

# Aménagement de la Sortie Ouest de la Voie Mathis Phase 1 Commune de Nice

**Annexes facultatives au Cerfa n°14734\*03**  
« Examen au cas par cas »



# SOMMAIRE

- ANNEXE I - MODALITES DE REALISATION DES POMPAGES**
- ANNEXE II - MESURES VISANT A LIMITER LE VOLUME DE PRELEVEMENT**
- ANNEXE III - ETUDE D'INCIDENCE HYDROGEOLOGIQUE**
- ANNEXE IV - COMPATIBILITE AVEC LE SAGE NAPPE ET BASSE VALLEE DU VAR**
  - IV.1 - PRESENTATION**
  - IV.2 - COMPATIBILITE DU PROJET**
    - IV.2.1 - AVEC LES OBJECTIFS ET ORIENTATIONS STRATEGIQUES**
    - IV.2.2 - AVEC LE PAGD**
    - IV.2.3 - AVEC LE REGLEMENT**
  - IV.3 - CONCLUSION**
- ANNEXE V - ETUDE D'IMPACT, 2015**
- ANNEXE VI - EVALUATION SIMPLIFIEE DES INCIDENCES NATURA 2000, 2015**
- ANNEXE VII - AVIS OBLIGATOIRES SUR LE PROJET, 2015**
- ANNEXE VIII - REPONSE A L'AVIS DE L'AUTORITE ENVIRONNEMENTALE, 2016**

## **ANNEXE I - MODALITES DE REALISATION DES POMPAGES**

Voir pages suivantes.

## Note technique des pompages

### 1.1. Nécessité du pompage sur le projet

#### Stabilité durant le terrassement

La géologie type présente au droit du projet est constituée d'une couche de limons argileux s'étendant au-delà du fond de fouille et qui par ailleurs crée une mise en pression de la nappe profonde des sables et galets.

En l'état, avant travaux, l'épaisseur de limons argileux présente au-dessus des sables et galets est suffisante pour contrer la sous-pression amenée par la nappe inférieure.

Lors du terrassement, nous allons induire une réduction de l'épaisseur des limons. Le potentiel hydraulique de la nappe restera lui inchangé. Si la sous-pression constatée n'est pas soulagée nous ferons face à un risque UPL (soulèvement des terrains à la suite d'une perte de l'équilibre statique).

**Pour cela, il est nécessaire de réaliser des puits au travers de la couche de limons argileux et jusque dans les sables et galets pour pouvoir capter la nappe et diminuer la sous-pression.**

### 1.2. Caractéristique du dispositif de pompage

#### Puits de pompage

##### Espacement des ouvrages

A ce stade des études, l'espacement préconisé est de plus ou moins 15 ml entre les ouvrages.

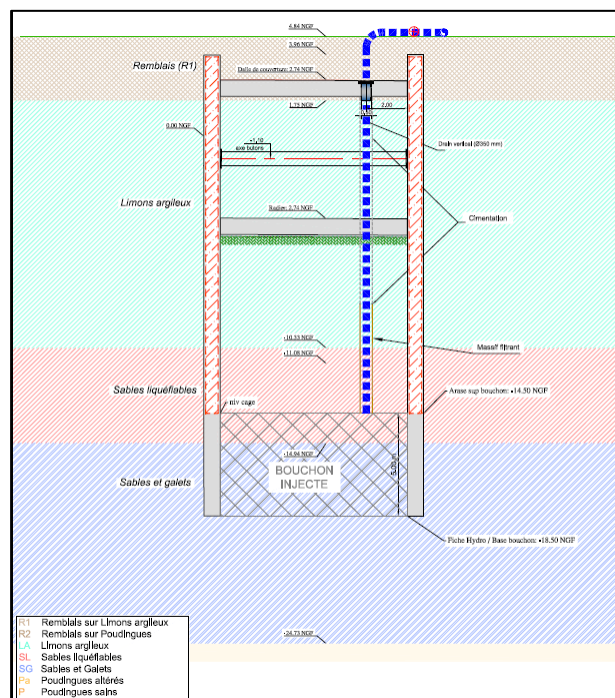
##### Forage

Les ouvrages seront réalisés avec la méthode de forage à l'ODEX et un diamètre de forage de 350 mm.

##### Équipement du puit

Les puits seront équipés de crépines en fil enroulés inox ou acier diamètre 193/187 mm avec une ouverture de 0,3 mm.

Cette crépine sera placée sur toute la hauteur disponible de couches drainantes, à savoir, depuis le toit du bouchon injecté jusqu'à la base des limons argileux (terrains crépinés = sables et galets, sables liquéfiables) :



## Système de pompage

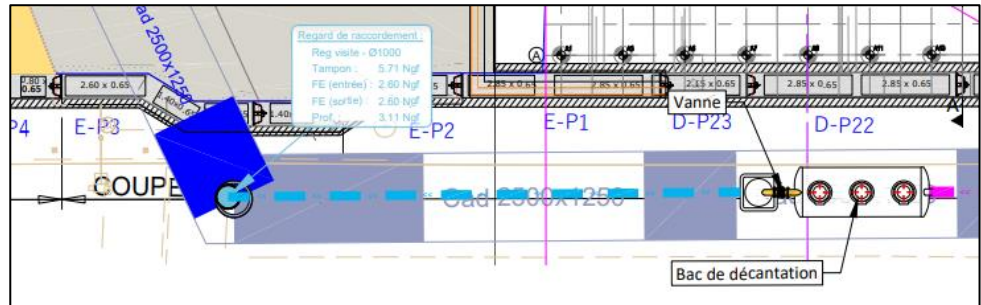
L'ensemble des puits seront équipés de pompes immergées et de sondes piézométriques.

## Rejets des eaux pompées

### Point de rejet

L'ensemble des eaux pompées sera amené dans un réseau de collecte unique qui est rejeté dans le réseau EP via un cadre.

Le système est présenté dans l'extrait de plan ci-dessous :



## Système de filtration

Avant tout rejet, les eaux pompées seront traitées à travers un bac de décantation.

Ce dernier sera muni d'une vanne pour permettre les prélèvements et analyses qui attesteront de la conformité des eaux rejetées avec les critères de rejet imposé par la métropole de Nice.

Le tableau des caractéristiques à mesurer est rappelé ci-dessous :

Le pétitionnaire met en place, pour les déversements d'eaux de pompage de nappe, un programme de mesures dont la nature et la fréquence sont les suivants :

Analyse	Fréquence
Matières en suspension (MES)	1 analyse pour chaque rejet d'une durée compatible avec le mode opératoire de prélèvement.
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	
Demande Biologique en Oxygène (DBO5)	
Température	
pH	
Conductivité	
Azote Global (NGL)	
Phosphore total (Pt)	
Hydrocarbures totaux	

Le bac de décantation sera également équipé d'un compteur permettant un suivi des volumes pompés et l'adéquation de ce volume avec les notes de calculs du pompage.

## Alimentation électrique

### Phase service

L'ensemble du système de pompage sera raccordé sur secteur pour un fonctionnement 24h/24.

### Système de secours

Un groupe de secours sera en place pour prendre le relais et palier à une éventuelle coupure du réseau. Cela assurant un fonctionnement continu du dispositif.

## Surveillance


### Alerte GSM

Un système de suivi sera aussi mis en place avec des alertes GSM en cas d'évolution anormale des niveaux de nappe ou de panne de l'alimentation.

### Intervention

En cas d'alerte et de déclenchement du système de secours, une intervention sera systématiquement déclenchée pour s'assurer de la mise en route du groupe de secours annexe.

# Annexe 1 | Fiche technique du bac de décantation



**FICHE TECHNIQUE TRAITEMENT** ♦ **TREATMENT DATA SHEET**

**Unité de Décantation Lamellaire, Séparation d'hydrocarbures**

▶ NEPHROS ▶ AVEC DÉBOURBEUR INTÉGRÉ, BLOCS LAMELLAIRES & MOUSSES COALESCENTES

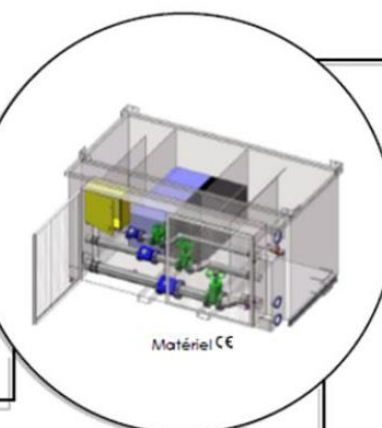
TRAITEMENT

**NEPHROS C – 60m<sup>3</sup>/h**

**PRINCIPE :**

Cette installation comporte :

- ▶ Un compartiment débourbeur dont le rôle est de retenir les boues, chargées ou non, de granulométrie > 200µm. Son volume utile, au repos, est au minimum de 100L par L/s traité
- ▶ Un compartiment décanteur lamellaire dont le rôle est de retenir les boues fines, chargées ou non, de granulométrie > 10µm
- ▶ Un compartiment séparateur équipé de mousses coalescentes dont le rôle est de retenir les polluants, chargés ou non d'hydrocarbures, de granulométrie supérieure à 1µm. Mousses imputrescibles et nettoyables sans outils ni démontage, permettant de garantir la qualité du rejet. Son volume utile, au repos, est au minimum de 50L par L/s traité. Sa capacité de rétention en hydrocarbures ne peut être inférieure à 10L par L/s traité.



Matériel CE

**CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES**

- ▶ Débit traité : .....60 m<sup>3</sup>/h

*Performances de séparation*

- ▶ Surface MC : .....270 m<sup>2</sup>
- ▶ Surface d'échange totale : .....317,80 m<sup>2</sup>
- ▶ Vitesse de séparation : .....0,16 m/h
- ▶ Charges superficielles : .....22,90 m<sup>2</sup>/L/s

*Raccordements*

- ▶ Raccord : .....DN 200/160 mm

*Volumes*

- ▶ Total : .....9 450 L
- ▶ Utile : .....9 190 L
- ▶ Débourbeur : .....2 000 L
- ▶ Décanteur lamellaire/MC : .....1 800 L
- ▶ Séparateur : .....920 L
- ▶ Rétention polluants (d>0,85) : .....460 L
- ▶ Rétention des boues : .....3 210 L

*Équipements de série*

- ▶ Répartiteur de flux
- ▶ Blocs lamellaires à courants croisés

**OBJECTIF :**

Traitement des eaux issues de toutes surfaces de captage d'eau présentant un risque de pollution et avec obligation de résultat sur la qualité du rejet

Références Normatives :

- Classe de séparateur selon EN 858-1 : 1
- Combinaison de séparation selon EN 858-2 : S-II-I-P

**ENCOMBREMENTS**

- ▶ Poids à vide : .....2 020 kg
- ▶ Hauteur : .....2 000 mm
- ▶ Largeur : .....2 100 mm
- ▶ Longueur : .....3 600 mm


LYON ▶ PARIS ▶ MARSEILLE ▶ TOULOUSE ▶ STRASBOURG ▶ TOURS

GROUPES ÉLECTROGÈNES  
RABATEMENTS DE NAPPES  
POMPAGES

+ d'infos sur  
[www.dsl.fr](http://www.dsl.fr)

Siège social : ZA des Talils – Rue de Savoie – F69960 CORBAS – ☎ 33(0)4 72 90 00 10

© 2015, SERVICE LOCATION NÉPHROS / Document non contractuel / Fiche TECHNIQUE NEPHROS C – 50M3H



## **ANNEXE II - MESURES VISANT A LIMITER LE VOLUME DE PRELEVEMENT**

Le marché prévoit la réalisation d'un fond injecté en bentonite/ciment pour limiter le volume prélevé dans le milieu naturel.

