



ALTOA PROMOTION

Avenue Simone VEIL, îlot des Maraichers – Nice
(06)

Estimation préliminaire des niveaux caractéristiques de nappe

Rapport

Réf : SE2500003 / R 1014927-01

SANO / APR / LPY

08/03/2023



ALTOA PROMOTION

Avenue Simone VEIL, îlot des Maraichers – Nice (06)

Estimation préliminaire des niveaux caractéristiques de nappe

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	08/03/2023	01	S. NOFAL 	A. PAQUIER 	L. PYOT 

Numéro de contrat / de rapport :	SE2500003 / R 1014927-01
Numéro d'affaire :	A60616
Domaine technique :	Hydrogéologie du génie civil

BURGEAP Agence Sud-Est • Agroparc - 940, route de l'aérodrome - BP 51 260 – 84911 Avignon
Cedex 9

Tél : 04.90.88.31.92 • Fax : 04.90.88.31.63 • burgeap.avignon@groupeginger.com

SOMMAIRE

1.	Introduction	4
1.1	Localisation.....	4
1.2	Caractéristiques du projet.....	5
1.3	Normes en vigueur	8
1.4	Documents de référence et sources consultées	8
2.	Contexte général du projet	9
2.1	Contexte géographique	9
2.2	Contexte géologique	9
2.2.1	Contexte géologique général	9
2.2.2	Contexte géologique local	10
2.3	Contexte hydrogéologique.....	12
2.3.1	Contexte hydrogéologique général	12
2.3.2	Contexte hydrogéologique local	12
2.3.3	Suivi piézométrique.....	15
2.4	Contexte hydrographique.....	19
3.	Enquête de quartier	19
4.	Estimation du niveau des plus hautes eaux souterraines	22
4.1	Evaluation du niveau actuel de la nappe (N_{actuel})	22
4.2	Fluctuations saisonnières et interannuelles (B) et l'influence du Var (A).....	22
4.2.1	Analyse des données du piézomètre ADES	22
4.2.2	Corrélation entre la piézométrie de l'ouvrage ADES et le site du projet.....	24
4.3	Influence des pompages voisins (R).....	25
4.4	Effet barrage des infrastructures.....	28
4.5	Evaluation du niveau des plus hautes eaux	30
5.	Conclusion et recommandations	32

TABLEAUX

Tableau 1. Données utilisées et leurs sources.....	8
Tableau 2. Succession lithologique au droit des sondages réalisés	10
Tableau 3. Caractéristiques générales des piézomètres	15
Tableau 4. Mesures piézométriques réalisées manuellement au cours du suivi	16
Tableau 5 : Débits de références du Var en m ³ /h (source : PPRI).....	19
Tableau 6. Informations récoltées lors de l'enquête de quartier du 01.02.2023	21
Tableau 7. Prélèvements en nappe recensés dans le secteur d'étude (BNPE)	25
Tableau 8. Résultats de la simulation numérique sous FEFLOW	28
Tableau 9. Calcul de l'effet de barrage au droit de la partie amont du projet	29
Tableau 10. Calcul de l'effet de barrage au droit de la partie aval du projet.....	29
Tableau 11. Evaluation du Niveau des Plus Hautes Eaux au droit de la partie amont du projet.....	30
Tableau 12. Evaluation du Niveau des Plus Hautes Eaux au droit de la partie aval du projet	30
Tableau 13. Niveaux caractéristiques de nappe selon EUROCODE.....	31

FIGURES

Figure 1. Localisation du site du projet (Source : IGN)	5
---	---

Figure 2. Vue aérienne du projet (source : Géoportail)	5
Figure 3. Coupe du projet (coupe 1) (source : ROUSSELLE. 20.02.2023)	6
Figure 4. Coupe du projet (coupe 2) (source : ROUSSELLE. 20.02.2023)	6
Figure 5. Plan du sous-sol du projet (source : ROUSSELLE. 20.02.2023)	7
Figure 6. Extrait de la carte géologique de la zone d'étude	9
Figure 7. Coupe du projet dans son contexte géologique et hydrogéologique	11
Figure 8. Extrait de la carte de remontée de nappe (source : BRGM)	12
Figure 9. Schéma géologique et position des coupes (source : BRGM – R 37873, 1993)	13
Figure 10. Coupes géologiques schématisées (source : BRGM – R 37873, 1993)	14
Figure 11. Localisation des piézomètres du projet avec les sous-sols projetés	15
Figure 12. Carte piézométrique du secteur d'études en date du 01/02/2023 avec les niveaux des sous-sol projetés	17
Figure 13. Chroniques piézométriques issue du suivi automatisé du 10.11.2022 au 22.02.2023	18
Figure 14. Chronique piézométrique et les hauteurs d'eau du Var (station Napoléon 3 – Nice)	18
Figure 15. Périmètre de l'enquête de quartier	20
Figure 16. Variations piézométriques de l'ouvrage de référence BSS002HEZT (source : ADES)	23
Figure 17. Ajustement des cotes maximales annuelles par la loi de Gumbel sur la période 1970-2022 (piézomètre ADES- BSS002HEZT)	23
Figure 18. Comparaison entre les variations piézométriques du piézomètre BSS002HEZT et celles du site (SD1-PZ)	24
Figure 19. Pompages recensés à proximité de la zone d'étude hors forage de géothermie (source : GINGER BURGEAP)	26
Figure 20. Réseau géothermique présent à proximité du site du projet	26
Figure 21. Simulation de l'impact hydraulique sur la nappe en cas d'arrêt du pompage du champ captant des prairies	27
Figure 22. Simulation de l'impact hydraulique futur du réseau géothermique (débit à 600 m ³ /h) sur la nappe au droit du site du projet	27

ANNEXES

Annexe 1. Coupe des piézomètres

Annexe 2. Extrait de la carte PPRI du Var

1. Introduction

1.1 Localisation

La société ALTOA Promotion a confié à GINGER BURGEAP une étude hydrogéologique dans le but de déterminer les niveaux des plus hautes eaux (NPHE) au droit de l'îlot des Maraichers situé avenue Simon Veil à Nice (**Figure 1** et **Figure 2**).



Figure 1. Localisation du site du projet (Source : IGN)



Figure 2. Vue aérienne du projet (source : Géoportail)

1.2 Caractéristiques du projet

L'îlot des Maraichers possède une emprise au sol de 16 500 m² environ. Le projet prévoit la construction d'un ensemble de plusieurs tours avec des parkings indépendants en partie encastrés dans la falaise côté est. A ce jour, nous ne possédons pas les côtes du projet en m NGF. D'après les coupes du projet, il n'est prévu qu'un niveau de sous-sol (niveau fini à -3 m par rapport au sol au droit du sous-sol, soit un terrassement

d'environ 4 m). A noter que le terrassement coté falaise est de 16 m environ au maximum sur la partie nord du site (**Figure 3**). Il semble qu'il y ait moins de terrassement sur la partie sud, le projet est moins encastré dans la falaise (**Figure 4**).



Figure 3. Coupe du projet (coupe 1) (source : ROUSSELLE. 20.02.2023)

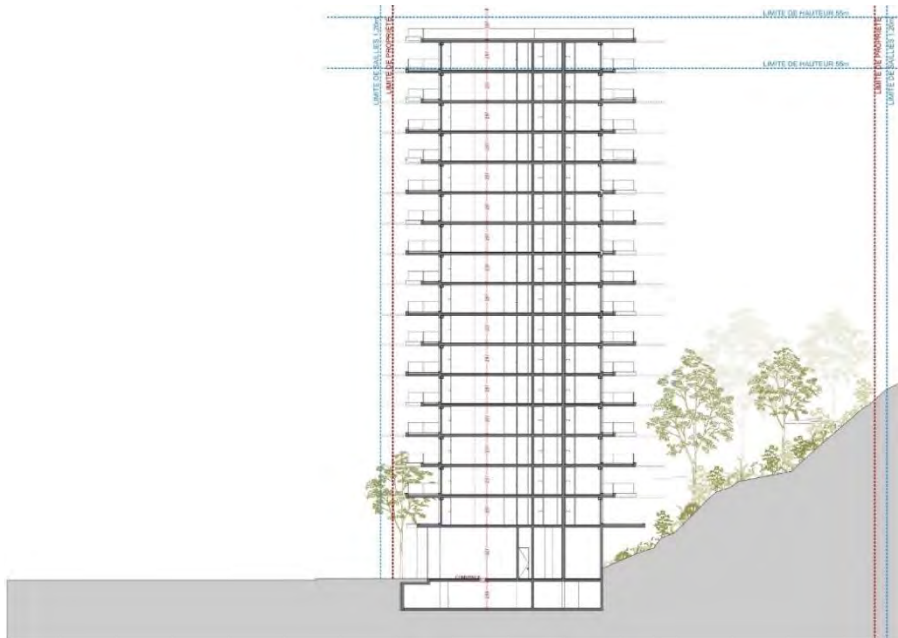


Figure 4. Coupe du projet (coupe 2) (source : ROUSSELLE. 20.02.2023)

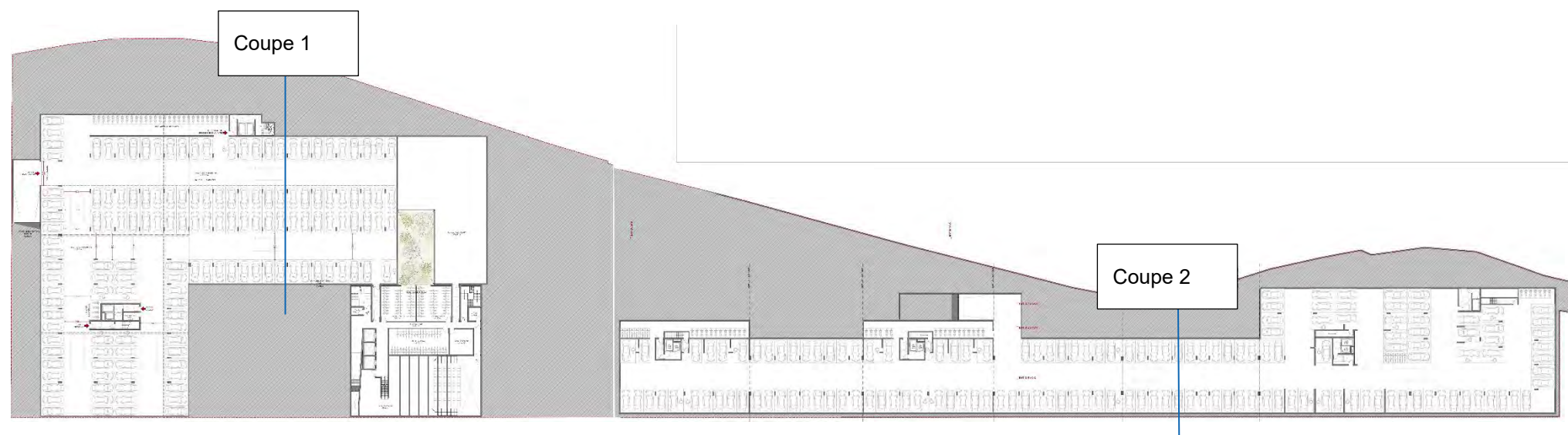


Figure 5. Plan du sous-sol du projet (source : ROUSSELLE. 20.02.2023)

1.3 Normes en vigueur

A la demande du client, nous pourrions raccorder dans la mesure du possible les niveaux de nappe aux niveaux de référence pris en compte dans la norme d'application nationale NF P 94-261 de l'Eurocode 7 (NF EN 1997-1 de 2006).

Cette norme définit 4 niveaux d'eau souterraine de référence :

- le niveau EB (niveau quasi permanent), susceptible d'être dépassé pendant 50% du temps de référence. On peut considérer qu'il s'agit d'un niveau médian des eaux.
- le niveau EF (niveau fréquent), susceptible d'être dépassé pendant 1% du temps de référence ;
- le niveau EH (niveau caractéristique), défini comme ayant une période de retour de 50 ans (équivalent à un niveau de nappe pour une crue cinquantennale) ;
- le niveau EE (niveau des eaux exceptionnelles ou niveau accidentel), Il correspond au niveau où doit être prévu, dans la structure, un dispositif d'écoulement empêchant l'eau d'exercer une action plus haut.

A noter que le niveau de crue de chantier n'a pas de définition. Il doit être défini par la maîtrise d'ouvrage. Il est couramment situé entre la crue triennale et la crue décennale.

1.4 Documents de référence et sources consultées

La présente étude est basée sur les connaissances techniques et scientifiques acquises à la date de sa réalisation. Les différentes consultations menées pour la rédaction de ce rapport sont indiquées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1. Données utilisées et leurs sources

Source	Type de consultation	Données disponibles
ROUSSELLE	Courriel	Plans et coupes du projet (version du 20.02.2023)
Site	Visite de terrain	Mesures piézométriques acquises et enquête de quartier du 01.02.2023
BRGM / Infoterre	Internet (infoterre.brgm.fr)	Carte géologique n° 973 de MENTON-NICE au 1/50 000 ^{ème} coupes géologiques et techniques des sondages présents dans la zone d'étude – usage des points d'eau – Niveau de nappe
Géoportail	Internet (www.geoportail.gouv.fr)	Informations cartographiques de l'IGN (cartes topographiques, photo aériennes, cadastre ...)
Banque nationale d'Accès aux Données des Eaux Souterraines (ADES)	Internet (www.ades.eaufrance.fr)	Données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines
Banque Hydro	Internet (www.hydro.eaufrance.fr)	Données sur les variations du débit du Var
BRGM / Inondations nappes	Internet (www.georisques.gouv.fr)	Risques de remontées de nappes
GINGER BURGEAP	Rapports	Archives BURGEAP (études réalisées ces dernières années dans le secteur d'études et/ou dans un contexte hydrogéologique similaire)

2. Contexte général du projet

2.1 Contexte géographique

La zone d'aménagement concertée îlot des Maraichers-Nice est située dans la plaine du Var à l'Ouest de la métropole de Nice Côte-d'Azur. L'îlot occupe en partie les parcelles cadastrales suivantes : 35, 38, 40, 41, 251, 260, 306, 317, 332, 341, 332, 341, 342, 343, 351, 355, 358, 363, 365, 370, 383, 402, 404, 405, 405, 408, 574, et 666 de la section OH. Le secteur d'étude présente une altimétrie variable :

- Pour la partie falaise (côté ouest) : de 30,50 m NGF au nord-est à 19 m NGF au sud-est ;
- Pour la partie aval (côté est) : de 12,50 m NGF au nord-ouest à 13,50 m NGF sur le reste du site.

