



AGENCE NORD | Parc d'activité de la Broye - 59710 Ennevelin

☎ 03 20 16 88 98

💼 03 20 16 88 99

✉ [contact-nord@geomeca.fr](mailto:contact-nord@geomeca.fr)

[www.geomeca.fr](http://www.geomeca.fr)



## COMMUNES D'ARDRES, DE BALINGHEM, DE BREMES ET D'AUDRUICQ (62) CANAUX D'ARDRES ET D'AUDRUICQ

### Projet de création et/ou de restauration des défenses de berges

#### *Etude géotechnique préalable G1 Phase ES*

Référence	Date	Version	Total p.
24-828	17/12/2024	1	23

**Suivi des modifications**

Version	Rédacteur	Relecteur	Date	Chapitres modifiés	Commentaires
1	M. SOUQUIERE	M. DESPINOY	05/12/2024	-	

**- SOMMAIRE -**

<b>1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE NOTRE MISSION .....</b>	<b>3</b>
1.1 Définition de la mission .....	3
1.2 Objectifs de la mission.....	3
1.3 Objet du marché et description des sites .....	3
<b>2. CONTEXTE DE L'ÉTUDE .....</b>	<b>5</b>
2.1 Données générales .....	5
<b>3. SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE DOCUMENTAIRE .....</b>	<b>6</b>
3.1 Carte géologique générale .....	6
3.2 Carte géologique du secteur d'Ardres .....	7
3.3 Carte géologique du secteur d'Audruicq .....	8
3.4 Notice explicative de la carte géologique.....	8
3.5 Banque de données du sol (BSS) BRGM, secteur Ardres .....	10
3.6 Banque de données du sol (BSS) BRGM, secteur Audruicq.....	11
3.7 Contexte hydrogéologique .....	12
3.8 Synthèse des aléas géotechniques documentaires .....	12
3.8.1 Aléa sismique .....	12
3.8.2 Aléa cavités souterraines .....	12
3.8.3 Aléa retrait-gonflement des argiles.....	13
3.8.4 Aléa inondation .....	13
<b>4. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE AU STADE DE L'ÉTUDE DE SITE .....</b>	<b>16</b>
4.1 Sondages pressiométriques et pénétrométriques existants.....	16
4.2 Identification des principaux risques géotechniques au stade de l'étude de site .....	16
4.3 Investigations complémentaires .....	17
<b>5. ANNEXES.....</b>	<b>19</b>
5.1 Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en 2013 Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique .....	19

## **1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE NOTRE MISSION**

### **1.1 Définition de la mission**

Selon la norme NF P94-500 définissant les missions d'ingénierie géotechnique et leur enchainement, la mission qui nous a été confiée est une étude géotechnique préalable de type G1 qui comprend la phase Etude de Site (ES) et la phase Principes Généraux de Construction (PGC).

Le présent rapport ne concerne ,dans un premier temps, que la phase Etude de Site (ES).

### **1.2 Objectifs de la mission**

L'étude géotechnique préalable de type G1 ES permet une première identification des risques géotechniques d'un site et a pour but de :

- Décrire un modèle géotechnique préliminaire ;
- Décrire les spécificités géotechniques du site ;
- Etablir une première identification des risques géotechniques majeurs.

Notons que notre prestation ne comprend pas de visite de site, celle-ci a été réalisée par VALETUDES dans le cadre de sa mission DIA/EP qui comprend le diagnostic des ouvrages existants et viendra compléter notre analyse.

Notons également que la mission G1 ES prévoit normalement l'élaboration d'un programme d'investigations in situ et en laboratoire, mais que ce programme a déjà été validé par VNF auprès du titulaire du marché HYDROGEOTECHNIQUE (devis réf. D.24.33226B ARDRES et ) D.24.33227B AUDRUICQ). Nous sommes en accord avec ce programme.

Cette étude G1 ES est vouée à être complétée par l'étude géotechnique G1 PGC lorsque le programme d'investigations sur site et en laboratoire aura été réalisé.

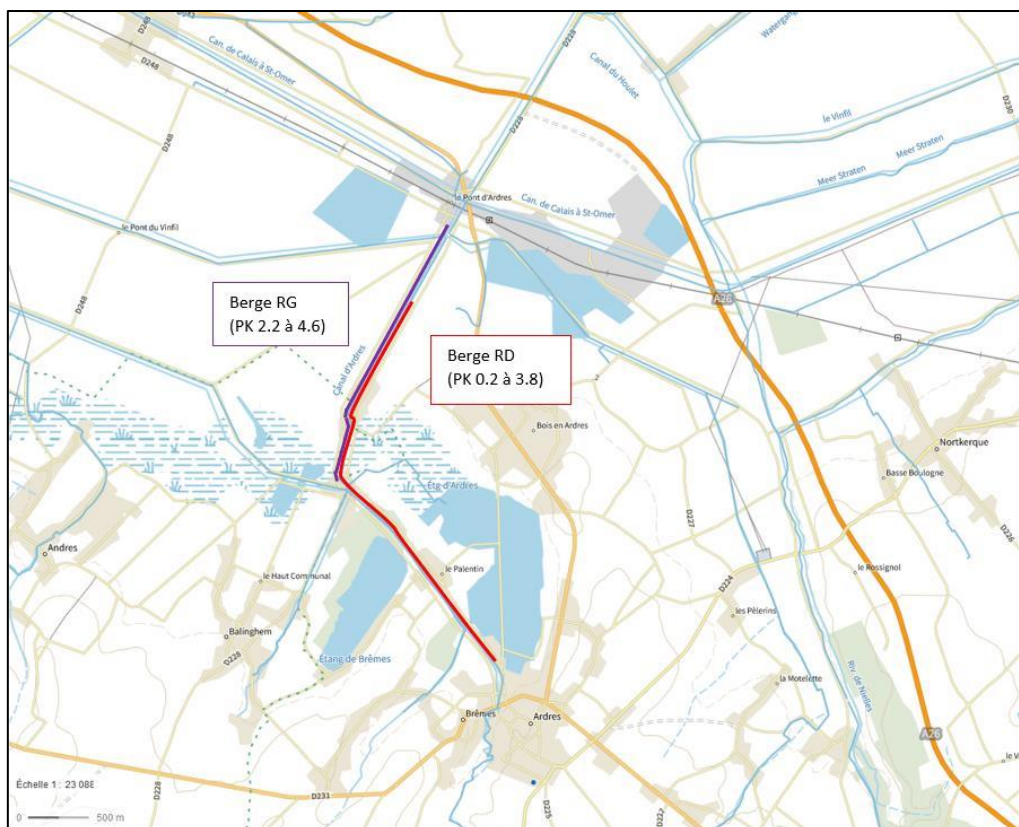
### **1.3 Objet du marché et description des sites**

À la suite des crues exceptionnelles ayant touché le delta de l'Aa durant l'hiver 2023, Voies Navigables de France (VNF) prévoit la réalisation d'une étude préalable et d'un diagnostic technique (DIA/EP) des défenses de berges présentes sur les canaux non navigables d'Ardres et d'Audruicq.

