

Rapport d'étude hydrogéologique

GEA240057

25 juillet 2025

Version C

TECHNOSOL
Agence Haute Normandie
10, rue des Jardiniers
76000 ROUEN

Construction d'un centre hospitalier

64, route de Lisieux
27500 PONT-AUDEMER

VOTRE INTERLOCUTEUR

Joséphine GAMBIEZ

07 87 78 79 35

j.gambiez@geother-gengis.fr



SIÈGE SOCIAL
8, rue Salvador Allende
92000 Nanterre
01 55 17 16 10
contact@geother-gengis.fr
geother-gengis.fr



RÉFÉRENCES

Réf. devis :	GED230456
Réf. du rapport :	GEA240057
Réf. du client :	240207/TEA240145/LAC/LAC

CLIENT

Nom et adresse	TECHNOSOL Agence Haute Normandie 10, rue des Jardiniers 76000 ROUEN
Nom du contact et coordonnées	M. Lautfi CHAMAKH 06 12 99 22 31 l.chamakh@technosol-gengis.fr

INTERVENANTS GEOTHER

Rédacteur	Joséphine GAMBIEZ
Vérificateur	Gael HESTERS
Superviseur	Xavier du CHAYLA

STATUT DU RAPPORT

Version	Date	Détails
Version A	11 juin 2024	Initiale
Version B	16 octobre 2024	Mise à jour après 3 mois de suivi
Version C	25 juillet 2025	Mise à jour après 1 an de suivi





SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	5
2. CONTEXTE NATUREL.....	6
2.1. Contexte géographique.....	6
2.2. Contexte géologique au droit du site.....	6
2.2.1. Contexte général.....	6
2.2.2. Contexte local	7
2.3. Contexte hydrogéologique	8
2.3.1. Données bibliographiques.....	8
2.3.2. Piézométrie – Mesures manuelles.....	8
2.3.3. Piézométrie – Mesures automatiques	9
2.3.4. Caractéristiques hydrodynamiques	11
3. ESTIMATION DU NIVEAU DES PLUS HAUTES EAUX	11
3.1. Niveau d'étiage	12
3.2. Variations saisonnières.....	12
3.2.1. Variations saisonnières annuelles	12
3.2.2. Estimation du coefficient de réaction de la nappe.....	12
3.2.3. Coefficients de Montana.....	13
3.2.4. Calcul de l'amplitude de la nappe pour une pluie de récurrence décennale, cinquantennale et centennale.....	14
3.3. Influence de l'onde de crue	15
3.3.1. Risques d'inondation	15
3.3.2. Niveaux de référence de la Risle.....	15
3.3.3. Eaux souterraines	16
3.4. Influence des pompages voisins	17
3.5. Estimation des niveaux des plus hautes eaux.....	21
4. CONCLUSION.....	22



TABLEAUX

Tableau 1 : Résultats des sondages réalisés au droit de la fosse.....	7
Tableau 2 : Relevés manuels du piézomètre mis en place par GINGER CEBTP	8
Tableau 3 : Relevés manuels des différents piézomètres mis en place par TECHNOSOL	9
Tableau 4 : Paramètres hydrodynamiques de la nappe phréatique	11
Tableau 5 : Coefficient de réaction de la nappe calculé au droit de PZ3.....	13
Tableau 6 : Coefficients de Montana et hauteur de pluie	14
Tableau 7 : Amplitude des variations de nappe selon la récurrence des épisodes pluvieux.....	14
Tableau 8 : Niveaux de référence de la Risle à la station de Corneville-sur-Risle.....	16
Tableau 9 : Estimation de l'influence de l'onde de crue de la Risle sur le niveau de la nappe au droit du projet	17
Tableau 10 : Prélèvements recensés par la BNPE à Pont-Audemer et communes adjacentes	18
Tableau 11 : Ouvrages recensés dans la BSS	18
Tableau 12 : Résultats de l'enquête de terrain.....	20
Tableau 13 : Estimation de la cote prévisionnelle des plus hautes eaux au droit du site.....	21

ANNEXES

Annexe 1 : Plans du projet.....	25
Annexe 2 : Localisation du projet.....	30
Annexe 3 : Contexte géologique	33
Annexe 4 : Carte de localisation des sondages	35
Annexe 5 : Coupe des piézomètres réalisés au droit du projet	38
Annexe 6 : Variations piézométriques à proximité du projet.....	45
Annexe 7 : Extrait du PPRI des communes de Pont-Audemer, Corneville-sur-Risle et Manneville-sur-Risle	48
Annexe 8 : Ouvrages recensés à proximité du projet.....	51
Annexe 9 : Résultats de l'enquête de terrain	53
Annexe 10 : Estimation des niveaux des plus hautes eaux.....	55



1. Introduction

Dans le cadre d'un projet de reconstruction et d'extension d'un hôpital, situé au 64, route de Lisieux à Pont-Audemer (27), la société TECHNOSOL a mandaté GEOTHER afin de connaître les niveaux des plus hautes eaux au droit du projet.

Le projet consiste en la construction des ouvrages suivants :

- A l'ouest, un bâtiment d'hôpital en R+1 à R+3 sur un niveau RDJ enterré,
- A l'est, une extension en sous-sol de l'EHPAD existant,
- Une galerie de liaison souterraine entre les bâtiments est et ouest.

Ces ouvrages en partie enterrés, présenteront un risque d'interaction avec les eaux souterraines.

D'après les informations transmises par la maîtrise d'ouvrage, les cotes du projet sont les suivantes :

- RDJ : +9,02 m NGF ;
- Cour logistique : +8,02 m NGF.

D'un point de vue géologique, les ouvrages seront ancrés dans les alluvions de la Risle surmontant la craie cénomaniennne. Ces deux formations, du fait de l'absence de niveau imperméable entre elles, forment une seule et même nappe. Le niveau de cette nappe est contrôlé par les variations de la Risle et par les précipitations.

Cette étude permettra donc à la Maîtrise d'Ouvrage et à son équipe de Maîtrise d'œuvre de prendre les dispositions nécessaires contre le risque de remontée de la nappe en phase travaux et phase définitive, et de prendre toutes les dispositions constructives nécessaires.

Une première version de ce rapport a été éditée en juin 2024, en prenant en compte d'une chronique piézométrique réalisée sur le piézomètre présent sur site. Cette chronique présente des variations brusques et rapides du niveau d'eau lors d'événements pluvieux qui traduisent un dysfonctionnement du piézomètre. Cet ouvrage n'est donc pas pleinement exploitable.

La présente version du rapport NPHE se base sur le suivi continu de 12 mois réalisé par GEOTHER au droit des ouvrages TECHNOSOL.



2. Contexte naturel

2.1. Contexte géographique

Le projet est situé au sein du centre Hospitalier de la Risle, 64 route de Lisieux, à Pont-Audemer (27). Les alentours sont urbanisés à faiblement urbanisés, avec la présence d'habitations individuelles et d'équipements publics.

L'emprise au sol du projet, d'environ 4000 m², est actuellement occupée par un parking en gravillons et des espaces verts.

D'un point de vue hydrographique, la Tourville est située à 200 m à l'est et s'écoule vers la Risle, elle-même située à environ 600 m au nord. La Seine est également située à 10 km au nord.

Un plan masse du projet et une coupe sont présentés **Annexe 1**. La localisation du projet est illustrée en **Annexe 2**.

2.2. Contexte géologique au droit du site

2.2.1. Contexte général

D'après la carte géologique de Pont-Audemer (n°98) au 1/50 000^e présentée en **Annexe 3**, le projet se situe en rive gauche de la Risle, qui a entaillé profondément les plateaux crayeux de la région. Le projet est situé dans sa plaine alluviale constituée d'alluvions récentes et modernes caractérisées par des faciès sablo-argileux et des graviers recouvrant la craie du Cénomanien. D'après les données issues de la Banque du Sous-Sol du BRGM et les archives de GEOTHER (sondages BSS000GLAJ et BSS000GLAG), la succession lithologique attendue au droit du site est donc la suivante :

- **Remblais** (R, Quaternaire) présents jusqu'à 30 cm ;
- **Alluvions modernes** (Fz, Quaternaire) limon et graves de silex à matrice limono-argileuse brunâtre jusqu'à 1,8 à 3 m de profondeur soit +8 m NGF ;
- **Alluvions anciennes** sablo-graveleuses (Fy, Quaternaire) jusqu'à 7 m de profondeur environ soit +4 m NGF ;
- **Craie grise** (c2, Cénomanien) au-delà.



2.2.2. Contexte local

Dans le cadre de l'étude de type G2-AVP réalisée par la société GINGER CEBTP (référence : DRN2.M.2075-1/2 - Indice n°2), un sondage carotté noté SC1 d'une profondeur de 5 m avait été réalisé. Ce dernier a été équipé en piézomètre.

Par ailleurs, dans le cadre de sa mission géotechnique G2-PRO, TECHNOSOL (TEA240145), a réalisé en mai 2024 six sondages pressiométriques (SP4 à SP9) descendus jusqu'à 10 m de profondeur et trois sondages carottés, C+PZ2, C+PZ3 et C+PZ4 jusqu'à 5,0 m de profondeur. Ces trois derniers sondages ont été équipés en piézomètres.

Le tableau ci-dessous présente les résultats des sondages qui ont été réalisés et dont la coupe a été levée. L'implantation des sondages est présentée en **Annexe 4**.

Tableau 1 : Résultats des sondages réalisés au droit de la fosse

	Informations sur les sondages		Mur des remblais (m NGF)	Mur des alluvions récentes (m NGF)	Mur des alluvions anciennes (m NGF)
	Cote du terrain naturel (m NGF)	Profondeur mesurée (m/sol)			
SC1	+9,68	5,0 m	+9,38	+8,48	+4,68*
SP4	+10,85	10 m	+10,65	+6,35	+0,85*
C+PZ2	+9,38	4,98 m	+6,88	+4,6	+4,26*
C+PZ3	+10,69	5,01 m	+10,25	+6,50	+5,69*
C+PZ4	+11,14	5,0 m	+9,5	+6,95	+6,14*

*fin des sondages

Les coupes de ces sondages mettent en évidence une couche de remblais plus ou moins importante (jusqu'à 2,5 m au droit de PZ2), surmontant l'horizon des alluvions récentes constituées de limons argileux bruns à silex, présentes jusqu'à environ +7 m NGF pour la zone amont (et +4,6 m NGF pour la zone aval). Celles-ci surmontent des graves sableuses à silex, qui pourraient correspondre aux alluvions anciennes de la Risle et de la Tourville. En effet, les sondages réalisés n'ont pas permis d'identifier clairement une limite entre les deux formations. La craie sous-jacente n'a pas été atteinte.



2.3. Contexte hydrogéologique

2.3.1. Données bibliographiques

Compte tenu de la proximité de la Risle et de la Tourville, la première nappe rencontrée au droit du site est la nappe alluviale. D'après les ouvrages réalisés et répertoriés, les alluvions des deux cours d'eau sont indifférenciées. La nappe est en continuité hydraulique avec les formations crayeuses sous-jacentes.

Ces nappes et la Risle sont en relation étroite. Suivant les saisons et les niveaux de la Risle, elle alimente la nappe et vice-versa.

Au droit du projet, la seule nappe intéressée par l'étude est celle contenue dans le complexe alluvions – craie en l'absence de niveau imperméable entre les deux formations.

2.3.2. Piézométrie – Mesures manuelles

Dans le cadre de sa mission géotechnique G2 AVP, GINGER CEBTP a équipé le sondage SC1 en piézomètre avec un tube PVC 52/60 mm et crépiné entre 1 et 4 m de profondeur. Celui-ci a été suivi manuellement et à l'aide d'une sonde automatique pendant près de 6 mois entre juillet et janvier 2023 (**Tableau 2 et §2.3.3**). La période de suivi correspond à une période de basses eaux, il est donc probable que des niveaux plus élevés soient survenus entre janvier et avril 2023. Lors des derniers passages sur place, le piézomètre SC1+Pz était inaccessible. Le niveau d'eau n'a donc pas pu être relevé.