2.2 Contexte géologique

2.2.1 Contexte géologique général

D'après la carte géologique n°973 de MENTON-NICE au 1/50 000^{ème} (**Figure 6**) et les coupes géologiques des sondages recensés auprès de la banque de données du sous-sol du BRGM (BSS), les formations géologiques susceptibles d'être rencontrées au droit de la zone d'étude sont des alluvions récentes du Var (Fy et Fy-z) qui jouxtent des poudingues plio-quaternaires (p2) à l'est.

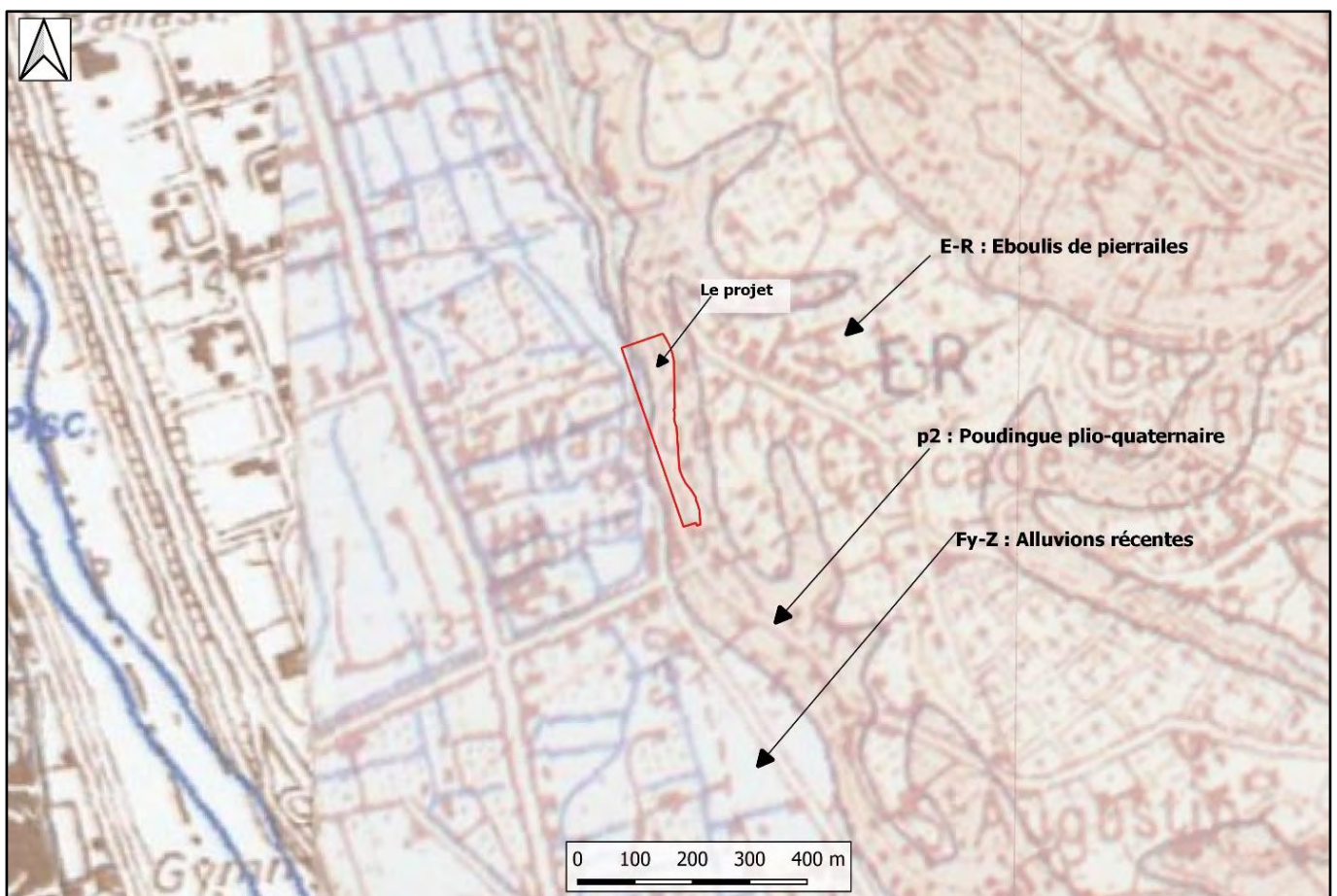


Figure 6. Extrait de la carte géologique de la zone d'étude

2.2.2 Contexte géologique local

Les travaux de sondages, menés par la société GINGER CEBTP sur la parcelle du projet jusqu'à une profondeur de 15 m (**Annexe 1**), ont permis de préciser la nature et la puissance des formations rencontrées au droit du site, de la surface vers la profondeur (**Tableau 2**) :

Tableau 2. Succession lithologique au droit des sondages réalisés

Profondeur de la base de la couche (m)	Sondages	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4
	Alluvions limons argileux et petits galets	5,2	7,3	2,0	3,1
	Alluvions graveleux sableux	10,5	14,1	14,0	13,0
	Poudingue	12,0 (Arrêt)	14,9 (Arrêt)	15,0 (Arrêt)	15,0 (Arrêt)

Bien que situé en limite orientale de la plaine alluviale du Var, les alluvions sont rencontrées sur une épaisseur de 10,5 à 14,1 m au droit du site. Elles se présentent sous forme de limons argileux et de petits galets en tête (2 à 7,3 m d'épaisseur), puis de graves et de sables (5,3 à 12 m d'épaisseur).

Une coupe du projet dans son contexte géologique et hydrogéologique est présentée en **Figure 7**. Ainsi le niveau du sous-sol, considéré calé à la cote 10 m NGF, est ancré dans les alluvions.

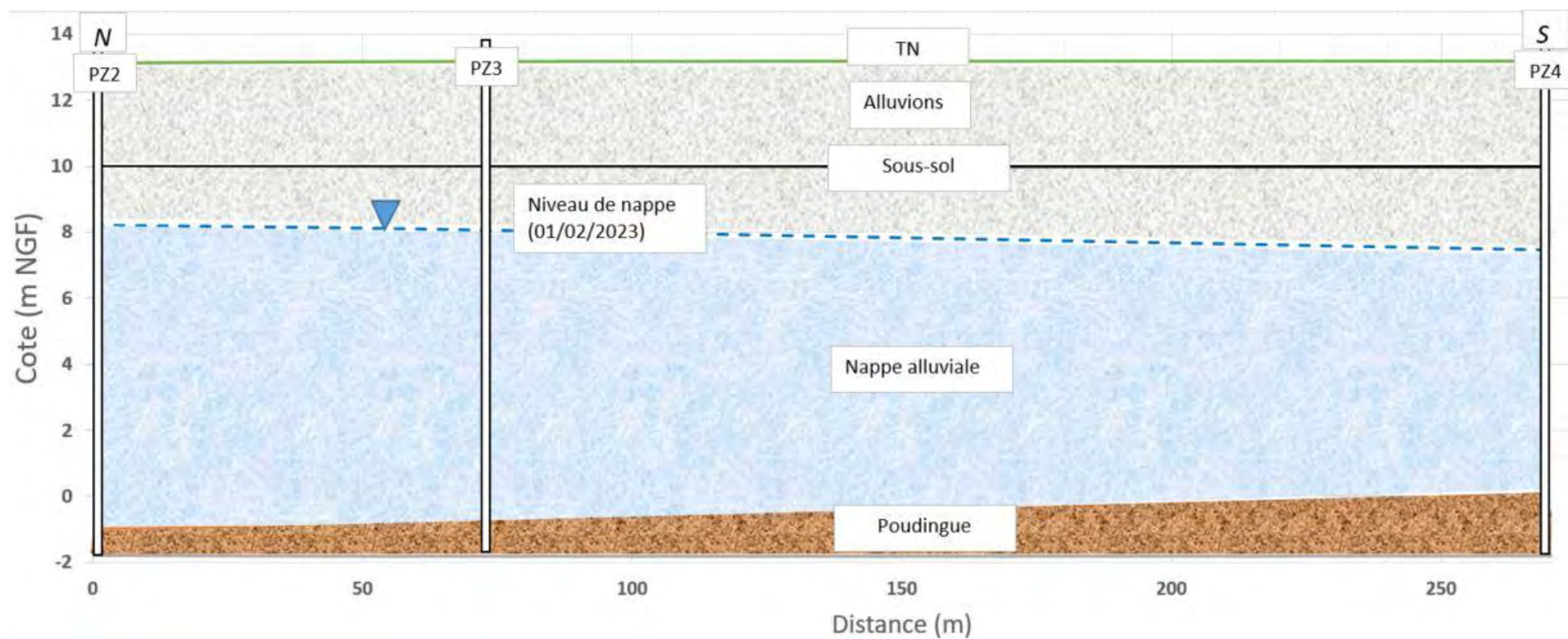


Figure 7. Coupe du projet dans son contexte géologique et hydrogéologique

2.3 Contexte hydrogéologique

2.3.1 Contexte hydrogéologique général

L'aquifère de la plaine du Var repose sur plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur d'alluvions grossières très perméables (alluvions de la basse vallée du Var FRDG396). La nappe est plutôt libre sur les premiers mètres, puis devient captive en profondeur voir artésienne vers l'aval, du fait de la présence de plus en plus fréquente d'horizons argileux permettant sa mise en charge. Les alluvions le Var constitue l'apport principal des eaux de la nappe alluviale, le reste provenant des poudingues et de la recharge par la pluie.

Les poudingues (formations sédimentaire poreux et/ou fissuré FRDG244) constituent l'encaissant de l'aquifère alluviale. Les coupes géologiques réalisés par le BRGM (**Figure 9** et **Figure 10**) indiquent schématiquement la répartition spatiale des poudingues. Elle fait apparaître en rive gauche du Var une épaisseur de poudingues plus importante qu'en rive droite.

D'après une étude BRGM (n° R 37 873), « la nappe » contenue au sein des poudingues circulent préférentiellement selon des fractures et/ou de nappes superficielles ou semi profondes piégées dans des structures localisées (niveaux plus sableux). La perméabilité des poudingues est très faible (de 10^{-6} à 10^{-8} m/s) et les forages connus ont donnés des résultats, soit négatifs (forage sec) soit positif mais avec des débits estimés (et non mesurés sur des pompages d'essais significatifs) très faibles.

2.3.2 Contexte hydrogéologique local

Au vu du contexte géologique et du niveau du sous-sol projeté, les niveaux perméables se situent dans les terrains alluvionnaires. Ces formations géologiques forment une nappe contenue dans la porosité des alluvions. Le projet est localisé en limite d'extension de la plaine alluviale. Cela signifie une épaisseur d'aquifère fortement réduite à l'approche de la falaise de poudingue. La base de l'aquifère est rencontrée par les sondages géotechniques entre 12 et 15 m de profondeur (toit des poudingues) (cf. **Annexe 1**).

Les cartes du BRGM indiquent que le terrain étudié est situé en partie dans une zone potentiellement sujette aux débordements de nappe (**Figure 8**). Cependant, la précision et le maillage de cette carte est faible.