Les différents essais de mesure de perméabilité réalisés mettent en évidence une perméabilité  $K = 2.10^{-5}$  m/s :

- Au droit des plots D3/D4 :  $K = 2.10^{-5}$  m/s,
- Au droit des plots C2/D12 :  $K = 1$  à  $2.10^{-5}$  m/s.

Pour la perméabilité retenue de  $K = 1.10^{-5}$  m/s, le volume prélevé correspondant s'élève à 2 100 000 m<sup>3</sup>.

A la demande du Maître d'Ouvrage, il a été notifié à l'entreprise un prix nouveau pour adjonction de gel mou dans le fond injecté pour en améliorer la performance.

Les nouveaux essais réalisés mettent en évidence une perméabilité  $K = 4.10^{-6}$  m/s.

**La perméabilité retenue pour le fond injecté dans la notice d'incidence hydrogéologique est :  
 $K = 5.10^{-6}$  m/s (prise en compte d'une marge de sécurité)**

**Le volume prélevé correspondant est de 1 140 000 m<sup>3</sup> sur 11 mois.**

### **ANNEXE III - ETUDE D'INCIDENCE HYDROGEOLOGIQUE**

Voir pages suivantes.



# GROUPEMENT D'ENTREPRISES SORTIE OUEST DE LA VOIE MATHIS

Sortie ouest de la Voie Mathis à Nice (06)

## Incidences hydrogéologiques du projet

Rapport

CGHCSE221923 / RGHCSE10132-04

GMO / JEP

26/08/2022



## GROUPEMENT D'ENTREPRISES SORTIE OUEST DE LA VOIE MATHIS

### Sortie ouest de la Voie Mathis à Nice (06)

#### Incidentes hydrogéologiques du projet

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 initial	18/08/2022	01	G. MONNIER	L. PYOT	L. PYOT
Remarques MNCA et INGEROP	22/08/2022	02	G. MONNIER	L. PYOT	L. PYOT
Remarques MNCA 24/08/2022	25/08/2022	03	G. MONNIER	L. PYOT	L. PYOT
Remarques MNCA 26/08/2022	26/08/2022	04	G. MONNIER	L. PYOT	L. PYOT

Numéro de contrat / de rapport :	CGHCSE221923 / RGHCSE10132-044
Numéro d'affaire :	A60499
Domaine technique :	Hydrogéologie de la construction

GINGER BURGEAP Agence Ile-de-France • 143 avenue de Verdun – 92442 Issy-les-Moulineaux  
Cedex

Tél : 01.46.10.25.70 • burgeap.paris@groupeginger.com

## SOMMAIRE

Introduction .....	5
<b>1. Principaux enjeux d'incidences du projet .....</b>	<b>7</b>
1.1 L'effet barrage.....	7
1.2 L'incidence du cône de rabattement .....	8
1.3 Incidence sur les pompages avoisinants .....	8
1.4 Incidence sur la position du biseau salé .....	9
<b>2. Données d'entrée disponibles .....</b>	<b>9</b>
2.1 Données générales .....	9
2.2 Données piézométriques .....	16
2.3 Données hydrodynamiques .....	16
2.4 Piézométries initiales simulées .....	16
<b>3. Identification des incidences hydrogéologiques du projet.....</b>	<b>21</b>
3.1 En phase travaux.....	21
3.1.1 Rabattement des nappes à l'extérieur du projet en phase travaux .....	21
3.1.2 Incidences sur les pompages existants.....	28
3.1.3 Déplacement du coin salé.....	28
3.2 En phase définitive.....	32
3.2.1 Effet de barrage du projet .....	32
<b>4. Evacuation des eaux pompées.....</b>	<b>35</b>
<b>5. Mesures correctives envisagées .....</b>	<b>35</b>
5.1 En phase travaux.....	35
5.2 En phase définitive.....	35

## FIGURES

Figure 1 : Vue en plan de la sortie ouest de la Voie Mathis (du plot B1 au plot F6) .....	6
Figure 2 : Exemple d'effet barrage .....	7
Figure 3 : Exemple de cône de rabattement .....	8
Figure 4 : Schéma de fonctionnement d'un appel de biseau salé .....	9
Figure 5 : Localisation du projet sur fond de carte géologique.....	11
Figure 6 : Localisation des trois coupes géologiques.....	12
Figure 7 : Coupe géologique NO – SE .....	13
Figure 8 : Coupe géologique NNO – SSE .....	14
Figure 9 : Coupe géologique NE - SO.....	15
Figure 10 : Position des piézomètres de suivi SOVM (source Fugro) .....	17
Figure 11 : Perméabilités retenues pour les différentes formations géologiques .....	18
Figure 12 : Limites du modèle et piézométrie initiale restituée dans les limons (et dans les poudingues au nord).....	19
Figure 13 : Limites du modèle et piézométrie initiale restituée dans les sables et graviers (et dans les poudingues au nord) .....	20
Figure 14 : Nappe superficielle – lignes de courant vraisemblables en phase travaux .....	21
Figure 15 : Impact piézométrique dans les sables et galets inférieurs (avec une perméabilité de fond injecté de $5.10^{-6}$ m/s) .....	23

Figure 16 : Impact piézométrique dans la partie supérieure des limons vasards (avec une perméabilité de fond injecté de $5.10^{-6}$ m/s) .....	24
Figure 17 : Impact piézométrique dans la partie médiane des limons vasards (avec une perméabilité de fond injecté de $5.10^{-6}$ m/s) .....	25
Figure 18 : Impact piézométrique dans la partie inférieure des limons vasards (avec une perméabilité de fond injecté de $5.10^{-6}$ m/s) .....	26
Figure 19 : Evaluation des tassements attendus par baisse de pression interstitielle dans les limons vasards .....	27
Figure 20 : Rabattements de la nappe des sables et galets évalués numériquement au droit des principaux puits d'extraction d'eau du secteur .....	29
Figure 21 : Coin salé.....	30
Figure 22 : Carte d'iso-conductivité de la nappe profonde (31 août 2007 ; Cabinet Mangan et H2EA) .....	30
Figure 23 : Localisation du forage MIN.....	31
Figure 24 : Projet SOVM, forage MIN et ligne d'iso-conductivité 1000 $\mu$ S/cm.....	32
Figure 25 : Evaluation de l'effet barrage sur la nappe des sables inférieurs .....	33
Figure 26 : Evaluation de l'effet barrage sur la nappe des limons .....	34

## ANNEXES

- Annexe 1. Notice de pompage (Rédacteur : Groupement d'entreprises)
- Annexe 2. Tassement des limons sous pompage (Rédacteur : FUGRO)
- Annexe 3. Note sur la transparence hydraulique (Rédacteur : INGEROP)
- Annexe 4. Plan du projet (donné en fichier accompagnant le présent document)
- Annexe 5. Phasage et volume pompé

## Introduction

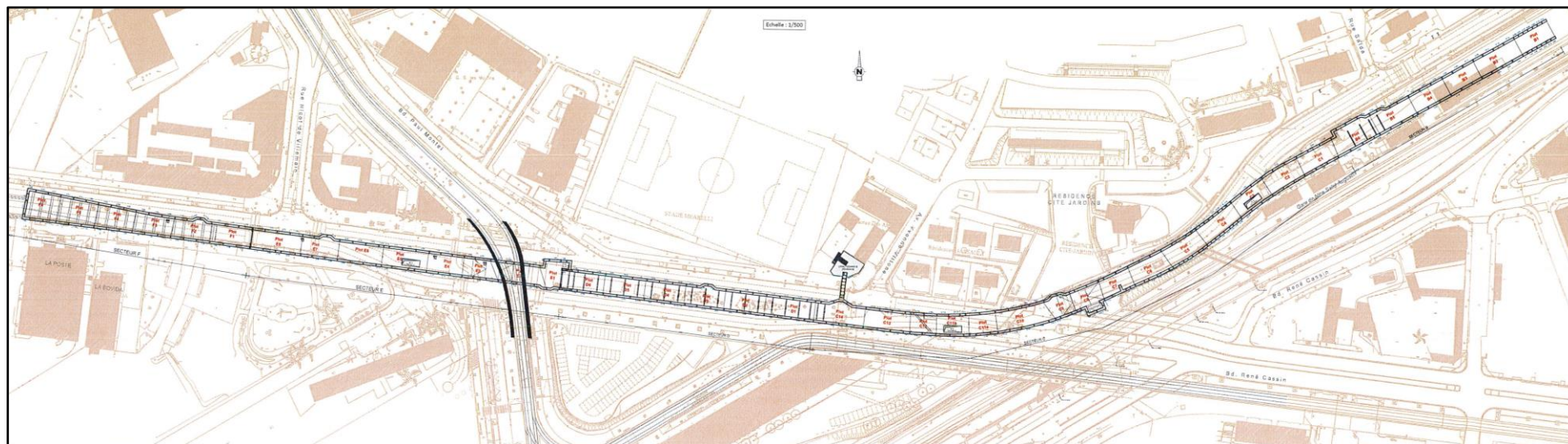
Le projet routier de sortie ouest de la voie Mathis (SOVM) à Nice (06) est divisé en 40 plots sur un linéaire de 833 mètres (voir figure 1). Trente-quatre de ces plots seront réalisés sous protection de parois moulées et de fonds injectés. Dans chacun de ces plots, afin d'annuler les risques de soulèvement de fond de fouille (*uplift*), un rabattement de nappe sera mis en œuvre pour terrasser hors nappe. A ce jour, l'évaluation du volume total exhauré, sur onze mois, est de l'ordre de 1,14 millions de m<sup>3</sup> (Cf annexe 5 : phasage et volume pompé).