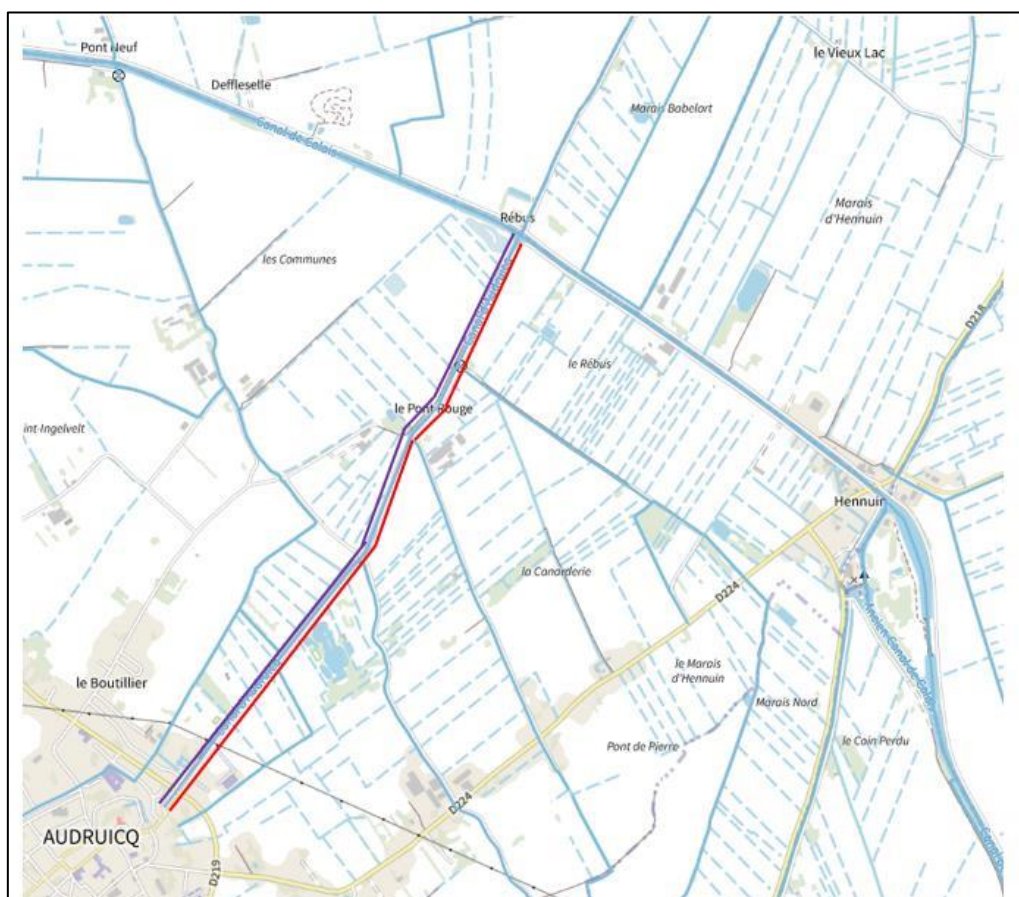
En l'état actuel, les deux canaux présentent des berges dégradées (tunage bois) ou inexistantes. Le projet consisterait en la création/restauration de défenses de berges au sein de linéaires de berges ciblés.

Le périmètre d'étude est le suivant :

- le canal d'Ardres entre les PK 0.200 et 3.800 en rive droite et PK 2.200 au PK 4.600 en rive gauche ;
- le canal d'Audruicq entre les PK 0.000 au PK 2.380 en rives droite et gauche.



***Plan de localisation du projet sur le canal d'Ardres (programme de consultation VNF)***





**Plan de localisation du projet sur le canal d'Audruicq (programme de consultation VNF)**

## 2. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

### 2.1 Données générales

Les intervenants sont :

<b>Maîtrise d'ouvrage :</b>		<b>VOIES NAVIGABLES DE FRANCE</b> 37 rue du Plat BP 725 59 034 LILLE Cedex
<b>Bureau d'étude DIA/EP :</b>		<b>VALETUDES</b> 248 Rue de Carency 62 400 Béthune
<b>Bureau d'études géotechniques :</b>		<b>GEOMECA</b> P.A. de la Broye 59 710 ENNEVELIN

Les pièces qui nous ont été fournies par VNF et ont été utilisées pour cette étude sont les suivantes :

Document	Référence	Indice	Date
Formulaire demande de devis	01.	V1	31/10/2024
Marchevalantcahierdescharges_1	-	1	Nov. 2024
Devis ARDRES (HYDROGEOTECHNIQUE)	D.24.33226B	2	19/11/2024
Devis AUDRUICQ (HYDROGEOTECHNIQUE)	D.24.33227B	2	19/11/2024

