une étude spécifique de détermination et de délimitation de zones humides pour en vérifier l'existence : Planis, septembre 2017 (Annexe 1) : « Identification de zones humides sur des parcelles situées à Carentan-les-Marais, dans le cadre d'un projet de lotissement, parcelle n°ZE51 ».

Les figures suivantes illustrent ces propos.

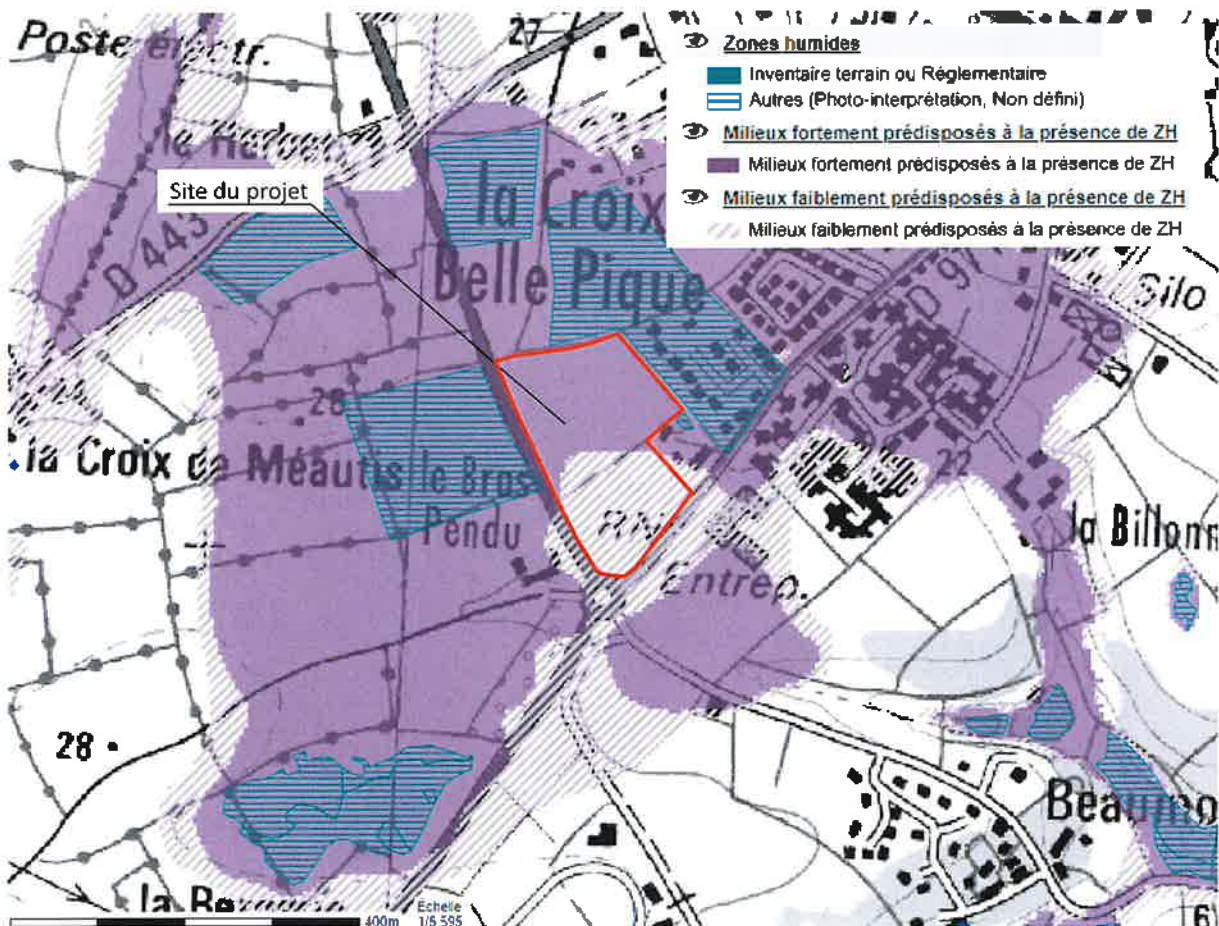


Figure 3. Situation du site par rapport aux zonages de zones humides (DREAL Normandie)

L'étude réalisée par Planis se base sur l'étude des critères « sol » et « végétation » réglementés par l'arrêté ministériel du 1^{er} octobre 2009 modifiant l'arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides (...).

Au regard du critère « sol », l'étude conclut sur la présence d'une zone humide réelle sur la frange nord-est de l'emprise du site. Elle concerne 0.53 ha. Ailleurs les caractéristiques de sol ne valident pas la présence de zones humides.

Sur le reste du site :

- ❖ La partie nord cultivée ne permettait pas l'étude du critère « végétation » en complément du critère « sol ».
- ❖ La partie sud enherbée ne révélait pas la présence de végétation indicatrice de zones humides.

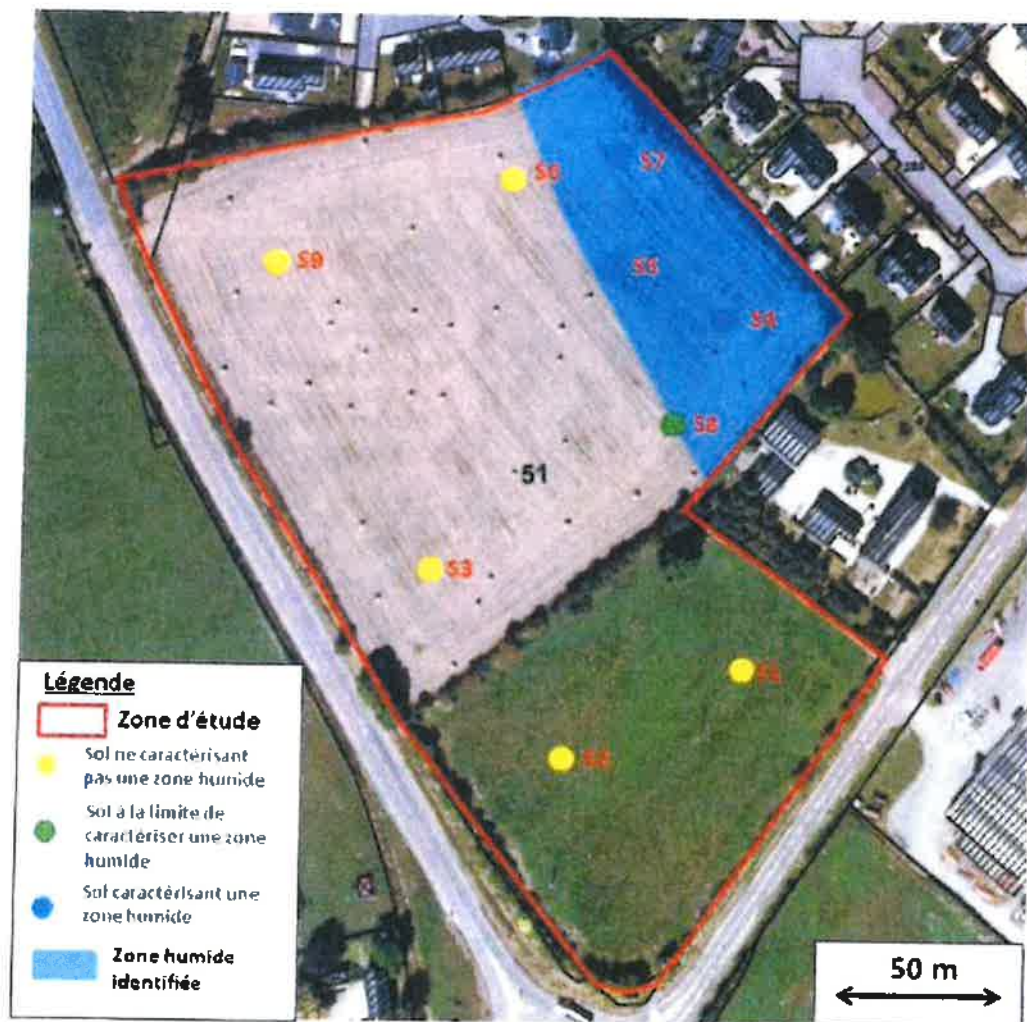


Figure 4. Résultat de la détermination de l'existence de zones humides au droit du site (Planis, 2017)

2.5. Géologie

La région de Carentan se distingue par un paysage marécageux et bocager dont l'histoire géologique de son sous-sol, complexe et riche, représente une partie des grands événements géologiques qu'a connu le nord-ouest de la France.

La série géologique identifiable au droit du site est la suivante ; elle est reconnaissable grâce à la carte géologique de Carentan établie par le BRGM ; un extrait est présenté ci-après.