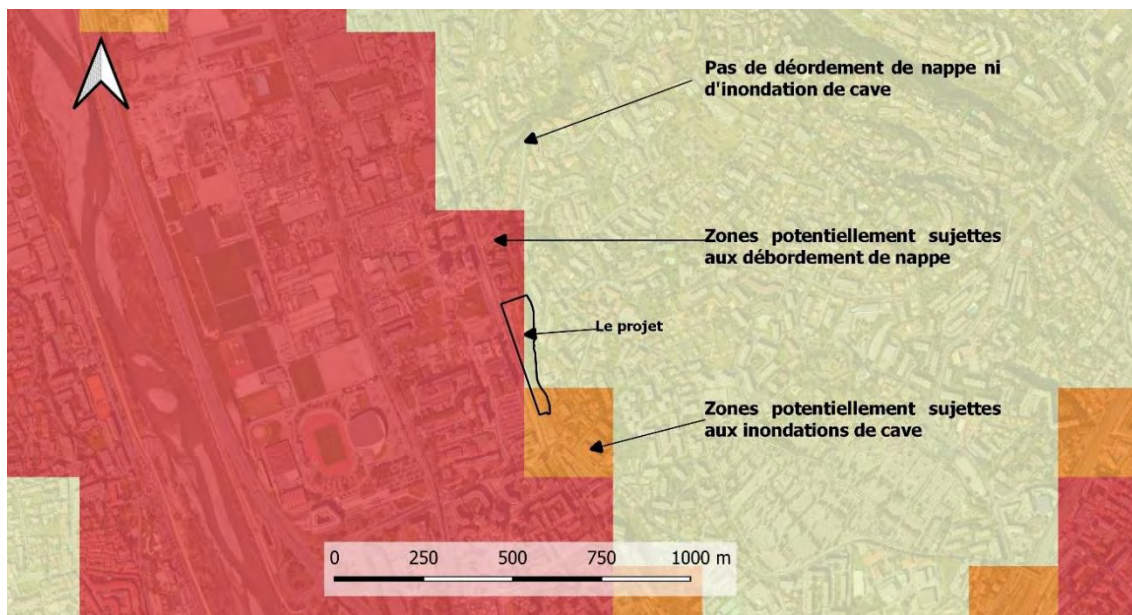


Figure 8. Extrait de la carte de remontée de nappe (source : BRGM)

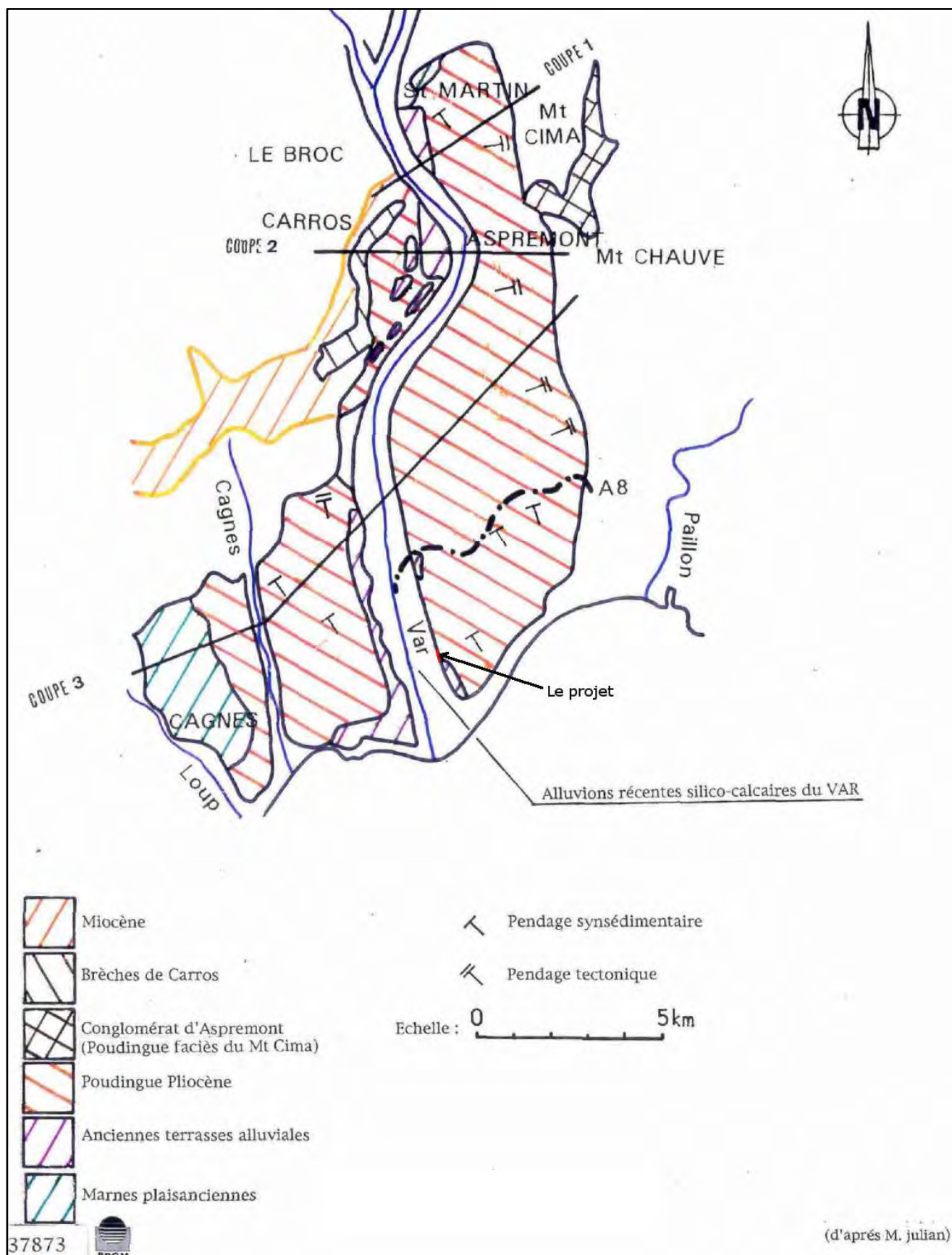


Figure 9. Schéma géologique et position des coupes (source : BRGM – R 37873, 1993)

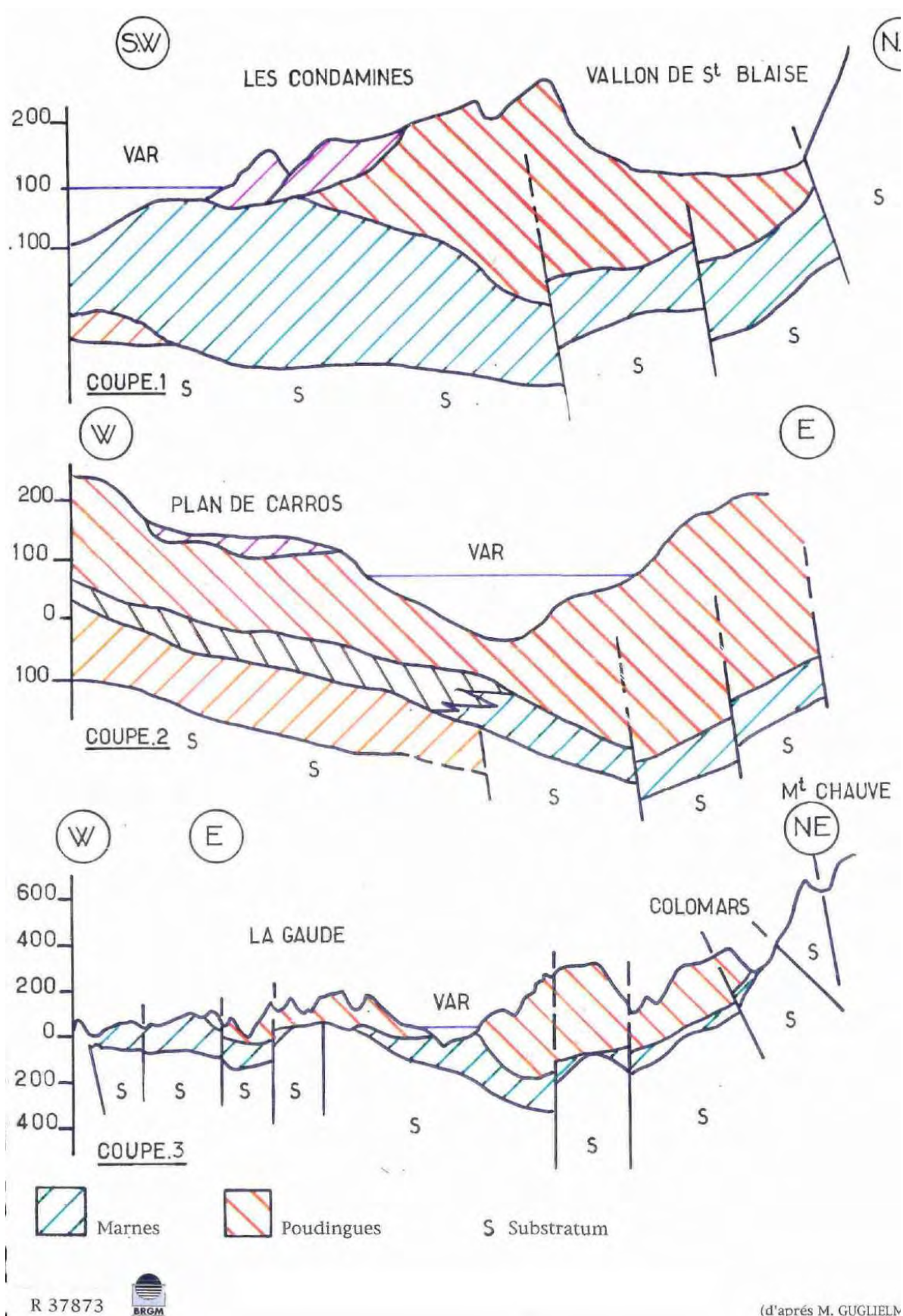


Figure 10. Coupes géologiques schématiques (source : BRGM – R 37873, 1993)

2.3.3 Suivi piézométrique

GINGER BURGEAP a procédé à la réalisation d'un suivi automatisé des niveaux d'eau dans les piézomètres SD1-Pz et PZ4 ainsi qu'un suivi manuel dans 3 autres piézomètres (PZ1, PZ2 et PZ3) pour une durée de 3 mois et demi environ à la date de rédaction de ce rapport. Le suivi piézométrique est prévu pour une durée de 8 mois. Une mise à jour est prévue de l'étude des niveaux NPHE suite au prolongement du suivi jusqu'à 12 mois. Les principales caractéristiques de ces piézomètres sont données dans le tableau suivant (**Tableau 3**) :

Tableau 3. Caractéristiques générales des piézomètres

Ouvrage	Nature du repère	Cote du repère (m NGF)	Profondeur (m)	Profondeur crépine (m)	Diamètre (mm)
SD1-Pz	Haut tubage	13,29	12	De 1 à 12 m	80/90
PZ1	Haut tubage	13,23	15	De 1 à 15 m	80/90
PZ2	Haut tubage	13,95	15	De 1 à 15 m	80/90
PZ3	Haut tubage	14,0	15	De 1 à 15 m	80/90
PZ4	Haut tubage	13,95	15	De 1 à 15 m	80/90

La localisation des piézomètres est présentée sur la figure ci-dessous (**Figure 11**).

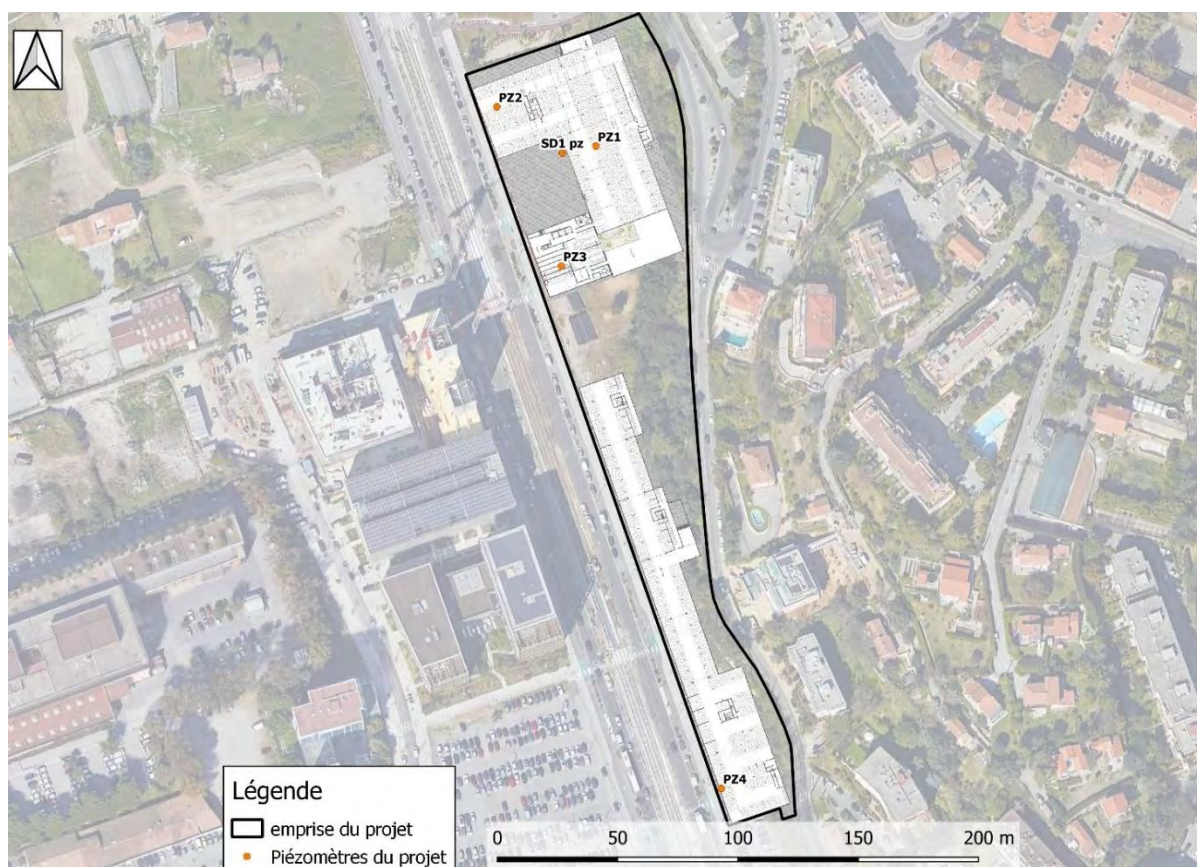


Figure 11. Localisation des piézomètres du projet avec les sous-sols projetés

Plusieurs campagnes piézométriques ont été réalisées par GINGER BURGEAP lors du suivi automatisé. Les résultats de ces campagnes sont présentés dans le tableau suivant (**Tableau 4**) :

Tableau 4. Mesures piézométriques réalisées manuellement au cours du suivi

Ouvrage	Campagne du 01/02/2023		Campagne du 22/02/2023	
	Profondeur de la nappe (m/TN)	Niveau en m NGF	Profondeur de la nappe (m/TN)	Niveau en m NGF
SD1-pz	4,36	8,17	4,41	8,12
PZ1	4,25	8,18	4,29	8,13
PZ2	4,92	8,21	4,97	8,16
PZ3	5,12	8,07	5,16	8,03
PZ4	5,81	7,39	5,84	7,37

La campagne piézométrique réalisée lors de l'enquête de quartier en date du 01/02/2023 au droit du site ainsi qu'au droit des projets à proximité, a permis de dresser une carte piézométrique présentée en Erreur ! Source du renvoi introuvable.. D'après cette carte, l'écoulement de la nappe alluviale du Var est orienté vers le sud-ouest, avec un gradient d'écoulement moyen de l'ordre de 0,25 %.