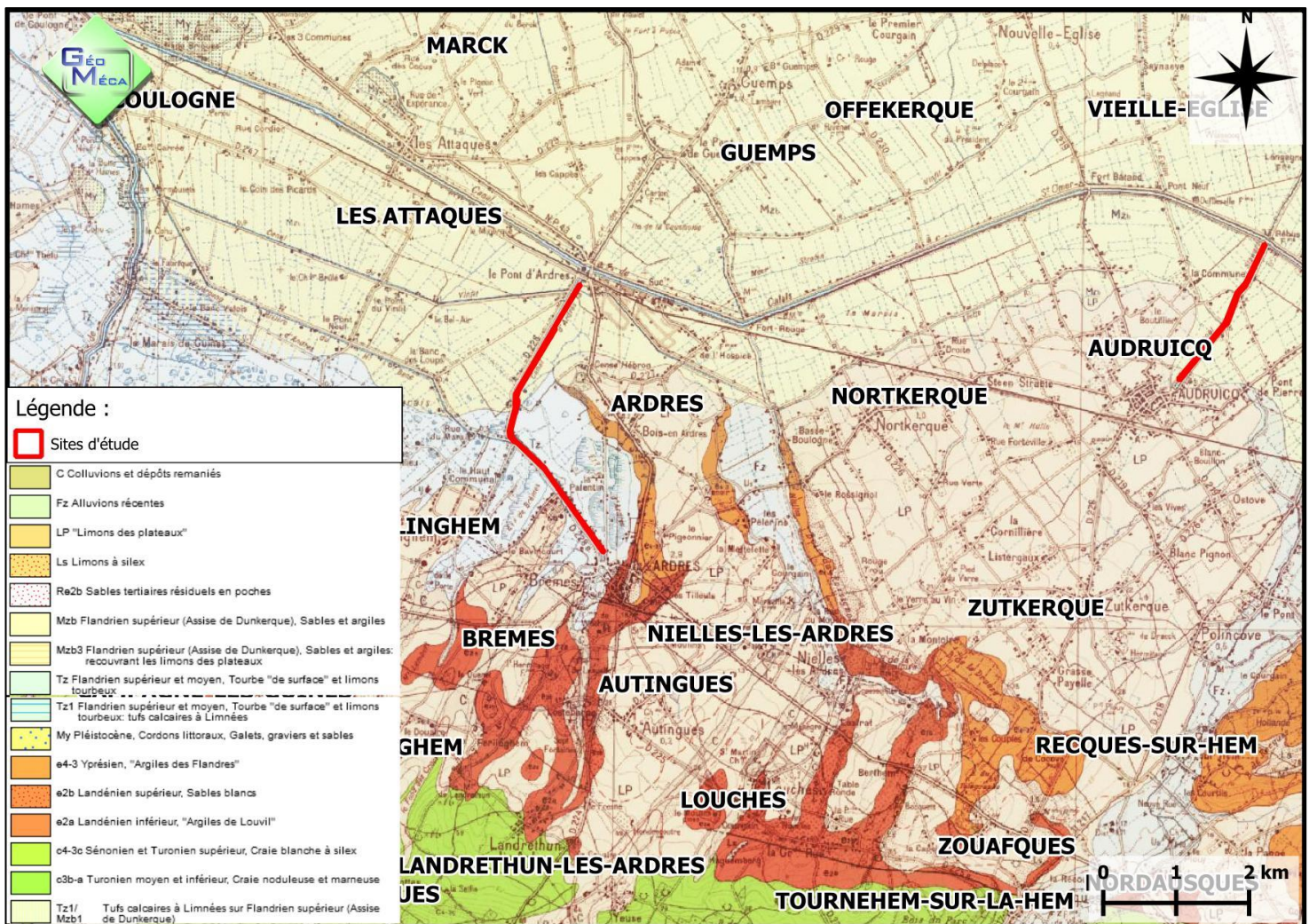


### 3. SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE DOCUMENTAIRE

#### 3.1 Carte géologique générale

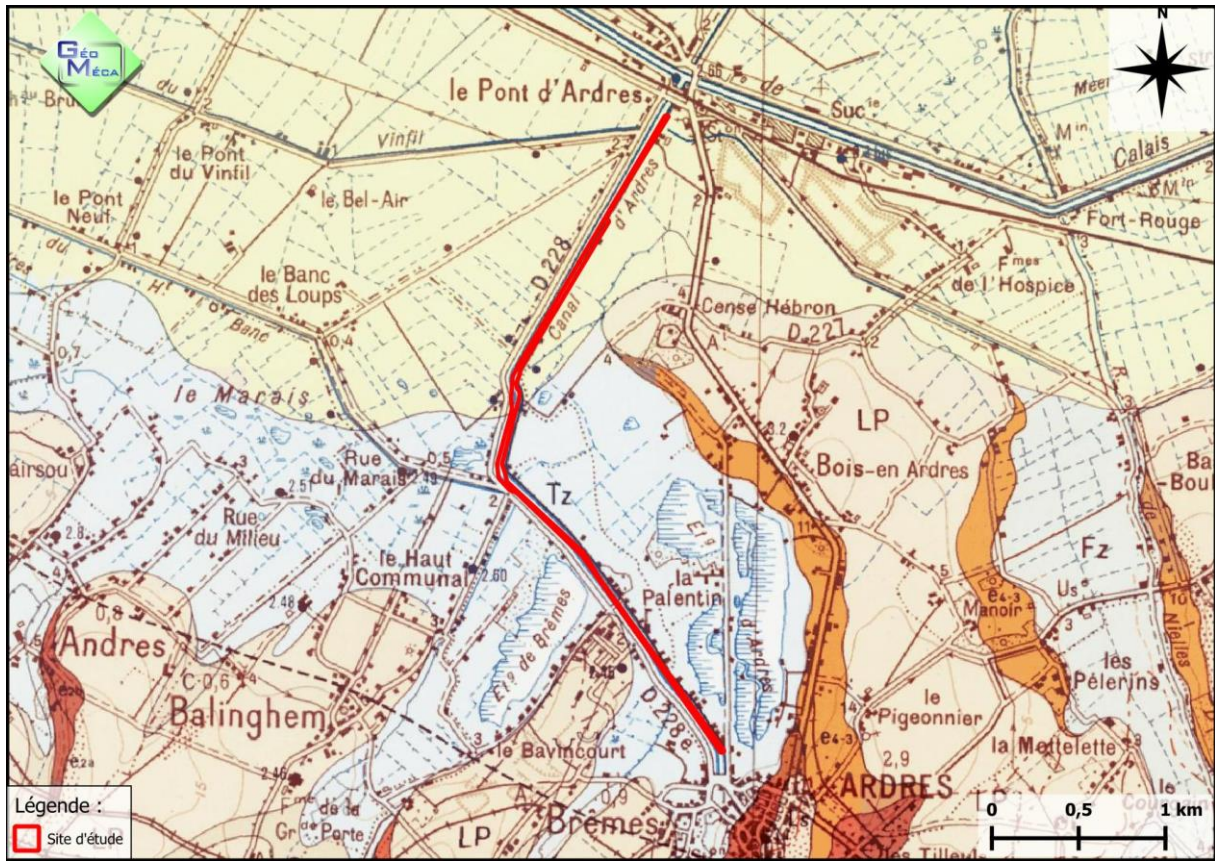
D'après la carte géologique du secteur d'étude (feuille de Guines au 1/50 000) éditée par le BRGM, la succession lithologique attendue au droit des deux sites est relativement similaire :

- **alluvions récentes (Fz)** - éventuellement ;
  - **limons des plateaux (LP)** - éventuellement ;
  - **sables et argiles** du Flandrien supérieur (Assise de Dunkerque, Mzb) ;
  - **tourbe "de surface" et limons tourbeux** du Flandrien supérieur et moyen (Tz)
- 
- QUATERNAIRE
- SUBSTRATUM
- **argiles des Flandres** de l'Yprésien (e4-3) ;
  - **sables blancs** (Landénien supérieur, e2b) ;
  - **argiles** de Louvil du Landénien inférieur (e2a) ;
  - **craie blanche à silex** du Sénonien et Turonien supérieur (c4-3c) ;