Tableau 2 : Relevés manuels du piézomètre mis en place par GINGER CEBTP

	SC1+Pz	
Cote du TN au niveau de SC1 (m NGF)	+9,68	
Hauteur tube (m)	0,32	
Fond de l'ouvrage (m/TN)	3,98 (soit +5,70 m NGF)	
	NS (m/TN)	NS (m NGF)
05/07/2022	3,78	+5,90
05/08/2022	3,97	+5,71
26/08/2022	3,88	+5,80
05/10/2022	3,78	+5,9
03/11/2022	3,87	+5,81
06/12/2022	3,66	+6,01
03/01/2023	3,06	+6,62
30/05/2024	Mesure impossible	
27/08/2024		
18/04/2025		
20/06/2025		



De même, TECHNOSOL a mis en place 3 piézomètres également en 52/60 mm et crépinés entre 1 et 5 m. Pour chacun de ces ouvrages, du massif filtrant a été mis en face des crépines, surmonté par un bouchon d'argile, et des tubes hors sols et bouches à clé ont été cimentés en tête de l'ouvrage. Ces ouvrages captent les alluvions.

Les mesures piézométriques réalisées au droit de ces ouvrages sont récapitulées dans le **Tableau 3** ci-dessous.

Tableau 3 : Relevés manuels des différents piézomètres mis en place par TECHNOSOL

	C+PZ2		C+PZ3		C+PZ4	
Cote TN (m NGF)	+9,38		+10,69		+11,14	
Hauteur tube (m)	0,34		0 (bouche à clé ras de sol)		0 (bouche à clé ras de sol)	
Fond de l'ouvrage (m/sol)	4,98		5,01		4,99	
	NS (m/TN)	NS (m NGF)	NS (m/TN)	NS (m NGF)	NS (m/TN)	NS (m NGF)
30/05/2024	3,58	+5,8	4,32	+6,37	4,58	+6,56
27/08/2024	3,69	+5,69	4,41	+6,28	4,54	+6,6
18/04/2025	4,05	+5,33	4,452	+6,238	4,774	+6,366
20/06/2025	4,60 ⁽¹⁾	+4,78 ⁽¹⁾	4,51	+6,18	4,80	+6,34

(1) Valeur exclue

L'évolution des niveaux piézométriques montre une baisse progressive des niveaux d'eau sur la période étudiée. Ainsi, au droit de PZ3, le niveau est passé de +6,37 m à +6,18 m, et au droit de PZ4 de +6,56 m à +6,34 m. Au droit de PZ2, la cote NGF du niveau d'eau est passée de +5,80 m en mai 2024 à +4,78 m en juin 2025, soit une baisse d'un peu plus d'un mètre. La dernière valeur mesurée sur le piézomètre présente une discordance notable par rapport aux mesures réalisés antérieurement, ce qui laisse supposer une anomalie de fonctionnement ou une erreur de lecture. Cette valeur ne sera pas prise en compte dans la suite.

La différence des niveaux mesurés dans les différents piézomètres indique que la nappe s'écoule vers le nord-ouest, avec un gradient relativement important. Ainsi, dans la suite de l'étude, seront différenciées une zone avale (au droit de PZ2) et une zone amont (au droit de PZ4).

2.3.3. Piézométrie – Mesures automatiques

2.3.3.1. Suivi automatique enregistré entre juillet 2022 et janvier 2023

L'ouvrage SC1 a fait l'objet d'un suivi du niveau piézométrique en continu d'une durée de 6 mois entre juillet 2022 et janvier 2023 (présenté en **Annexe 6**). Ce suivi est réalisé à l'aide



d'une sonde de mesure automatique enregistrant un niveau d'eau toutes les heures. Il permet de mettre en évidence :

- Un niveau de la nappe phréatique compris entre +5,70 et 7,15 m NGF environ, soit une variation de l'ordre de 1,45 m ;
- Des augmentations brusques et rapides du niveau piézométrique de 0,5 à 1,2 m, correspondant aux épisodes pluvieux. Ce comportement pourrait traduire un dysfonctionnement du piézomètre ;
- Un niveau d'étiage s'établissant à la cote de +5,70 m NGF ;
- Durant la période suivie par GINGER CEBTP, la sonde n'a pas enregistré de crue de la Risle.

2.3.3.2. Suivis automatiques enregistrés entre fin mai 2024 et fin juin 2025

Le 30 mai 2024, GEOTHER a mis en place un suivi en continu du niveau d'eau à l'aide d'une sonde automatique, installé sur les trois piézomètres PZ2, PZ3 et PZ4. Les résultats de ce suivi, couvrant une période d'un an jusqu'à fin juin 2025, sont présentés en Annexe 6.

L'analyse de cette chronique permet de mettre en évidence :

- La présence d'un gradient relativement important de la nappe entre l'amont (PZ4) et l'aval (PZ2) ;
- Un niveau d'étiage amont à une cote de +6,25 m NGF ;
- Un niveau d'étiage aval à une cote de +5,61 m NGF ;
- Un battement saisonnier de 0,64 m (hors épisodes pluvieux significatifs).

Les variations enregistrées sont moins brusques que sur la chronique réalisée sur SC1, et est plus représentative d'un comportement « réel de nappe ». Cette différence peut s'expliquer par un dysfonctionnement du piézomètre SC1. Les chroniques des ouvrages PZ2, PZ3 et PZ4 seront donc utilisées dans l'étude des NPHE suivante.



2.3.4. Caractéristiques hydrodynamiques

Aucun pompage d'essai n'a été réalisé au droit du projet. Les données de perméabilité de la nappe phréatique ont été estimées à partir de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM et d'un ancien pompage d'essai réalisé en 2010 à environ 1000 m au nord du projet (Archive GEOTHER). Les données de perméabilités bibliographiques sont récapitulées dans le **Tableau 4**.

Tableau 4 : Paramètres hydrodynamiques de la nappe phréatique

CODE_BSS	Nappe captée	Distance au site (m)	Q (m ³ /h)	s (m)	Q/s (m ³ /h/m)	e (m)	T (m ² /s)	K (m/s)
BSS000GQVD	Alluvions de la Risle	200	50	1,5	33,3	3,5	$9,3 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$
Archive GEOTHER	Alluvions de la Risle	1000	3,5	0,12	29,1	4	$8,1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
Moyenne								$2,4 \cdot 10^{-3}$

Ce tableau met en évidence des valeurs de perméabilités comprises entre $2 \cdot 10^{-3}$ m/s et $2,7 \cdot 10^{-3}$ m/s soit une valeur moyenne de $2,4 \cdot 10^{-3}$ m/s, qui sera retenue en première approche. En considérant une épaisseur d'alluvions captée de 4 m, la transmissivité moyenne serait $9,6 \cdot 10^{-3}$ m²/s ($T = K \times e$).

Par ailleurs, le coefficient d'emmagasinement de ces alluvions est généralement compris entre 5 et 10 % (Source : Castany). En conséquence, les paramètres hydrodynamiques retenus pour la nappe phréatique sont :

$$K = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$T = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$S = 5 \text{ à } 10\%$$

3. Estimation du niveau des plus hautes eaux

Le niveau actuel de la nappe phréatique peut remonter en raison des phénomènes suivants :

- ↳ les battements saisonniers de la nappe (BS),
- ↳ la propagation de l'onde de crue d'un cours d'eau proche du projet (CS),
- ↳ l'arrêt éventuel des pompages (industriels, parking souterrains, épuisements de fouilles dans le cadre de travaux de génie civil, etc...) dans les environs (ou à distance) du site étudié (AP).



Le niveau maximum (N_{max}) de la nappe prévisible à terme est donc donné par la relation suivante :

$$N_{max} = N_{\text{étiage}} + BS + CS + AP$$

3.1. Niveau d'étiage

Comme évoqué précédemment, en raison de la présence d'un gradient de la nappe au droit du projet, l'emprise du projet sera divisée en 2 zones, une zone amont et une zone aval.

Les niveaux d'étiage amont et aval ont été estimés à partir de la chronique piézométrique de fin mai à fin juin 2025 réalisée par GEOTHER (voir **Annexe 6**). Ainsi, la valeur retenue est :

$$N_{\text{étiage amont}} = +6,25 \text{ m NGF}$$

$$N_{\text{étiage aval}} = +5,61 \text{ m NGF}$$

3.2. Variations saisonnières

Les variations saisonnières de la nappe dues aux épisodes pluvieux importants correspondent à l'infiltration des précipitations dans le sol (pluie utile). Cette pluie utile permet la réalimentation de la nappe et donc une remontée périodique de son niveau piézométrique.

3.2.1. Variations saisonnières annuelles

D'après le suivi réalisé par GEOTHER entre fin mai 2024 et fin juin 2025, le battement saisonnier de la nappe s'élève à **0,64 m**.

3.2.2. Estimation du coefficient de réaction de la nappe

Une certaine corrélation à la pluviométrie est observée sur les suivis de niveau de nappe réalisés par GEOTHER au droit des ouvrages PZ2, PZ3 et PZ4. Afin de quantifier la réponse du système hydrogéologiques aux événements pluvieux, ce suivi sera donc utilisé. L'estimation des variations exceptionnelles du niveau de la nappe consécutives à des épisodes de pluies a été réalisée à partir :

- Des coefficients de réaction de la nappe calculés à l'aide des suivis réalisés sur PZ2, PZ3 et PZ4 ;



- Des coefficients de Montana à Rouen-Boos (a,b) issus des bases de données Météo France qui permettent de calculer les hauteurs de pluie de récurrence décennale et centennale.

Au cours du suivi piézométrique réalisé au droit de PZ3, chaque épisode pluvieux a provoqué une élévation du niveau d'eau sur l'ouvrage. Les coefficients de réaction estimés sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 5 : Coefficient de réaction de la nappe calculé au droit de PZ3

Date de la pluie	Niveau d'eau avant la pluie (m NGF)	Niveau d'eau après la pluie (m NGF)	Amplitude de variation (cm)	Pluie en mm (cumul journalier)	Coefficient de réaction (cm/mm pluie)
24/09/2024	6.19	6.38	19	30	0.63
21/10/2024	6.33	6.65	32	14	2.29
19/11/2024	6.57	6.86	29	21.2	1.37
07/12/2025	6.5	7	50	21.8	2.29
21/12/2025	6.54	6.76	22	16.2	1.36
01/01/2025	6.5	6.82	29.4	29.4	1.00
08/01/2025	7.06	7.68	62	37	1.68
25/01/2025	6.82	7.4	58	24.4	2.38
29/01/2025	7.14	7.94	80	32	2.5
25/02/2025	6.65	6.71	6	9.8	0.61
				Moyenne	1.61
				Médiane	1.52

Ce tableau met en évidence des coefficients de réactions compris entre 0,61 et 2,5 cm/mm de pluie, pour une moyenne de 1,61 cm/mm et une médiane de 1,52 cm/mm. Afin de conserver une approche sécuritaire, c'est le coefficient moyen qui sera retenu dans la suite, soit :

Ainsi, les variations saisonnières dues à une pluie exceptionnelle ont été estimées à :

Coefficient de réaction = 1.61 cm/mm de pluie

NB : Les coefficients de réaction calculés sur les variations mesurées en PZ2 et PZ4 sont cohérents avec les valeurs observées sur PZ3.

3.2.3. Coefficients de Montana

Les coefficients de Montana de Rouen-Boos pour des pluies de 1h à 24h ont été récupérés auprès de MÉTÉO France.

Les hauteurs de pluie de récurrence décennale et centennale sont ensuite calculées à partir de la formule suivante :

$$H(t) = a \times t^{(1-b)}$$



Avec :

$H(t)$: la hauteur de pluie (mm)

a, b : les coefficients de Montana

t : temps en min considéré de manière arbitraire à 24h (1440 min)

On obtient les résultats présentés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Coefficients de Montana et hauteur de pluie

	Coefficients de Montana au droit de Rouen-Boos pour des pluies de 1h à 24h		Durée de l'épisode de référence en min	Hauteur de pluie (mm)
Récurrance	a	b	t(min)	h(t)
10 ans	12,310	0,811	1440	48,7
50 ans	18,196	0,835	1440	60,4
100 ans	20,712	0,842	1440	65,3

3.2.4. Calcul de l'amplitude de la nappe pour une pluie de récurrence décennale, cinquantennale et centennale

Au regard du coefficient de réaction de la nappe, des hauteurs de précipitations décennale, cinquantennale et centennale, il est possible d'estimer l'amplitude du niveau de la nappe à la suite d'un événement pluvieux de récurrence décennale à centennale (**Tableau 7**).