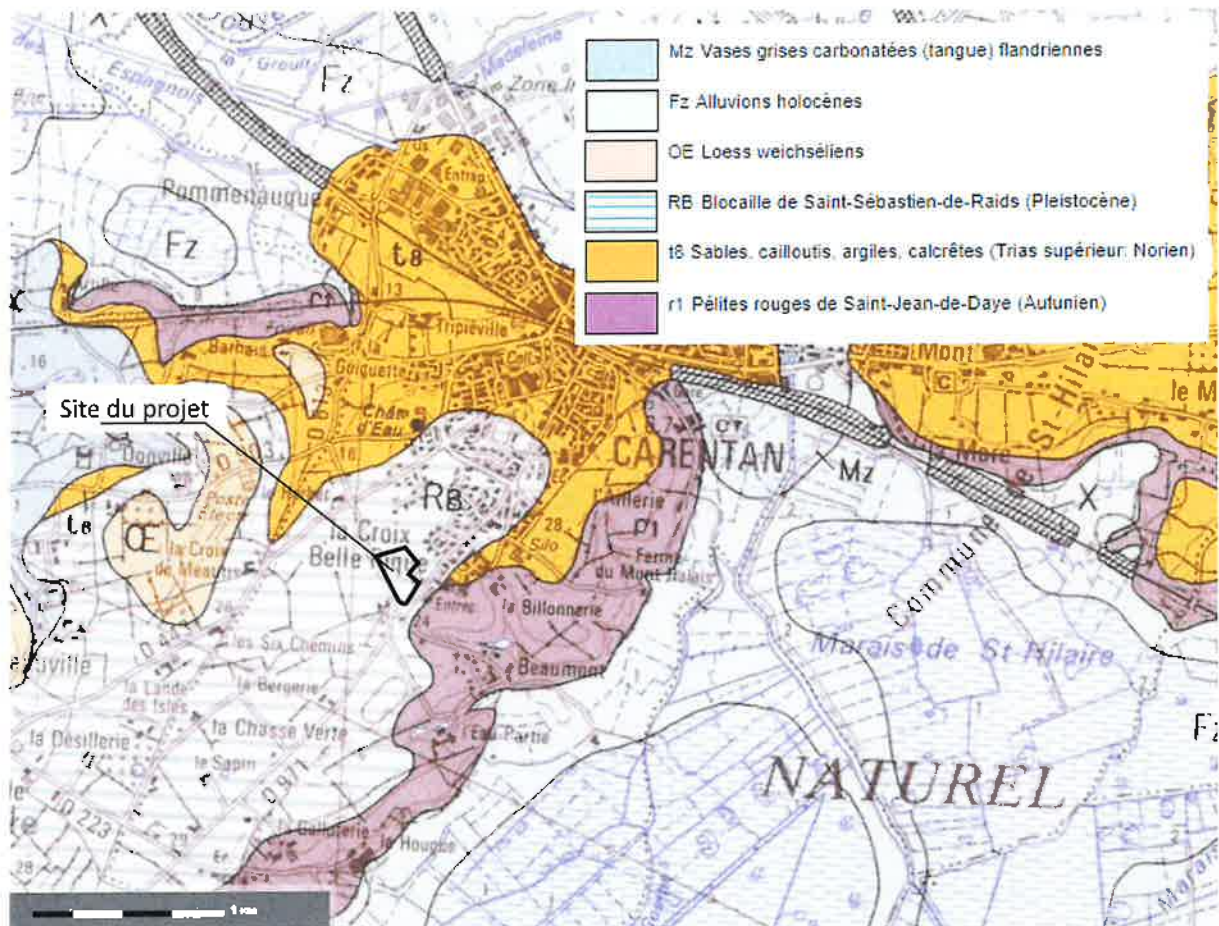


Figure 5. Contexte géologique

La succession lithologique est la suivante, du terrain le plus récent au plus ancien.

- RB : Blocaille de Saint-Sébastien de Raids (Pléistocène) : son épaisseur est réduite et dépasse rarement 2 m. La formation à matrice argileuse ou limoneuse accueille des galets de roches diverses.
- t8 : Sables, cailloutis, argiles, calcrètes (Norien). Le Trias du bassin de Carentan est constitué de dépôts continentaux à dominante de cailloutis, de sables et d'argiles.
- r1 : pélites rouges de Saint-Jean de Daye (Autunien). Elles sont formées d'argile raide, collante et plastique lorsqu'elle est humide.

Ces éléments bibliographiques laissent présager d'un sous-sol largement impacté par la présence d'argiles peu propices à une circulation verticale aisée des eaux d'infiltration vers la nappe sous-jacente et jusqu'à leur exutoire naturel.

Aux abords du périmètre du projet d'autres formations sont identifiées : des limons éoliens au sommet du plateau (loess weichséliens), des alluvions récentes tapissant la vallée et les marais de la Taute.

Il n'y a pas d'ouvrage recensé localement à la Banque de Données du Sous-Sol (BSS – BRGM) qui nous permette d'apprécier la succession des terrains au droit ou à proximité du site. En l'état nous ne connaissons pas l'épaisseur des formations en présence au droit du site et notamment la cote du toit des argiles permienues.

Toutefois, le tracé de l'interface entre les formations triasiques et permienes semble indiquer un contact entre les cotes de 20 et 25 m NGF le long de la frange est du centre-ville de Carentan. Ceci laisserait entrevoir la présence des argiles permienes entre 1 et 6 m de profondeur au maximum.

2.6. Pédologie

Sous la terre végétale d'épaisseur variable mais relativement faible se trouvent des formations superficielles.

Les premières indications sont fournies par l'étude pédologique réalisée par Planis en septembre 2017 (Annexe 1) : « Identification de zones humides sur des parcelles situées à Carentan-les-Marais, dans le cadre d'un projet de lotissement, parcelle n°ZE51 ».

8 sondages réalisés à la tarière manuelle sur la parcelle rendent compte de la composition des sols sur le premier mètre de profondeur.

Les résultats sont les suivants :

Sondage	Formation 1	Formation 2	Formation 3
S1	0 – 30 cm limon marron	30 – 100 cm limon marron à brun, sain (avec un très léger bariolage)	-
S2	0 – 50 cm limon marron	50 – 100 cm limon marron à brun, plus compact en profondeur	-
S3	0 – 40 cm limon marron	40 – 100 cm limon marron à brun, plus compact en profondeur	-
S4	0 – 40 cm limon marron grisâtre, avec un très léger bariolage et manchons racinaires rouges	40 – 80 cm limon bariolé marron / beige	80 – 100 cm limon argileux bariolé ocre / beige, présence de concrétions noires
S5	0 – 45 cm limon marron, avec un très léger bariolage	45 – 95 cm limon bariolé ocre / beige, et tâches noires	95 – 100 cm limon bariolé, présence de cailloux
S6	0 – 45 cm limon marron	45 – 70 cm limon marron clair avec un très léger bariolage	70 – 90 cm limon plus pâteux, légèrement bariolé marron / ocre 90 – 100 cm limon bariolé ocre / brun
S7	0 – 40 cm limon marron grisâtre, avec un très léger bariolage et manchons racinaires rouges	40 – 80 cm limon bariolé marron / beige, plus pâteux	80 – 100 cm limon argileux bariolé ocre / beige, présence de concrétions noires
S8	0 – 30 cm limon marron	30 – 50 cm limon marron, avec un très léger bariolage	50 – 100 cm limon légèrement bariolé marron / beige, mais qui ne s'accroît pas en profondeur.

Tableau 1. Informations pédologiques sur le site (Planis, 2017)

La situation des sondages est précisée sur la Figure 4.

D'après Planis, les résultats correspondent à « des sols de limons profonds assez uniformes, présentant un léger bariolage avec la profondeur. Des traces d'hydromorphie plus nettes ont été observées pour les sondages 4, 5 et 7 ».

Par ailleurs, Planis conclut à la présence de sols caractéristiques d'une zone humide sur la partie nord-est de la parcelle ; le long du lotissement, du fait de l'observation de traces d'hydromorphie.

L'hydromorphie est la qualité d'un sol qui montre des marques physiques de saturation régulière en eau ayant pour indice l'oxydation du fer contenu dans le sol et laissant apparaître des taches de couleur rouille. Les tâches noires correspondent à la précipitation du complexe ferro-manganique.

Les observations de Planis laissent envisager au moins localement une saturation hydrique des sols au moins temporairement au cours de l'année.

Compte tenu des éléments liés à la structure des sols et à leur profondeur, de ceux liés à la composition du soubassement géologique sur lequel ils reposent et à l'absence de pente forte, aucun risque d'ordre géotechnique n'est redouté lors de l'exploitation du site et la création de sépultures.

2.7. Hydrogéologie

Plusieurs types de terrains peuvent se révéler aquifères localement :

- La nappe d'accompagnement du réseau hydrographique de la Taute et des marais à l'est du site étudié et non concernée par le projet.
- La nappe superficielle qui pourrait se former au-dessus du contact entre les formations triasiques (sables, cailloutis, argiles) et les argiles rouges du Permien. Le caractère imperméable de ces argiles est tel qu'il pourrait permettre la stagnation d'eau d'infiltration à faible profondeur lors de conditions favorables.

Les aquifères de socle qui pourraient se trouver en profondeur n'ont pas d'interaction avec le projet.

La DREAL de Normandie fournit un tracé de la piézométrie de la nappe du Trias. Elle est reportée à la figure suivante. Elle indique la présence d'un dôme piézométrique au droit du site à la cote altimétrique de + 25 m NGF environ. De là les écoulements divergent de manière concentrique vers les exutoires des Marais de Saint-Hilaire à l'est et la Douve au nord.