### 3.2 Carte géologique du secteur d'Ardres

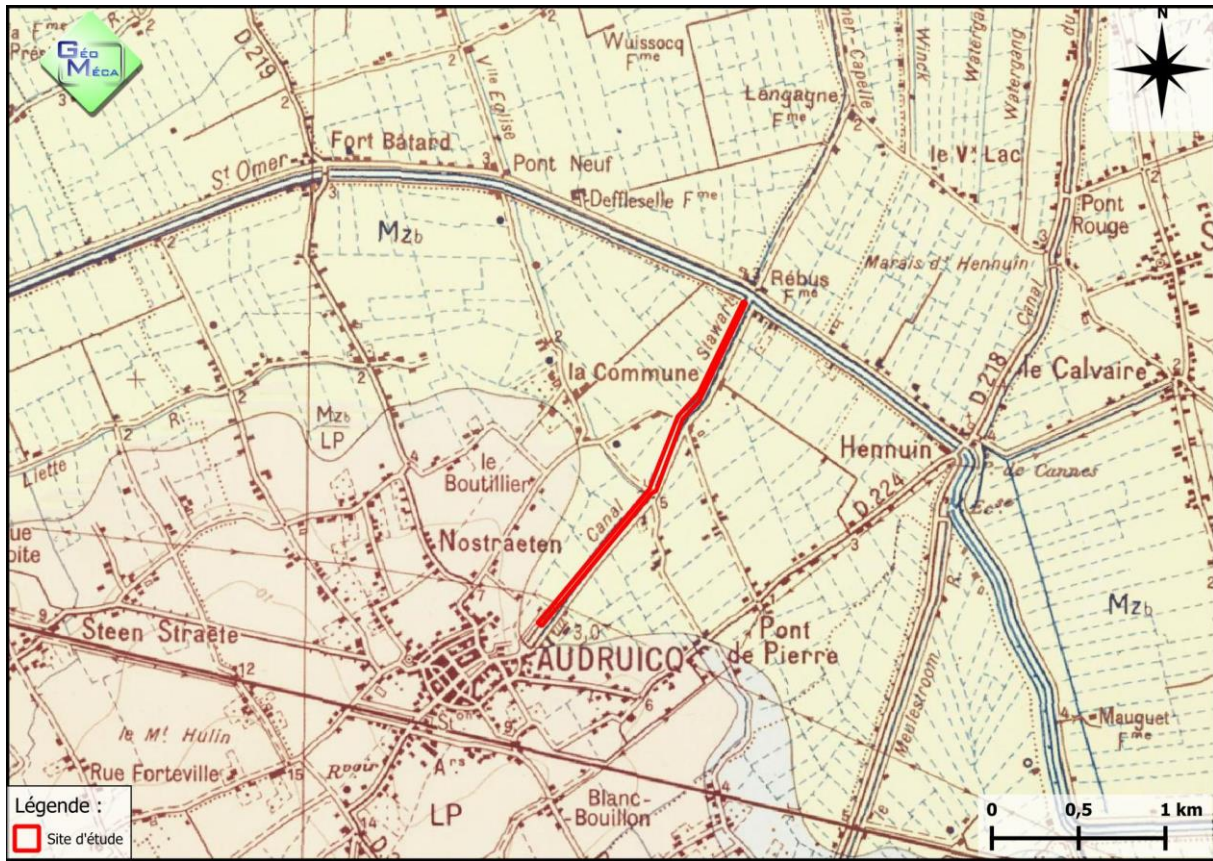


Plus précisément, d'après la carte géologique du secteur d'étude (feuille de Guines au 1/50 000) éditée par le BRGM, la succession lithologique attendue en surface au droit du site d'Ardres est la suivante :

- **sables et argiles** du Flandrien supérieur (Assise de Dunkerque, Mzb) ;
- **tourbe "de surface" et limons tourbeux** du Flandrien supérieur et moyen (Tz) ;



### 3.3 Carte géologique du secteur d'Audruicq



De la même manière, d'après la carte géologique du secteur d'étude (feuille de Guines au 1/50000) éditée par le BRGM, la succession lithologique attendue en surface au droit du site d'Audruicq est la suivante :

- **sables et argiles** du Flandrien supérieur (Assise de Dunkerque, Mzb) ;

### 3.4 Notice explicative de la carte géologique

Sont repris, ci-après, des extraits de la notice explicative de la carte géologique au 1 / 50 000 de la feuille de GUINES, en ce qui concerne les Terrains Quaternaires de la Plaine Maritime attendus en surface au droit des deux sites d'étude (Tourbe Tz uniquement pour Ardres).

**Mzb. Flandrien supérieur (Assise de Dunkerque).** C'est une formation d'estran et de polder s'étendant sur la plus grande partie de la plaine maritime, sauf au Sud-Ouest du Calais. Elle correspond aux transgressions marines dunkerquiennes datant de l'époque romaine et du Moyen-Age. La transgression la plus importante est - comme dans le reste de la plaine maritime franco-belge - imputable à la phase « Dunkerque II » (IV<sup>ème</sup>-VIII<sup>ème</sup> siècles après J.C.) : ces dépôts recouvrent notamment les vestiges d'un important vicus gallo-romain au Nord-Ouest de Bois-en-Ardres. Au Nord-Est de la feuille, plusieurs phases transgressives ont été décelées, la plus ancienne pouvant correspondre à la phase « Dunkerque I » qui a précédé la période gallo-romaine, les transgressions ayant pénétré à partir de l'estuaire de l'Aa où le régime marin s'est d'ailleurs maintenu encore tardivement au Moyen-Age.

*Faciès et épaisseurs sont très variables en fonction du mode de dépôt lié à la situation par rapport aux cordons littoraux anciens et aux chenaux de marée. Les sables fins avec prédominance de *Cardium edule*, correspondant à une sédimentation d'estran et de chenaux, passent insensiblement aux argiles et limons argileux de polder avec prédominance de *Scrobicularia piperata* et *Hydrobia ulvae*.*

*A l'abri du cordon flandrien des Pierrettes et en bordure du marais, le Dunkerquien a une épaisseur faible (moins de 0,50 m) ; au contact du marais tourbeux, il se réduit à un liséré sableux ou caillouteux surmontant la tourbe (1). Les galets disséminés sont surtout fréquents au Sud du cordon des Pierrettes (La Chaussée, Pont du Leu). Ils indiquent les deux voies principales par lesquelles la mer dunkerquienne a franchi l'obstacle du cordon flandrien : au Sud-Est du Virval et à l'Ouest de Calais (feuille Calais). Immédiatement au Sud de cette dernière zone de rupture, au pied du promontoire pléistocène de Petite-Rouge-Cambre, les sables marins à galets rares forment un relief inversé de chenaux au milieu du marais tourbeux : ce sont les multiples et étroites bandes sableuses des chenaux de la Tourelle (2).*

*L'influence protectrice du cordon des Pierrettes-Marck (feuille Calais) se manifeste encore par le maintien d'une couche à peu près continue de la tourbe « de surface » sous le Dunkerquien jusqu'au niveau du banc de Coulogne. Au-delà, vers l'Est, s'étend la plaine typique où la sédimentation étant caractérisée par des chenaux, des cuvettes et des bancs sableux plus ou moins remaniés par le vent (Nord-Est de Guemps), la tourbe est discontinue et les dépôts dunkerquiens s'épaississent (1 à 3 m) avec une lithostratigraphie plus variée.*

*A l'Est d'Ardres, les sables dunkerquiens viennent au contact du versant couvert de limons pléistocènes, et même recouvrent localement ces derniers (3) sur une frange étroite et une faible épaisseur dans la région d'Audruicq, montrant que la transgression dunkerquienne, à son maximum, a débordé dans cette région la limite de l'Assise de Calais. A l'Est d'Audruicq, les sables marins entrent en contact avec des limons d'estuaire au débouché de la vallée de la Hem.*

**Tz. Flandrien supérieur et moyen : tourbe « de surface » et limons tourbeux.** *La tourbe, dite « de surface » (cf. la carte géologique de Belgique) pour la distinguer des niveaux plus profonds qui existent dans l'Assise de Calais, n'affleure que dans le marais qui borde le versant continental, de Coquelles à Bois-en-Ardres. Recouvrant les sédiments marins de l'Assise de Calais, elle s'est formée après le retrait de la mer, sur l'ensemble de la plaine, à partir de la fin de l'Atlantique et durant le Subboréal et le Subatlantique. On y a trouvé dans sa masse des pièces archéologiques datant du Néolithique, de l'âge du Bronze et de l'âge du Fer et, à sa partie supérieure, des vestiges gallo-romains.*

*L'épaisseur de la tourbe, généralement de l'ordre du mètre, peut atteindre localement plusieurs mètres. La couche se subdivise en plusieurs niveaux à la bordure du versant continental ; au débouché des vallons, elle est souvent remplacée par des limons tourbeux (régions de Frethun et Guines). L'exploitation de la tourbe a eu lieu sur une large surface jusqu'au XIX<sup>ème</sup> siècle dans les marais de Guines, de Brèmes, d'Ardres, de Guemps et de Nortkerque ; ces traces d'exploitation ancienne se signalent localement par des étangs.*