Tableau 7 : Amplitude des variations de nappe selon la récurrence des épisodes pluvieux

Coefficients de réaction de la nappe (cm/mm)	Elévation du niveau de la nappe (m)		
	48,7 mm de pluie (1/10)	60,4 mm de pluie (1/50)	65,3 mm de pluie (1/100)
1,61	0,78	0,97	1,05

Ainsi, les battements saisonniers dus aux pluies exceptionnelles sont :

$$BS_{\text{pluie exceptionnelle décennale}} = 0,78 \text{ m}$$

$$BS_{\text{pluie exceptionnelle cinquantennale}} = 0,97 \text{ m}$$

$$BS_{\text{pluie exceptionnelle centennale}} = 1,05 \text{ m}$$



3.3. Influence de l'onde de crue

3.3.1. Risques d'inondation

La commune de Pont-Audemer est soumise au règlement du Plan de Prévention des Risques prévisibles d'Inondation (PPRI) des communes de Pont-Audemer, Manneville-sur-Risle et Corneville-sur-Risle, approuvé par arrêté préfectoral le 14 décembre 1998. Il prend en compte les risques d'inondation par débordement de la Risle et par remontée de la nappe phréatique.

D'après la carte de zonage réglementaire et la carte des aléas, le projet n'est pas inclus dans le PPRI. En cas de crue, le projet ne sera a priori pas submergé.

La zone inondable la plus proche se situe à environ 250 m au nord du projet, et dont la cote casier est comprise entre +8,90 et +9,10 m NGF.

3.3.2. Niveaux de référence de la Risle

D'après la DREAL Normandie, il n'existe pas de station active à proximité immédiate de Pont-Audemer, la station la plus proche étant située à Pont-Authou, soit à environ 20 km en amont du projet.

Il existe cependant une station, située à Corneville-sur-Risle à environ 3 km de Pont-Audemer, qui a enregistré les niveaux de la Risle entre 2002 et 2017. Durant cette période, 3 crues ont été enregistrées : mars 2002, mars 2008 et décembre 2012. Ces crues ne sont pas considérées comme historiques. Cependant, devant le peu de données disponibles à proximité du projet, les hauteurs de crues de référence ont été estimées d'après les données disponibles dans le PPRI et sur le profil Hydroportail de la station de mesure de Corneville-sur-Risle.

La cote du zéro d'échelle au droit de la station de Corneville-sur-Risle est de +14,64 m NGF. La cote casier du PPRI à proximité de la station, correspondant à la crue centennale de 1881, est de +16,35 m NGF.

Par ailleurs, la crue de 2002 sera considérée comme une crue de récurrence décennale. D'après les informations recensées sur Hydroportail, l'amplitude de cette crue à la station de Corneville-sur-Risle était de 1,29 m.



Tableau 8 : Niveaux de référence de la Risle à la station de Corneville-sur-Risle

CRUE DE LA RISLE A CORNEVILLE SUR RISLE (RECCURENCE ANNEE)	HAUTEURS DE LA CRUE
Décennale 1/10 (2002)	1,29
Centennale 1/100 cote PPRI (1881)	1,71

Ne pouvant déterminer précisément les niveaux de référence de la Risle à proximité du projet, les amplitudes de crues du cours d'eau ont été considérées homogènes à Pont-Audemer, soit :

$$CS_{0\text{décennale}} = 1,29 \text{ m}$$

$$CS_{0\text{centennale}} = 1,71 \text{ m}$$

En l'absence de données précises sur les cotes de référence de la Risle, la Maîtrise d'Ouvrage devra tenir compte des incertitudes émises.

3.3.3. Eaux souterraines

Lorsque la Risle est en crue (montée rapide du niveau du fleuve), l'onde de crue se propage dans les terrains. Cette onde de crue s'amortie au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la rivière selon la formule théorique suivante :

$$CS = CS_0 \cdot \exp [-x(\pi \cdot S/t_0 \cdot T)^{1/2}]$$

avec

CS_0 : amplitude de la crue de la Risle au droit du site (m)

x : distance moyenne entre la Risle et le site (830 m)

t_0 : temps de la crue (2,5 mois soit 6 588 000 secondes)

T : transmissivité des terrains ($9,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$)

S : coefficient d'emmagasinement (5 à 10%)

Le paramètre le plus difficile à évaluer pour effectuer ces calculs est le rapport T/S à retenir pour tenir compte d'une part de la géologie du site, et d'autre part des facteurs inconnus tels que le colmatage des berges et du lit de la rivière.

Notons que plus le rapport T/S est faible, plus l'atténuation de l'onde de crue dans l'aquifère est importante. Aucun essai n'a été réalisé au droit du projet, ce rapport a donc été estimé



exclusivement par une approche théorique, en approximant les paramètres T et S à l'aide de la bibliographie (BSS, archives GEOTHER).

$$T = 9,6.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$S = 5\% \text{ (valeur sécuritaire par rapport à 10\%)}$$

$$\text{Soit : } T/S = 0,192 \text{ m}^2/\text{s}$$

En réinjectant cette valeur dans la formule théorique, les résultats suivants sont obtenus (Tableau 9) :

Tableau 9 : Estimation de l'influence de l'onde de crue de la Risle sur le niveau de la nappe au droit du projet

Crue (récurrence et année)	Amplitude CS ₀ de la crue de la Risle à la station de Corneville-sur-Risle (m)	Amplitude CS de la nappe au droit du site (m)
		T/S = 0,192 m ² /s
1/10	1,29	0,35
1/100	1,71	0,46

Ainsi, les valeurs retenues pour l'influence d'une onde de crue par l'approche théorique sont :

$$CS_{\text{décennale}} = 0,35 \text{ m}$$

$$CS_{\text{centennale}} = 0,46 \text{ m}$$

3.4. Influence des pompages voisins

Afin de connaître l'influence des pompages autour du projet différentes bases de données ont été sollicitées : la Banque de données du Sous-Sol consultée le 04/04/2024, la Banque Nationale des Prélèvements Quantitatifs en Eau (BNPE) consultée le 04/04/2024 et les archives de GEOTHER.

Banque nationale des Prélèvements quantitatifs en eau :

Sur la commune de Pont-Audemer et les communes adjacentes, 2 prélèvements d'un volume total de 352 126 m³ ont été recensés pour l'année 2021. Le tableau ci-dessous répertorie les caractéristiques de ces prélèvements.



Tableau 10 : Prélèvements recensés par la BNPE à Pont-Audemer et communes adjacentes

Code de l'ouvrage	Nom de l'ouvrage	Commune	Volume (m ³)	Débit supposé (m ³ /h)	Usage	Type d'eau	Distance au projet
OPR0000033533	Saint-Germain village	Pont-Audemer	222 412	25	Eau potable	Souterrain	300 m au sud
OPR0000033534	Station du Vivier	Pont-Audemer	129 714	15	Eau potable	Souterrain	300 m au sud

Base de données du sous-sol :

La base de données du sous-sol a également été consultée. Dans un rayon de 2 km autour du projet, 8 forages susceptibles de prélever de l'eau souterraine ont été recensés. Parmi ces 8 ouvrages, 4 sont utilisés pour de la géothermie, et 3 pour un usage industriel (cf. **Tableau 11**). Des données de débits sont disponibles pour 4 d'entre eux.

Cependant, le plus souvent, les captages recensés en BSS sont anciens et cette base de données n'est pas forcément mise à jour donc il est possible que ces ouvrages ne soient plus exploités.

Tableau 11 : Ouvrages recensés dans la BSS

Numéro BSS	Distance au projet (m)	Nature	Profondeur atteinte (m)	Date de réalisation	Cote du sol (m NGF)	Débit (en m ³ /h)	Utilisation
BSS000GKZN	850 m	Forage	21	1976	8,05	4 à 5	Eau industrielle
BSS000GKZU	1290 m	Forage	11	1980	6	23	Géothermie (Pompe à chaleur)
BSS000GKZP	970 m	Forage	8	1981	6	-	Géothermie (Pompe à chaleur)
BSS000GKZQ	1250 m	Forage	8	1981	6	-	Géothermie (Pompe à chaleur)
BSS000GKZR	1360 m	Forage	8	1980	5	-	Géothermie (Pompe à chaleur)
BSS000GKYJ	920 m	Forage	8,3	-	11	-	Eau industrielle
BSS000GLAR	1400 m	Forage	20	2014	10	5	-



Numéro BSS	Distance au projet (m)	Nature	Profondeur atteinte (m)	Date de réalisation	Cote du sol (m NGF)	Débit (en m³/h)	Utilisation
BSS000GKZT	1430 m	Forage	22	1984	10	6	Eau industrielle

Influence d'un arrêt de pompage de ces ouvrages sur le projet :

Afin de savoir si ces ouvrages ont un impact sur le niveau de la nappe au droit du projet, leur rayon d'action a été estimé suivant la formule suivante :

$$R = 1,5 \cdot \sqrt{\frac{Tt}{S}}$$

Avec T, la transmissivité considérée d'après notre essai de pompage à $9,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$;

S, le coefficient d'emmagasinement égal à 5 % (valeur sécuritaire par rapport à 10%) ;

Et t, le temps de pompage pris à 6 mois (temps arbitraire).

Ainsi, avec l'ensemble de ces paramètres le rayon d'action est de 1850 m. Tous les pompages recensés en BSS et à la BNPE en 2021 sont susceptibles d'avoir une influence sur le projet.

En considérant les débits indiqués dans le **Tableau 11**, le rabattement induit par les ces ouvrages serait de **0,5 m**.



Enquête de terrain :

Nous avons aussi réalisé une enquête de terrain dans un rayon d'environ 300 m autour du projet le 29/05/2024. Les principales informations récupérées sont synthétisées dans le **Tableau 12** ci-dessous (voir carte de localisation en **Annexe 10**).

Tableau 12 : Résultats de l'enquête de terrain

Bâtiments	Adresse	Nombre de niveau de sous-sol	Dispositif de lutte contre les remontées de nappe
1	Intermarché - Rue du Maquis Surcouf	0	Zone d'activité – Pas de sous-sol d'après plan incendie - Pas de problème de remontée de nappe d'après accueil.
2	Action – rue du Maquis Surcouf	0	Zone d'activité – Pas de sous-sol d'après plan incendie
3	25, Avenue de l'Europe	0	Immeuble de logement en R+6 – Pas de sous-sol d'après plan incendie. Pas de problème de remontée de nappe ou d'inondation d'après habitante de l'immeuble, arrivée il y a 7 ans
4	1, rue du Luxembourg	0	Immeuble de logement – pas de sous-sol d'après plan incendie
5	2, place de Verdun	0	Chantier en cours, pas de système de rabattement de nappe visible – pas de création de sous-sol
6	Rue des temps Modernes	-	Chantier pour une résidence senior de 100 logements R+4, en fondations sur pieux – pas d'informations
7	Cinéma Pont-Audemer	0	Cinéma sans sous-sol d'après plan incendie – pas d'informations
8	rue des Tanneurs	1	Sous-sols inondés lors de fortes pluies. Jusqu'à 25 cm de hauteur d'eau d'après l'habitante.
9	Résidence Albatros 1, rue de la Galette Chaude	1	Immeuble de logement en R+4 avec un niveau de sous-sol à usage de cave. D'après la gardienne qui y travaille depuis 17 ans, les caves ont été inondées au moins 3 fois après tempêtes. Le sous-sol visité n'est pas cuvelé.
10	8-10 rue du Doult-Vitran	1	Immeuble de logement avec niveau de sous-sol à usage de parking – pas d'information
11	16 rue Doult-Vitran	1	Immeuble de logement avec 1 niveau de sous-sol à usage de parking d'après plan incendie – pas d'information
12	19 rue d'Auvergne	0	Immeuble de logement sans niveau de sous-sol

L'enquête de terrain a permis d'observer que les environs du projet sont constitués en partie de zones d'activités commerciales à l'est, de zones pavillonnaires à l'ouest et au nord. La plupart des zones investiguées ne présentent pas de sous-sol. Le sous-sol visité (n°9) indiquait des traces d'humidité d'environ 40 cm dues à de fortes périodes d'intempéries. De mêmes, les chantiers visités ne présentaient pas de systèmes de rabattement de nappe.