Au droit du site, la nappe pourrait donc se trouver entre 1 et 2 m de profondeur. On précise que lors de la campagne de sondages pédologiques réalisés en septembre 2017 par Planis, aucune venue d'eau n'a été remarquée dans les sondages réalisés à 1.20 m de profondeur.

Les indications bibliographiques ponctuelles relatives à la mesure réelle de la profondeur d'eaux de nappe au droit de Carentan sont très rares. Un ouvrage cependant rapporte sur Infoterre (BSS) la présence d'un niveau d'eau mesuré en 2011 à environ 12 m NGF (n°BSS000HUYS au lieu-dit Le Hébert, à proximité de la laiterie). Ce niveau serait caractéristique de la nappe s'écoulant depuis le plateau de Méautis, Carentan, en direction du Nord vers la Douve.

En l'absence d'un niveau géologique suffisamment étanche pour constituer une nappe perchée, on estime que la nappe pourrait se trouver localement à une profondeur de 10 m sous le terrain naturel au droit du site (soit à la cote approximative de 16 m NGF).

Les informations bibliographiques relatives à la profondeur moyenne de la nappe ne sont pas concordantes.

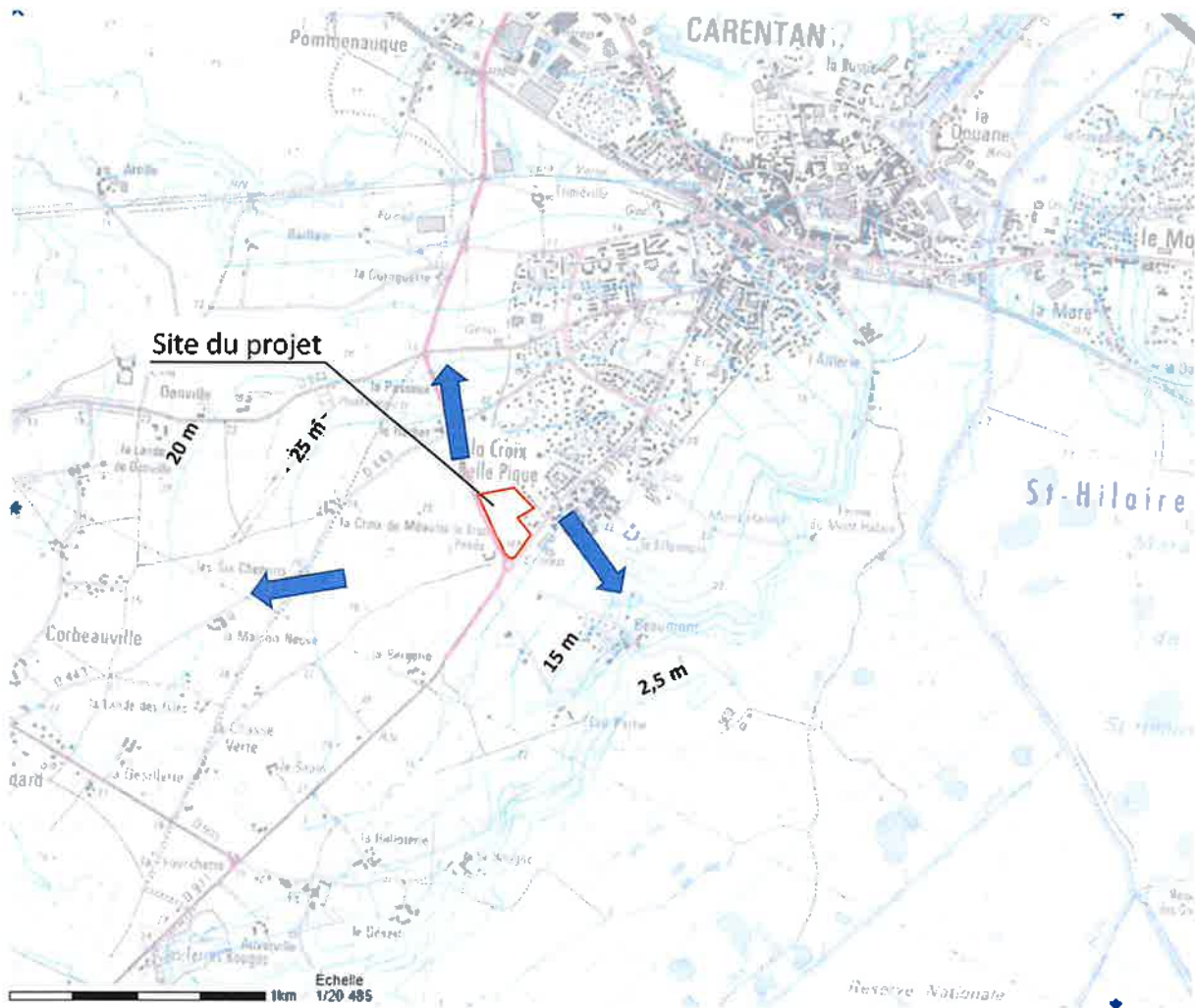


Figure 6. Situation du site par rapport aux données piézométriques (DREAL Normandie)

Le piézomètre BSS000GCZH situé à Appeville (La Picotière) à 7 km au nord-ouest du site présente une évolution du niveau de la nappe depuis 2014, dans un contexte hydrogéologique relativement différents (tourbes et alluvions).



Figure 7 : Evolution du toit de la nappe à Appeville

Fin mai 2021, la situation piézométrique est caractéristique de niveaux moyens de la nappe. On notera que dans ce contexte, la variation du niveau d'eau peut atteindre 0.90 m. Les hautes eaux apparaissent entre janvier et mars et les basses eaux en septembre. Si les périodes peuvent être comparables au droit du site, on peut s'attendre en revanche à ce que le marnage soit un peu plus important.

2.8. Environnement humain et occupation des sols

Le site se positionne en limite sud de l'urbanisation de la ville de Carentan. Le secteur est donc empreint :

- d'infrastructures routières : RD971 au sud-ouest et RD971E5 au sud-est,
- d'espaces habités : lotissement au nord immédiat et habitation isolé au sud
- d'activités rurales : culture et élevage au droit du site, puis sur les parcelles agricoles proches,
- d'activités diverses : mécanique et vente de matériel agricole à l'est.

Le site est donc bien desservi par le réseau routier et il n'existe pas d'activités qui compromettent la réalisation du projet.

En ce qui concerne la présence d'ouvrages et de puits, la base de données Infoterre fait état de l'absence d'ouvrages dans un périmètre proche. Les puits recensés aux alentours se situent :

- A 480 m au nord-ouest (BSS000HUYS),
- A 780 m au sud-est (BSS000HUZZ),
- A 1400 m au nord-est (BSS000HUZB et BSS000HUYZ).

On notera que les deux premiers pourraient se trouver à l'aval hydraulique du site.

Il n'existe pas de captage d'eau potable aux abords du site et en aval hydraulique du site. Les plus proches sont ceux d'Auvers situés à 3 km à l'ouest du site.

Les figures suivantes illustrent ces aspects.