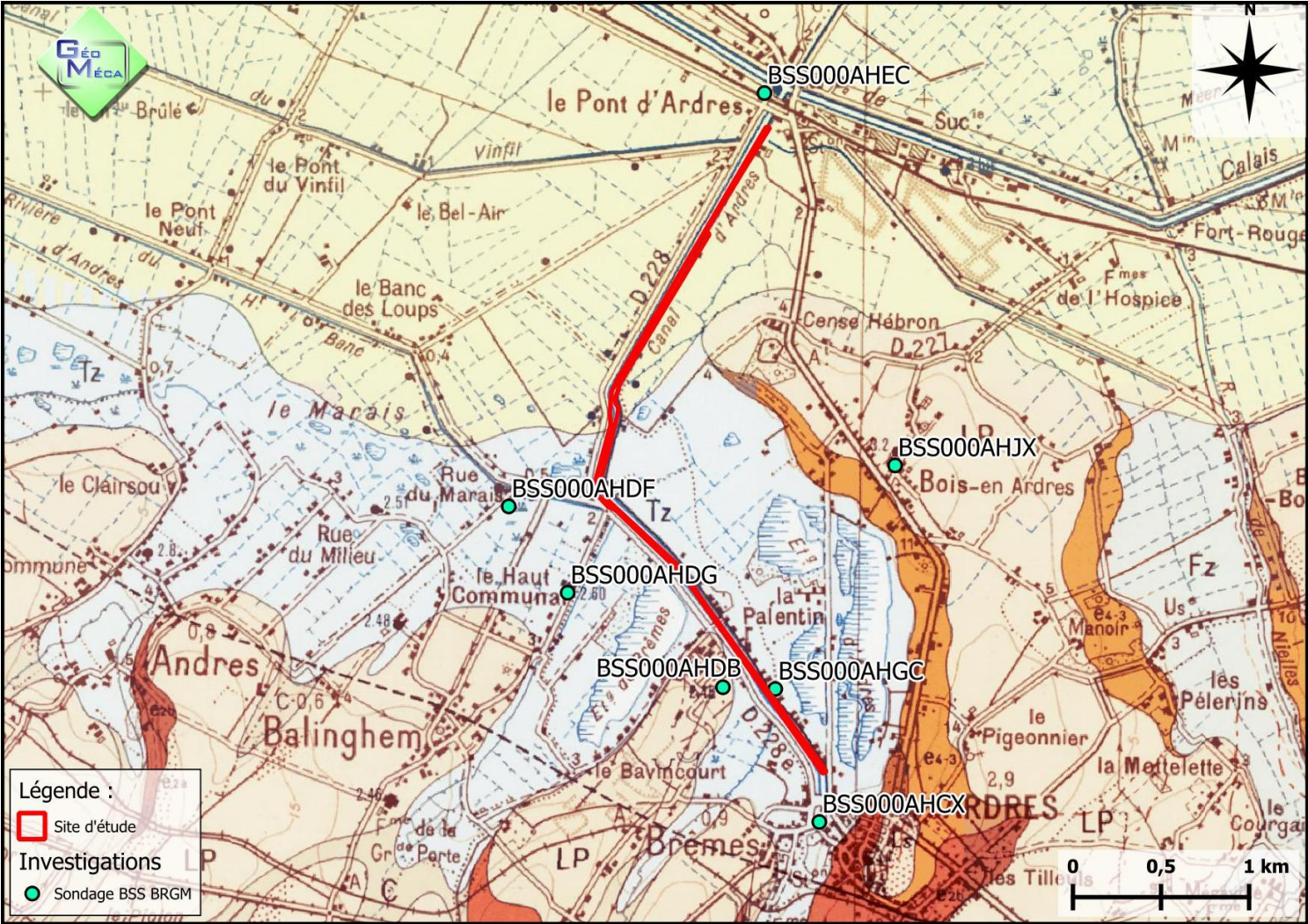
*La tourbe est parfois surmontée (ou remplacée) par une couche de calcaire lacustre à Limnées (1) pouvant atteindre exceptionnellement un mètre d'épaisseur. Cette couche, parfois sableuse, forme des affleurements isolés de Calais à Ardres. Certains gisements, notamment celui du marais de Guines, sont en partie recouverts par les sables marins dunkerquiens.*

*Sous le recouvrement dunkerquien, la couche de tourbe présente sa plus grande continuité au Sud-Ouest d'une ligne allant du Virval à Pont d'Ardres et de part et d'autre du canal de Pont d'Ardres à Henuin (lieu-dit Le Marais). Elle peut d'ailleurs manquer localement, comme l'indiquent les sondages à la tarière, jusqu'à la limite même du Dunkerquien, ayant été érodée par des chenaux. Elle est le plus souvent absente au Nord-Est de la feuille dans les régions de Guemps, Vieille-Eglise et Sainte-Marie-Kerque où les formations dunkerquiennes reposent sur les sables marins de l'Assise de Calais, surmontés encore parfois de témoins de la partie inférieure roussâtre et putride de la tourbe.*



3.5 Banque de données du sol (BSS) BRGM, secteur Ardres

L'environnement du site comporte des sondages référencés dans la BSS (source : infoterre.brgm.fr). Nous en avons sélectionné 7 le long du projet, ils sont détaillés ci-après. Les points d'interrogation signalent nos interprétations.



BSS000AHDF		
Profondeur base (m)	Lithologie	Stratigraphie supposée
1,50	Terre	QUATERNAIRE
8,00	Sable argileux fin	FLANDRIEN
10,00	Galets et graviers	FLANDRIEN
30,00	Sable gris	LANDENIEN sup.
57,00	Argile bleue	LANDENIEN inf.
67,00	Craie blanche	SENONIEN

BSS000AHDB		
Profondeur base (m)	Lithologie	Stratigraphie supposée
1,00	Terre	QUATERNAIRE
5,00	Argile	FLANDRIEN
6,00	Argile molle bleue	YPRESIEN
42,00	Sable gris	LANDENIEN sup.
60,00	Argile bleue	LANDENIEN inf.
85,00	Craie blanche	SENONIEN

De manière synthétique, on observe que la présence de **tourbe** en surface n'est pas circonscrite à la partie sud du projet (Tz : « tourbe supérieure »). Elle est **probable dans les formations flandriennes**, soit le long de l'ensemble des berges du projet du canal d'Ardres.

Bien que les formations de recouvrement soient variées, la **profondeur** à laquelle le **substratum** semble rencontré est relativement homogène, **comprise entre 6 et 10 m** globalement, bien que sa nature diffère en fonction de la localisation.

Les **argiles des Flandres de l'Yprésien** ont tendance à être beaucoup **plus épaisses au nord** du projet (jusqu'à plus de 40 m d'épaisseur), et à s'affiner vers le sud pour être réduites à 1 m voire totalement absentes dans la partie sud en rive gauche du projet.