Cette carte met également en évidence l'effet barrage du parking souterrain du projet JOIA MERIDIA situé au nord-ouest du site. En effet, ce parking a été réalisé sous protection d'une paroi moulée qui empêche la nappe souterraine de circuler naturellement.

Concernant la formation des Poudingues à l'est du site du projet, nous ne possédons pas d'informations pouvant déterminer le niveau de la nappe dans cette formation. Nous supposons que les écoulements de la nappe des poudingues soient principalement orientés vers l'ouest (représenté en trait bleu pointillé sur la carte piézométrique).

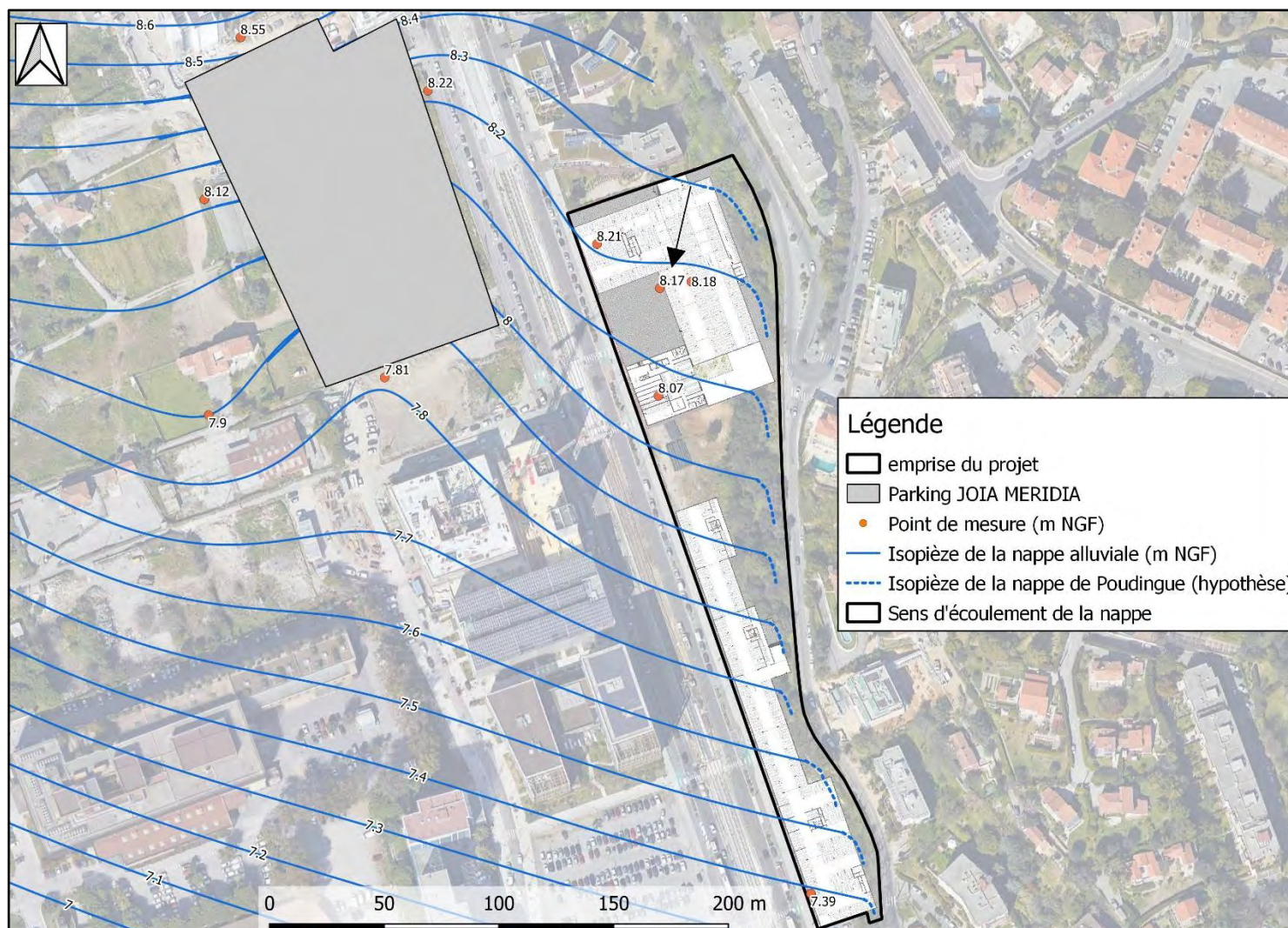


Figure 12. Carte piézométrique du secteur d'études en date du 01/02/2023 avec les niveaux des sous-sol projetés

Le suivi des niveaux de la nappe a été réalisé par GINGER BURGEAP entre novembre 2022 et février 2023 par des capteurs de pression permettant d'enregistrer en continu le niveau d'eau. A noter que la date de démarrage du suivi piézométrique dans le piézomètre PZ4 était fin décembre 2022.

D'après la chronique piézométrique du suivi (**Figure 13** et **Figure 14**), il ressort que :

- le niveau de la nappe, à l'endroit du projet, varie globalement entre 7,42 et 8,27 m NGF (piézomètre SD1-pz), le battement maximum de la nappe observé sur la période de mesure de 3,5 mois est donc de 0,84 m ;
- plusieurs réponses de la nappe sont visibles sur la chronique piézométrique. On notera en particulier l'épisode pluvieux survenu le 15 décembre 2022 correspondant à 50 mm de pluie et engendrant une remontée piézométrique quasi immédiate de 0,2 m environ,
- globalement, actuellement la nappe est en période de recharge, commencée au mois de décembre et actuellement stabilisée ;
- il n'a pas eu lieu des crues significatives du Var durant la période de suivi, seulement une petite crue de 50 cm de hauteur qui a duré quelques jours sans impact notable sur la nappe. Les variations piézométriques étant essentiellement liées aux précipitations.



Figure 13. Chroniques piézométriques issue du suivi automatisé du 10.11.2022 au 22.02.2023

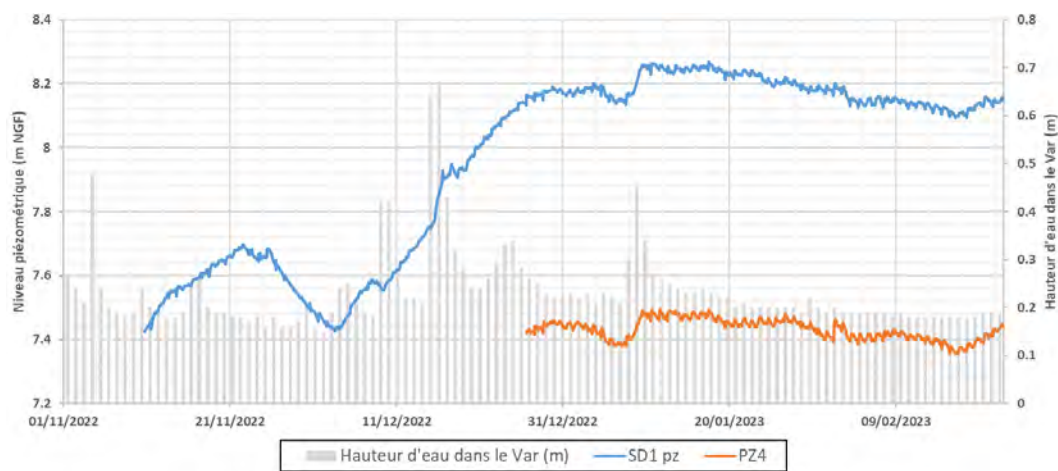


Figure 14. Chronique piézométrique et les hauteurs d'eau du Var (station Napoléon 3 – Nice)

2.4 Contexte hydrographique

Le projet est localisé dans la vallée du Var, à environ 890 m de la rive gauche du cours d'eau. Au droit du site, le Var s'écoule vers le sud.

Le Var prend naissance sur le versant Sud du Col de la Cayolle à 1780 mètres d'altitude. Il s'écoule sur une distance de 110 km et se jette dans la Méditerranée entre Nice et Saint Laurent du Var. Son bassin versant couvre une superficie de 2822 km². Ses principaux affluents sont la Tinée, la Vesubie et l'Estéron. La formation des crues dans le bassin du Var est prédominante en période d'automne, caractérisée par une courte durée intense.

Le fil d'eau du cours d'eau s'écoule à une cote moyenne de 8 m NGF au droit du site. D'après le PPRI, les débits de crue décennale et centennale du Var sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Débits de références du Var en m³/h (source : PPRI)

Le Var	Q ₁₀	Q ₁₀₀	Q _{Extrême}
En amont de l'Estéron	1720	2950	4200
En aval de la confluence de l'Estéron	2050	3500	5000

On notera que la commune de Nice est concernée par un Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRI) qui a été approuvé par arrêté préfectoral en date du 18/04/2011.

La crue de référence du PPRI correspond à un débit centennal de 3800 m³/s.

D'après le plan de zonage établi en référence à la crue de Var, le projet est situé en dehors de la zone inondable (**Annexe 2**).

3. Enquête de quartier

Une enquête de quartier a été réalisée le 01.02.2023 par un ingénieur de GINGER BURGEAP. L'objectif de cette enquête était de recenser dans le voisinage du site d'éventuelles structures susceptibles de perturber les écoulements souterrains, des inondations historiques, et des dommages historiques liés aux remontées de nappe qui auraient pu se produire dans les sous-sols environnants ainsi que la présence de sources permanentes ou temporaires.

Les points ayant fait l'objet de l'enquête de quartier sont localisés sur la **Figure 15**. Les résultats sont présentés dans le **Tableau 6**.