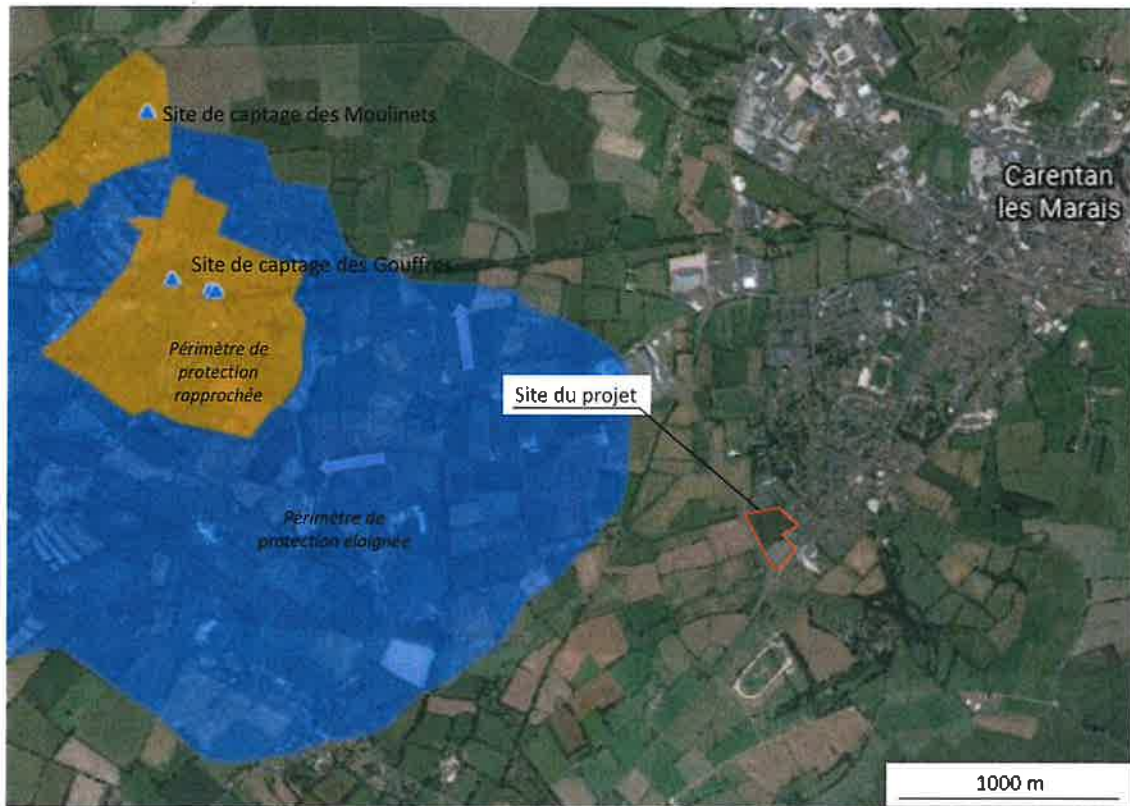


Figure 8. Situation du site par rapport aux sites de captage d'eau potable

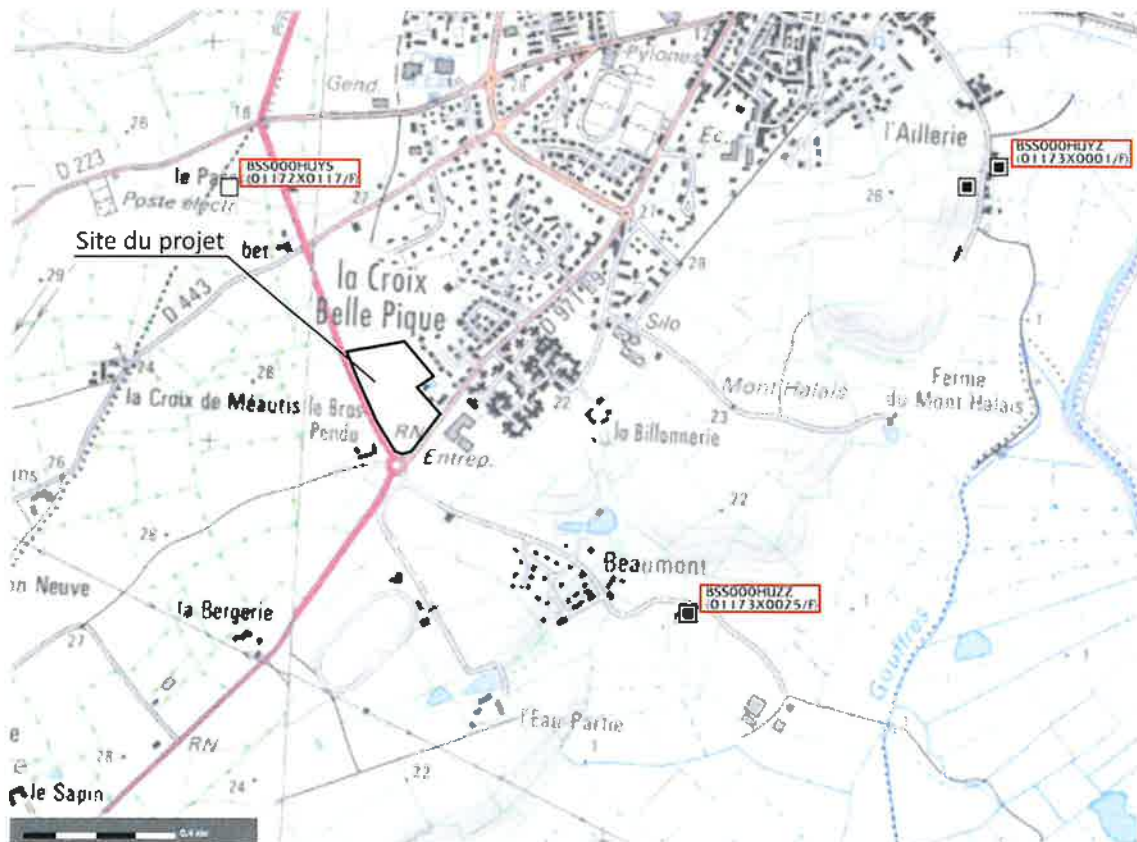


Figure 9. Situation du site par rapport aux puits et forages connus (Infoterre)

3. Investigations complémentaires

3.1. Objectifs

De manière à compléter l'information générale bibliographique par une information locale d'ailleurs préconisée, 4 sondages à la pelle mécanique ont été réalisés afin de qualifier plus localement les sols en présence.

Tel que recommandé par le guide du CSHPF, les investigations ont été poussées jusqu'à 3 mètres de profondeur sur l'ensemble des fosses. L'analyse mise en œuvre repose sur les observations visuelles de l'opérateur terrain sur la structure des sols, de leur hydromorphie et de leur granulométrie. Aucune analyse en laboratoire n'a été réalisée.

Dans 3 des sondages réalisés, des essais d'infiltration ont été effectués afin d'apporter des éléments sur la capacité de drainages des sols. La méthode du test Porchet a été appliquée et a permis de fournir une estimation de la perméabilité (conductivité hydraulique des sols) du terrain à 3 m de profondeur.

3.2. Modalités préalables aux travaux

La parcelle n°51 est composée de deux ensemble culturaux (prairie de 11 000 m² et parcelle cultivée de 25 500 m²), séparés et encadrés de haies. Ce terrain appartient à la mairie de Carentan et exploité par un même agriculteur.

Préalablement aux travaux d'investigation, des DT/DICT ont été lancées afin de connaître la localisation des différents réseaux enterrés présents sur le site.

Une ligne électrique traverse la parcelle en herbe. Deux canalisations d'adduction d'eau potable traversent chacune des parcelles ; leurs positions nous ont été précisées sur place par le service technique des eaux de la ville de Carentan. Un marquage au sol a été réalisé afin d'identifier l'emplacement de ces réseaux le jour des travaux.



Figure 10. Mise en œuvre des travaux

3.3. Description pédologique des terrains

3.3.1. Mise en œuvre des sondages

4 fosses ont été créées à l'aide d'une pelle mécanique jusqu'à 3 m de profondeur (profondeur maximale des sépultures).

Chaque fosse a fait l'objet d'une description des horizons pédologiques traversés.



Figure 11. Localisation des fosses pédologiques

Le tableau suivant indique les coordonnées de ces 4 fosses :

N° FOSSE	Emplacement	Coord. X (L93)	Coord. Y (L93)
Fosse n°1	Sud-Est	390216,885	6918561,822
Fosse n°2	Centre	390180,353	6918689,948
Fosse n°3	Nord-Ouest	390129,075	6918617,175
Fosse n°4	Nord-Est	390090,327	6918691,146

Figure 12. Tableau des coordonnées des sondages

Les photographies suivantes rendent compte de la situation de ces dernières au droit de la parcelle.



Figure 13. Planche photographique des fosses

3.3.2. Profils pédologiques

3.3.2.1. Fosse n°1

Les horizons au droit de la fosse n° 1 sont les suivants :

- De 0 à 30 cm : Terre végétale ;
- De 30 à 150 cm : Sol limono-argileux marron clair (estimation 12 % argile), non caillouteux ;
- De 150 à 300 cm : Sol limono-sableux ocre avec des passes grisâtres, présence de blocs gréseux centimétriques.