Enfin, ce tableau ne met pas en évidence d'éventuels autres prélèvements sur nappe non déclarés.



Sur la base de l'ensemble des éléments détaillés précédemment, l'impact des prélèvements de nappe autour du projet est estimé tel que :

$$AP_{\text{total}} = 0,5 \text{ m}$$

3.5. Estimation des niveaux des plus hautes eaux

Selon la formule citée en début de § 3, la cote prévisionnelle des plus hautes eaux (NPHE) est donnée dans le **Tableau 13** ci-après. L'**Annexe 10** illustre ces niveaux de nappe.

Tableau 13 : Estimation de la cote prévisionnelle des plus hautes eaux au droit du site

Paramètres	NPHE					
	Valeurs (PZ2)		Valeurs (PZ3)		Valeurs amont (PZ4)	
Niveau du terrain naturel (m NGF)	9.4		10.7		11.1	
Niveau bas du RDJ (m NGF)			9.02			
Niveau bas de la cour logistique (m NGF)			8.02			
Niveau étiage de la nappe $N_{\text{étiage}}$	5.61		6.16		6.25	
Battement saisonnier annuel (m)			0.64			
BS pluie exceptionnelle (m)	1/10	1/100	1/10	1/100	1/10	1/100
	0.78	1.05	0.78	1.05	0.78	1.05
CS amortissement de l'onde de crue (m)	1/10	1/100	1/10	1/100	1/10	1/100
	0.35	0.46	0.35	0.46	0.35	0.46
Arrêt de pompage total AP_{total} (m)	0.5		0.5		0.5	
NPHE (m NGF)	1/10	1/100	1/10	1/100	1/10	1/100
	7.88	8.26	8.43	8.81	8.52	8.90

$$NPHE = N_{\text{actuel}} + BS + CS + AP$$

Sur la base des valeurs de ce tableau, on retiendra les niveaux des plus hautes eaux probables suivants au droit du projet :

$$N_{\text{amont}} = +6,25 \text{ m NGF (PZ4)}$$

$$EH_{\text{amont}} = +8,52 \text{ m NGF}$$

$$EE_{\text{amont}} = +8,90 \text{ m NGF}$$

et

$$N_{\text{aval}} = +5,61 \text{ m NGF (PZ2)}$$

$$EH_{\text{aval}} = +7,88 \text{ m NGF}$$

$$EE_{\text{aval}} = +8,26 \text{ m NGF}$$

Les niveaux mesurés actuellement sont situés sous la cote basse de la cour logistique prévue à +8,02 m NGF.

Cependant, le calcul des NPHE indique que le niveau bas de la cour logistique serait concerné par des remontées décennales et centennales de nappe en zone amont et par des remontées centennales de la nappe en aval.



4. Conclusion

Dans le cadre d'un projet de reconstruction du centre hospitalier de la Risle à Pont-Audemer (27), la société TECHNOSOL a mandaté GEOTHER afin de connaître les niveaux des plus hautes eaux connues au droit du projet.

Le projet comprend un rez-de-jardin enterré, ainsi qu'une galerie souterraine reliant l'hôpital actuel et le futur bâtiment dont l'assise est fixée en première approche à +9,02 m NGF.

Les quatre piézomètres implantés sur le site ont permis d'identifier la seule nappe susceptible d'impacter le projet : la nappe du complexe alluvions sur craie. Cette nappe s'écoule globalement vers le nord-ouest, et présente un gradient relativement élevé au niveau du projet. Le projet a donc été découpé en une zone amont et une zone aval.

Les niveaux des plus hautes eaux de cette nappe phréatique ont donc été déterminés comme suit :

1. Niveau d'étiage de la nappe

Le suivi réalisé entre fin mai 2024 et fin juin 2025 sur les piézomètres réalisés par TECHNOSOL a permis de définir un niveau d'étiage en amont et en aval tels que :

$$N_{\text{amont}} = +6,25 \text{ m NGF}$$

$$N_{\text{aval}} = +5,61 \text{ m NGF}$$

2. Ce même suivi d'une durée d'un an a permis d'estimer le coefficient de réaction de la nappe superficielle et d'estimer la réponse aux événements pluvieux exceptionnels :

$$BS_{1/10} = 0,78 \text{ m}$$

$$BS_{1/100} = 1,05 \text{ m}$$

3. L'influence d'une onde d'une crue de la Risle a été évaluée à partir de la diffusivité des terrains estimée grâce aux caractéristiques hydrodynamiques de la nappe connues dans un rayon de 1 km du projet (approche théorique). A partir de la perméabilité ($K = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$), de la transmissivité ($T = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$) et du coefficient d'emménagement (5 %), la diffusivité des terrains (T/S) a été estimée à $0,192 \text{ m}^2/\text{s}$. Cette diffusivité permet d'estimer l'influence d'une onde de crue de la Risle au droit du site de :

$$CS_{1/10} = 0,35 \text{ m}$$

$$CS_{1/100} = 0,46 \text{ m}$$

4. D'après les bases de données BSS et BNPE, il existe plusieurs ouvrages captant la nappe et susceptible d'impacter le projet en cas d'arrêt de pompage :

$$AP = 0,5 \text{ m}$$

En conséquence, les Niveaux des plus Hautes Eaux calculés au droit du site sont :



$N_{\text{amont}} = +6,25 \text{ m NGF (PZ4)}$

$EH_{\text{amont}} = +8,52 \text{ m NGF}$

$EE_{\text{amont}} = +8,90 \text{ m NGF}$

et

$N_{\text{aval}} = +5,61 \text{ m NGF (PZ2)}$

$EH_{\text{aval}} = +7,88 \text{ m NGF}$

$EE_{\text{aval}} = +8,26 \text{ m NGF}$

Les niveaux mesurés actuellement sont situés sous la cote basse de la cour logistique prévue à +8,02 m NGF.

Cependant, le calcul des NPHE indique que le niveau bas de la cour logistique serait concerné par des remontées décennales et centennales de nappe, en zone amont et par des remontées centennales de la nappe en zone aval.