Ce volume global d'eau conduit le projet à un classement en autorisation (temporaire de 6 mois, reconductible une fois) au titre de la loi sur l'eau.

Ce volume attendu étant compris entre 200 000 et 10 000 000 de m<sup>3</sup>, le maître d'ouvrage sollicite un examen au cas par cas auprès de l'Autorité environnementale au titre de la rubrique 17b) de l'annexe à l'article R122-2 du code de l'environnement, afin de statuer sur la nécessité de réaliser une évaluation environnementale préalablement au dépôt de la demande d'autorisation temporaire.

La présente note d'incidences hydrogéologiques, qui intègre en particulier les résultats de simulations numériques obtenues au moyen d'un modèle mathématique réalisé spécifiquement pour ce projet, a été produite pour accompagner ce formulaire « cas par cas ».

**Figure 1 : Vue en plan de la sortie ouest de la Voie Mathis (du plot B1 au plot F6)**



Ce plan au format A0 est joint à l'envoi de la présente notice.

## 1. Principaux enjeux d'incidences du projet

Les principaux enjeux d'incidence du projet sont les suivants :

- l'effet barrage sur les nappes produit par la mise en place des parois moulées ;
- l'incidence du cône de rabattement à l'extérieur des plots, constitués de parois moulées et de fonds injectés, d'une part dans les sables et graviers de fond, puis par drainage et baisse de pression interstitielle dans les matériaux fins sus-jacents que nous nommerons dans la suite de ce rapport, limons vasards. Ces matériaux sont peu perméables et de qualité géomécanique médiocre ;
- l'incidence sur les captages avoisinants ;
- l'incidence sur la position du biseau salé côtier.

### 1.1 L'effet barrage

L'effet barrage est le rehaussement de la nappe à l'amont de l'infrastructure et son abaissement à l'aval. Il est globalement proportionnel au gradient d'écoulement de la nappe et à son orientation par rapport à la perpendiculaire de l'obstacle, à la longueur de l'obstacle et au pourcentage occultation de l'aquifère étudié.

La figure 2 est une illustration d'un effet de barrage : valeur positives des lignes d'iso-relèvement en amont et négatives en aval (abaissement de la nappe).

Figure 2 : Exemple d'effet barrage



Dans le présent rapport, les simulations de l'effet de barrage sont réalisées en régime permanent. Cette modalité numérique d'évaluation de l'impact est adaptée à la problématique posée : en effet, l'effet de barrage se développe rapidement à partir de la création de l'ouvrage (fermeture de l'enceinte de parois moulées) et ce faisant, on atteint sur une courte durée le régime permanent (c'est-à-dire indépendant du temps), ce qui n'est pas le cas avec d'autres phénomènes tels que la modification des pressions interstitielles dans les limons argileux ou le déplacement du coin salé, qui mettent longtemps à se stabiliser (lors de la phase travaux) et requiert donc la mise en œuvre de simulations numériques en régime transitoire.

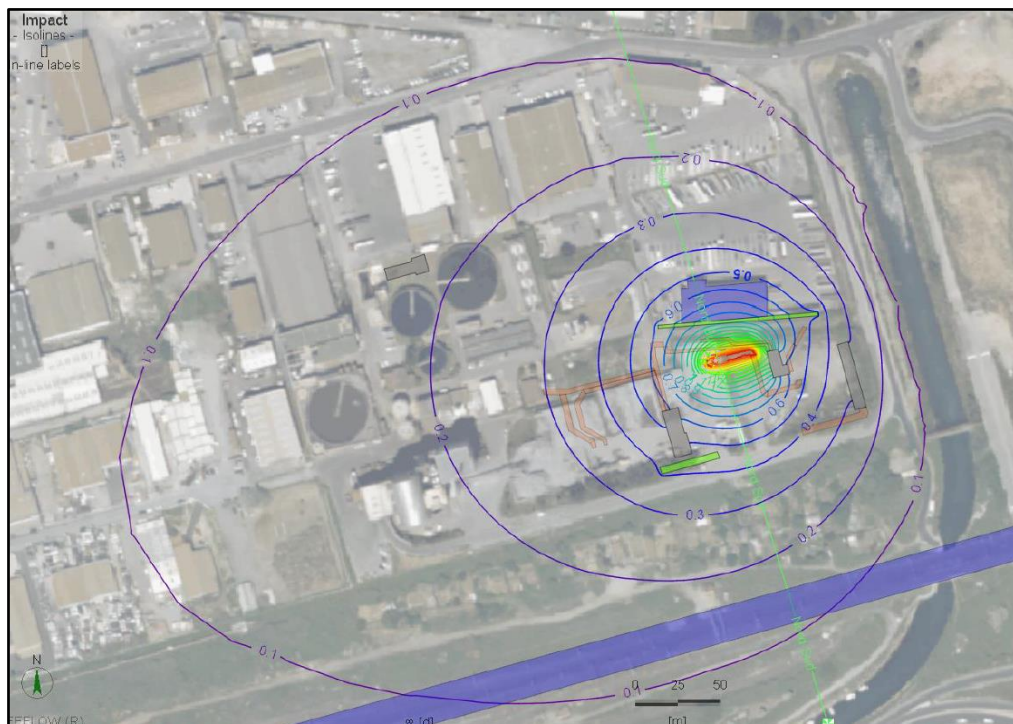
## 1.2 L'incidence du cône de rabattement

Un pompage génère une dépression piézométrique autour de l'ouvrage pompé. La forme de cette dépression va dépendre du débit de pompage, de la transmissivité de la nappe et d'éventuels dispositions constructives de réduction du débit pompé (paroi moulée, fond injecté, rideau de palplanches, etc...).

Le retrait de l'eau ou plutôt, dans le cas présent, la baisse de pression interstitielle va entraîner un tassement de l'aquifère qui sera fonction de ses propriétés géomécaniques : les sols granulaires fins sont en général plus exposés à ce phénomène que les sols granulaires grossiers. Par ailleurs, le comportement des sols dépendra également de « l'histoire » de l'aquifère, à savoir, si il a vécu ou non des épisodes de rabattement du même ordre de grandeur au préalable.

Dans le cas présent, les pompages vont principalement être effectués dans les sables et galets en profondeur mais la dépression piézométrique va se répandre lentement dans les matériaux de recouvrement limoneux supérieurs. La vitesse de diffusion de cette modification de pression va dépendre du frein hydraulique que représente la perméabilité verticale moyenne des limons vasards. Compte tenu de ce frein hydraulique, les simulations du cône de rabattement seront plus précises en régime transitoire qu'en régime permanent qui correspond à un pompage d'une durée infinie. Une simulation en régime permanent maximisera les impacts hydrauliques. Dans le cadre du présent rapport, les simulations ont été faites en régime permanent (beaucoup moins consommatrices de temps que celles du régime transitoire).

**Figure 3 : Exemple de cône de rabattement**



Dans le cadre du projet SOVM, cette incidence semble être la plus sensible de toutes les incidences potentielles identifiées. Il convient donc d'évaluer ses ordres de grandeur et le cas échéant, mettre en place des mesures compensatoires.

## 1.3 Incidence sur les pompages avoisinants

La nappe des alluvions du Var est une nappe massivement exploitée pour l'alimentation en eau potable, pour l'exploitation géothermique et des usages industriels. On note en particulier le forage du marché d'intérêt



national (MIN) situé à 370 m environ au sud-ouest du plot F6 (extrémité ouest du projet) et le champ captant de Sagnes, situé à environ 730 m à l'ouest. Ces ouvrages sont largement alimentés directement par le Var.

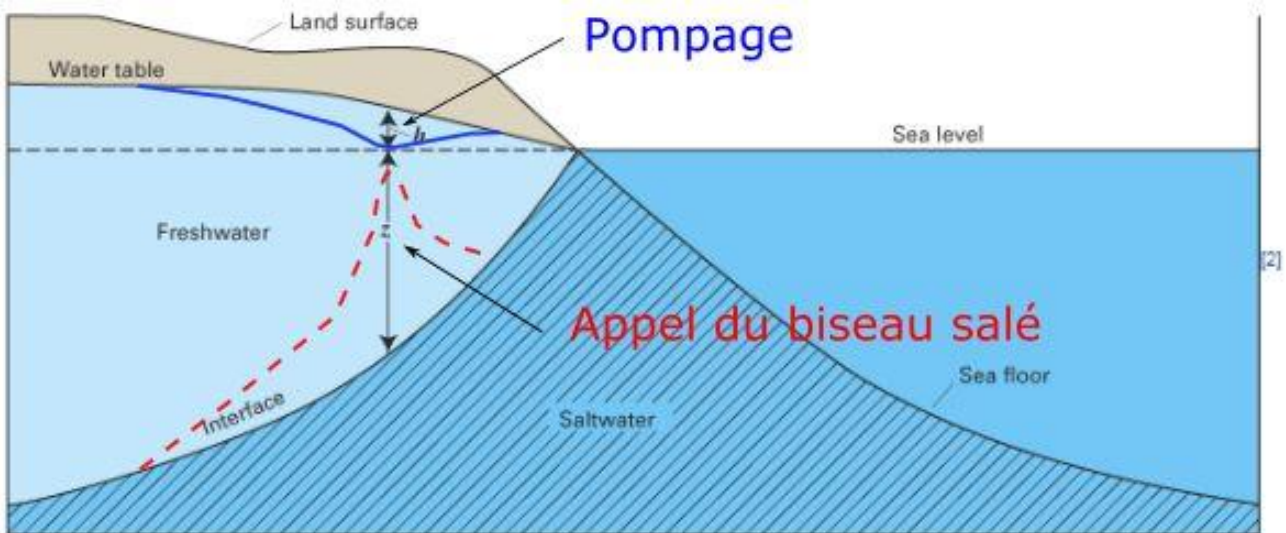
## 1.4 Incidence sur la position du biseau salé

A proximité de la cote, l'eau douce repose sur l'eau salée de la mer qui est plus dense (densité 1 contre densité de 1,035 environ). L'interface, qui est progressive (eau saumâtre), forme un coin salé rentrant sous l'eau douce. On peut considérer que le coin salé est tout ce qui n'est pas eaux douces, c'est à dire une eau présentant des conductivités supérieures à 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}^1$ . La côte est située à environ 1000 m du projet ou 700 m en considérant l'ancien trait de côte avant la création du polder de la plateforme aéroportuaire.