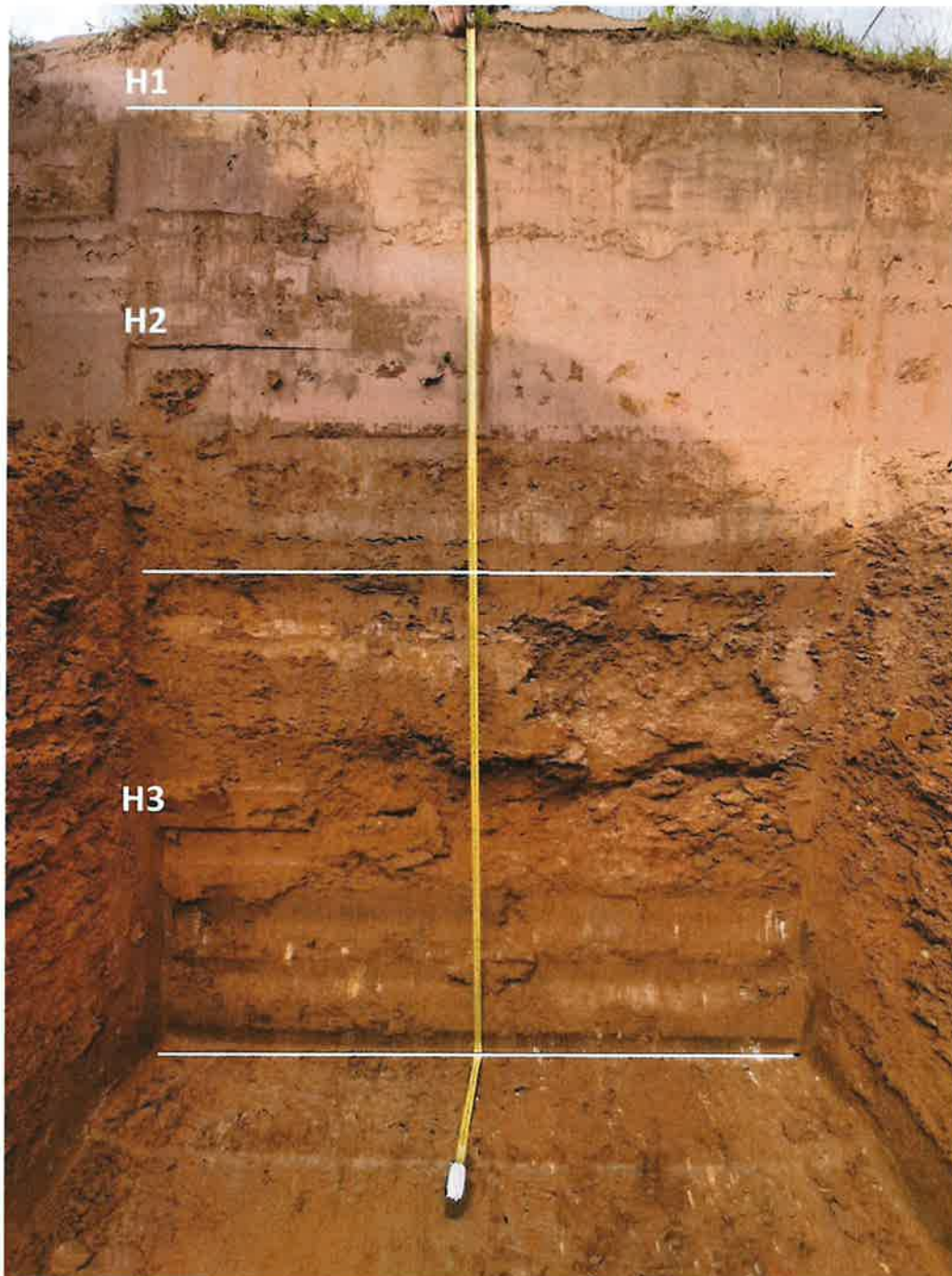


Figure 14. Horizons pédologiques au droit de la fosse 1

3.3.2.2. Fosse n°2

Les horizons au droit de la fosse n° 2 sont les suivants :

- De 0 à 40 cm : Terre végétale ;
- De 40 à 140 cm : Sol limono-argileux marron clair (estimation à 12 % d'argile), non caillouteux ;
- De 140 à 200 cm : Sol limono-sablo-argileux, chargement progressif en sables ocres ;
- De 200 à 300 cm : Sol sablo-limoneux ocre ;
- Passe de galets de 5 à 10 cm à 170 cm (40 %) et à 260 cm (60 %).

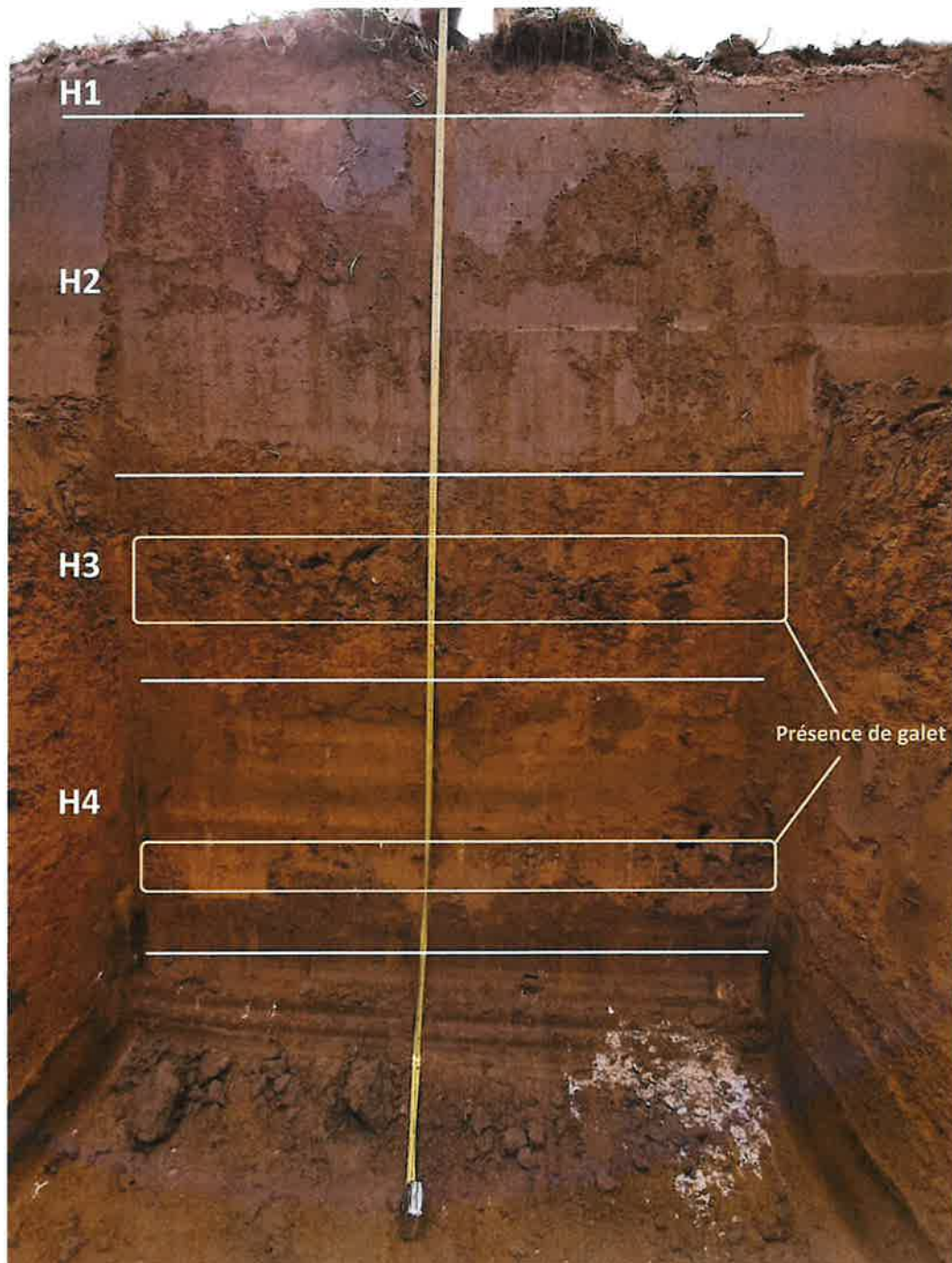


Figure 15. Horizons pédologiques au droit de la fosse 2

3.3.2.3. Fosse n°3

Les horizons au droit de la fosse n°3 sont les suivants :

- De 0 à 40 cm : Terre végétale ;
- De 40 à 130 cm : Sol limono-argileux marron clair (estimation 12 % argile), non caillouteux ;
- De 130 à 210 cm : Sol limono-sablo-argileux, arrivée progressive de la passe sableuse ocre environ 30 % ;
- De 210 à 250 cm : Sol sablo-limoneux (estimation de 60% de sable et 10 % de galet) ;
- De 250 à 300 cm : Sol sableux ocre/jaune ;
- Passe de galet de 5 à 10 cm à 180 cm (10 %).