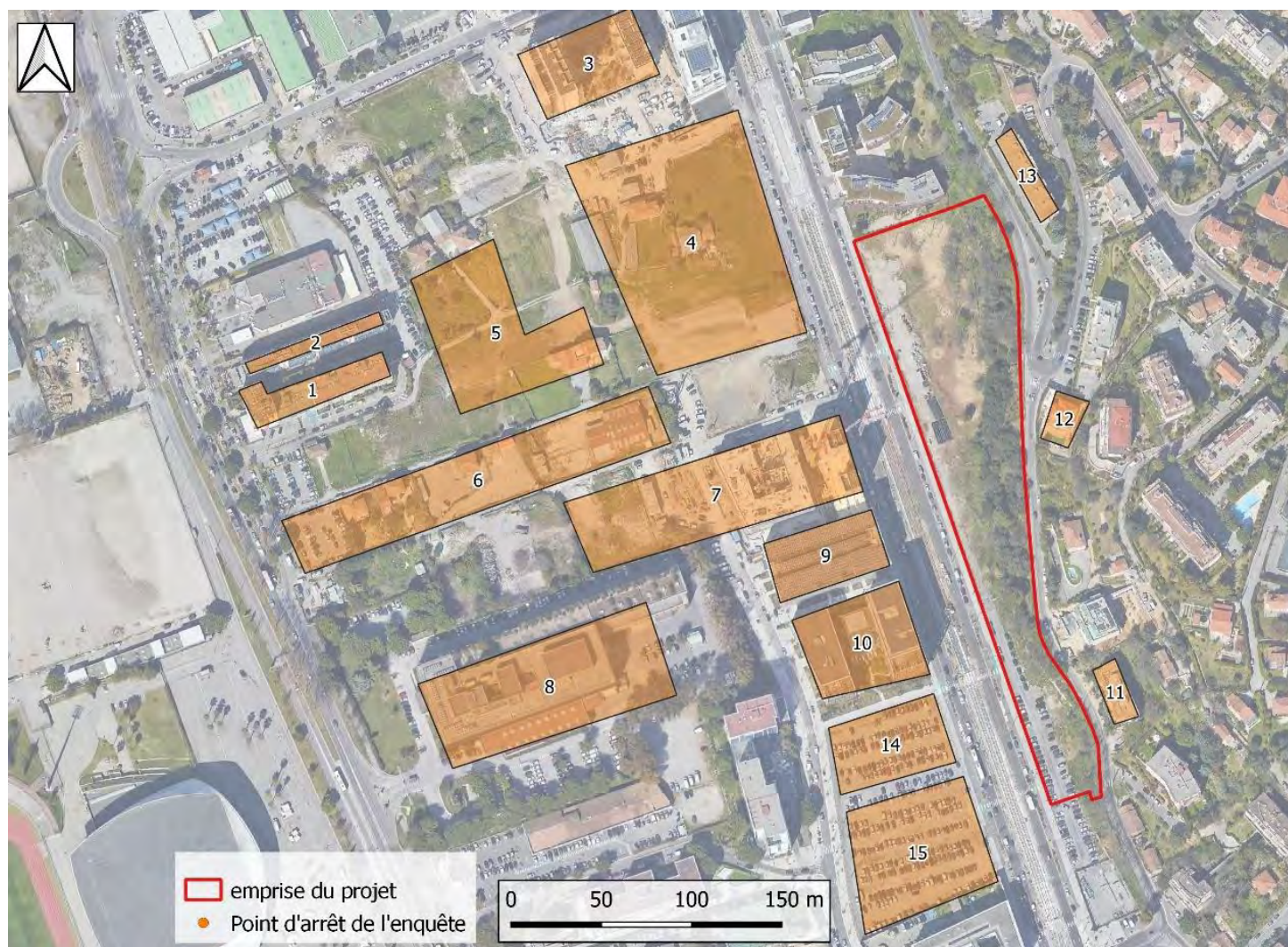


Figure 15. Périmètre de l'enquête de quartier

Tableau 6. Informations récoltées lors de l'enquête de quartier du 01.02.2023

N°	Adresse	Type de station	Informations recueillies
1	8 av. Pierre Isnard	Hôtel et logements collectifs (copropriété de sous-sol)	1 niveau de sous-sol. Problème d'infiltration d'eau lié probablement à la remontée de nappe d'après M. Chafi le gérant de l'hôtel ibis Bedreddine Chafi : 06.37.72.52.81
2	10 av. Pierre Isnard	Groupement de bureaux	Un niveau de sous-sol pour parking. Pas d'informations supplémentaire
3	48 rue Emmanuel Grout	Logements collectifs	Présence 2 niveaux de sous-sol pour parking. D'après un habitant, des fois il y a une lame d'eau de quelques cm au 2^{ème} niveau du parking venant probablement des précipitations
4	Projet Joia Meridia	Projet en cours de construction	Plusieurs niveaux de sous-sol avec un système de protection des parois moulées. Terrassement et pompage en cours Date de démarrage 28/04/2022 Le débit de pompage en régime stabilisé est de 3 m³/h
5	Projet Joia Meridia	Projet en cours de construction	Terrassement en cours – pas de pompage
6	Av. pierre Isnard	Travaux	Partie démolie
7	Av. Simone Veil	Bureaux – Université Nice Antipolis	Présence d'1 niveau de sous-sol. Bâtiment récent. Dans le cadre du projet INPHINI, une mesure piézométrique réalisée par la société FONDASOL indique une profondeur de nappe à 2,78 m /TN (8,72 m NGF) en date du 06.11.2018 Lors d'un sondage réalisé à la pelle mécanique suite à la crue de 2019 (récurrence décennale), le niveau de la nappe était à 0,2 m environ sous le fond de fouille du sous-sol correspondant à la cote 8,7 m NGF (source : M. DODSWORTH – Ingénieur géotechnicien)
8	214 Bd. du Mercantour	Bureaux de NICE MATIN	Présence d'1 niveau de sous-sol. Pas de traces d'infiltration ou de remontée de nappe Service Technique : 06.88.21.99.61
9	25 Av. Simone Veil	Parking aérien et souterrain	Parking aérien avec 1 niveau de sous-sol
10	21 Av. Simone Veil	Ensemble d'entreprise	Sans niveau de sous-sol (bâtiment récent)
11	Traversée des Maraîchers	Logements	Bâtiments avec un niveau semi enterré. Aucune remontée de nappe n'a été observée
12			
13			
14	Av. Simon Veil	Logements	Bâtiments récents. Un niveau commun en sous-sol. Aucune remontée de nappe n'a été observée
15	13 Av. Simone Veil	Campus Sud des Métiers	

Le recensement effectué au cours de l'enquête de quartier n'est pas exhaustif : il est possible que des parkings souterrains ou des sous-sols soient équipés de structures drainantes (de type de tapis drainant) qui constituent autant de points de prélèvements. Ceux-ci ne sont pas déclarés et il est inenvisageable, compte-tenu de la durée et de la difficulté que cela exigerait, de les recenser.

4. Estimation du niveau des plus hautes eaux souterraines

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

- Le battement saisonnier et interannuel ;
- La transmission des crues d'un cours d'eau dans l'aquifère ;
- L'arrêt éventuel de pompage (industriel, parkings souterrains, épuisement de fouille dans le cadre de travaux de génie civil ...) dans les environs du site étudié.

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

$$N_{\max} = N_{\text{actuel}} + B + A + R + \Delta h$$

Avec :

- N_{actuel} : niveau actuel de la nappe phréatique ;
- B : battement saisonnier et interannuel de la nappe dû à la recharge par infiltration des eaux de pluie ;
- A : amplitude de propagation d'une onde de crue dans la nappe ;
- R : remontée de la nappe induite par l'arrêt éventuel des pompages environnants ;
- Δh : effet barrage des infrastructures.

4.1 Evaluation du niveau actuel de la nappe (N_{actuel})

Le Niveau Actuel est donné par la mesure prise par GINGER BURGEAP le 01/02/2023. Compte-tenu de la période de mesure, il devrait s'agir d'un niveau de moyennes eaux.

Etant donné la taille du terrain (longueur 330 m environ), nous retiendrons en niveau actuel amont (nord du site) et en niveau actuel aval (sud du site) correspondants aux niveaux déterminés en fonction de la carte piézométrique faite le 01/02/2023 et de la position des infrastructures, à savoir :

$$N_{\text{Actuel}} (\text{Amont}) = 8,30 \text{ m NGF}$$

$$N_{\text{Actuel}} (\text{Aval}) = 7,35 \text{ m NGF}$$

4.2 Fluctuations saisonnières et interannuelles (B) et l'influence du Var (A)

Les battements saisonniers de nappe sont essentiellement liés à la recharge de la nappe par le Var et par les précipitations. Nous considérons donc que le battement saisonnier est intégré dans l'onde de crue. **Le suivi piézométrique réalisé est très court (3,5 mois). Par ailleurs il a été effectué sur une période qui n'a pas été particulièrement arrosée et sans crue significative du Var. Il ne permet donc pas de déterminer l'amplitude des variations piézométriques maximales qui pourraient être induites par ces 2 phénomènes.** Toutefois, nous disposons d'un suivi piézométrique dans la base de données ADES (portail national d'Accès aux Données des Eaux Souterraines) effectué sur un ouvrage de référence situé sur la commune de Nice à 1,4 km en amont du site du projet (piézomètre BSS002HEZT) et sur lequel nous nous sommes basés pour effectuer une corrélation avec les mesures de l'ilot voisin et évaluer les fluctuations maximales de nappe liées à l'impact des crues du Var et de la pluviométrie.

4.2.1 Analyse des données du piézomètre ADES

Le suivi journalier du piézomètre ADES (BSS002HEZT) est effectif depuis 53 ans (depuis 1970) et est situé dans un contexte hydrologique et hydrogéologique similaire à celui du projet. La chronique qui en résulte est présentée en **Figure 16**.

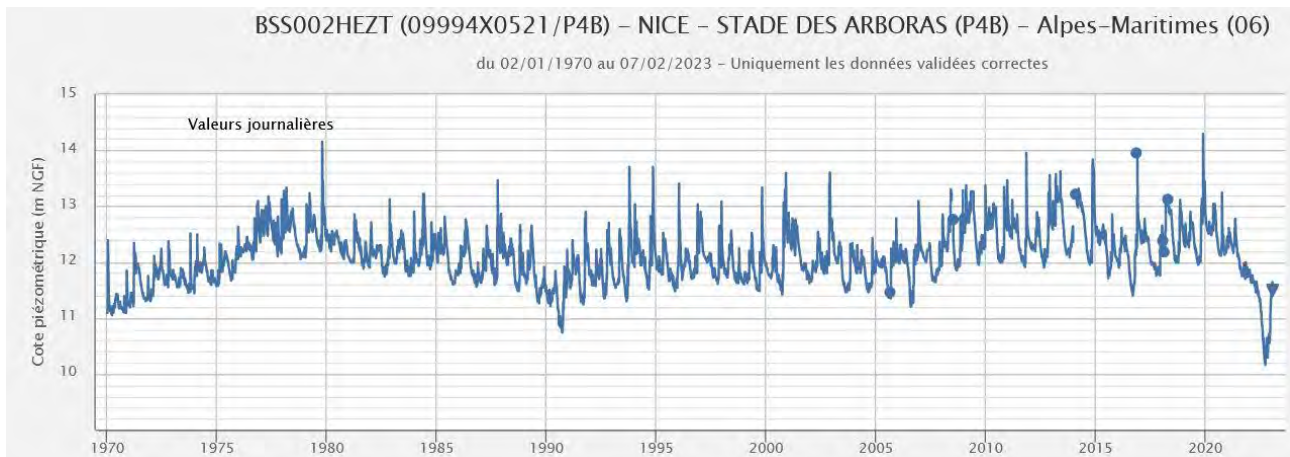


Figure 16. Variations piézométriques de l'ouvrage de référence BSS002HEZT (source : ADES)

Afin d'estimer un ordre de grandeur de battement triennal, quinquennal, décennal, vingtenal, cinquantennal et centennal de la nappe, nous avons extrait les cotes annuelles maximales mesurées sur l'ensemble de la chronique (53 valeurs au total) puis nous les avons ensuite ajustées de manière statistique par la méthode de Gumbel (Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

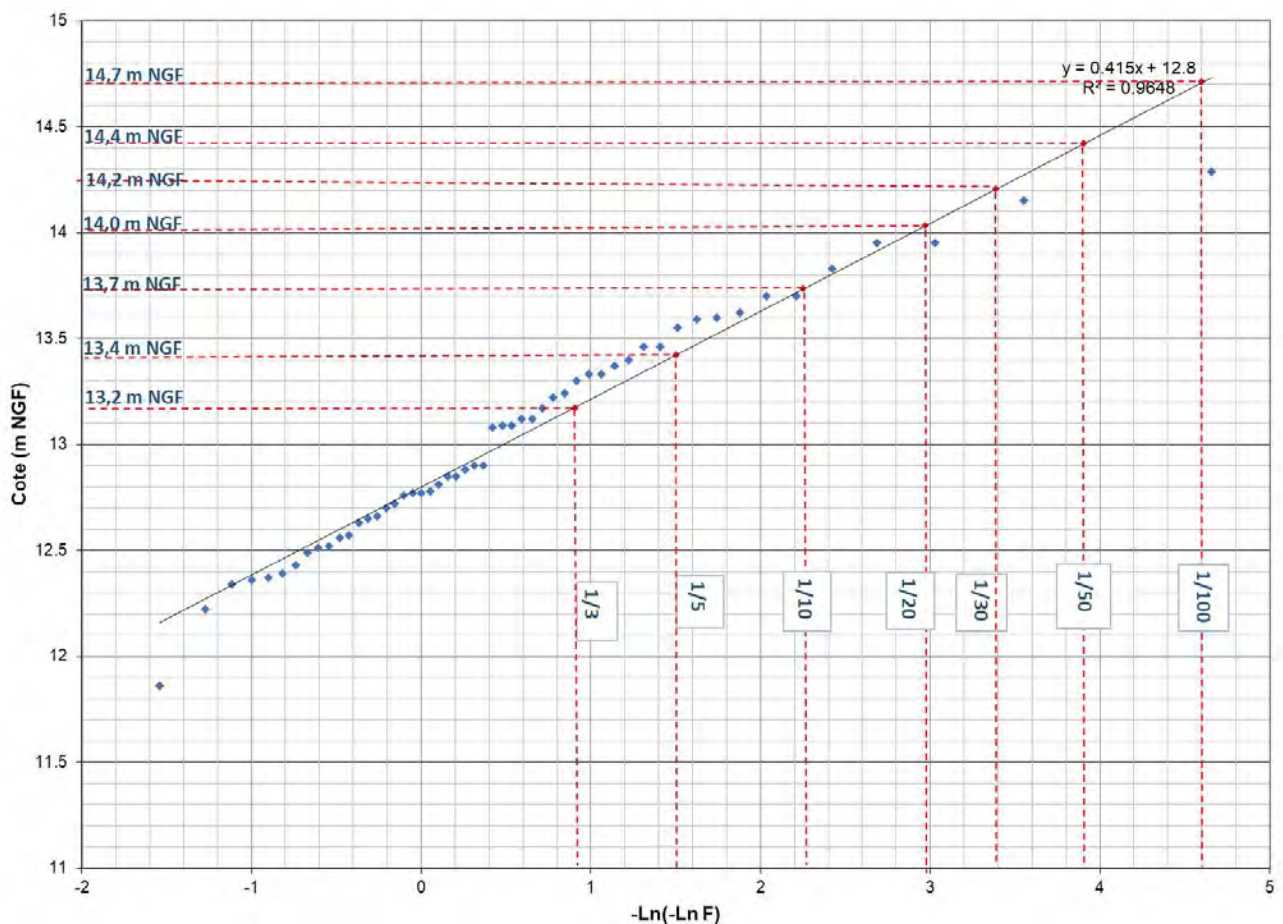


Figure 17. Ajustement des cotes maximales annuelles par la loi de Gumbel sur la période 1970-2022 (piézomètre ADES- BSS002HEZT)

Cet ajustement a permis de déterminer des pics piézométriques sur l'ouvrage BSS002HEZT (ADES) pour différentes récurrences :

- Triennale à 13,2 m NGF ;
- Quinquennale à 13,4 m NGF ;
- Décennale à 13,7 m NGF ;
- Vingtennale à 14,0 m NGF ;
- Trentennale à 14,2 m NGF ;
- Cinquantennale à 14,4 m NGF ;
- Centennale à 14,7 m NGF.

Pour déterminer les battements de la nappe correspondant, nous avons retranché aux pics piézométriques déterminés précédemment le niveau statique mesuré sur l'ouvrage ADES à la date de référence prise en compte (01/02/2023 ; NS = 11,51 m NGF).

On obtient :

- En récurrence triennale, un battement de 1,66 m ;
- En récurrence quinquennale, un battement de 1,91 m ;
- En récurrence décennale, un battement de 2,22 m ;
- En récurrence vingtennale, un battement de 2,52 m ;
- En récurrence trentennale, un battement de 2,70 m ;
- En récurrence cinquantennale, un battement de 2,91 m ;
- En récurrence centennale, un battement de 3,20 m.

Ces valeurs de battements sont valables pour l'ouvrages ADES. Pour vérifier si ces valeurs sont transposables au site, nous avons effectué une corrélation avec les données acquises sur site lors du suivi piézométrique de 3,5 mois.

4.2.2 Corrélation entre la piézométrie de l'ouvrage ADES et le site du projet

La figure suivante (**Figure 18**) présente les chroniques acquises sur site (SD1-PZ) et sur le piézomètre ADES, sur la période de suivi allant du 10/11/2022 au 22/02/2023.