BSS000AHEC		
Profondeur base (m)	Lithologie	Stratigraphie supposée
0,60	Ballast	Anthropique
4,70	Sable fin grisâtre à verdâtre à passées limoneuses	QUATERNAIRE
6,40	Tourbe noire puis brune spongieuse	FLANDRIEN
8,10	Limon tourbeux, légèrement sableux vert	FLANDRIEN
8,90	Limon très sableux gris vert	FLANDRIEN ?
13,20	Sable fin gris bleu, coquillage en base	FLANDRIEN ?
13,60	Galets et graviers dans matrice argileuse	FLANDRIEN ?
17,80	Argile bleu plastique	YPRESIEN ?

BSS000AHJX		
Profondeur base (m)	Lithologie	Stratigraphie supposée
6,00	Argile et gravier	QUATERNAIRE
36,00	Argile	YPRESIEN
59,00	Sable vert et gris	LANDENIEN sup.
79,50	Argile bleue et sable vert à la	LANDENIEN inf.
140,00	Craie blanche à silex	TURONIEN sup. à CAMPAGNIEN

BSS000AHDG		
Profondeur base (m)	Lithologie	Stratigraphie supposée
8,00	Terre puis argile sableuse	QUATERNAIRE
9,00	Pierre ?	FLANDRIEN
10,00	Galets de Coulogne	FLANDRIEN
21,00	Sable gris et verdâtre	LANDENIEN sup.
49,00	Argile bleue	LANDENIEN inf.
67,00	Craie blanche	SENONIEN

BSS000AHGC		
Profondeur base (m)	Lithologie	Stratigraphie supposée
0,10	Terre	QUATERNAIRE
1,10	Limon tourbeux à silteux	FLANDRIEN
5,20	Tourbe brune spongieuse	FLANDRIEN
6,50	Limon tourbeux à silex et coquillages	FLANDRIEN
7,50	Grave de silex	FLANDRIEN
15,00	Argile bleue noire plastique	YPRESIEN ?

BSS000AHCX		
Profondeur base (m)	Lithologie	Stratigraphie supposée
0,60	Terre	QUATERNAIRE
3,50	Limon gris noir	QUATERNAIRE
7,20	Tourbe	FLANDRIEN
8,00	Argile sablo-graveleuse	YPRESIEN ?
9,50	Argile sableuse plastique	YPRESIEN ?
15,00	Argile très sableuse sèche	YPRESIEN ?



### 3.6 Banque de données du sol (BSS) BRGM, secteur Audruicq



#### BSS000AHNX

Profondeur base (m)	Lithologie	Stratigraphie supposée
3,00	Sable boulang	FLANDRIEN
3,20	Tourbe	FLANDRIEN
8,20	Sable	FLANDRIEN
8,70	Tourbe	FLANDRIEN
10,00	Sable argileux gris	FLANDRIEN
101,14	Argile grise	YPRESIEN
122,55	Sable vert	LANDENIEN Sup.

#### BSS003KJQK

Profondeur base (m)	Lithologie	Stratigraphie supposée
0,30	Terre	QUATERNAIRE
1,30	Argile sableuse marron	FLANDRIEN ?
1,80	Sable argileux gris	FLANDRIEN ?
3,80	Sable argileux vasard grisâtre marron	FLANDRIEN ?
5,00	Sable fin gris	FLANDRIEN ?

#### BSS000AHPQ

Profondeur base (m)	Lithologie	Stratigraphie supposée
0,20	Terre	QUATERNAIRE
1,20	Argile sableuse	FLANDRIEN ?
2,80	Limon argilo-sableux marron	FLANDRIEN ?
4,50	Argile marron à veines gris-bleu	FLANDRIEN ?
10,00	Argile bleue	YPRESIEN ?

Les données lithologiques sur ce secteur sont peu nombreuses et seul un point est réellement proche du projet. On observe, cependant, une tendance globale relativement comparable à celle du secteur d'Ardres présenté ci-avant : **la présence de tourbe est probable de manière erratique dans les formations du Flandrien** et le substratum argileux est souvent observé aux environs de 8 à 10 m de profondeur.

### **3.7 Contexte hydrogéologique**

L'influence des canaux jouxtant les projets est évidente et prépondérante vis-à-vis du contexte hydrogéologique, la nappe alluviale étant présente à faible profondeur, elle est considérée en continuité directe.

Les côtes extrêmes éventuelles des derniers événements exceptionnels auront lieu d'être intégrées.

### **3.8 Synthèse des aléas géotechniques documentaires**

La description complète des risques naturels recensés au droit de la parcelle et sur la commune est consultable en ligne. Ci-dessous est présentée la synthèse de ces risques (source : georisques.gouv.fr).

#### **3.8.1 Aléa sismique**

Les deux projets sont situés dans une zone sismique de type 2 : aléa faible.

#### **3.8.2 Aléa cavités souterraines**

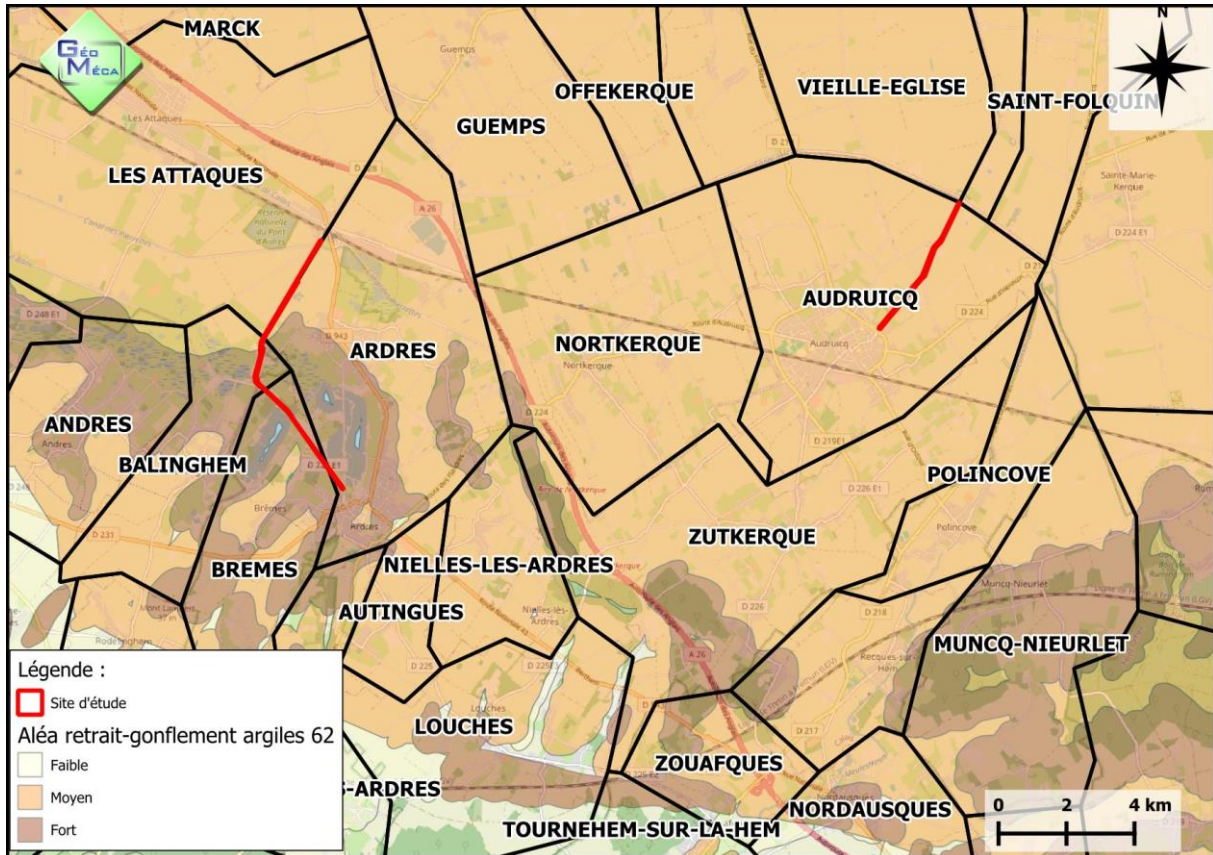
D'après la base de données du BRGM et celle de la DDTM 62, aucune cavité souterraine n'est recensée à proximité immédiate des projets.