En prélevant dans la nappe, cet équilibre est modifié et l'eau salée peut être appelé, notamment si le niveau rabattu est inférieur au niveau de la mer.

Dans le cadre du projet, les objectifs de rabattement les plus profonds sont à environ -6 m NGF à l'intérieur des plots (parois moulées et fonds injectés). La cote de nappe induite par les pompages à l'extérieur du caisson pourrait être supérieur à 0 NGF donc ne pas générer une incidence significative sur le biseau. Cet aspect est en cours de vérification par simulations numériques et sera intégré à la notice définitive du dossier loi sur l'eau.

Figure 4 : Schéma de fonctionnement d'un appel de biseau salé



## 2. Données d'entrée disponibles

### 2.1 Données générales

Le projet SOVM traverse deux ensembles géologiques de nature totalement différente (Cf figure 5) : dans sa partie Est, le projet se trouve dans la formation des poudingues pliocènes, formation très hétérogène, de nature plutôt rocheuses, formant les collines de Nice, et globalement assez peu perméables. Dans sa partie ouest, le tracé se trouve dans les formations alluvionnaires et deltaïques du Var. C'est un aquifère puissant :

<sup>1</sup> Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine : conductivités de référence :  $\geq$  à 180 et  $\leq$  à 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (bornes minimale et maximale)

la vallée alluviale fait environ 1600 mètres de large. On distingue, au droit du projet, de la surface vers la profondeur :

- les alluvions du Var proprement dites ;
- les dépôts fins (limons, argile, silts argileux, etc) ;
- les sables et graviers de fond, qui sont également des alluvions du Var, avec en tête des sables liquéfiables particulièrement difficiles à capter.

Trois coupes géologiques, localisées sur la **figure 6**, ont été réalisées depuis la colline jusqu'à la mer (ou la plate-forme de l'aéroport). Ces coupes sont très dilatées en verticale par rapport à l'horizontale.

La **figure 7**, orientée NO-SE, montre trois formations géologiques (hors mis les remblais de surface) : des alluvions fines limoneuses reposant sur des graviers, galets et sables, et limitées au nord-ouest par les poudingues pliocènes. Des niveaux d'eau mesurés en 1963 et 1964 (dossiers BSS<sup>2</sup>) indiquent des cotes vers 3 à 4 NGF, se raccordant a priori correctement au plan d'eau de la mer de l'époque (avant la construction de l'aéroport). On notera qu'en bordure de plate-forme aéroportuaire, un forage de 88 mètre de profondeur, crépiné sur les 8 derniers mètres avait montré en 1980 un niveau artésien à 7,63 NGF. Cette observation met en évidence le caractère lité, voire lenticulaire, des dépôts du Var, conduisant à la persistance de charges hydrauliques artésiennes loin vers l'aval.

A l'endroit de cette coupe, le projet SOVM se trouve dans les poudingues.

La **figure 8** montre la même configuration. Cette coupe montre assez clairement les charges hydrauliques dans les trois compartiments (A noter toutefois que ces charges ne sont pas synchrones) :

- nappe des poudingues pliocènes : + 5 à + 7 NGF ;
- nappe des alluvions du Var : + 1,1 à + 3 NGF ; se raccordant au niveau de la mer ;
- nappe des sables galets et graviers profonds sous couverture limoneuse et tourbeuse : + 4,9 à + 9 NGF.

La nappe des sables et galets profonds est en charge, à l'époque des sondages examinés, d'au moins environ 2 mètres par rapport à la nappe des alluvions du Var.

La **figure 9** montre la même séquence géologique que les deux coupes précédentes. Bien que les mesures de cotes de nappe ne soient pas synchrones, on note clairement une différence de charge hydraulique allant de 1 à 3 mètres entre la nappe des sables et graviers de fond et les alluvions récentes du Var. La nappe profonde est artésienne.

D'après ces coupes, on notera que le toit des sables et graviers profonds va en remontant depuis la coupe 3 en allant vers la coupe 1 :

- - 11 NGF sur la coupe 3
- - 5 NGF sur la coupe 2,
- + 2 NGF sur la coupe 1

On notera que la nappe profonde artésienne, conformément à ce que l'on pouvait attendre s'écoule « en éventail » depuis la vallée du Var vers la plaine alluviale :

- Cote de nappe notées sur la coupe 3 : entre 5,7 et 7,6 NGF ;
- Cote de nappe notées sur la coupe 2 : 4,89 à 9 NGF ;
- Cote de nappe notées sur la coupe 1 : aux alentours de + 2 à + 3 NGF.

<sup>2</sup> Banque de données du sous-sol

**Figure 5 : Localisation du projet sur fond de carte géologique**



Nota : les traits bleus dans la vallée du Var sont les anciens réseaux de drainage (maraîchage).