ANNEXES





Annexe 1 : Plans du projet

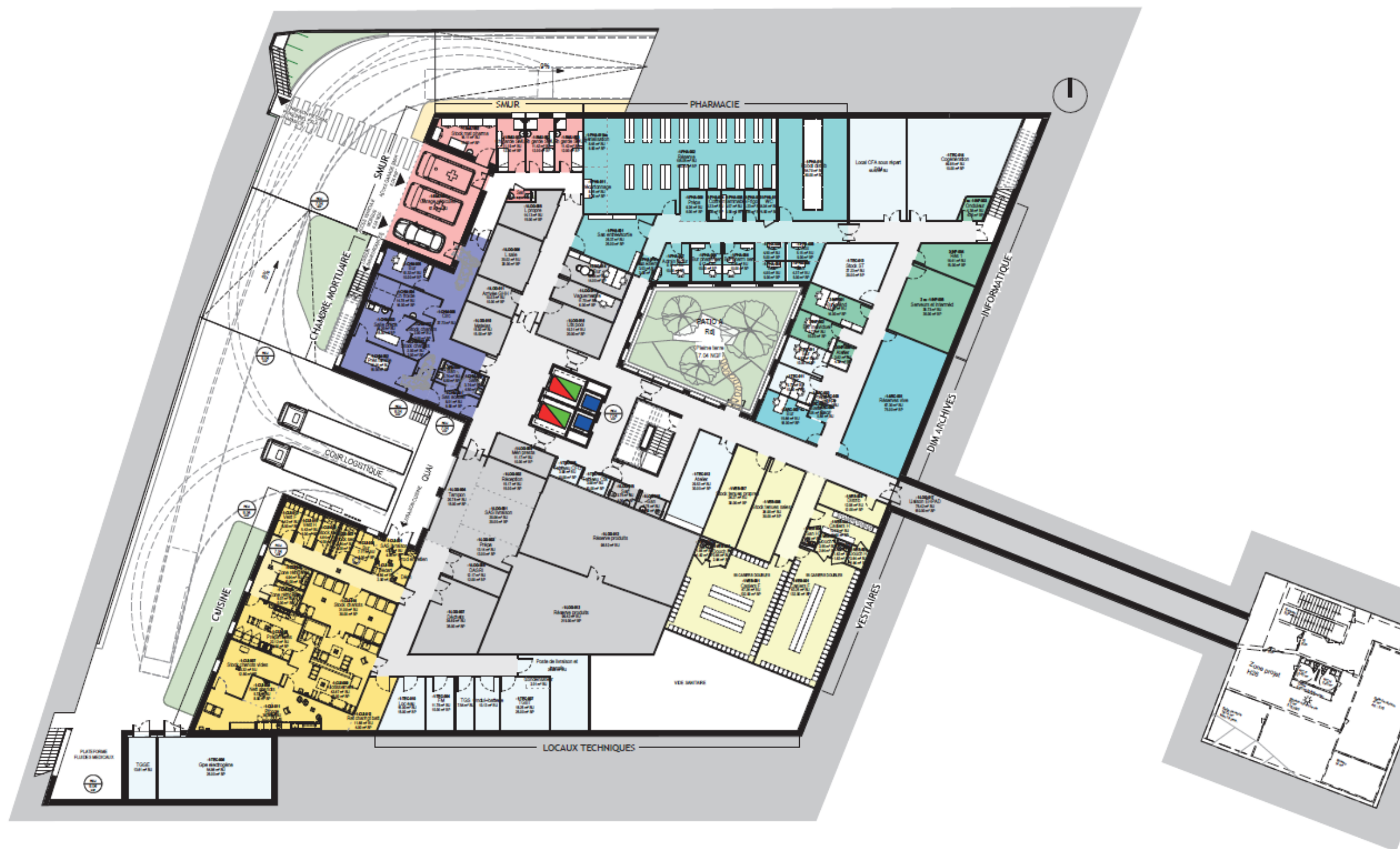


A1-1 : Plan de masse du projet





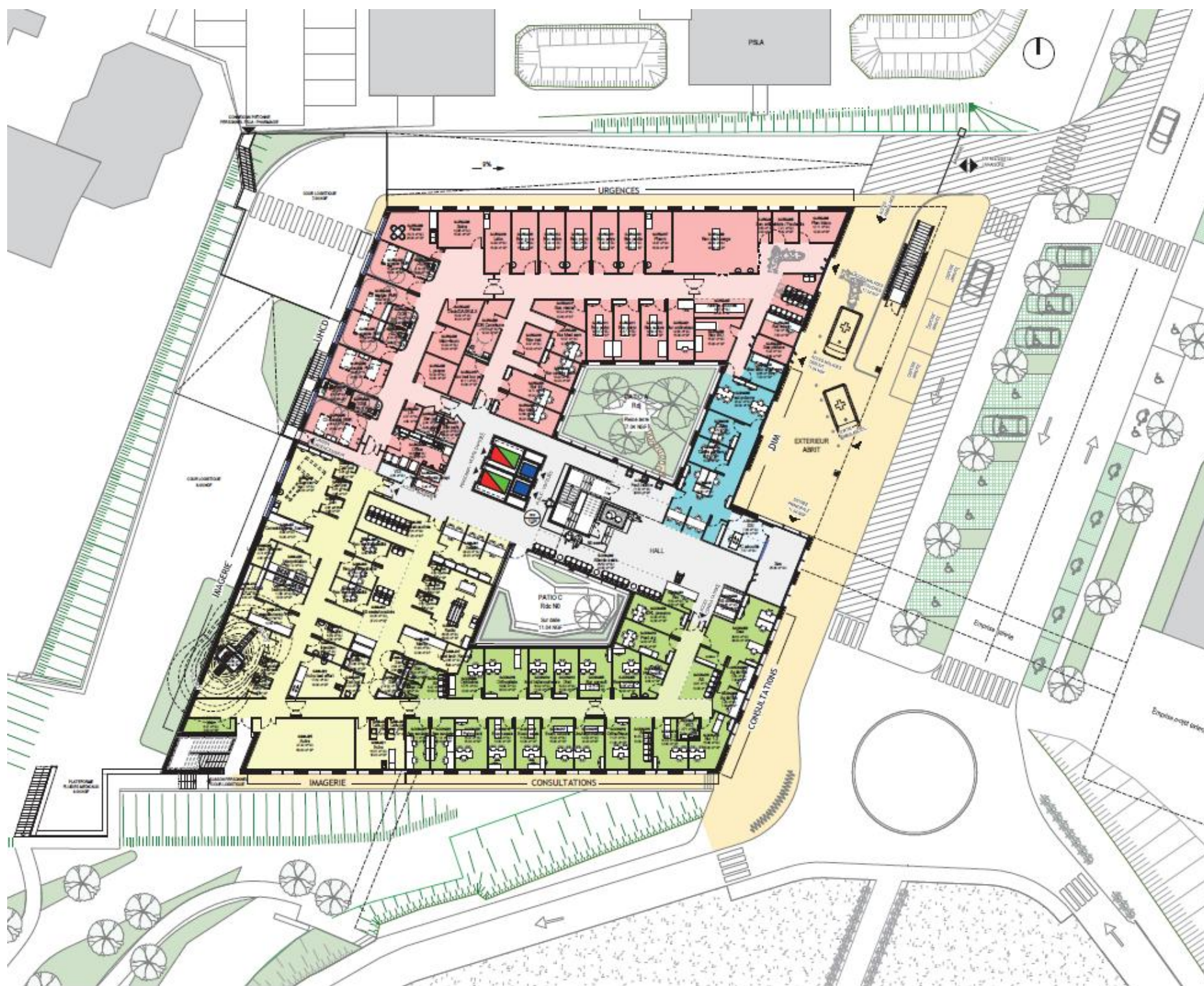
A1-2 : Plan du RDJ et sous-sol



3.3.1_Plan du Rez-de-jardin - Sous-sol



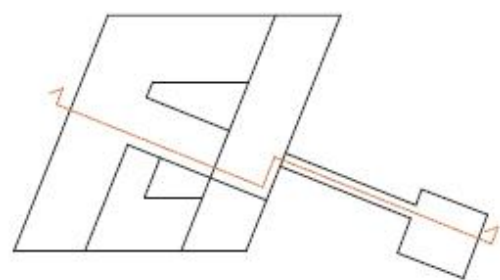
A1-3 : Plan du RDC du projet



3.3.2_Plan du Niveau 0



A1-4 : Coupe du projet

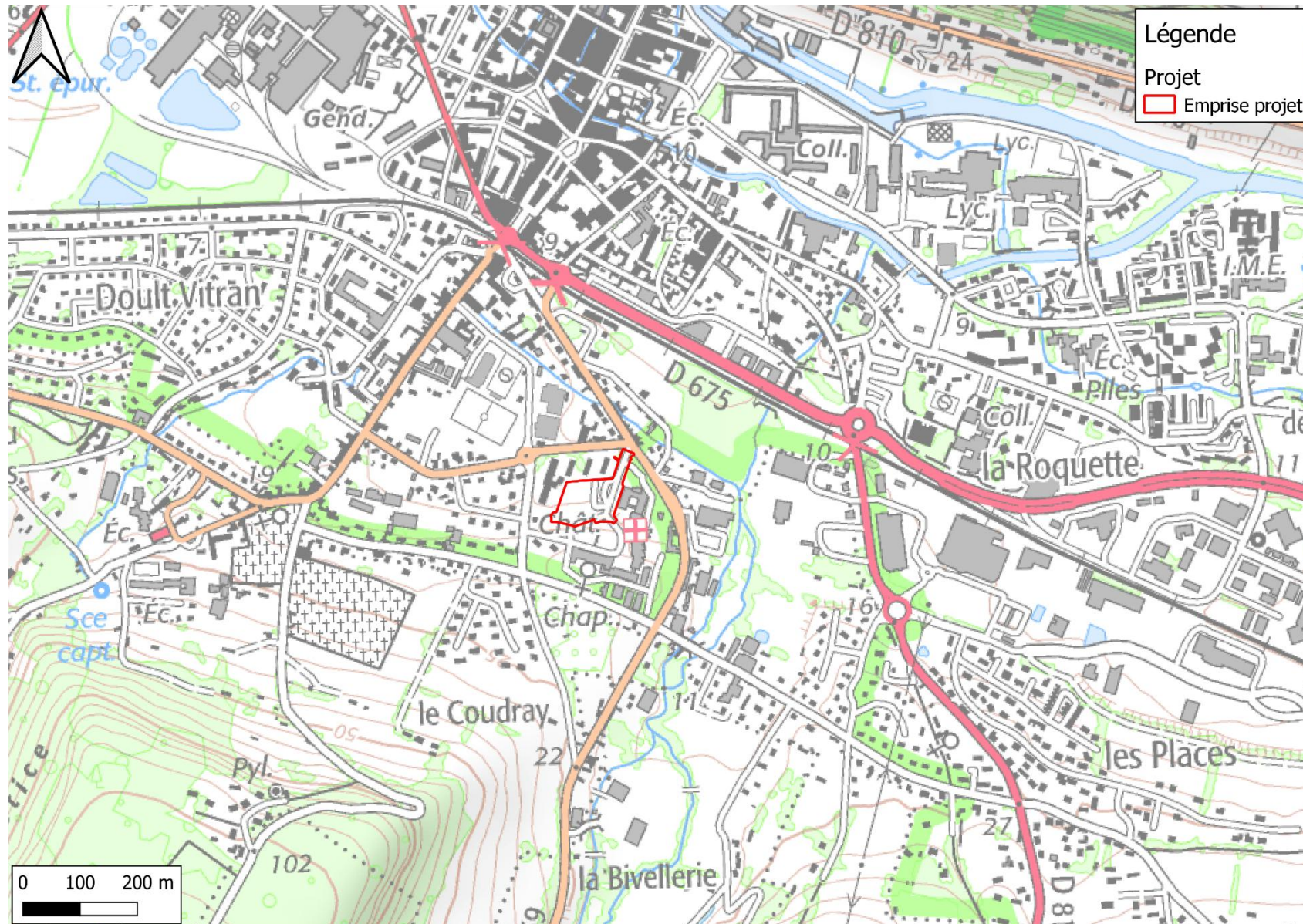




Annexe 2 : Localisation du projet



A2-1 : Localisation géographique du site sur fond de carte IGN ®





A2-2 : Localisation géographique du site sur fond orthophotographique





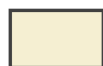
Annexe 3 : Contexte géologique

**A3 : Extrait de la carte géologique de PONT-AUDEMER (n°98) au 1/50000****Légende :**

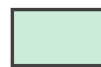
FZ : Alluvions modernes des vallées de l'estuaire de la Seine



Fydc : Alluvions anciennes, basse et moyenne terrasse



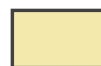
LV : Limons de comblement des vallées



c2 : Cénomaniens



c3 : Turonien



RS : Formations à silex



Annexe 4 : Carte de localisation des sondages



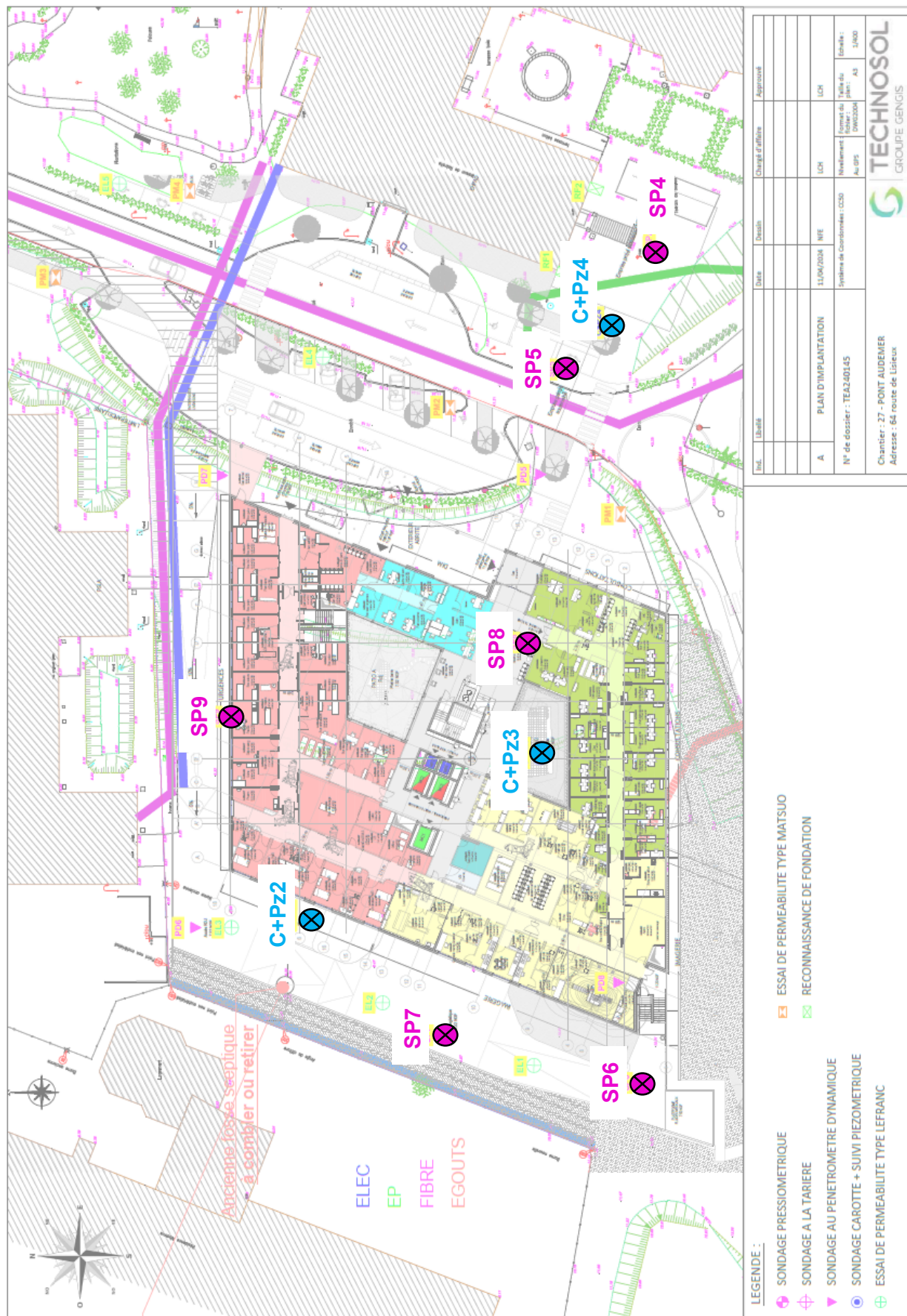
A4-1 : Implantation des piézomètres mis en place par GINGER (DRN2.M.2075-3) et TECHNOSOL

Suivi piézométrique – Rapport 06 – Janvier 2023
Construction d'un centre hospitalier à PONT-AUDEMER (27500)





A4-2 : Implantation des sondages réalisés par TECHNOSOL (TEA240145)





Annexe 5 : Coupe des piézomètres réalisés au droit du projet

**A5-1 : Coupe du puits de pompage piézomètre mis en place au sein du sondage carotté SC1+Pz****GINGER
CEBTP****SONDAGE CAROTTE SC1+Pz**

Chantier : PONT-AUDEMER (27) - Construction d'un centre hospitalier

Client : Centre hospitalier de la Risle

Dossier : DRN2.M.2075-1/2

annexe:



Coordonnées du sondage:

X : 1519457.55 Y : 8241794.44 Z : 9.68 (NGF)