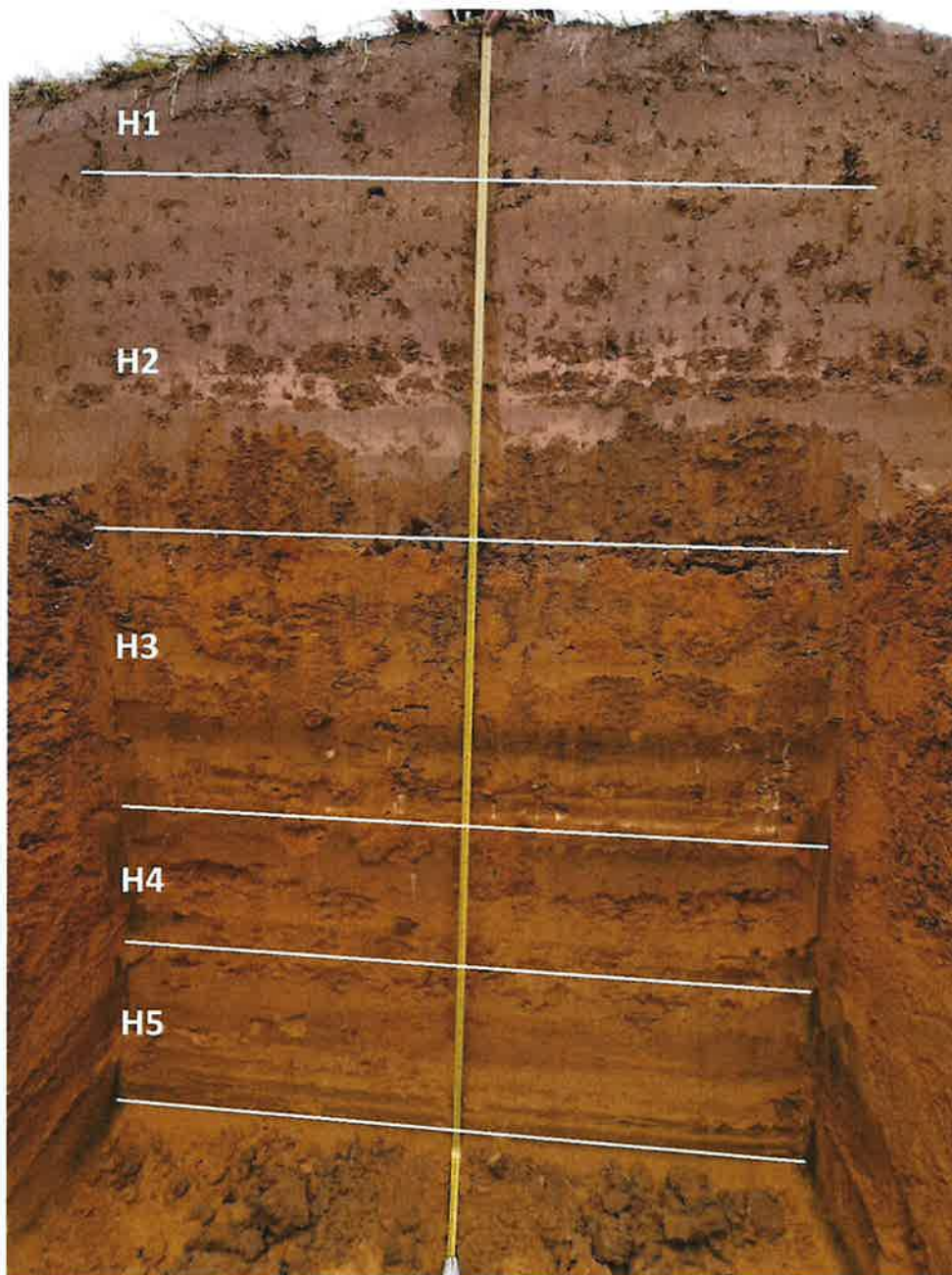


Figure 16. Horizons pédologiques au droit de la fosse 3

3.3.2.4. Fosse n°4

Les horizons au droit de la fosse n°4 sont les suivants :

- De 0 à 50 cm : Terre végétale ;
- De 50 à 150 cm : Sol limono-argileux (sensation de frais, présence humidité résiduelle au touché) (estimation entre 20 et 25 % d'argile) ;
- De 150 à 300 cm : Sol sablo-limoneux ocre humide avec des taches gris clair (estimation à 2 % de galets).

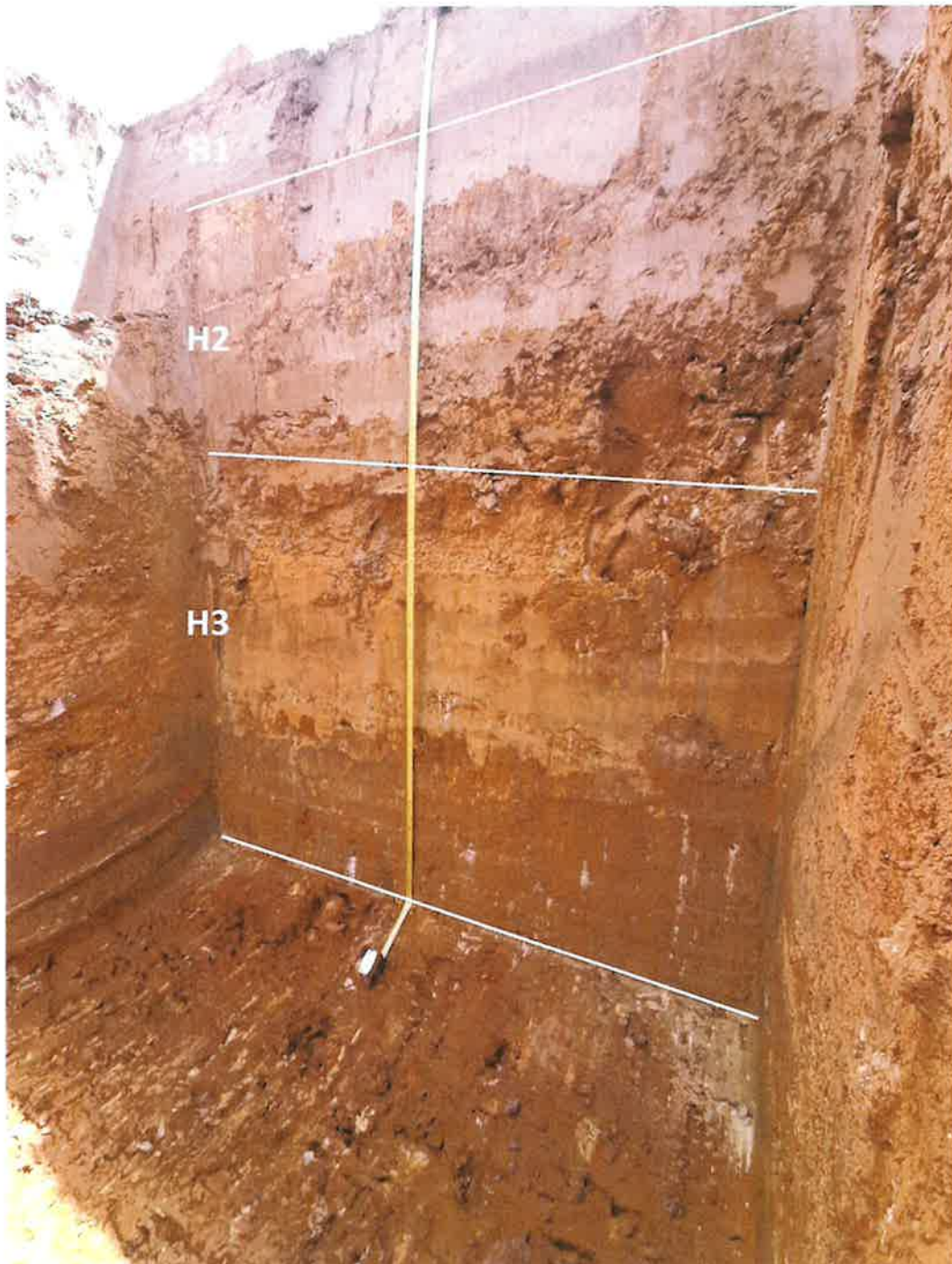


Figure 17. Horizons pédologiques au droit de la fosse 4

3.3.3. Synthèse

La succession lithologique est généralement : sols limono-argileux sur sables. Les proportions d'argiles et de sables, ainsi que la charge en cailloux (galets gréseux) sont variables ainsi que les profondeurs d'apparition.

Si les terrains sont partiellement argileux en tête jusqu'à 1.50 m, la composante sableuse qui augmente progressivement en profondeur améliore les conditions naturelles de drainage et d'aération du sol.

L'existence d'horizons dont le ressuyage est lent et où la présence d'humidité en surface et en profondeur est constatée confirme la présence de terrains peu favorables au nord de la parcelle. Les observations confirment celles de Planis.

Lors des travaux, aucune venue d'eau profonde ou latérale n'a été constatée. Dans les conditions de réalisation des essais, la nappe est enfouie à plus de 3 m sous la surface du sol.

Les observations confirment les informations de la carte géologique. Sur une succession relative courte sont identifiés :

- La Blocaille de Saint-Sébastien de Raids : la formation présente une matrice limono-argileuse en tête et des passes de galets plutôt gréseux.
- Elle repose sur les sables ocres du Trias plutôt francs dans une matrice limoneuse discrète.
- Les pélites rouges de Saint-Jean de Daye ne sont pas atteintes en sondage à 3 m de profondeur.

Les inconnues suivantes subsistent :

- La cote du toit de la nappe n'a pas pu être mesurée précisément localement et nous nous basons uniquement sur les informations bibliographiques disponibles.
- La profondeur des argiles rouges n'est pas précisément connue. Leur présence juste au-dessous des fonds de sépultures pourraient contraindre l'écoulement gravitaire de l'eau.

Néanmoins, l'absence de marques d'oxydoréduction du fer en profondeur semble indiquer que ces horizons ne subissent pas des saturations en eau saisonnières ou occasionnelles. Les sables limoneux sont sains et préfigurent de bonnes conditions de drainage en deçà de la cote de 3 m.

3.4. Tests de perméabilité

3.4.1. Modalités du test

Au droit de 3 des 4 fosses, des tests de perméabilité de type Porchet ont été réalisés.

Les modalités du test sont les suivantes :

- On réalise une section à l'aide d'une tarière à main en fond de fosse en forme de cercle et on mesure ses dimensions (15 cm de diamètre sur 30 cm de profondeur) ;
- On remplit d'eau le volume sur une certaine hauteur jusqu'à saturation du sol ;
- Une fois la saturation obtenue, le chronomètre est enclenché, on mesure alors la hauteur d'eau toutes les minutes pendant 10 à 30 min selon l'évolution de l'infiltration ;

- On reporte ces hauteurs dans un tableau pour pouvoir calculer par la suite la perméabilité qui découle de ces mesures ;

La perméabilité est ensuite calculée à l'aide de la formule suivante, suivant la loi de Darcy :

Formule Générale **$Q = K.S.(H/L)$**

Où Q = Quantité d'eau percolée (m³/s)
 K = conductivité hydraulique (m/s)
 S = Surface de la section de colonne (m²)
 H = Charge d'eau (m)
 L = Longueur de la colonne de terre (m)

Dans le cas présent, le niveau d'eau étant maintenu constant, le rapport H/L est constant, et voisin de 1. On a alors :

$K \text{ (m/s)} = \text{Volume d'eau introduit en m}^3 / (\text{Surface d'infiltration en m}^2 \times \text{Durée du test en seconde})$

Au total, 3 tests de perméabilité ont été réalisés au droit de la fosse 1, 2 et 3 à 3.00 m de profondeur. Au regard de la nature des sols, la saturation a été assez rapidement atteinte : fosse 1 en 30 min et fosse 2 et 3 en 2h30.