**Figure 6 : Localisation des trois coupes géologiques**

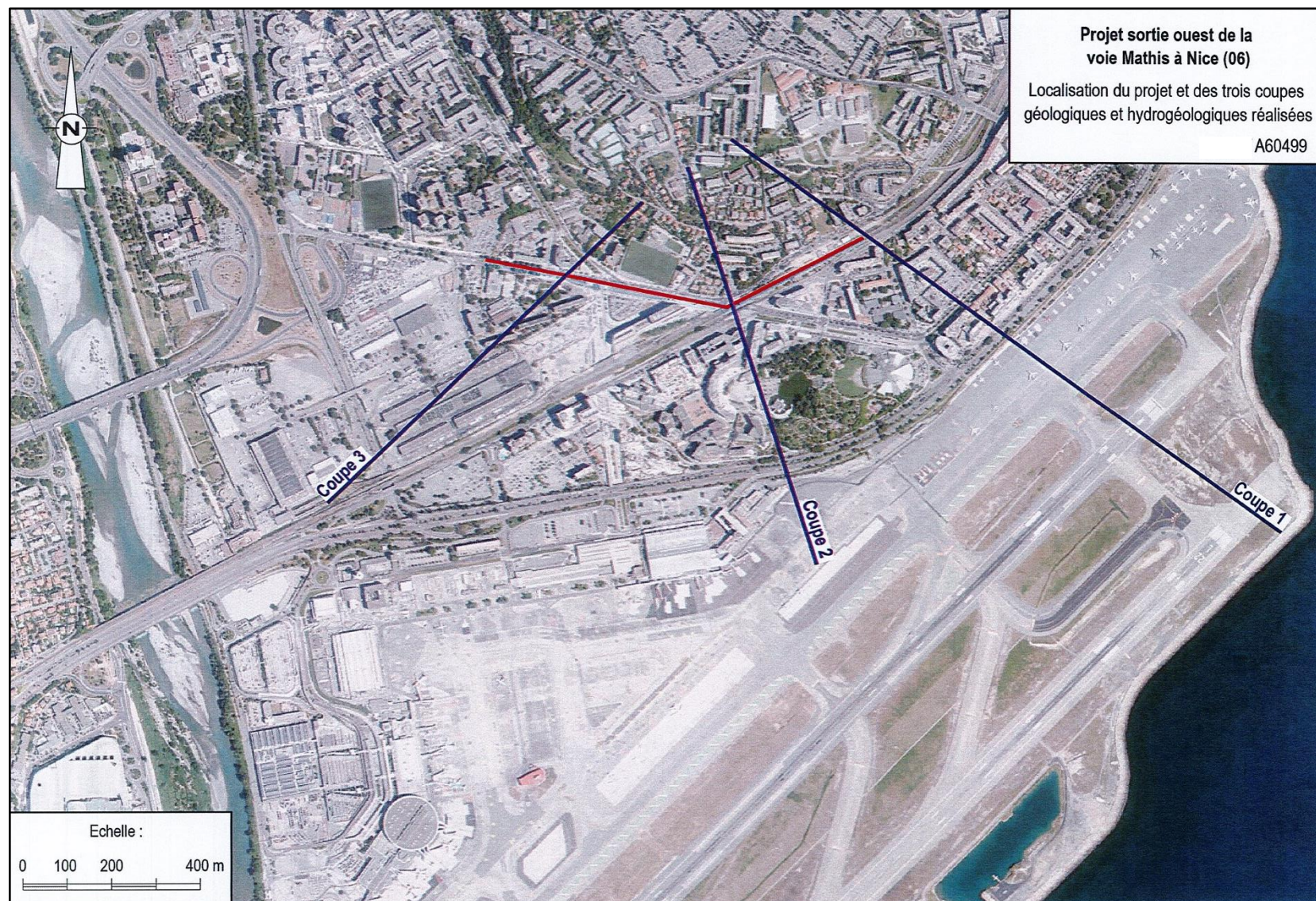


Figure 7 : Coupe géologique NO – SE

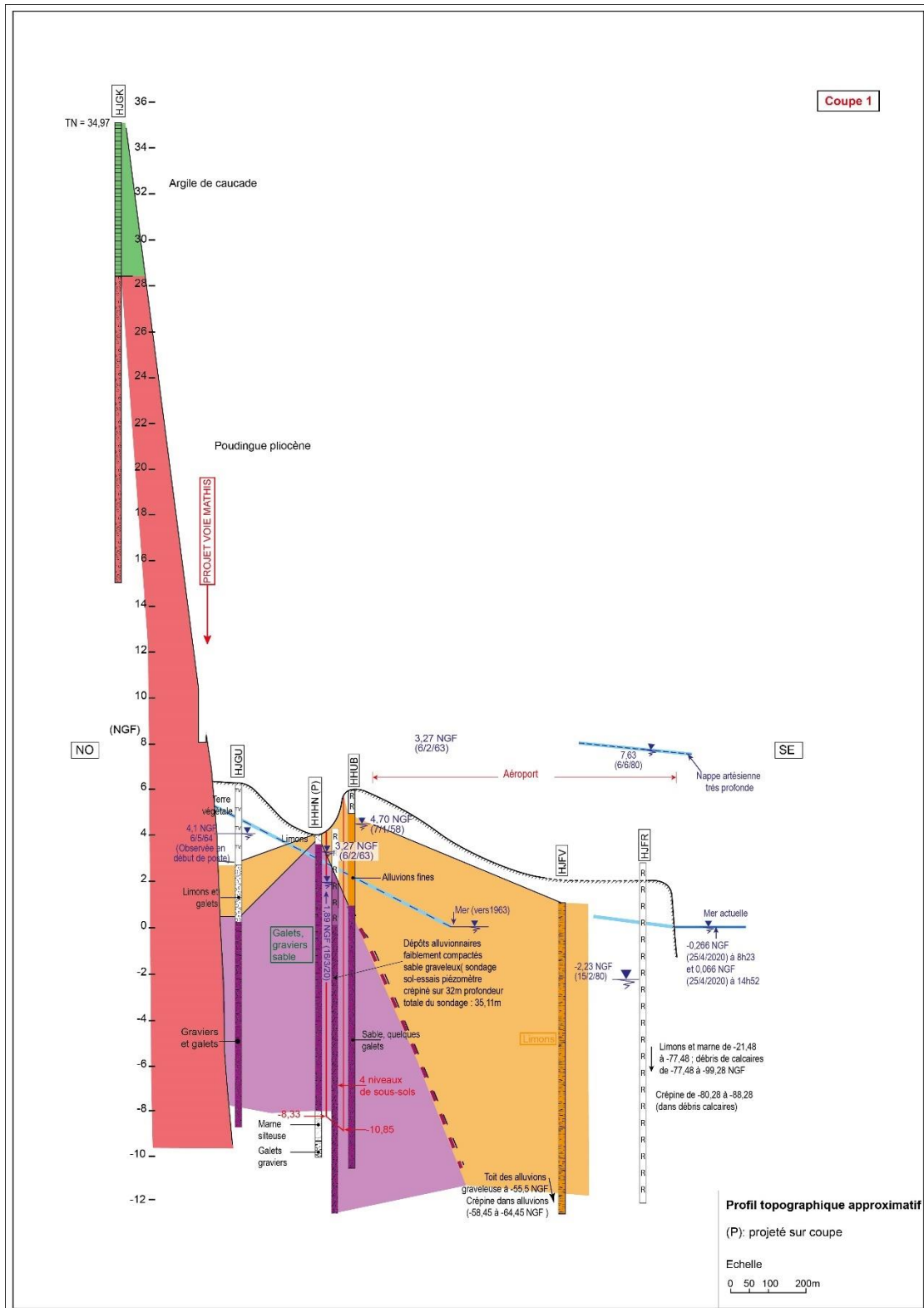


Figure 8 : Coupe géologique NNO – SSE

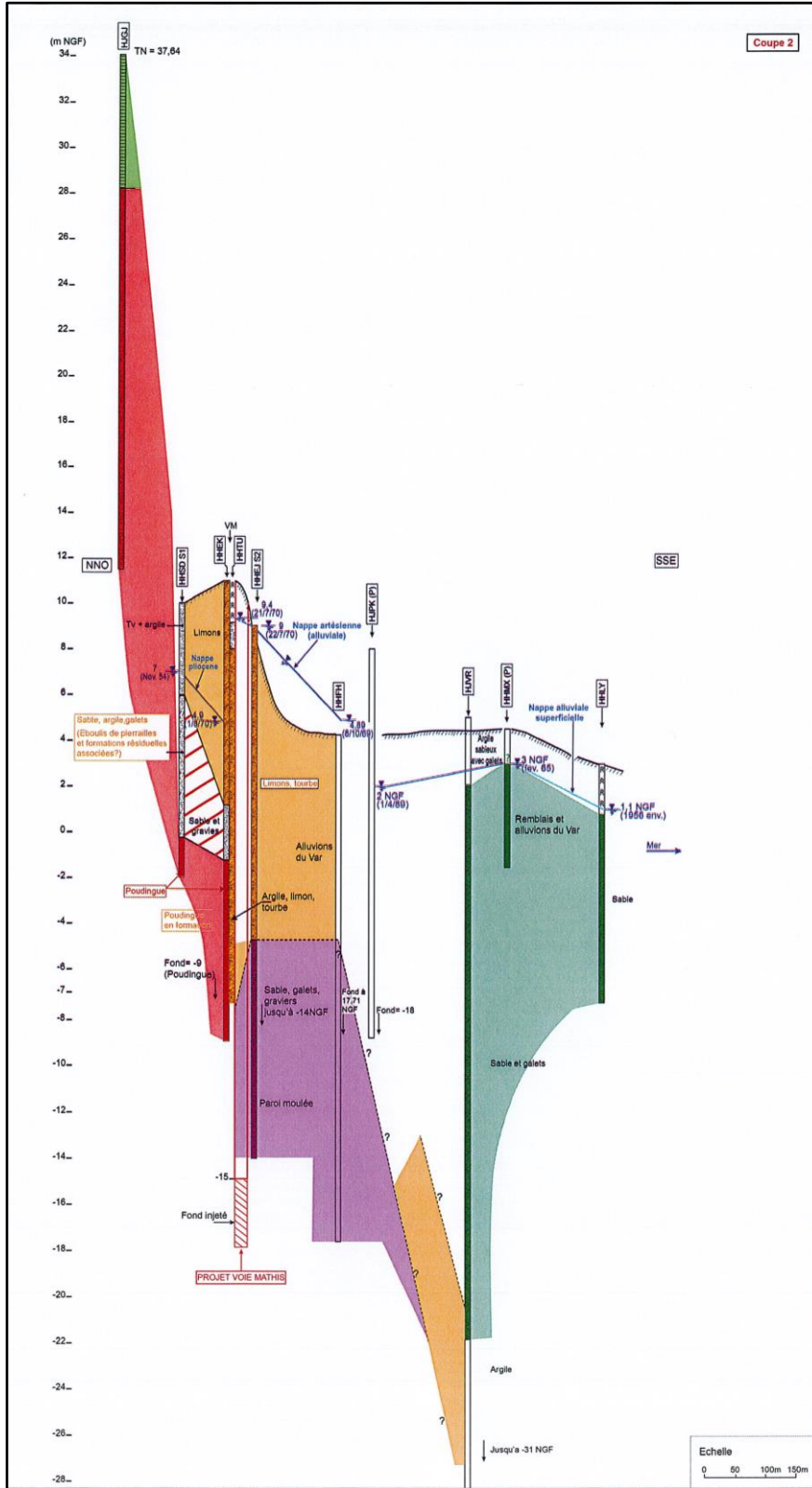
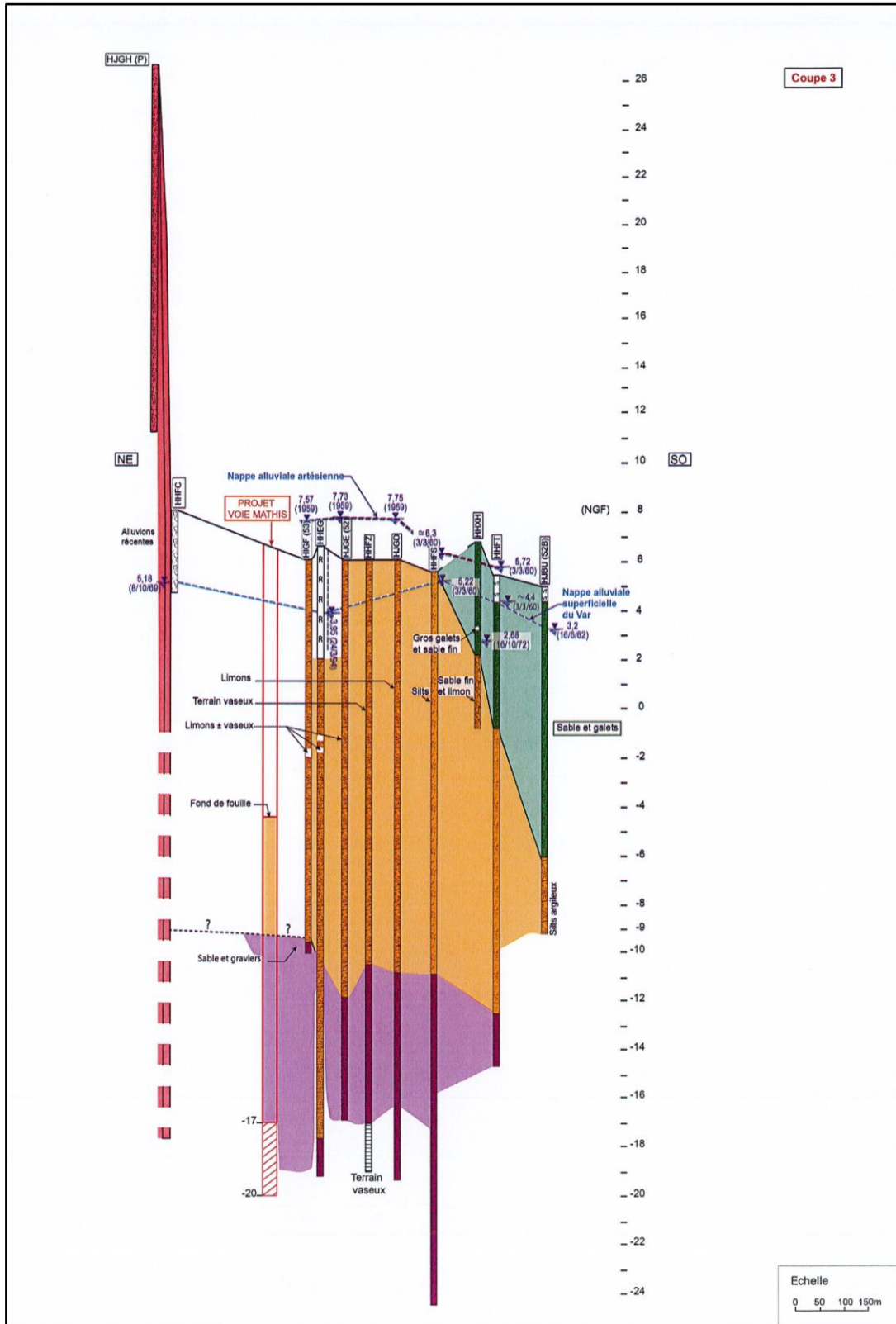


Figure 9 : Coupe géologique NE - SO



## 2.2 Données piézométriques

Les données piézométriques ont été fournies par le bureau d'études FUGRO.

Le jeu de données fournis inclut un ensemble de 11 piézomètres inégalement répartis le long de la future voie (Cf. Figure 10). Les ouvrages sont concentrés dans la partie centrale. Les extrémités du projet ne sont pas suivies, notamment à l'ouest depuis le plot F6 jusqu'au plot E4, et à l'est en secteur « poudingue » entre le plot C5 et le plot B1.

Les ouvrages ne captent pas tous les mêmes niveaux aquifères : deux ouvrages captent l'aquifère inférieur des sables et galets (SC2002 et SC2003), cinq ouvrages captent l'aquitard<sup>3</sup> supérieur des limons vasard (SP10bis, Pz7bis, SC2001, Pz11bis et SP7 bis) et quatre ouvrages captent potentiellement les deux horizons (Pz5Bis, SP4 et SD3bis). Or, l'horizon des sables et galets inférieurs est en charge sous les limons vasards. La piézométrie est donc différente et non interpolable entre points ne captant pas le même horizon.