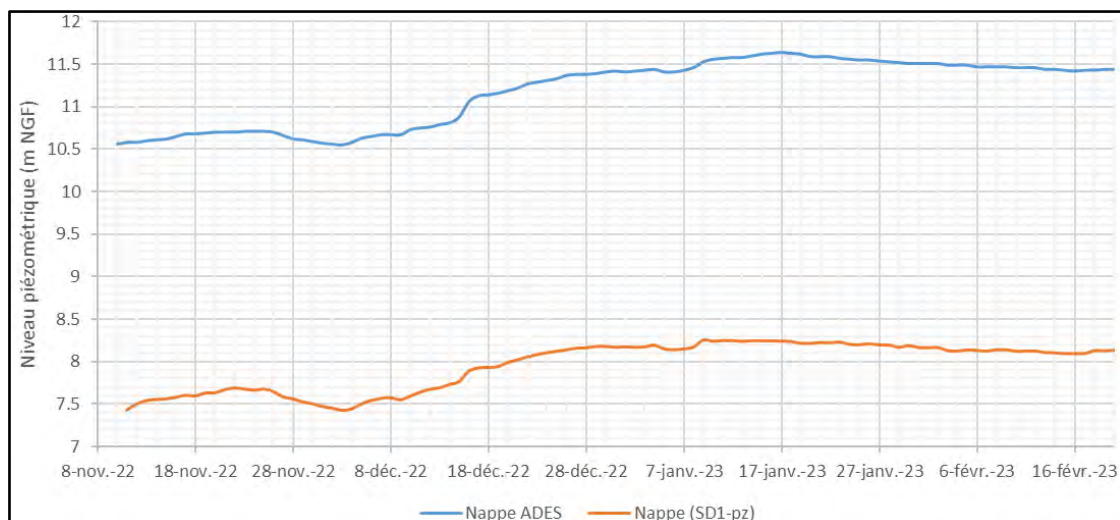


Figure 18. Comparaison entre les variations piézométriques du piézomètre BSS002HEZT et celles du site (SD1-PZ)

Sur cette période, le niveau de la nappe a varié de l'ordre de 0,95 m au droit du piézomètre ADES contre 0,84 m au droit du site. Les fluctuations de nappe semblent donc être légèrement plus faibles au droit du site (moindre impact du Var lié à sa position plus éloignée ?). Elles constituent environ 88 % de celles du suivi ADES.

Compte tenu des éléments précités, nous ferons l'hypothèse que les battements saisonniers déterminés sur l'ouvrage ADES sont transposables au site, moyennant un facteur de corrélation de 0,88. Ainsi, nous retiendrons :

- B3 ans = 1,5 m ;
- B 5 ans = 1,7 m ;
- B 10 ans = 2,0 m ;
- B 20 ans = 2,2 m ;
- B 30 ans = 2,4 m ;
- B 50 ans = 2,6 m ;
- B 100 ans = 2,8 m.

4.3 Influence des pompages voisins (R)

Des pompages, existants à proximité ou à distance du site, créent un rabattement du niveau de la nappe, dans une proportion qui dépend des propriétés des terrains et du débit de pompage.

En cas d'arrêt de ces prélèvements, le niveau de la nappe remonterait. Ce relèvement potentiel qui s'additionne au battement saisonnier est à prendre en compte dans l'estimation prévisionnelle des niveaux de plus hautes eaux.

Les pompages recensés sont synthétisés dans le **Tableau 7** et reportés sur la **Figure 19**.

Tableau 7. Prélèvements en nappe recensés dans le secteur d'étude (BNPE)

N° sur la figure	Nom du préleveur	Type d'usage	Distance au site (m)	Débit d'exploitation en 2020 (m³/h)
1	Champ captant du Puget	AEP	2100	400
2	Champ captant des prairies	AEP	550	114
3	Champ captant des Sagnes	AEP	950	800
4	Azuréenne de Granulats	Industriel	850	100

En plus de ces prélèvements, il existe à proximité du site un réseau de géothermie sur nappe qui a démarré son exploitation en juillet 2021. Ce réseau est composé de puits de pompage localisés en amont du projet (au nord) et de puits d'injection en aval hydraulique côté sud (**Figure 20**). Le débit actuel d'exploitation est de 600 m³/h.

Afin de déterminer l'impact des ouvrages sur la nappe au droit du site, nous avons simulé l'arrêt des pompages les plus influents à l'aide du modèle numérique FEFLOW. L'incidence de l'arrêt de pompage du champ captant des prairies est présentée sur la **Figure 21**. L'impact du réseau géothermique actuel et futur est présenté sur la **Figure 22**.

A noter que les travaux de terrassement en cours de réalisation pour le parking JOIA MERIDIA n'ont pas d'impact significatif au droit du projet. En effet, d'après nos informations, les débits de pompage dans ce secteur des travaux sont actuellement de l'ordre de 2 à 3 m³/h, extraits de la nappe des alluvions inférieures. Compte tenu de la distance au site et de la forte perméabilité de la nappe des alluvions supérieures, leur impact est estimé comme étant nul.



Figure 19. Pompages recensés à proximité de la zone d'étude hors forage de géothermie (source : GINGER BURGEAP)

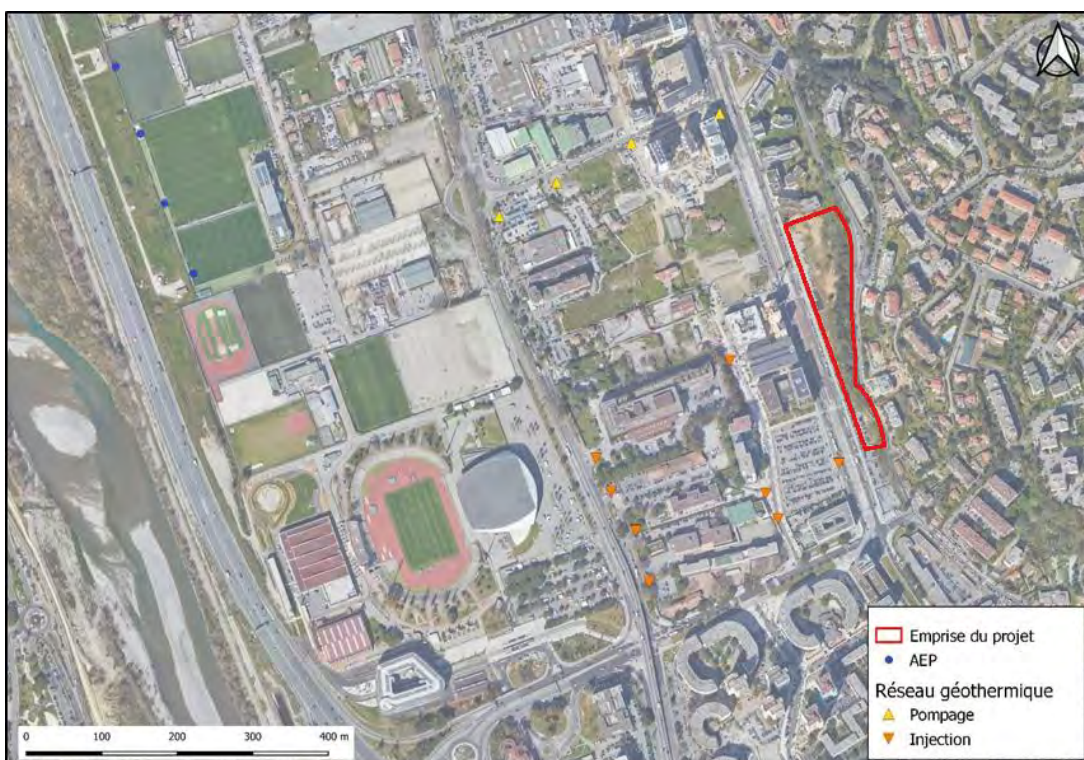


Figure 20. Réseau géothermique présent à proximité du site du projet

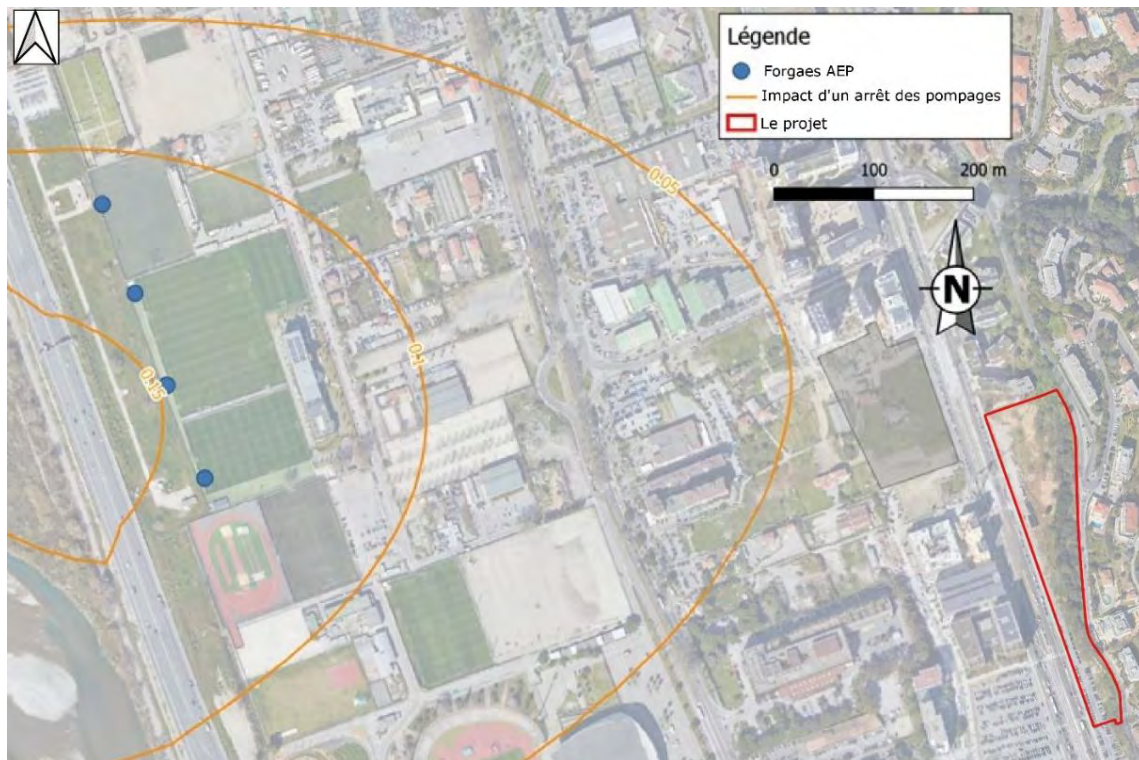


Figure 21. Simulation de l'impact hydraulique sur la nappe en cas d'arrêt du pompage du champ captant des prairies

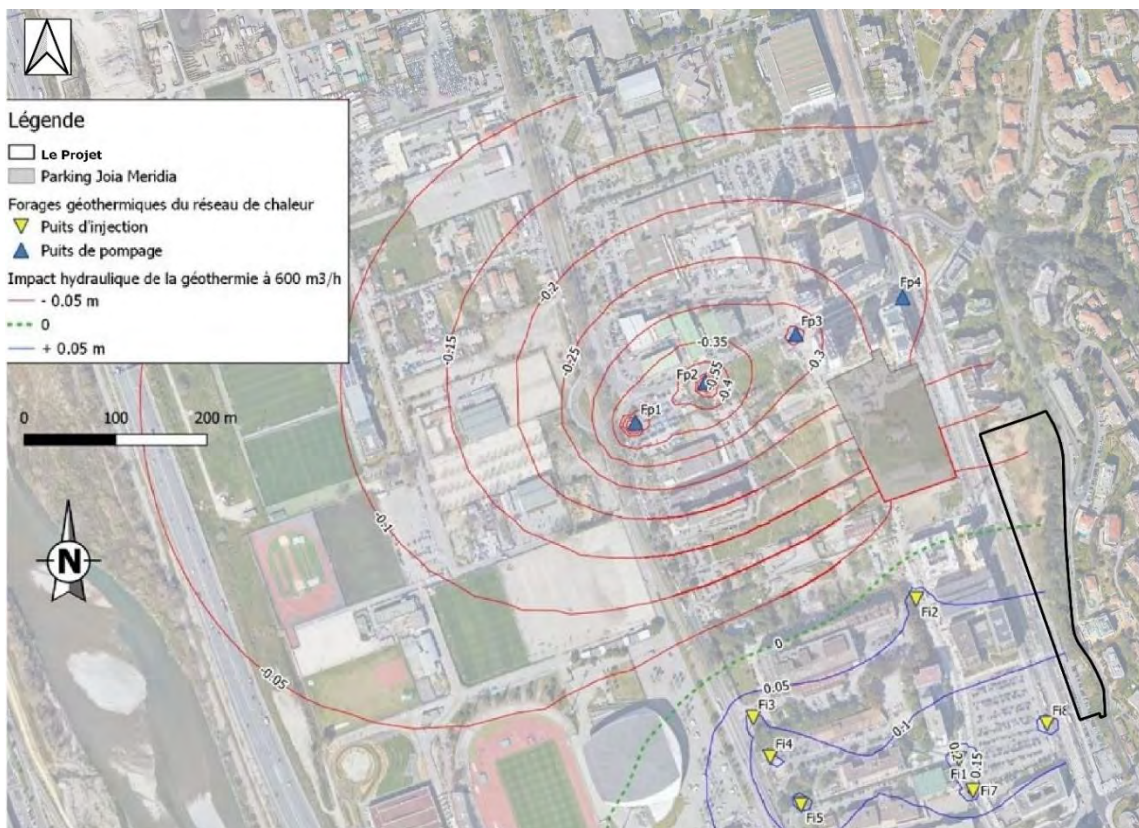


Figure 22. Simulation de l'impact hydraulique futur du réseau géothermique (débit à 600 m³/h) sur la nappe au droit du site du projet

Le résumé des résultats de cette simulation est présenté dans le tableau suivant (**Tableau 8**) :

Tableau 8. Résultats de la simulation numérique sous FEFLOW

Pompage considéré	Incidence simulée sur la nappe de la partie amont du projet (m)	Incidence simulée sur la nappe de la partie aval du projet (m)
Arrêt de pompage AEP (champ captant des prairies)	négligeable	négligeable
Pompage réseau géothermique	-0,05	+0,10

Pour le calcul du niveau NPHE de la nappe, nous prendrons en compte l'impact de l'arrêt du pompage AEP des Prairies ainsi que l'arrêt du pompage géothermique actuel puisque le calcul est basé sur le niveau actuel de la nappe.