Figure 18. Test de perméabilité au droit de la fosse n°2

3.4.2. Résultats

Les mesures acquises durant le test sont les suivantes.

<i>Fosse n°1</i>		<i>Fosse n°2</i>		<i>Fosse n°3</i>	
<i>Test à 3,00 m</i>		<i>Test à 3,00 m</i>		<i>Test à 3,00 m</i>	
Temps (sec)	Hauteur d'eau réservoir (cm)	Temps (sec)	Hauteur d'eau réservoir (cm)	Temps (sec)	Hauteur d'eau réservoir (cm)
0	18,3	0	18,2	0	27,2
60	18,3	60	18,2	60	26
120	18,3	120	18,1	120	25,8
180	18,3	180	18,1	180	25,6
240	18,3	240	18,1	240	24,8
300	18,3	300	18,0	300	24,3
360	18,2	360	18,0	360	23,52
420	18,2	420	18,0	420	22,8
480	18,2	480	18,0	480	22,5
540	18,2	540	18,0	540	21,7
600	18,2	600	18,0	600	21
		660	18,0	660	20,4
		720	18,0	720	19,7
		780	18,0	780	19,5
		840	18,0	840	18,8
		900	18,0	900	18
		960	18,0	960	17,6
		1020	18,0	1020	16,9
		1080	18,0	1080	16,2
		1140	18,0	1140	15,5
		1200	18,0	1200	15,1
		1260	18,0	1260	14,7
		1320	18,0	1320	14
		1380	18,0	1380	13,6
		1440	18,0	1440	12,9
		1500	18,0	1500	12,4
		1560	18,0	1560	11,8
		1620	18,0	1620	11,5
		1680	18,0	1680	11,2
		1740	18,0	1740	10,5
		1800	18,0	1800	9,9

Tableau 2 : Mesures effectuées au cours des tests d'infiltration

NB : Ce test a été prématurément arrêté (10 mn) au droit de la fosse n°1 compte tenu d'une infiltration manifestement très lente.

3.4.3. Interprétations

En appliquant la formule précédemment explicitée, les résultats au droit des trois fosses sont les suivantes :

<i>Calcul des différentes perméabilités</i>				
À 3,00 m	Fosse 1	Volume (m3) =	1,155E-05	Sol moyennement à peu perméable
		Surface (m2) =	0,01155	
		Durée (sec) =	600	
		K (m/s) =	1,66667E-06	
À 3,00 m	Fosse 2	Volume (m3) =	2,31E-05	Sol moyennement à peu perméable
		Surface (m2) =	0,01155	
		Durée (sec) =	1800	
		K (m/s) =	1,11111E-06	
À 3,00 m	Fosse 3	Volume (m3) =	0,00199815	Sol perméable à moyennement perméable
		Surface (m2) =	0,01155	
		Durée (sec) =	1800	
		K (m/s) =	9,61111E-05	

Tableau 3 : Résultat des calculs de perméabilité des terrains

La perméabilité calculée à partir des données de terrain est de l'ordre de 1.10^{-4} m/s à 1.10^{-6} m/s. Cet ordre de grandeur correspond à une perméabilité modérée à faible (d'après le C.T.G.R.E.F. : Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts).

Les fosses 1 et 2 montrent un résultat de l'ordre de 1.10^{-6} m/s et correspondent à des sols peu perméables selon le CTGREF, classés comme bons à mauvais pour leur capacité drainante, mais non imperméables par l'Institut National Polytechnique de Lorraine.

La fosse 3 montre un résultat proche de 1.10^{-4} m/s et correspond à un sol perméable selon le CTGREF, classé comme bon pour sa capacité de drainage.

La zone nord-ouest du site (fosse 3) semble présenter les meilleures caractéristiques du point de vue de la perméabilité des sols.

k(m/s)		10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²
Drainage		Bon				Mauvais			Pratiquement imperméable				
Types de sols	Greviers grossiers	Sables purs Sables et greviers propres			Sables très fins - silt mélanges sable/silt/argile					Sols "impermeables" Argiles homogènes non altérés			
		Sols "impermeables" au dessus de la zone d'altération											
Mesure de k	Essais de pompage en place					Infiltromètre de surface							
	Perméamètre à charge constante					Perméamètre à charge variable							
Détermination indirecte de k	Estimation à partir des courbes granulométriques								Calcul à partir des essais de consolidation				

Figure 19 : Classement des sols en fonction de leur perméabilité

Source : Institut National Polytechnique de Lorraine

CLASSES de PERMEABILITÉ en FONCTION de la valeur de K			
cm.s ⁻¹	mm.h ⁻¹	m.s ⁻¹	m.j ⁻¹
Sols imperméables			
10 ⁻⁵	0,36	10 ⁻⁷	0,0087
Sols peu perméables			
10 ⁻¹	3,6	10 ⁻⁶	0,0864
Sols moyennement perméables			
10 ⁻³	36	10 ⁻⁵	0,864
Sols perméables			
10 ⁻²	360	10 ⁻⁴	8,64
Sols très perméables			
Les tableaux et abaque sont des données C.T.G.R.F.F.			

Figure 20 : Classement des sols en fonction de leur perméabilité

Source : Centre Technique du Génie Rural des Eaux et des Forêts

4. Faisabilité du projet

Les éléments qui présentent une importance pour l'examen de la faisabilité du projet sont :

- La topographie et la pente,
- La piézométrie de la nappe sous-jacente,
- L'exposition du site aux risques d'inondation et de ruissellement,
- La nature des sols et coupes lithologiques du sous-sol.
- Interception ou non de périmètres de protection de captages d'eau potable.
- La proximité d'activités et de l'habitat.
- La perméabilité et l'oxygénation des terrains.

Les prescriptions réglementaires citées à l'article R.2223-2 du Code Général des Collectivités Territoriales ou dans le guide du CSHPF sont les suivantes :

- la pente du terrain est inférieure à 5 à 7%.
- les sols doivent présenter des caractéristiques géologiques propices à l'oxydation des corps.
- la nécessité absolue que les fonds de sépultures se trouvent au minimum à 1 m au-dessus de la cote des plus hautes eaux de la nappe d'eau souterraine (PHE).
- La conservation des conditions d'hygiène publique.

Sur la base des éléments bibliographiques ou de ceux obtenues sur le terrain, nous proposons une estimation de ces indicateurs au droit de la parcelle en mentionnant les limites d'interprétation. Nous concluons sur le respect de ces prescriptions.

4.1. Critère topographique

Il n'existe pas de relevés topographiques au droit du site.

Les profils altimétriques établis sur Géoportail (® IGN) indiquent une pente moyenne de l'ordre de 1% quel que soit l'orientation de la coupe et systématiquement inférieure à 5%.

4.2. Critère géologique

La structure des sols et leur perméabilité sont les critères importants à caractériser pour évaluer les bonnes conditions nécessaires au projet. Il n'existe cependant pas de valeurs limites de perméabilité dans les référentiels pour considérer la faisabilité du projet.

Au nord, les sols sont localement assez peu perméables en surface et permettent la stagnation temporaire d'eau à certaines périodes et sous certaines conditions climatiques. Le travail des sols, la pente légèrement orientée vers ce secteur et l'urbanisation des sols en aval semblent également conditionner cette particularité. La zone a été diagnostiquée par Planis comme relevant d'une zone humide pour le critère « sol ». Ces sols sont caractérisés par la présence de limons argileux en tête.

Ailleurs, les limons de tête sont plutôt sains et la fraction argileuse qu'ils renferment semble plus discrète (entre 10 et 15%) et moins impactante sur l'écoulement de l'eau.

Au-delà de 1.50 m de profondeur, les sols sont davantage sableux, ce qui augmente leur perméabilité. Le fond des fosses 2 et 3 (partie centrale) repose sur une formation limoneuse et sableuse franche.

La fosse 3 présente une perméabilité plus élevée qu'ailleurs ($\pm 1.10^{-4}$ m/s à 3 m de profondeur), ce qui caractérise des sols perméables dont la capacité drainante est « bonne » selon l'Institut National Polytechnique de Lorraine. Compte tenu de la succession pédologique, on estime que la perméabilité est un peu plus faible en surface.

Les fosses 1 et 2 présentent de moins bonnes capacités drainantes ($\pm 1.10^{-6}$ m/s). Les sols sont classés peu perméables et d'une capacité drainante bonne à mauvaise.

La granulométrie sableuse rencontrée entre 1.5 et 3 m de profondeur au droit des fosses 2 et 3 et la perméabilité mesurée laissent présager d'assez bonnes conditions d'aération et d'oxydation des corps.

Au droit des fosses 1 et 4, les caractéristiques semblent moins propices à la réalisation du projet.

4.3. Critère hydrogéologique

Il n'existe pas de puits ou forages proches du site qui permettent de relever avec précision le niveau de la nappe d'eau sous-jacente.