Aucune donnée piézométrique antérieure au démarrage des travaux de paroi moulé (juillet 2021) n'est disponible. Le suivi piézométrique réalisé intègre donc un effet barrage partiel car cette infrastructure n'est pas terminée à ce jour. Il reste encore une fenêtre à fermer, d'une centaine de mètres de longueur, dans le secteur de la résidence Dassault.

Ne disposant pas de piézométrie complète de calage, le modèle a été calé sur la base des données piézométriques fournies mais également sur des suivis piézométriques issues de la bibliographie. La piézométrie retenue est celle du 20/11/2011 qui est la piézométrie la plus ancienne et la plus exhaustive.

Il a été considéré que la piézométrie dans les sables et galets était supérieure de 0,5 à 1 m à celle des limons vasards. Le seul doublet piézométrique à même de renseigner sur cette différence de charge hydraulique serait le doublet SC2002 / SP10bis indiquant une différence de pression de 0,75 m. Cette différence de pression est susceptible d'augmenter à l'aval.

## 2.3 Données hydrodynamiques

Les perméabilités (horizontales et verticales) retenues pour les différentes unités géologiques dans le modèle numérique sont données en figure 11 qui est une coupe longitudinale à la voie Mathis.

Ces données s'inspirent des valeurs retenues dans son modèle géotechnique par la société FUGRO. Certaines de ces valeurs ont ensuite été modifiées pour permettre le calage des piézométries simulées sur les piézométries disponibles et pour restituer la différence de charge de part et d'autre des limons argileux (Cf Annexe 2).

## 2.4 Piézométries initiales simulées

Les piézométries initiales simulées avec le modèle sont données en figures 12 et 13, respectivement pour les limons vasards et pour les sables et graviers de fond. Ces figures présentent également les limites géographiques du modèle.

<sup>3</sup> Couche semi-perméable capacitive (terme anglais ; Dictionnaire français d'hydrogéologie - G. Castany et J. Margat – 1977)



Figure 10 : Position des piézomètres de suivi SOVM (source Fugro)