Ech. Prof: 1/50°

date travaux: 27/06/2022

Prof. (m)	Outils	Tubage	Etages	COUPE		Description des sols	Piezomètre	relevés	équipement Piezo et observations		
				Prof	NGF						
1	Carottier LS Diam. 114mm			0.15	09.53	Terre végétale marron			Capot avec cadenas en tête sur massif de scellement.		
				0.30	09.38	Remblais sableux fin à graves de silex			bouchon étanche avec Bentonite-Ciment de 0.0 à 1.0 m.		
						Limon argileux brun à quelques graves de silex			gravillons drainants à partir de 1.00 m		
1.20				08.48		début crépine à 1 m.					
					Graves de silex à matrice limono-argileuse brunâtre						
1.80				07.88							
2										Graves de silex marron à éléments mm à pluri-cm	tube crépiné sur H=3.00 m
3											
3.30				06.38						Graves de silex à matrice sableuse marron à éléments mm à pluri-cm	tube piezo PVC diamètre Int. 51 mm longueur 4 m.
4											
4.00	05.68						bouchon à la base				
5											
5.00	04.68										
						[Arrêt du sondage]					
6											
7											
8											
9											
10											

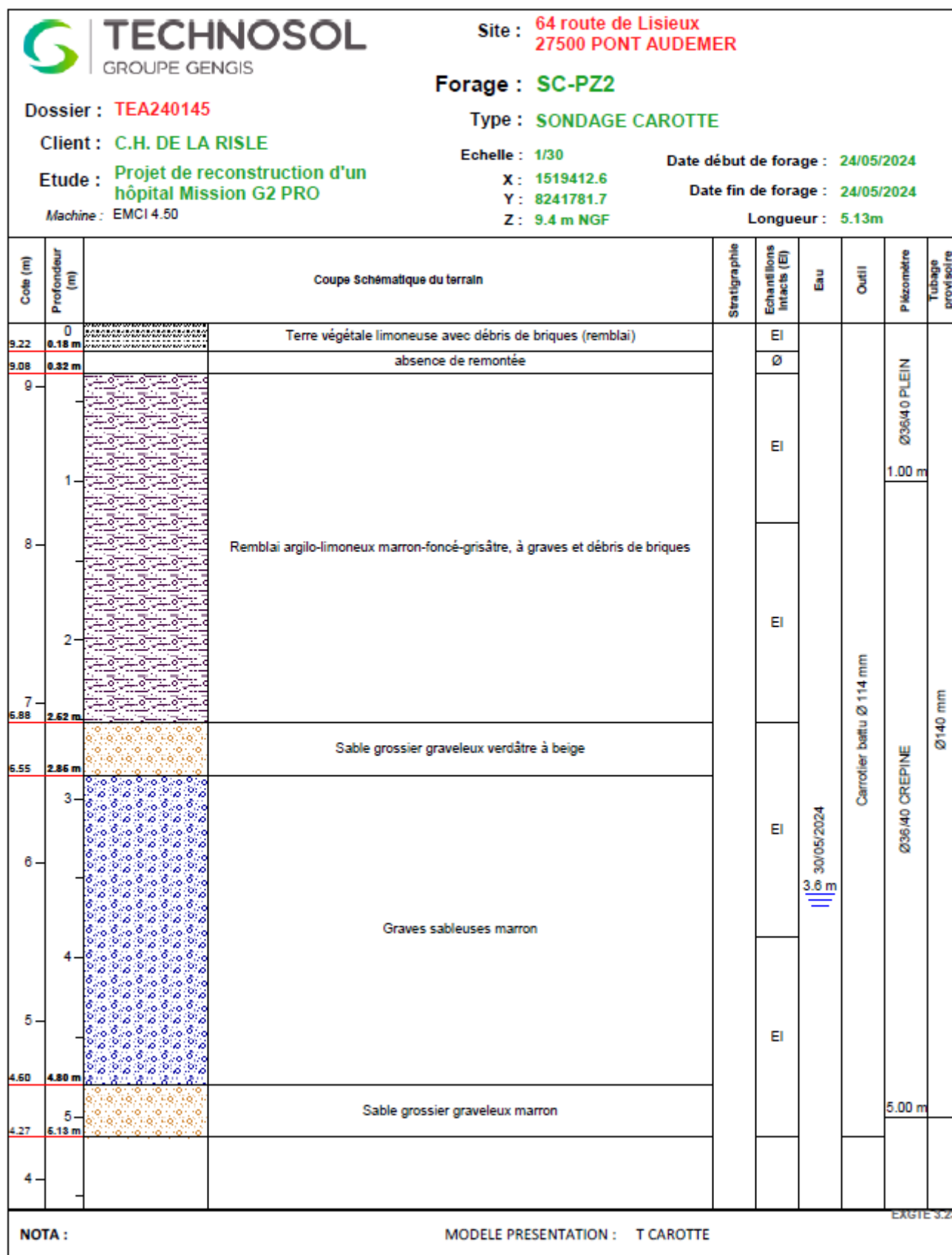
Sondeuse: M377

Observations : /

Niveau d'eau à 3.78 m.
niveau relevé le 05/07/2022

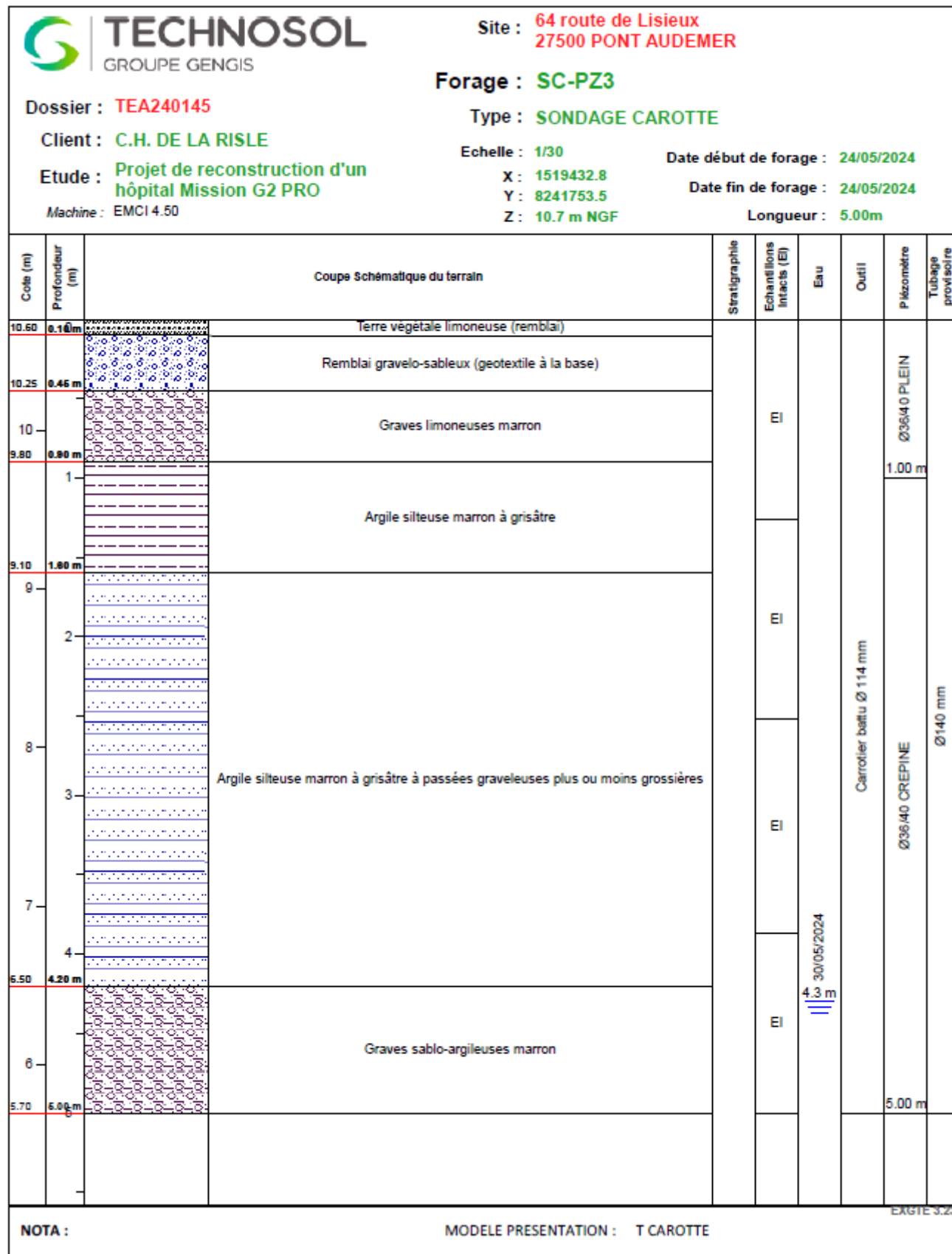


A5-2 : Coupe du piézomètre PZ2



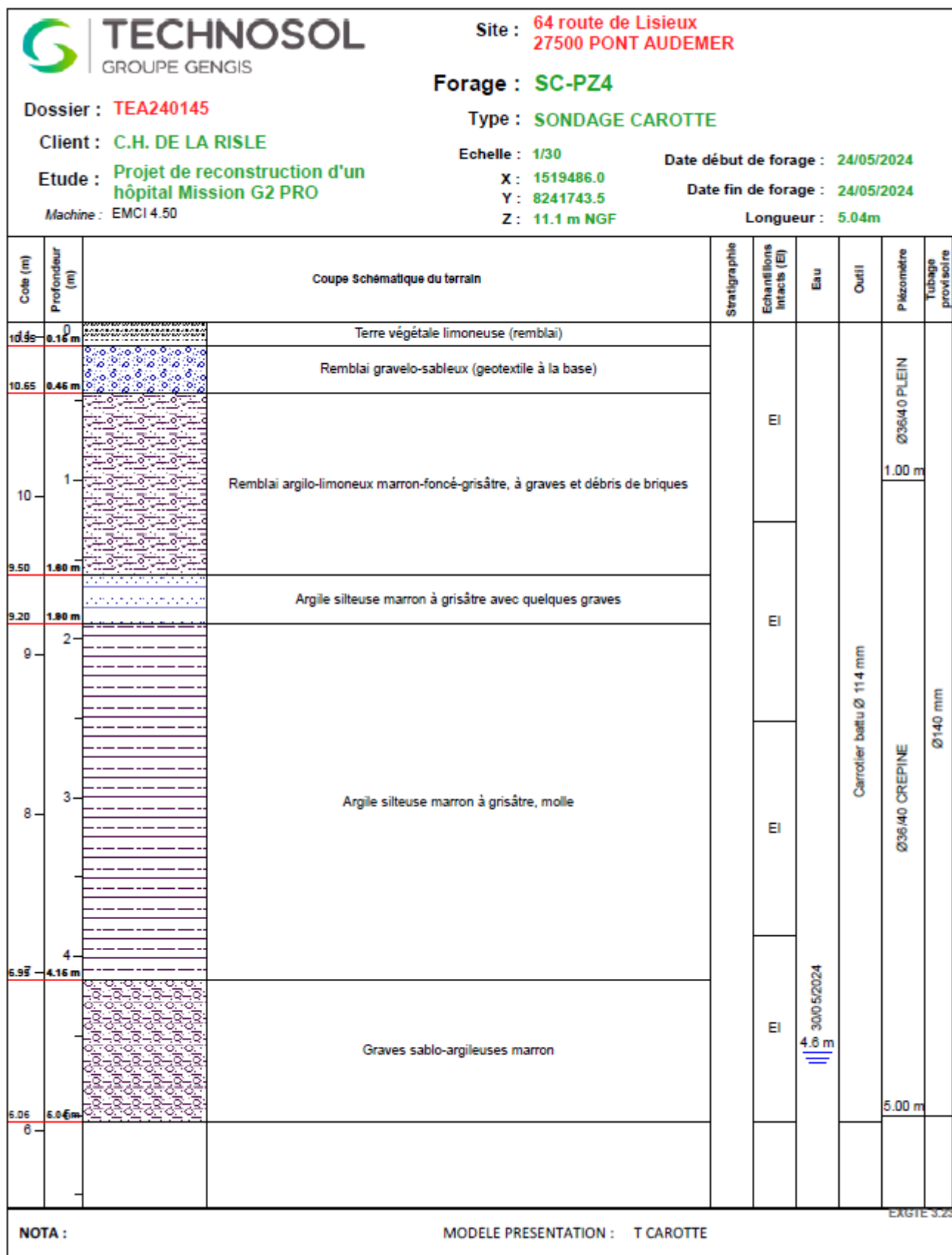


A5-3 : Coupe du piézomètre PZ3



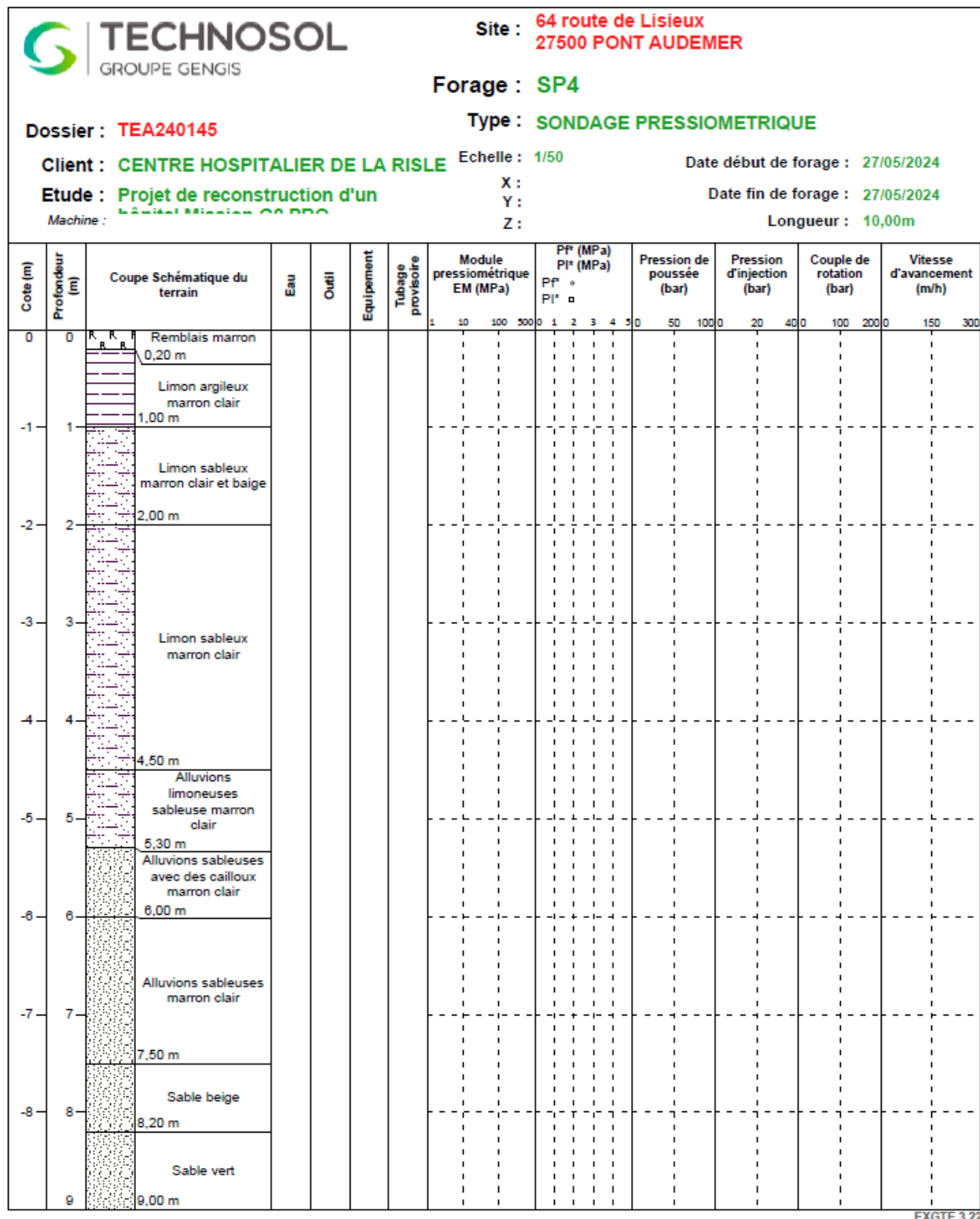


A5-4 : Coupe du piézomètre PZ4





A5-5 : Coupe du sondage pressiométrique SP4 (1/2)



NOTA :

MODELE PRESENTATION : T PRESSIO



A5-5 : Coupe du sondage pressiométrique SP4 (2/2)

EXGTE 3.22

NOTA :

MODELE PRESENTATION : T PRESSIO

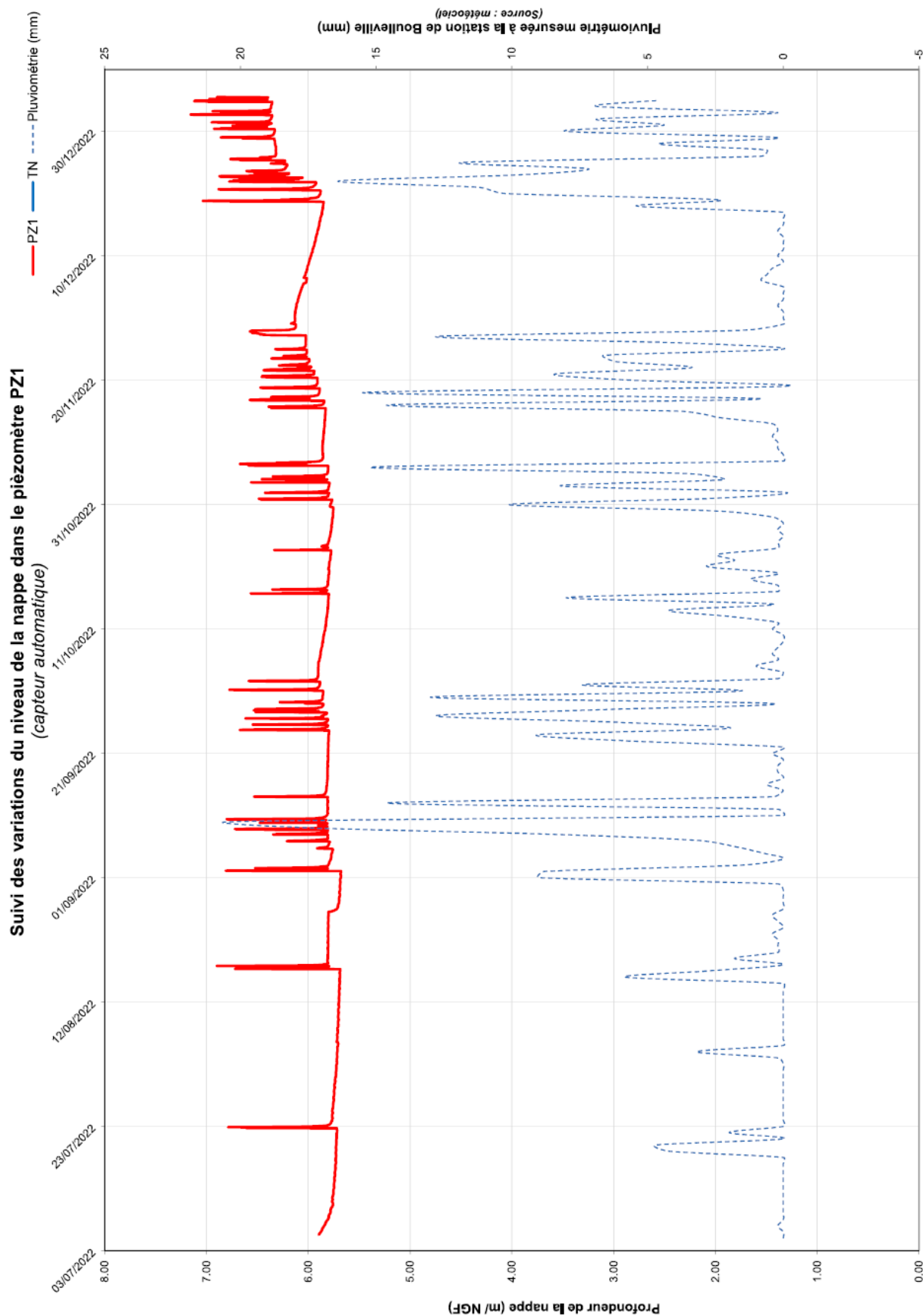




Annexe 6 : Variations piézométriques à proximité du projet

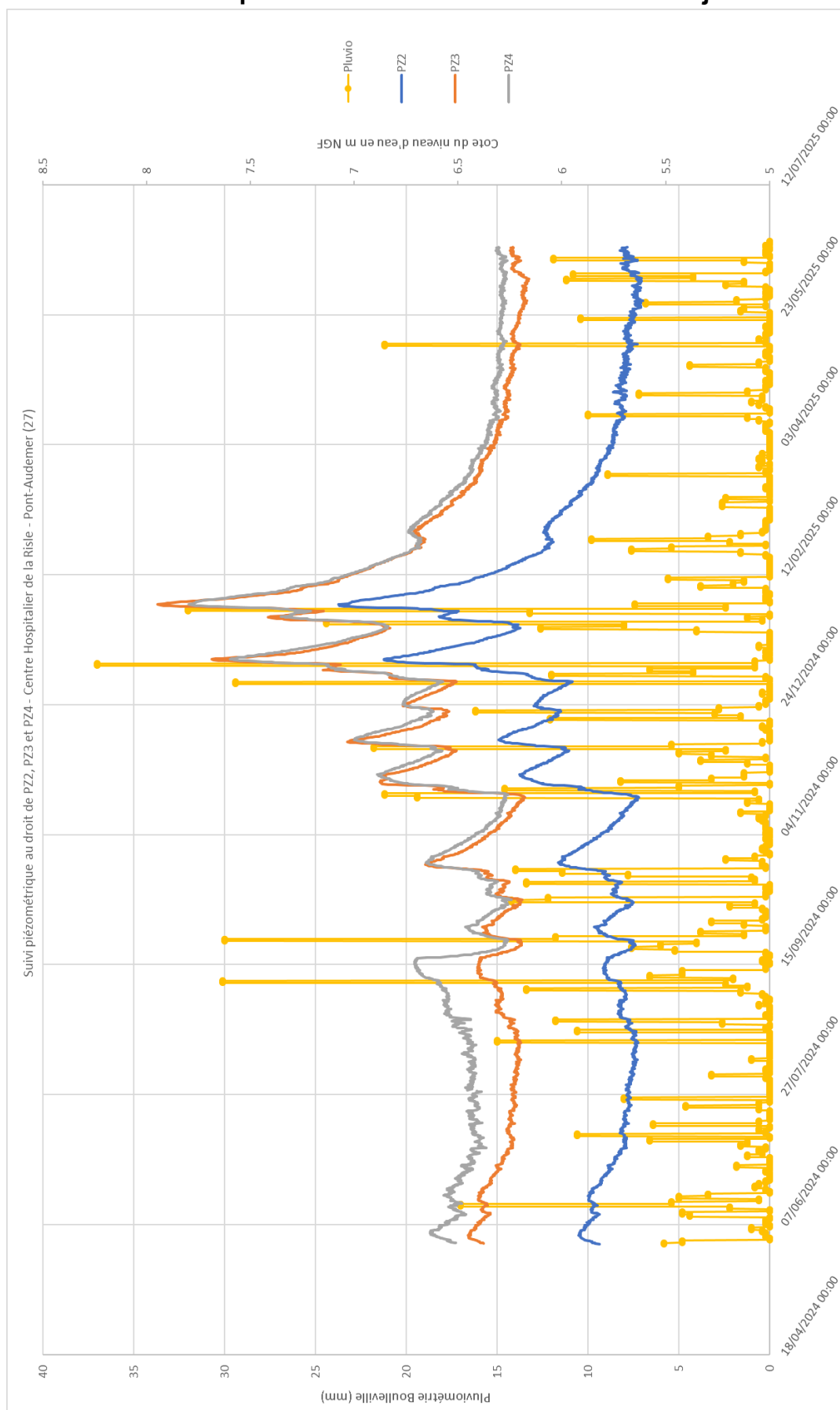


A6-1 : Variation du niveau piézométrique enregistrée dans les alluvions récentes à Pont-Audemer par GINGER entre juillet 2022 et janvier 2023