Ainsi, nous retiendrons :

$$R = + 0,05 \text{ m (partie amont)}$$

$$R = - 0,1 \text{ m (partie aval)}$$

4.4 Effet barrage des infrastructures

Lorsqu'un projet occulte toute ou partie de la hauteur d'un aquifère (ou du moins une partie significative d'un aquifère), il se produit un effet barrage qui se traduit par un relèvement du niveau de la nappe en amont et par un rabattement en aval. Ce phénomène s'observe le plus souvent sur des aquifères peu épais et peu perméables. L'effet barrage est d'autant plus fort que le bâtiment est orienté perpendiculairement aux sens d'écoulement et que le gradient de nappe est élevé.

Le relèvement maximum en amont des infrastructures (ou l'abaissement maximum en aval) peut être évalué grâce à la formule analytique suivante :

$$\Delta h = Li$$

Avec :

- Δh : relèvement ou abaissement en m (paramètre recherché) ;
- L : demi longueur de l'obstacle perpendiculaire à l'écoulement et interceptant la nappe (34 m) ;
- i : gradient d'écoulement de la nappe (0,25 %). Ce gradient a été estimé en utilisant la carte piézométrique de la zone d'étude (**Figure 12**).

L'aquifère considéré pour les calculs est celui des alluvions récentes dont la base est fixée vers 15 m de profondeur.

L'estimation de l'effet barrage est présentée dans le tableau suivant (**Tableau 9**).

Tableau 9. Calcul de l'effet de barrage au droit de la partie amont du projet

Niveau piézométrique à différentes récurrences	Δh	Epaisseur saturée (m)	Epaisseur occultée (m)	% occultation	Effet de barrage (cm)
Actuel = 8,30	$\Delta h = 0.0025 \times 34 = + 8.5$ cm	5,8	0	0	+ 0
1/3 = 9,6		7,1	0,1	1	+ 0,1
1/5 = 9,9		7,4	0,4	5	+ 0,5
1/10 = 10,1		7,6	0,6	8	+ 0,7
1/20 = 10,4		7,9	0,9	11	+ 1,0
1/30 = 10,5		8,0	1,0	13	+ 1,1
1/50 = 10,7		8,2	1,2	15	+ 1,2
1/100 = 11,0		8,5	1,5	18	+ 1,5

Tableau 10. Calcul de l'effet de barrage au droit de la partie aval du projet

Niveau piézométrique à différentes récurrences	Δh	Epaisseur saturée (m)	Epaisseur occultée (m)	% occultation	Effet de barrage (cm)
Actuel = 7,35	$\Delta h = 0.0025 \times 34 = - 8.5$ cm	7,3	0	0	-0
1/3 = 8,70		8,7	0	0	-0
1/5 = 9,0		9,0	0	0	-0
1/10 = 9,2		9,2	0	0	-0
1/20 = 9,5		9,5	0	0	-0
1/30 = 9,6		9,6	0,1	1	-0,1
1/50 = 9,80		9,8	0,3	3	-0,3
1/100 = 10,1		10,1	0,6	6	-0,5

L'effet barrage est donc négligeable. Nous retiendrons en définitive :

$$\Delta h = 0 \text{ m}$$

4.5 Evaluation du niveau des plus hautes eaux

L'addition au niveau actuel des différents paramètres pris en compte, permet d'approcher le niveau des plus hautes eaux au droit du site d'étude (**Tableau 11 et Tableau 12**) ainsi que les niveaux caractéristiques de nappe selon l'EUROCODE (**Tableau 13**) .

Tableau 11. Evaluation du Niveau des Plus Hautes Eaux au droit de la partie amont du projet

	Réurrence 1/3	Réurrence 1/5	Réurrence 1/10	Réurrence 1/20	Réurrence 1/30	Réurrence 1/50	Réurrence 1/100
N_{actuel} (m NGF)	8,30						
B + A (battement saisonnier et influence du Var (m)	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
R (impact des prélèvements en nappe, en m)	+0,05	+0,05	+0,05	+0,05	+0,05	+0,05	+0,05
Effet barrage (m)	0						
NPHE (m NGF)	9,6	9,9	10,1	10,4	10,5	10,7	11,0

Tableau 12. Evaluation du Niveau des Plus Hautes Eaux au droit de la partie aval du projet

	Réurrence 1/3	Réurrence 1/5	Réurrence 1/10	Réurrence 1/20	Réurrence 1/30	Réurrence 1/50	Réurrence 1/100
N_{actuel} (m NGF)	7,35						
B + A (battement saisonnier et influence du Var (m)	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
R (impact des prélèvements en nappe, en m)	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Effet barrage (m)	0						
NPHE (m NGF)	8,7	9,0	9,2	9,5	9,6	9,8	10,1

Tableau 13. Niveaux caractéristiques de nappe selon EUROCODE

	Equivalence EUROCODE	Partie amont du projet (m NGF)	Partie aval du projet (m NGF)
Valeur médiane sur la période de référence (50 ans)	EB	8,6	7,8
Niveau dépassé pendant 1 % du temps sur la période de référence (50 ans)	EF	9,7	8,9
Triennale (1/3)	-	-	-
Quinquennale (1/5)	-	-	-
Décennale (1/10)	-	-	-
Cinquantennal (1/50)	EH	10,7	9,8
Centennale (1/100)	EE	11,0	10,1

5. Conclusion et recommandations

La société ALTOA a confié au bureau d'études GINGER BURGEAP une étude prévisionnelle du Niveau des Plus Hautes Eaux souterraines (NPHE) au droit d'un projet immobilier situé avenue Simon Veil à Nice et a sollicité une évaluation préliminaire anticipée après un court suivi piézométrique.

Pour ce projet et à la date de rédaction de ce rapport, il est envisagé la construction d'un ensemble de plusieurs tours avec un niveau de parking indépendant encastré dans la falaise. En aval, il n'est prévu qu'un niveau de sous-sol. Il est prévu la réalisation de terrassements atteignant au maximum environ 16 m de hauteur en partie Est du site et environ 3 m de hauteur au droit de l'emprise du niveau des sous-sols.

L'aquifère principal sollicité par le projet concerne une nappe superficielle s'écoulant dans les alluvions récentes du Var. Les mesures piézométriques acquises montrent que le niveau actuel serait situé entre 7,37 et 8,12 m NGF par conséquent à une cote inférieure aux infrastructures projetées. Ce niveau est particulièrement bas par rapport aux niveaux historiques moyen. Le niveau actuel de la nappe phréatique peut toutefois remonter en raison des phénomènes suivants :

Le battement saisonnier et interannuel, L'impact d'une crue du Var, et l'influence des pompages voisins.

Le battement saisonnier de la nappe et l'impact des crues du Var ont été estimés à l'aide d'un suivi piézométrique de 3,5 mois et d'une corrélation avec un piézomètre ADES disposant d'une chronique piézométrique de très longue durée (53 années). L'influence des pompages voisins a quant à elle été estimée à l'aide d'une modélisation numérique.

Les niveaux des plus hautes eaux ont été définis pour des battements de récurrences triennale, quinquennale, décennale, vingtennale, trentennale, cinquantennale et centennale au droit du projet (amont hydraulique et aval hydraulique). Les niveaux caractéristiques obtenus à partir de cette approche sont les suivants :

- Évènement triennal : 9,6 m NGF (amont) et 8,7 m NGF (aval) ;
- Évènement quinquennal : 9,9 m NGF (amont) et 9,0 m NGF (aval) ;
- Évènement décennal : 10,1 m NGF (amont) et 9,2 m NGF (aval) ;
- Évènement vingtennal : 10,4 m NGF (amont) et 9,5 m NGF (aval) ;
- Évènement trentennal : 10,5 m NGF (amont) et 9,6 m NGF (aval) ;
- Évènement cinquantennal : 10,7 m NGF (amont) et 9,8 m NGF (aval) ;
- Évènement centennal : 11,0 m NGF (amont) et 10,1 m NGF (aval).

Les Niveaux caractéristiques de nappe selon EUROCODE sont les suivants :

- **EB (valeur de nappe médiane) : 8,6 m NGF (amont) et 7,8 m NGF (aval) ;**
- **EF (valeur de nappe dépassée 1 % du temps) : 9,7 m NGF (amont) et 8,9 m NGF (aval) ;**
- **EH (valeur cinquantennale) : 10,7 m NGF (amont) et 9,8 m NGF (aval) ;**
- **EE (valeur centennale) : 11,0 m NGF (amont) et 10,1 m NGF (aval).**

Afin d'optimiser ces calculs, nous conseillons de poursuivre le suivi piézométrique instrumenté au droit du site, à minima jusqu'à la fin de l'automne 2023, et idéalement sur une durée d'un an afin de fiabiliser les données de la NPHE.

Concernant la nappe des poudingues à l'Est de la parcelle, nous ne possédons pas actuellement d'informations. Cette nappe pourrait avoir une cote bien plus haute, avoir une direction d'écoulement différent de la nappe alluviale et un gradient d'écoulement d'eau plus fort. Elle pourrait être susceptible de générer un effet barrage important. Si c'est techniquement possible (accès et non interception préalable de l'aquifère alluvial), il serait souhaitable d'installer un piézomètre captant uniquement les poudingues à l'Est de la parcelle. Une observation attentive des terrains devra être faite à l'ouverture des travaux afin de vérifier si des écoulements d'eau sont présents. Dans ce cas, il pourra être judicieux de disposer de géotextiles composites drainants contre les voiles entaillant le talus connecté à une base drainante à poser sous la dalle pour permettre à l'eau venant éventuellement des poudingues de s'infiltrer dans la nappe alluviale et drainer un potentiel différentiel de pression entre les 2 aquifères.

Il est important de rappeler que la présente étude a été réalisée sur la base des connaissances techniques et scientifiques disponibles à la date de sa réalisation et que les niveaux d'eau ont été évalués de manière prudente en fonction des données piézométriques disponibles, conformément aux recommandations de la norme NF P 94-261. Il appartient au maître d'ouvrage de choisir une cote de niveau d'eau dimensionnante sur la base des résultats de cette étude, qui constitue une aide à la décision.



ANNEXES

Annexe 1. Coupe des piézomètres

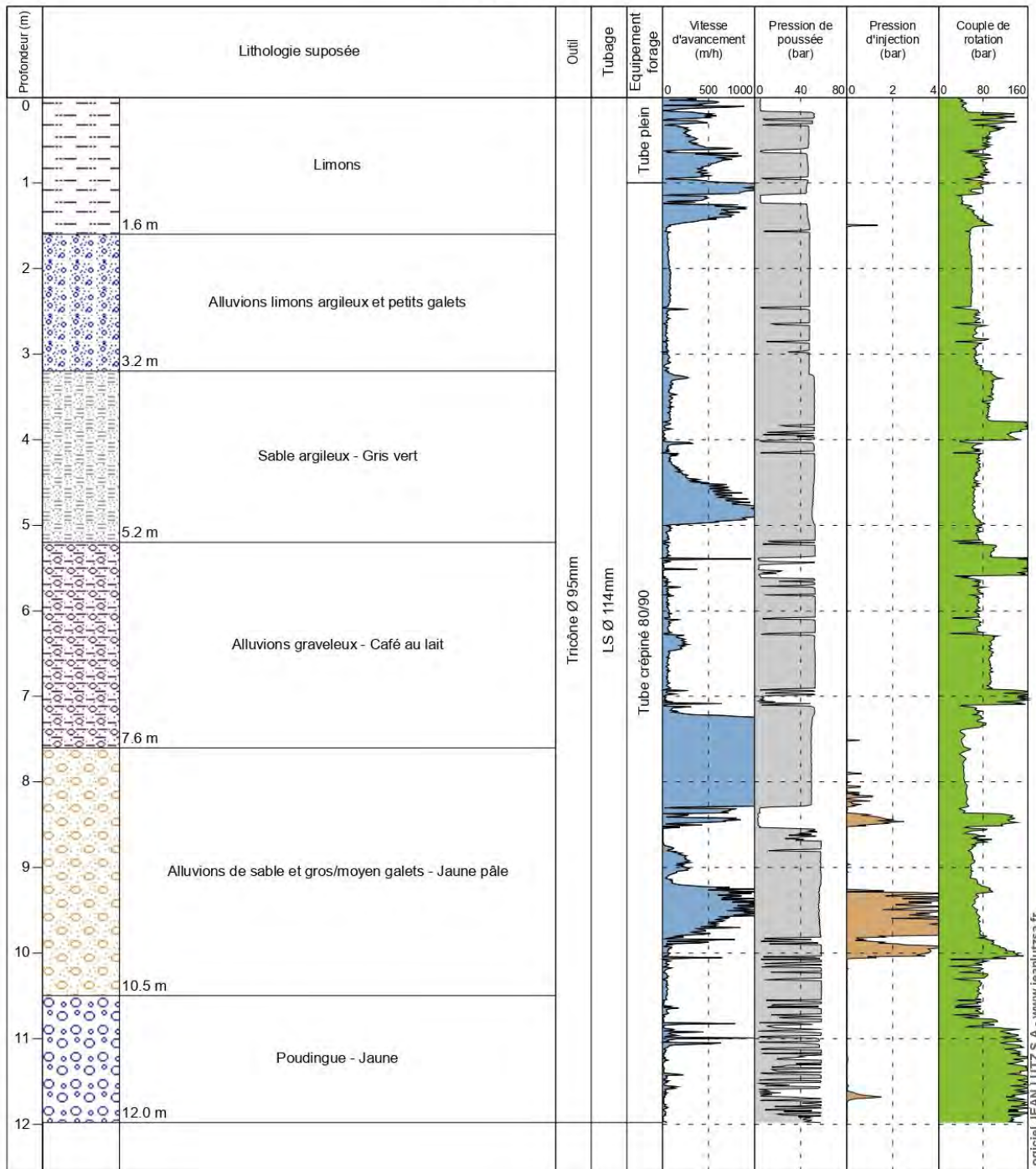
Cette annexe contient 4 pages.