La nappe n'a pas été atteinte à 3 m de profondeur au droit des 4 fouilles réalisées sur le site. A cette profondeur les sols ne montrent pas de traces d'oxydoréduction et ne sont pas qualifiés d'hydromorphes, sous-entendant qu'ils ne subissent pas de périodes saisonnières ou temporaires de saturation en eau. On précise cependant que la période de constatation correspond à un état de niveaux moyens de la nappe (d'après piézomètre BSS000GCZH situé à Appeville, à 7 km au nord-ouest du site).

Si les argiles rouges permienes sous-jacentes jouent un rôle sur le transfert vertical des flux d'eau plus en profondeur, elles ne semblent pas affecter les 3 premiers mètres de sols, ni de générer la persistance d'une nappe perchée.

On rappelle par ailleurs que le site se positionne au droit d'une butte topographique surplombant les marais.

L'ensemble des informations recueillies ici semble confirmer la seule indication locale rapportée par l'ouvrage n°BSS000HUYS au lieu-dit Le Hébert (à proximité de la laiterie) qui rapporte que le niveau moyen de la nappe pourrait se trouver à environ 10 m sous le terrain naturel au droit du site (± 16 m NGF).

Ces conclusions restent à confirmer le cas échéant par la réalisation d'un sondage plus profond sur site pour y préciser :

- la cote réelle (voire maximale) de la nappe,
- la cote des argiles permienes susceptibles d'impacter le fonctionnement de la nappe.

4.4. Aspects d'hygiène publique

Il n'existe pas d'usages sensibles de l'eau de la nappe au droit, aux abords ou en aval du site du projet. Le site se situe à l'écart des périmètres de protection de sites de captages d'eau potable. En particulier, les alluvions et les formations triasiques ne sont pas exploités ici pour la production d'eau.

Il n'existe pas d'activités particulièrement sensibles autour du site qui pourraient contraindre la réalisation du projet sur le plan sanitaire.

5. Conclusion

L'étude hydrogéologique préalable est réalisée pour le compte de la Ville de Carentan dans le cadre du projet de création d'un nouveau cimetière communal.

Elle a vocation à apporter suffisamment d'éléments pour juger de la faisabilité du projet au regard des critères sanitaires et d'hygiène publique.

Les conclusions du rapport sont émises au regard du document du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France qui fait office de guide technique en la matière : « Recommandation relative aux critères topographiques, géologiques, hydrogéologiques et d'hygiène publique à prendre en compte pour assurer la protection de l'hygiène publique en matière de cimetière » (adoptée lors de sa séance du 5 septembre 1996).

L'étude repose sur l'analyse de données bibliographiques et sur le résultat d'investigations menées au droit du site projet. Les critères de pente des terrains, de profondeur de la nappe et de perméabilité des sols ont été approchés au plus près afin de caractériser au mieux les conditions naturelles du site.

Les critères étudiés ne compromettent pas la réalisation globale du projet pour les raisons suivantes :

- La pente naturelle du terrain est faible,
- Il n'existe pas de problématiques liées au ruissellement des eaux de surface,
- Les sols présentent généralement des conditions de perméabilité et de granulométrie qui permettent d'augurer de bonnes conditions d'oxydation des matières organiques. Les abords de la fosse n°1 et le nord-est de la parcelle sont cependant à éviter pour les causes respectives suivantes :
 - Les terrains présentent un risque de drainage insuffisant et une mauvaise oxygénation des sols,
 - Les sols sont caractéristiques de zones humides et admettent une saturation en eau qui se prolonge au-delà des stagnations visibles d'eaux en surface (sols imbibés également sous la cote du terrain naturel).
- Il n'existe pas de contrainte sanitaire locale ; aucun périmètre de protection de captage d'eaux souterraines n'est intercepté.

Il reste une incertitude sur le respect des conditions de nappe. Les essais n'ont pas permis de confirmer que le toit de la nappe est enfoui à plus de 4 m de profondeur en toutes circonstances (fond des sépultures à 3 m + 1 m de sécurité). Les éléments constatés en fond de fosses ouvertes à 3 m de profondeur laissent supposer que la nappe est enfouie au-delà de 4 m de profondeur (pas de traces de saturation temporaire ou permanente en eau sur les fouilles 1, 2 et 3).

En l'état des connaissances actuelles, nous proposons le zonage présenté à la figure suivante comme étant le périmètre de la zone favorable à l'implantation du projet sous réserve des recommandations suivantes. Il conviendrait a minima, lors des études ultérieures de vérifier :

- la succession des couches géologiques sur une profondeur de 5 à 10 m et examiner l'impact des argiles rouges permienes imperméables sur l'écoulement vertical des eaux d'infiltration,
- la cote du niveau statique de la nappe d'eaux souterraines et confirmer son enfouissement à plus de 4 m de profondeur en toutes circonstances.
- Tester à nouveau la perméabilité des terrains à 1 m et 3 m de profondeur.

Nous rappelons que les conclusions de cette étude ne sont pas établies sur la base d'études géotechniques, et qu'elles sont soumises aux approximations citées dans ce rapport. **Une étude géotechnique reste indispensable pour valider certains critères d'évaluation** sur la base d'essais sur sondages.

Enfin, les limites de la zone favorable établies d'après les connaissances actuelles ne peuvent être garanties compte tenu de la faible densité des points d'observations. On retiendra également que **c'est au droit de la fosse 3 que les conditions de sols sont les plus favorables**.

Si ces résultats sont confirmés, il convient d'envisager une conception de l'aménagement ultérieure qui tienne compte de ce zonage :

- évitement de la zone humide, voire de mise en valeur dans le cadre de la gestion des eaux pluviales par exemple,
- accès routiers et stationnements sur les zones les moins propices (parcelle en herbe – fosse 1 principalement).

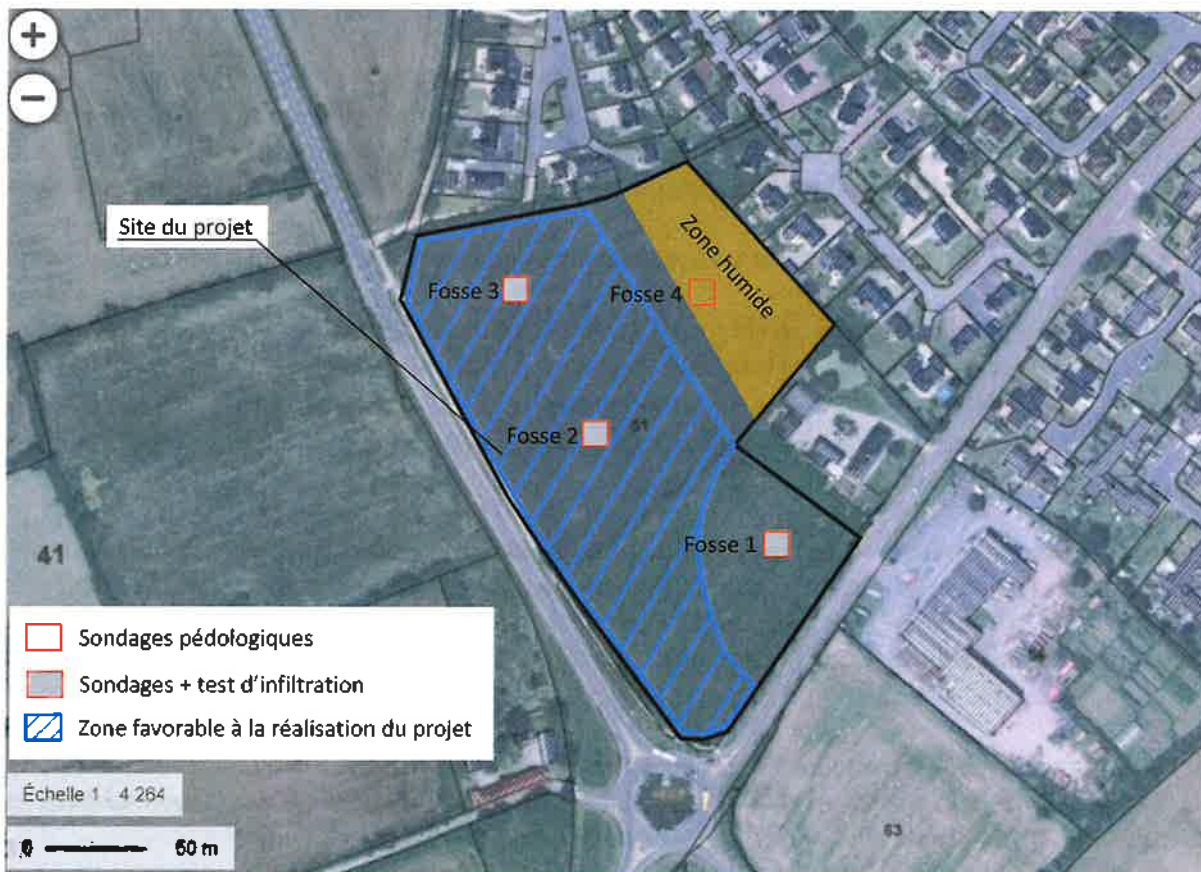


Figure 21 : Conclusion des résultats de l'étude

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <https://www.anteagroup.fr/fr/annexes>



Références :



Portées
communiquées
sur demande