A6-2 : Variation du niveau piézométrique enregistrée dans les alluvions récentes à Pont-Audemer par GEOTHER entre fin mai 2024 et fin juin 2025

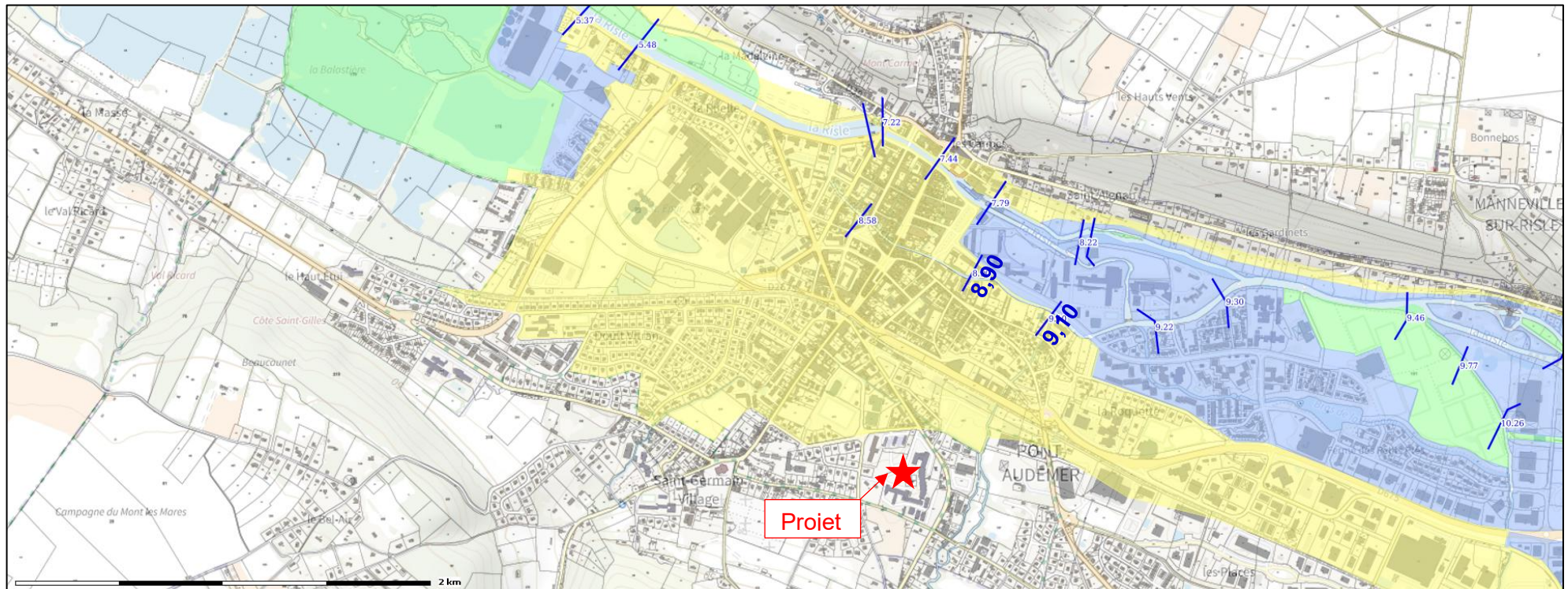




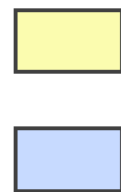
Annexe 7 : Extrait du PPRI des communes de Pont-Audemer, Corneville-sur-Risle et Manneville-sur-Risle



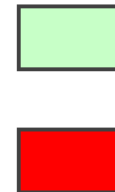
A7-1 : Extrait du PPRI : zonage réglementaire



Légende :



Zones constructibles
avec prescriptions

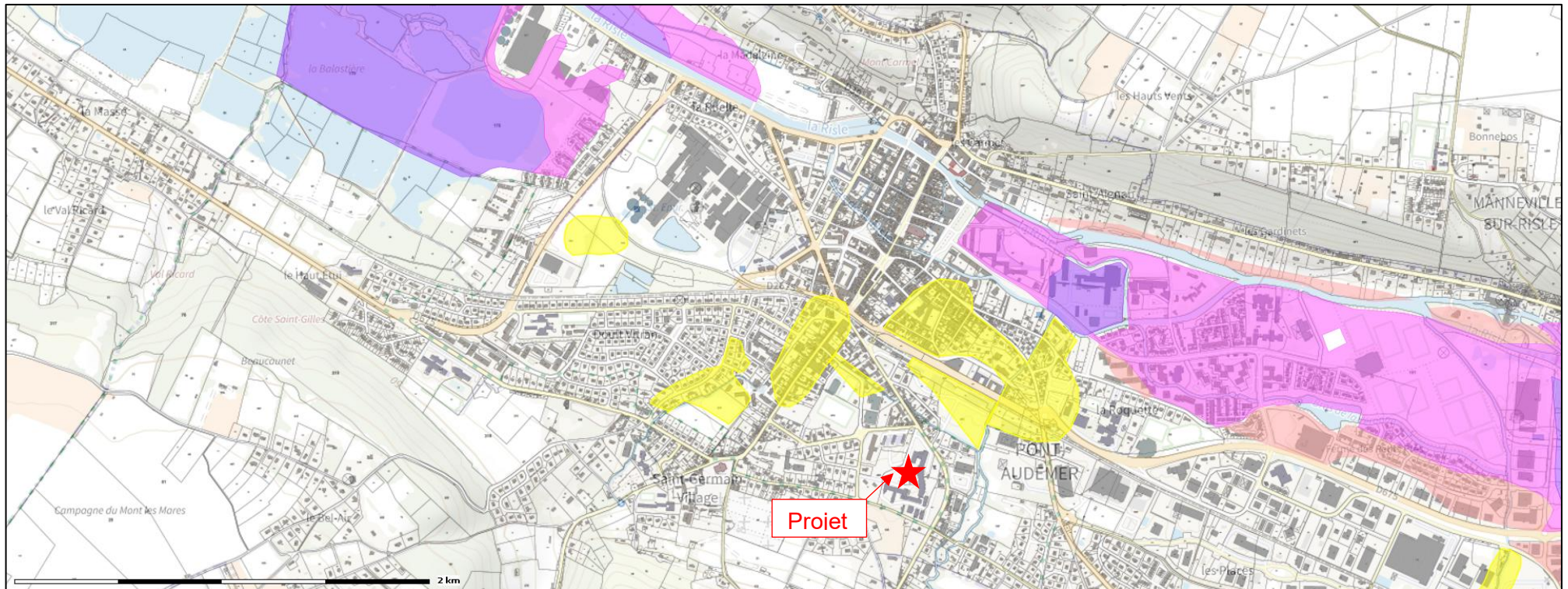


Zone d'expansion
des crues

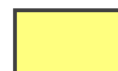
Zone inconstructible



A7-2 : Extrait du PPRI : zonage d'aléas



Légende :



Ruissellement



Zone aléa moyen



Zone aléa faible



Zone aléa fort



Annexe 8 : Ouvrages recensés à proximité du projet



Légende

- Projet
- Emprise projet
- Prélèvements à la nappe

0 250 500 m



Annexe 9 : Résultats de l'enquête de terrain



A9 : Résultats des sites investigués lors de l'enquête de terrain

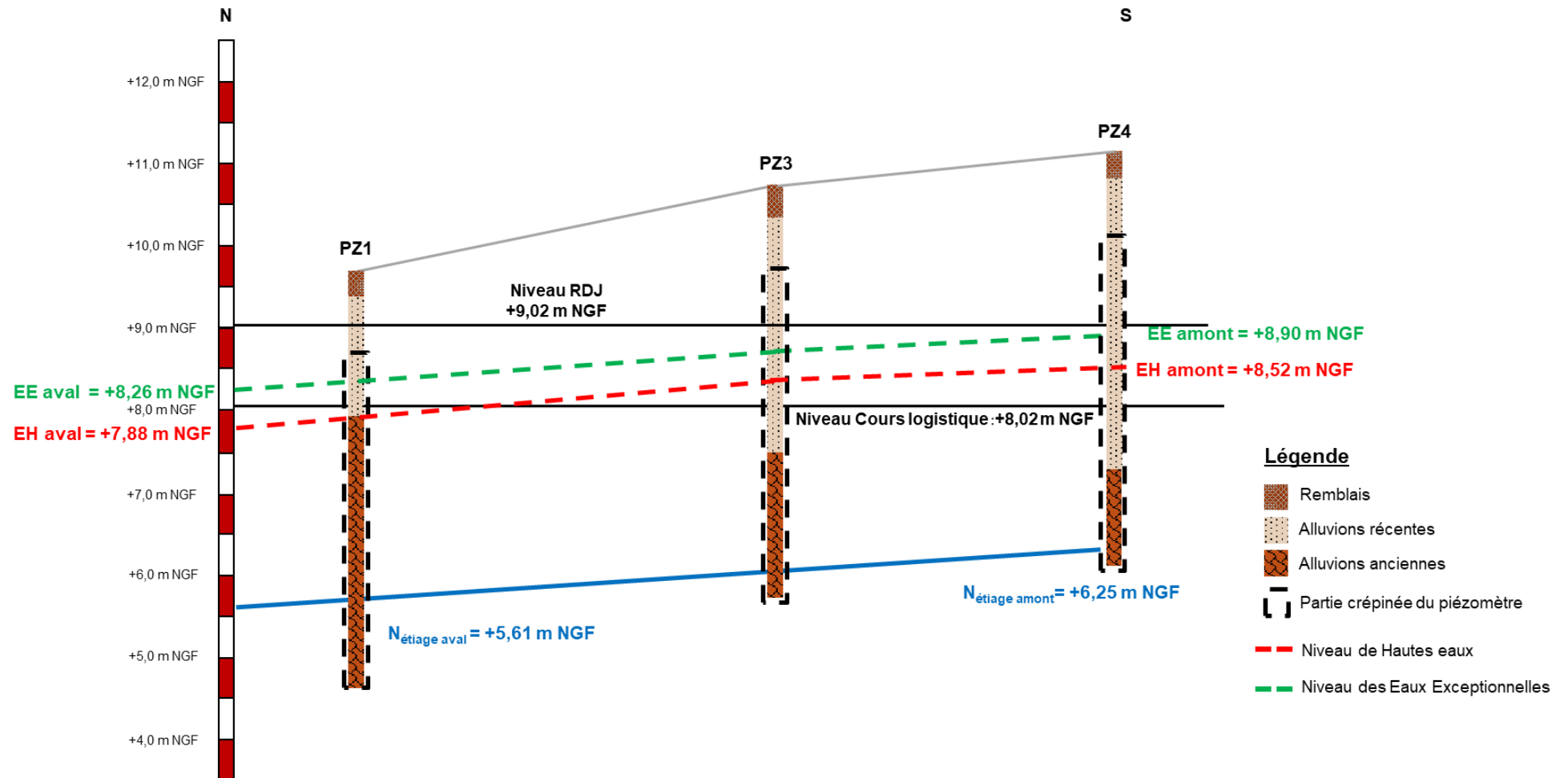




Annexe 10 : Estimation des niveaux des plus hautes eaux



A10 : Estimation des NPHE





Synergie
d'expertises

SIÈGE SOCIAL - 01 55 17 16 10 - contact@geother-gengis.fr
36, rue Salvador Allende - 92000 Nanterre

geother-gengis.fr

SARL au capital de 10 000 € - APE : 7112B
Siret : 508 594 413 00033 - TVA : FR23 508 594 413

AGENCE ÎLE-DE-FRANCE

36, rue Salvador Allende - 92000 Nanterre
01 55 17 16 10 - paris@geother-gengis.fr

AGENCE AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

5, rue des Essarts - 69500 Bron
04 81 68 25 19 - lyon@geother-gengis.fr

AGENCE NOUVELLE-AQUITAINE

Europarc, 27 av. Léonard de Vinci - 33600 Pessac
01 55 17 16 10 - bordeaux@geother-gengis.fr