Compte tenu du contexte hydrogéologique, cet aléa paraît relativement faible, on peut cependant noter la présence d'une cavité référencée en centre-ville (réf. NPCAW0007731 dans la base de données BRGM) et qui contient les informations suivantes :

- *Matériau creusé : Altérites à silex*
- *Age : Pléistocène (Cénozoïque)*
- *Nombre d'entrées : 4*
- *Dimensions : h=2m ; l=2m*
- *Profondeur du toit : 10m*
- *Revêtement intérieur : briques*
- *Surface : 200m<sup>2</sup>*
- *Hauteur des vides : 2m - 4 couloirs*

### 3.8.3 Aléa retrait-gonflement des argiles

D'après la cartographie « aléa retrait-gonflement des argiles », le secteur d'étude est situé dans une zone classée « aléa **moyen** » pour le projet du canal d'Audruicq et en zone d'« aléa **moyen** et **fort** » pour le projet du canal d'Ardres.



### 3.8.4 Aléa inondation

Le site [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr) décrit le phénomène d'inondation comme « la submersion temporaire de zones habituellement hors d'eau ».

Elle peut être due :

- au débordement d'un cours d'eau : une crue (ou montée du niveau de l'eau), lorsqu'elle est importante, peut amener le cours d'eau à sortir de son lit et à inonder les terres alentours. C'est le cas le plus fréquent ;
- à du ruissellement urbain : lors de précipitations très intenses en ville, l'eau ne s'infiltre pas dans le sol, car ceux-ci sont imperméables. Les réseaux d'évacuation d'eaux pluviales peuvent rapidement être saturés. Les eaux de pluies empruntent alors les rues, avec des courants parfois dangereux, jusqu'à rejoindre une rivière ou un autre réseau d'évacuation ;
- à une remontée de nappe : en cas de précipitations de longue durée, le niveau de la nappe phréatique remonte, entraînant une inondation des zones alentours ;



- à une submersion marine : sur le littoral, des conditions météorologiques et océaniques défavorables (souvent accompagnées d'une forte houle et d'un vent fort venant du large) peuvent entraîner une hausse du niveau marin et alors inonder les zones côtières.

### **Programmes d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) :**

Les programmes d'actions de prévention des inondations (PAPI) ont été lancés en 2002. Ils ont pour objet de promouvoir une gestion intégrée des risques d'inondation en vue de réduire leurs conséquences dommageables sur la santé humaine, les biens, les activités économiques et l'environnement. Ils sont portés par les collectivités territoriales ou leurs groupements. Outil de contractualisation entre l'Etat et les collectivités, le dispositif PAPI permet la mise en œuvre d'une politique globale, pensée à l'échelle du bassin de risque.

Les communes sont intégrées au PAPI du Delta de l'Aa

### **DDRM62 :**

Dans son Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM), la préfecture a classé les communes des projets à risque pour les aléas et sous aléas:

- Inondation
  - Par une crue à débordement lent de cours d'eau
  - Par remontées de nappes naturelles

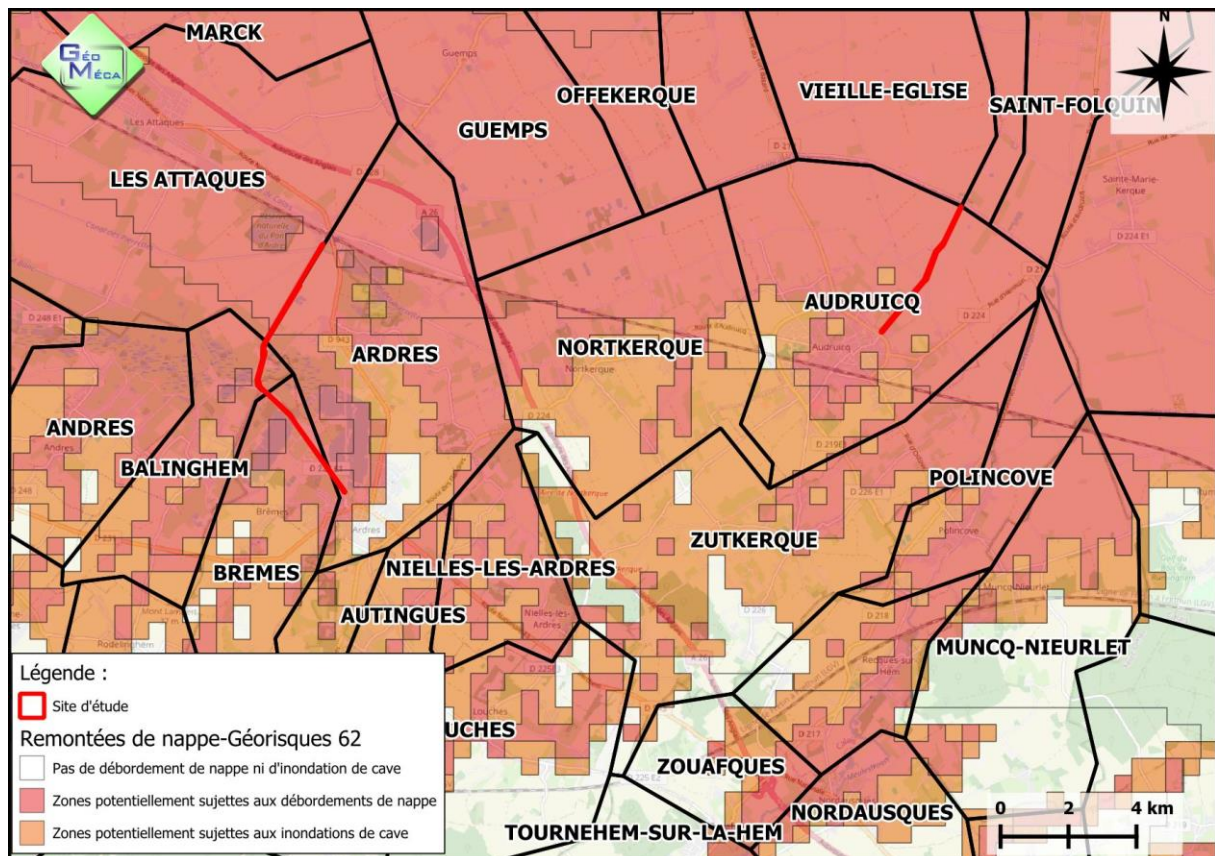
### **Plan de Prévention des Risques Naturels :**

Le PPRN (Plan de Prévention des Risques Naturels) est un document réglementaire destiné à faire connaître les risques et réduire la vulnérabilité des personnes et des biens. Il délimite des zones exposées et définit des conditions d'urbanisme et de gestion des constructions futures et existantes dans les zones à risques. Il définit aussi des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

Les communes font l'objet de PPRN relatif aux inondations (*PPR bv pieds de coteaux wateringues* notamment).