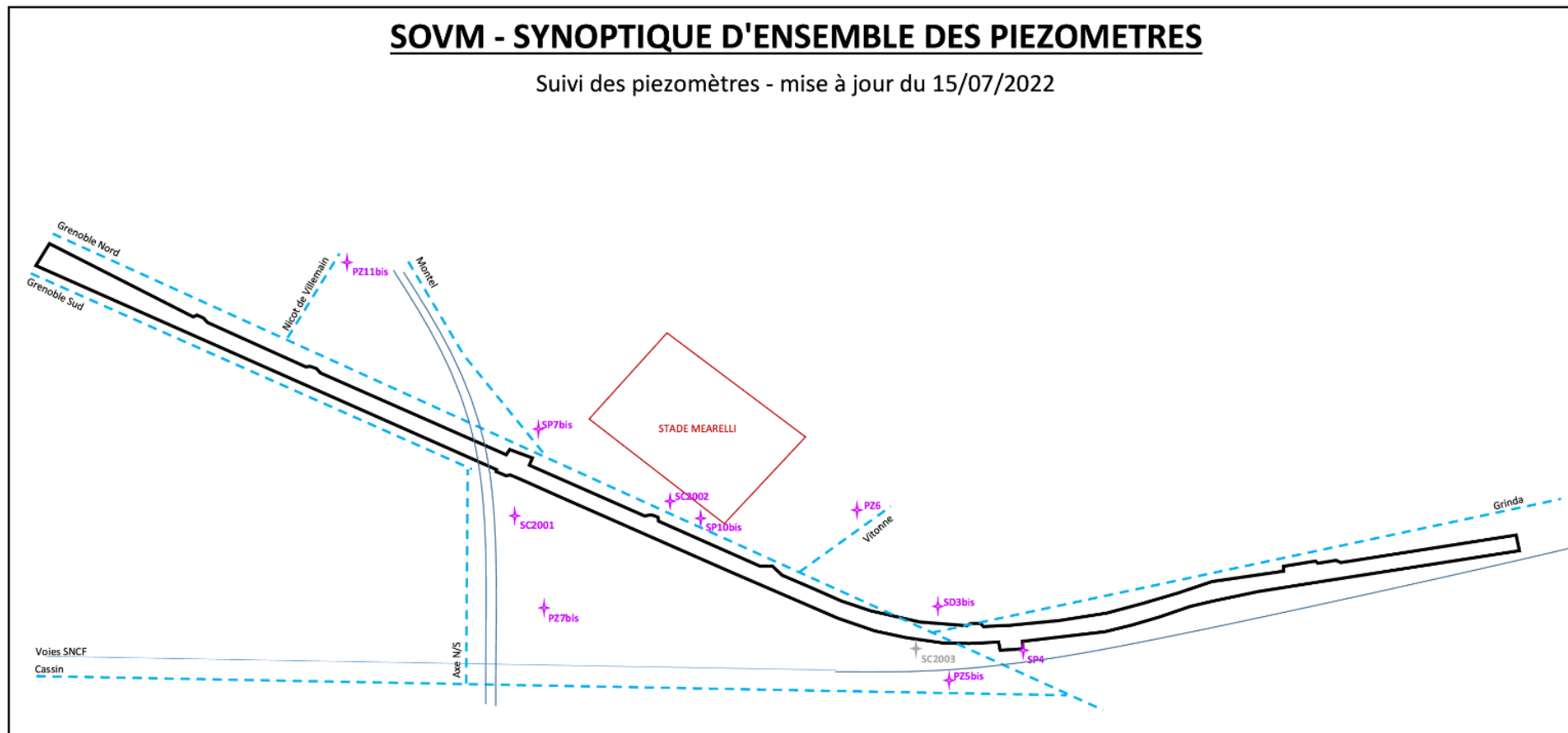


Figure 11 : Perméabilités retenues pour les différentes formations géologiques

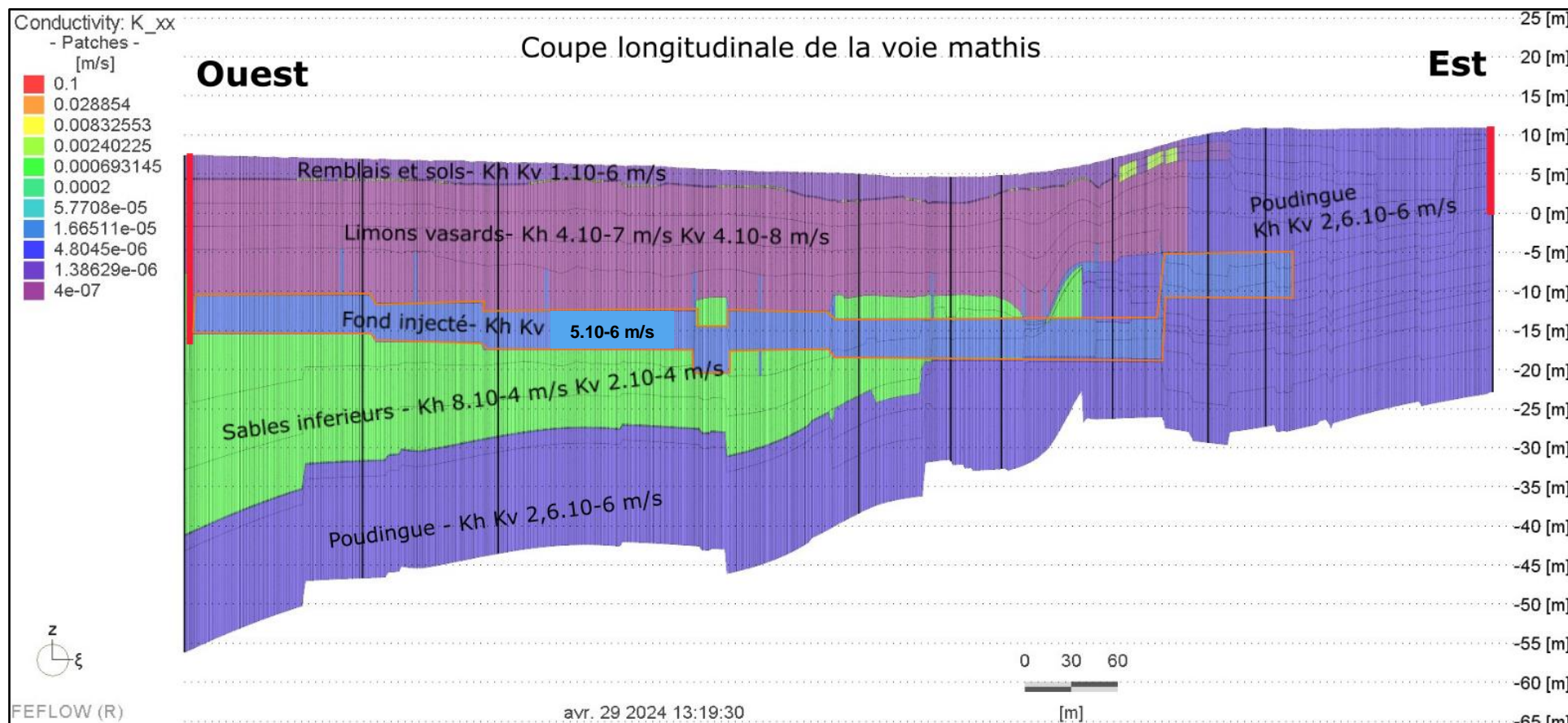
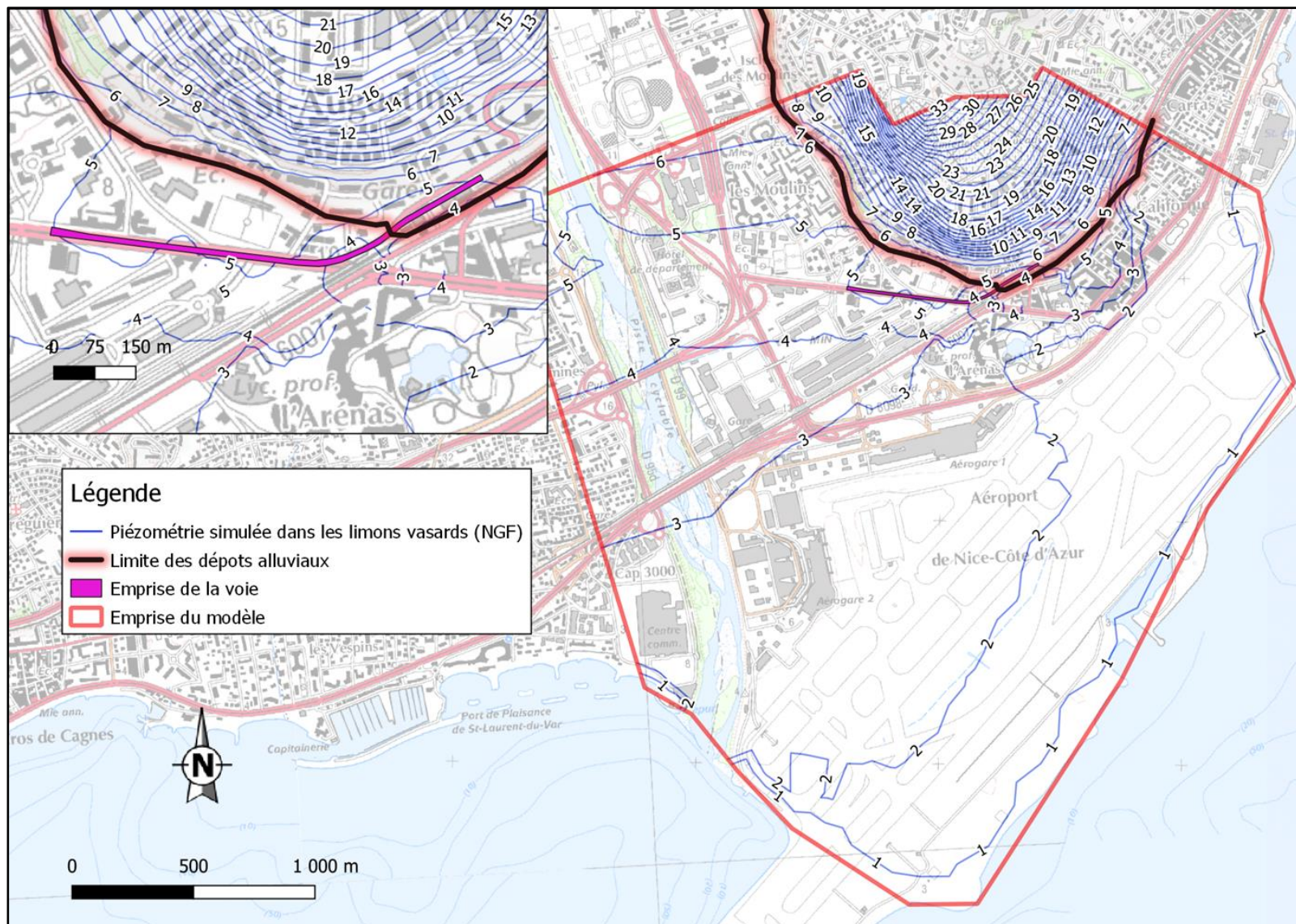
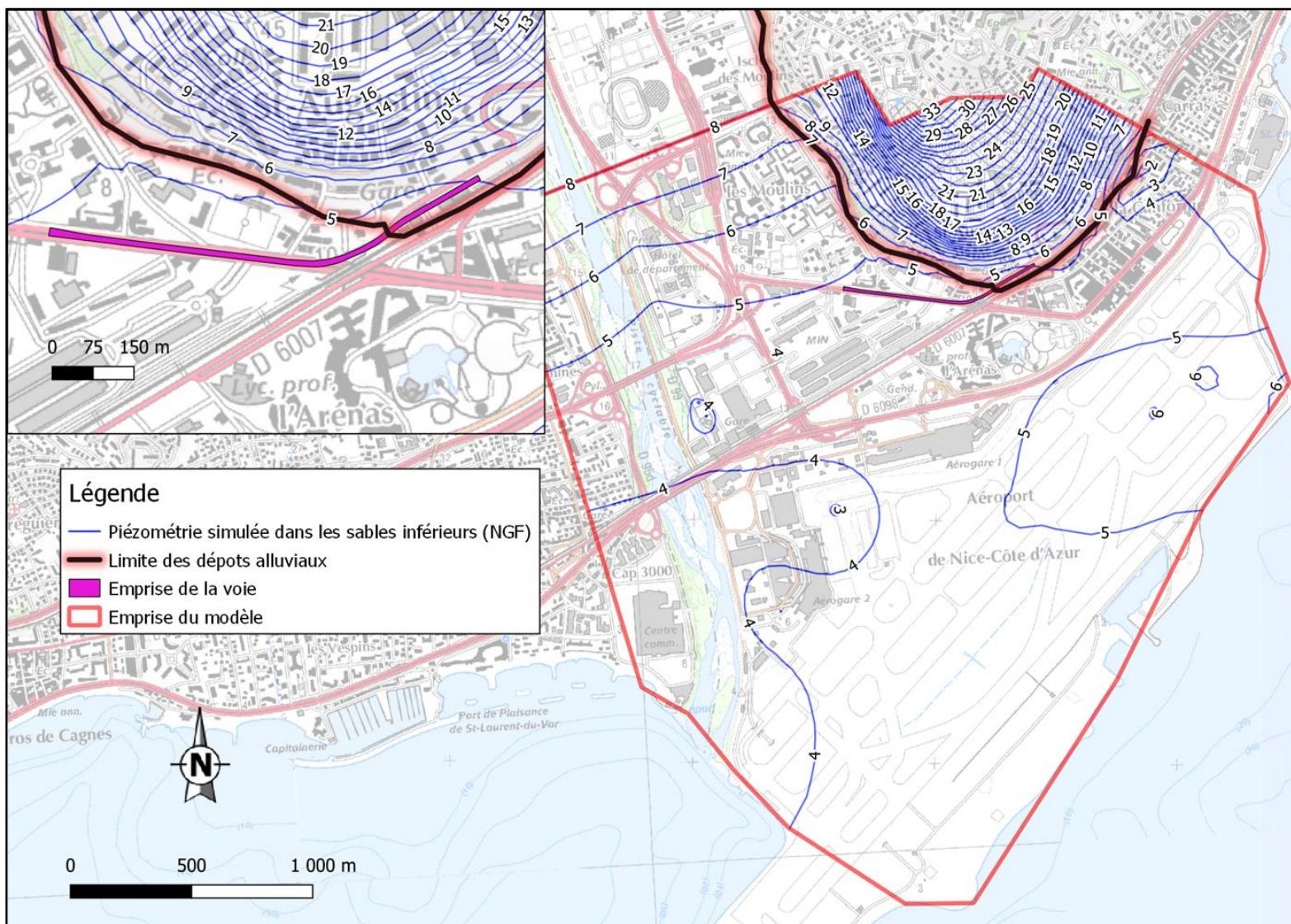


Figure 12 : Limites du modèle et piézométrie initiale restituée dans les limons (et dans les poudingues au nord)



**Figure 13 : Limites du modèle et piézométrie initiale restituée dans les sables et graviers (et dans les poudingues au nord)**



### 3. Identification des incidences hydrogéologiques du projet

#### 3.1 En phase travaux

##### 3.1.1 Rabattement des nappes à l'extérieur du projet en phase travaux

###### 3.1.1.1 Approche analytique

Le prélèvement d'eau, pour la partie ouest du tracé se fera dans les sables et graviers de fond, au travers des fonds injectés des différents plots. Cet aquifère est limité au nord-est du projet par des poudingues d'âge pliocène formant relief dans le paysage (collines de Nice). Hydrogéologiquement, ces poudingues, constituent ce qui est appelé une limite quasi-étanche. Ils sont en effet globalement beaucoup moins perméables que les formations alluviales telles que les sables et graviers. En théorie, les rabattements produits par les pompages dans les différents plots devraient donc être amplifiés par la présence de cette limite quasi-étanche naturelle. Toutefois, l'orientation parallèle du projet (coté ouest de la SOVM) vis-à-vis des lignes de courant de la nappe des alluvions de la vallée et Var devrait tamponner cet effet de frontière quasi-étanche.

Le tracé (à main levée) des lignes de courant (et en respectant la règle des carrés curvilignes que ces lignes formeraient avec les équipotentielles) montre que ces lignes se distendent dans l'angle aigu formé par le projet et les poudingues. Le débit d'apport sera donc moindre coté « angle aigu », ce qui conduit à un rabattement de nappe plus important que si l'aquifère n'était pas limité (ce qui est le cas au sud).

**Figure 14 : Nappe superficielle – lignes de courant vraisemblables en phase travaux**



Ces rabattements dans les sables et graviers profonds vont se traduire par un rabattement de la nappe des matériaux fins sus-jacents (par une « drainance ascendante amoindrie », voire une drainance verticale descendante : On rappelle que la charge hydraulique de la nappe profonde est supérieure à la charge de la nappe des alluvions fines sus-jacents (voire par exemple la figure 9). Ce phénomène pourrait se traduire par des tassements de ces matériaux. Ceci dit, l'amoindrissement de la drainance ascendante ou la création d'une drainance verticale descendante est fonction :

- d'une part, de la perméabilité verticale des alluvions fines sus-jacentes, que l'on évalue en l'absence d'essais sur site et sur la base d'un retour d'expérience dans le secteur, entre  $4 \cdot 10^{-7}$  (Kh) et  $4 \cdot 10^{-8}$  m/s (Kv), ce qui est faible (voir figure 11) ;
- d'autre part, par les « apports de compensation » éventuels (en latéral) depuis les alluvions du Var et les apports – vraisemblablement limités – depuis la nappe des poudingues.

### 3.1.1.2 Approche numérique

La figure 15 présente l'impact piézométrique dans les sables et galets inférieurs. Ceux-ci ont été évalués en retenant une perméabilité (isotrope) de fond injecté de  $5 \cdot 10^{-6}$  m/s.

On constate qu'entre la courbure et l'ouest du projet, les rabattements vont de 0,5 à 2 mètres environ dans les sables et galets de fond. Ces rabattements s'accroissent localement (jusqu'à 5,5 mètres dans la courbure proprement dite c'est-à-dire au contact entre les formations alluviales et les poudingues. La proximité des poudingues et la situation en « cul de sac » explique vraisemblablement ce sur-rabattement.

Les figures 16, 17 et 18 présentent les rabattements attendus dans les matériaux fins sus-jacents aux sables et galets. Globalement, ils suivent avec une légère atténuation les rabattements constatés dans le compartiment inférieur. Dans le secteur de la courbure, des rabattements de l'ordre de 4 mètres sont évalués. Ce secteur paraît urbanistiquement peu sensible : immeubles nécessairement fondés profondément. Il conviendra toutefois que les rabattements soient suivis précisément dans ce secteur et si nécessaire que l'aquifère des limons vasards soit soutenu par des injections d'eau (tranchées, minipuits).