	G2AVP Ilôt des maraîchers			(Contrat CNI2.M.238)
	Date début : 21/12/2022	Cote NGF :	Profondeur : 0.00 - 11.98 m	
	Date fin : 21/12/2022	Machine : M303	X :	
		Client : ALTOA	Y :	

1/60

Forage : SD+Pz1

EXGTE 3.23.3/LB2GEO110FR

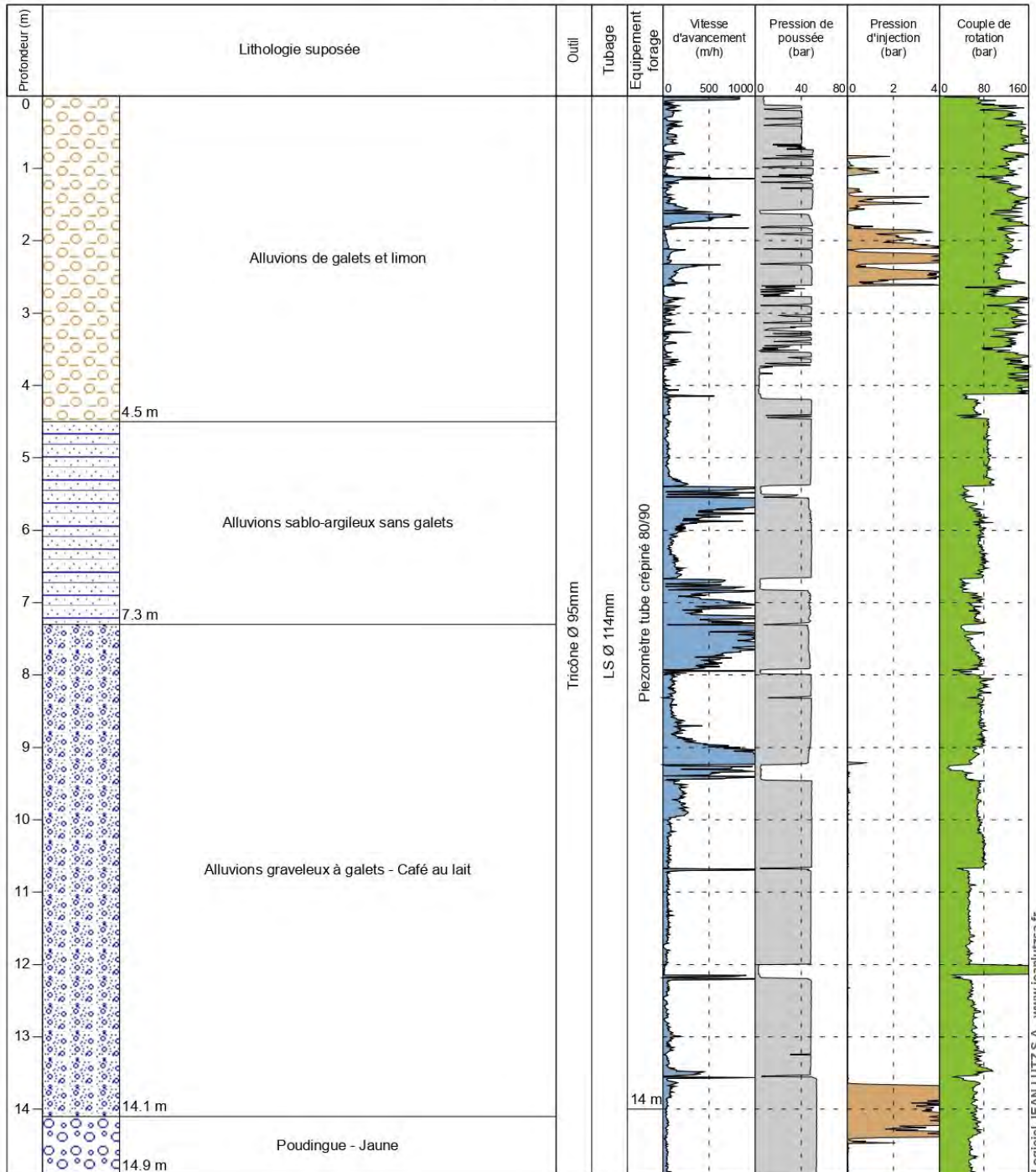


	(Contrat CNI2.M.238)		
	G2AVP Ilôt des maraîchers		
	Date début : 20/12/2022	Cote NGF :	Profondeur : 0.00 - 14.91 m
	Date fin : 20/12/2022	Machine : M303	X :
		Client : ALTOA	Y :

1/71

Forage : SD+Pz2

EXGTE 3.23.3/LB2GEO110FR

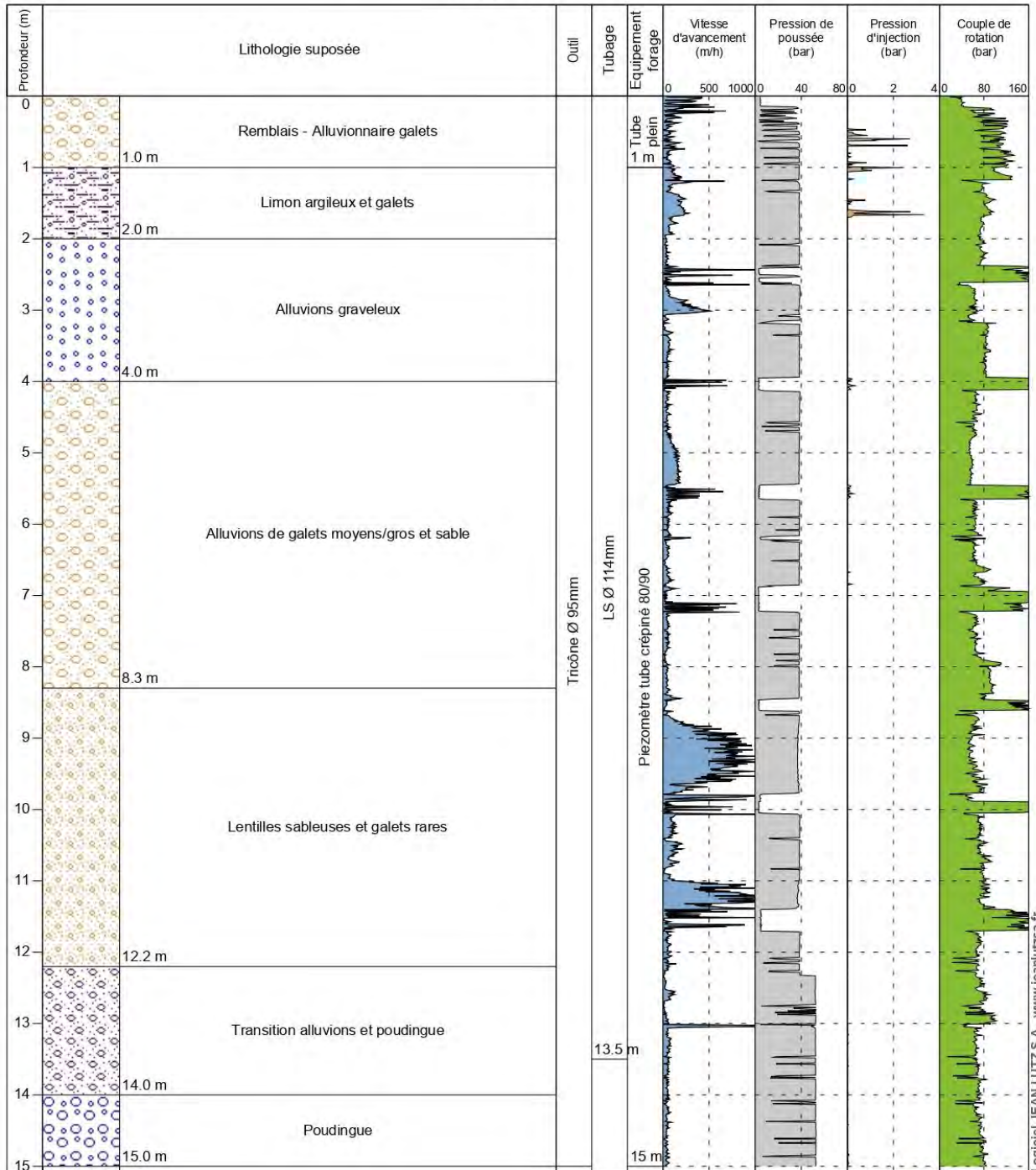


	G2AVP Ilôt des maraîchers			(Contrat CNI2.M.238)
	Date début : 21/12/2022 Date fin : 21/12/2022	Cote NGF : Machine : M303 Client : ALTOA	Profondeur : 0.00 - 15.00 m X : Y :	

1/72

Forage : SD+Pz3

EXGTE 3.23.3/LB2GEO110FR

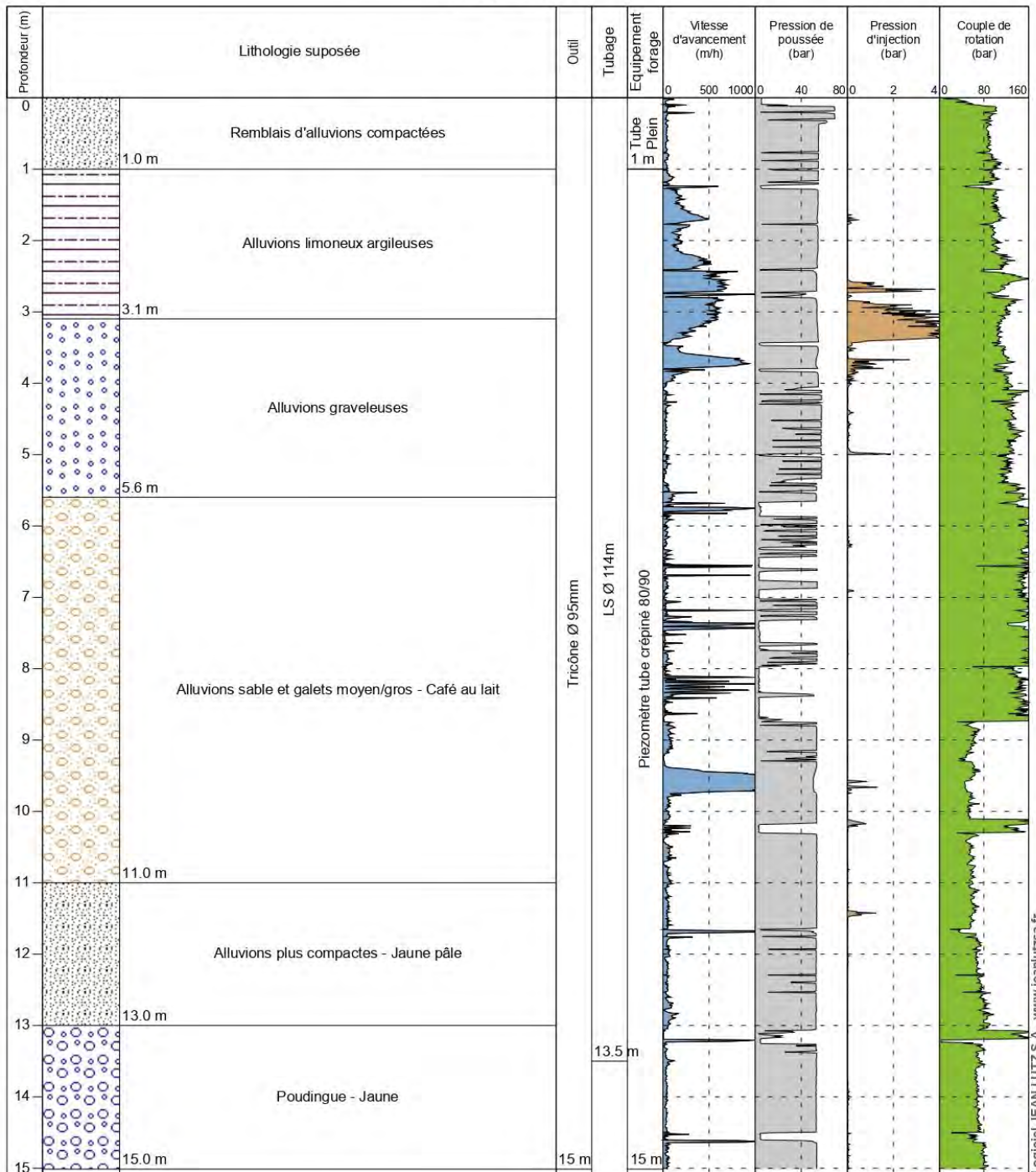


	G2 AVP Ilôt des maraîchers			(Contrat CNI2.M.238)
	Date début : 22/12/2022	Cote NGF :	Profondeur : 0.00 - 15.01 m	
	Date fin : 22/12/2022	Machine : M303	X :	
		Client : ALTOA	Y :	

1/72

Forage : SD+Pz4

EXGTE 3.23.3/LB2GEO110FR



Annexe 2. Extrait de la carte PPRI du Var

Cette annexe contient 1 page.