Le site est, cependant, localisé en dehors de toute zone à risque entraînant une servitude d'utilité publique.

Concernant le risque de remontée de nappe, les sites sont localisés en zone potentiellement sujettes aux débordements de nappe, la plupart du temps avec une fiabilité forte :



## 4. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE AU STADE DE L'ÉTUDE DE SITE

### 4.1 Sondages pressiométriques et pénétrométriques existants

Il n'existe pas réellement de données pertinentes à notre connaissance le long des périmètres d'étude :

- Une campagne d'essai pressiométrique est disponible dans la BSS au niveau de Pont d'Ardres ;
- Une campagne de sondage est disponible dans la BSS au niveau de la station d'épuration d'Audruicq en bordure de canal.

Ces campagnes sont anciennes et ne fournissent, à notre sens, pas réellement d'information exploitable à ce stade pour les projets. On peut néanmoins dégager les informations synthétiques très sommaires suivantes :

- Présence de sols relativement mous en surface et jusque 2 à 3,50 m de profondeur environ ;
- Passées de sables denses dans le FLANDRIEN à Pont d'Ardres ( $p_l^* > 1 \text{ MPa}$  /  $E_M > 10 \text{ MPa}$  dès 4 m de profondeur) ;
- Argiles fermes jusque 11 m de profondeur ( $q_c < 2,5 \text{ MPa}$ ) avec augmentation progressive puis raides en dessous ( $q_c > 2,5 \text{ MPa}$ ).

### 4.2 Identification des principaux risques géotechniques au stade de l'étude de site

Au stade très préliminaire de la présente étude et pour des sites présentant au total plus d'une dizaine de kilomètres de berges, il n'est pas réaliste de proposer des modèles géotechniques sans la réalisation d'investigations complémentaires sur site.

Il est toutefois possible de mettre en exergue certains risques géotechniques jugés principaux et qui ont été identifiés au travers de l'étude documentaire présentée ci-avant :

- La présence de tourbe sur des épaisseurs plurimétriques est possible dans les formations du Flandrien quelle qu'elles soient. Tourbe et limons tourbeux peuvent exister de la sub-surface à plus de 7 m de profondeur.
- Sous les horizons tourbeux, réputés très faiblement consolidés et évolutifs, peuvent être présents des passées sableuses denses, voire des argiles fermes à raides dès 5 m de profondeur. Ces aspects doivent être considérés vis-à-vis d'ouvrages tels que des palplanches ou des pieux en bois voués à être mis en œuvre par battage avec un risque important de refus prématurés ;
- Les aspects hydrogéologiques sont prépondérants et devront faire l'objet d'études spécifiques pour fournir les niveaux caractéristiques de nappe indispensables aux calculs (estimation des niveaux EE, EH, EB selon les Eurocodes NF P94-261/A1, P94-262/A1 et EN 1990/NA Décembre 2011) ;



### 4.3 Investigations complémentaires

Pour rappel, un programme d'investigations in situ et en laboratoire a déjà été validé par VNF auprès du titulaire du marché HYDROGEOTECHNIQUE (devis réf. D.24.33226B ARDRES et D.24.33227B AUDRUICQ). Nous sommes en accord avec ce programme qui comprend, à ce stade :

Pour le canal d'Ardres :

- Un doublon sondage au carottier de 114 mm et sondages au pénétromètre statique descendus à 8 m tous les 400 ml de canal en alternance de rive (soit 13 doublons) ;
- Un sondage géologique et pressiométrique descendu à 8 m tous les 400 ml de canal en alternance des doublons (soit 12 sondages comprenant chacun 8 essais) ;
- Un ensemble d'analyses en laboratoire, 26 essais de type identification GTR et 13 essais de cisaillement.

Pour le canal d'Audruicq :

- Un doublon sondage au carottier de 114 mm et sondages au pénétromètre statique descendus à 8 m tous les 400 ml de canal en alternance de rive (soit 7 doublons) ;
- Un sondage géologique et pressiométrique descendu à 8 m tous les 400 ml de canal en alternance des doublons (soit 6 sondages comprenant chacun 8 essais) ;
- Un ensemble d'analyses en laboratoire, 7 essais de type identification GTR et 7 essais de cisaillement.

La prise en compte des résultats de ces campagnes fera l'objet d'une mise à jour de l'étude pour la phase G1 PGC.

---

Le rapport ci-présent conclut la mission géotechnique préalable G1 (phase ES) qui nous a été confiée. Il constitue un ensemble indissociable avec ses annexes. Une mauvaise utilisation qui pourrait être faite suite à une communication ou reproduction partielle ne saurait engager GEOMECA.

Selon l'enchaînement des missions au sens de la norme NF P 94-500, une étude géotechnique préalable G1 (phase GPC) doit être réalisée en complément. Cette étude intégrera les résultats des investigations nécessaires à la confirmation de la maquette géotechnique préliminaire.

Le présent rapport ne peut pas servir au lancement d'une consultation ou d'un appel d'offres pour la construction d'un ouvrage géotechnique.

---

## 5. ANNEXES

### 5.1 Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en 2013 Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet.

Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions types d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1, 2 et 3. Les éléments de chaque mission sont spécifiés dans les chapitres 7 à 9. Les exigences qui y sont présentées sont à respecter pour chacune des missions, en plus des exigences générales décrites au chapitre 5 de la présente norme. L'objectif de chaque mission, ainsi que ses limites, sont rappelés en tête de chaque chapitre. Les éléments de la prestation d'investigations géotechniques sont spécifiés au chapitre 6.



## Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

### ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)

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

#### Phase Etude de Site (ES)

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

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

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées :

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

### ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)

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

#### Phase Avant-projet (AVP)

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

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

#### Phase Projet (PRO)

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

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

#### Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le dossier de consultation des entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des contrats de travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques :

- Etablir 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.

### Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

#### **ÉTAPE 3 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)**

##### **ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

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

##### **Phase Etude**

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier 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 contrôle à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Elaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

##### **Phase Suivi**

- Suivre en continu les auscultations de l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.
- 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).
- Etablir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents géotechniques nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

##### **SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)**

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

##### **Phase Supervision de l'étude d'exécution**

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

##### **Phase Supervision de suivi d'exécution**

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

##### **DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)**

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier 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 géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

### Schéma d'enchaînement des missions types 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
Etape 1 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire esquisse, APS	Etude 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
Etape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD / AVP	Etude 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	Etude géotechnique de conception (G2) Phase projet		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE / ACT	Etude 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		
Etape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3 / G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE / VISA	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3)  Phase étude (en interaction avec la phase suivie)	Supervision géotechnique d'exécution (G4)  Phase supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)	Etude 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	Etude 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
A toute étape d'un projet ou sur un projet 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