On rappelle toutefois que ces simulations sont faites en régime permanent ce qui conduit à des rabattements maximums.

### 3.1.1.3 Incidences en termes de tassements potentiels des matériaux fins

Le fait de modifier, par pompage, la charge hydraulique dans le compartiment des sables et graviers se traduit par une baisse de la pression interstitielle des limons vasards sus-jacents. Ceux-ci ne se désaturent bien entendu pas ; c'est leur pression interstitielle qui baisse et de ce fait produit une compaction plus ou moins importante des matériaux.

Sur la base des rabattements indiqués sur les figures 16, 17 et 18, la société FUGRO a évalué les tassements attendus dans la formation des matériaux fins sus-jacents aux sables et galets. Ces tassements sont indiqués dans le tableau de la figure 19 : pour 0,5 mètre de rabattement dans les matériaux fins, le tassement calculé est de 13 mm, 22 mm pour 0,75 m de rabattement, 28 mm pour 1 mètre de rabattement et 35 mm pour 1,25 mètre de rabattement.

Par ailleurs, la même figure indique spécifiquement les tassements attendus pour différents bâtiments supposés sensibles : entre autres, le bâtiment Quartus, la résidence Dassault, le bâtiment Connectio. Ces bâtiments devront faire l'objet d'un suivi topographique spécifique.

### 3.1.1.4 Vulnérabilité des constructions des environs du projet

Les constructions du secteur sont relativement récentes. Deux bâtiments sont sur inclusions rigides (pieux armés de petits diamètres), le Connectio et le Quartus (voir Figure 15). Les autres bâtiments sont construits sur fondations superficielles, en particulier les pavillons de la Résidence Dassault.

Les deux bâtiments sur inclusions rigides devront faire l'objet d'une attention particulière, les tassements différentiels étant évalués respectivement pour le Connectio et le Quartus à 6 et 13 mm (Voir également Annexe 2).

Les autres bâtiments posent moins de difficultés car les tassements différentiels sont moindres : à titre d'information, 2 mm pour le bâtiment A, 5 mm pour la résidence Dassault (en retenant que dans ce dernier cas, il ne s'agit d'un seul et unique bâtiment mais d'un ensemble de 6 pavillons, ce qui réduit l'amplitude des tassements différentiels).

Figure 15 : Impact piézométrique dans les sables et galets inférieurs (avec une perméabilité de fond injecté de  $5.10^{-6}$  m/s)

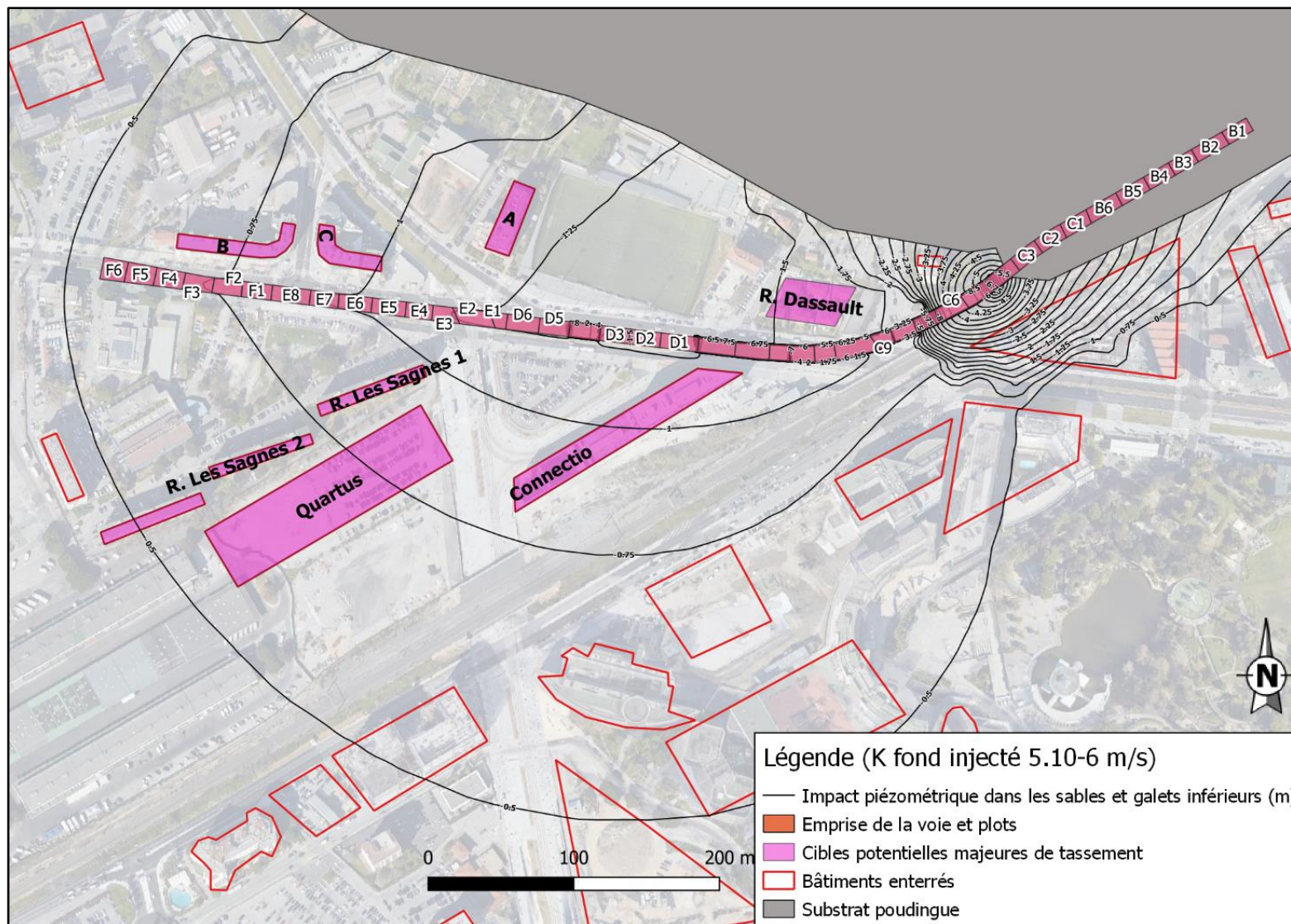


Figure 16 : Impact piézométrique dans la partie supérieure des limons vasards (avec une perméabilité de fond injecté de  $5.10^{-6}$  m/s)

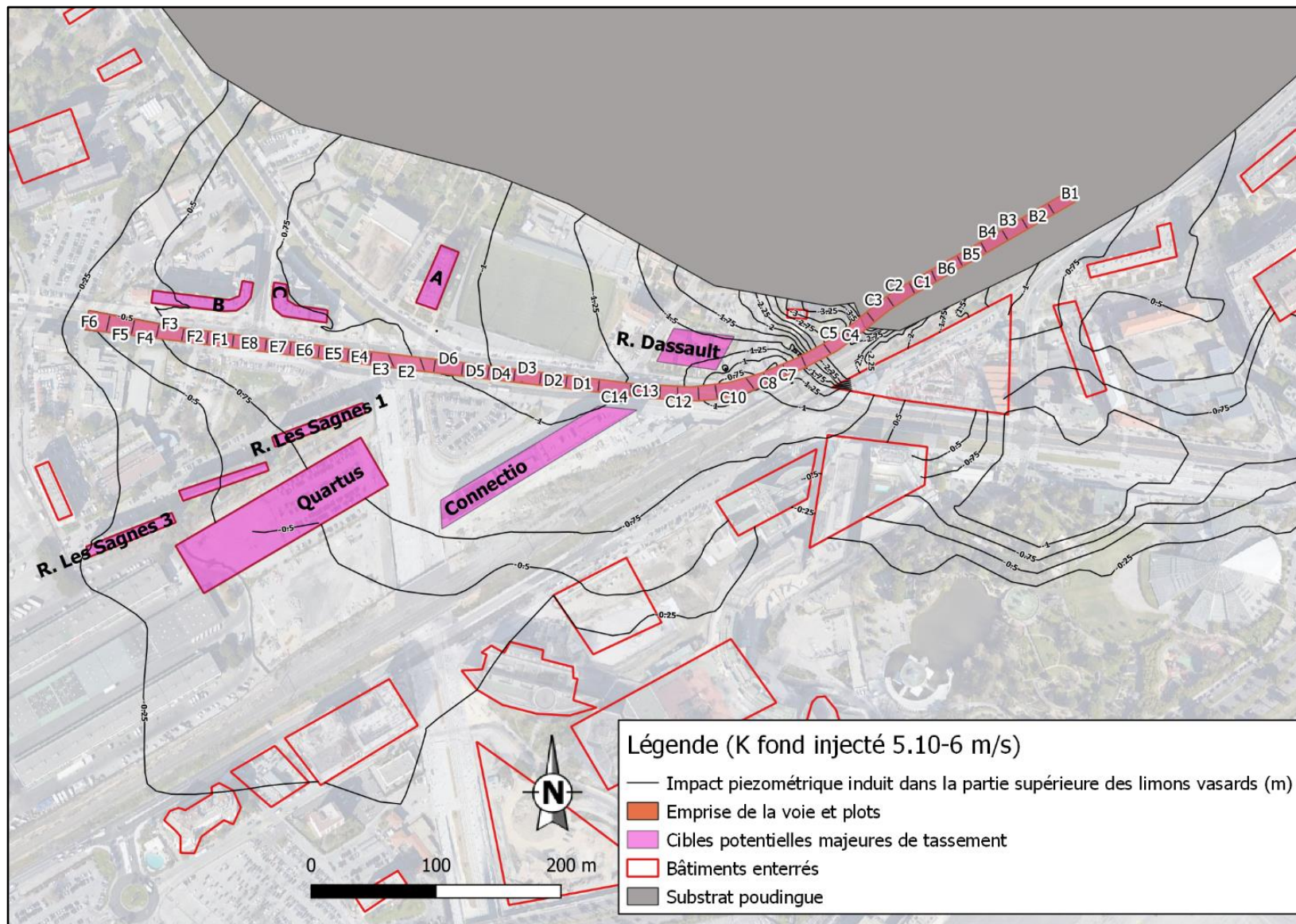




Figure 17 : Impact piézométrique dans la partie médiane des limons vasards (avec une perméabilité de fond injecté de  $5.10^{-6}$  m/s)

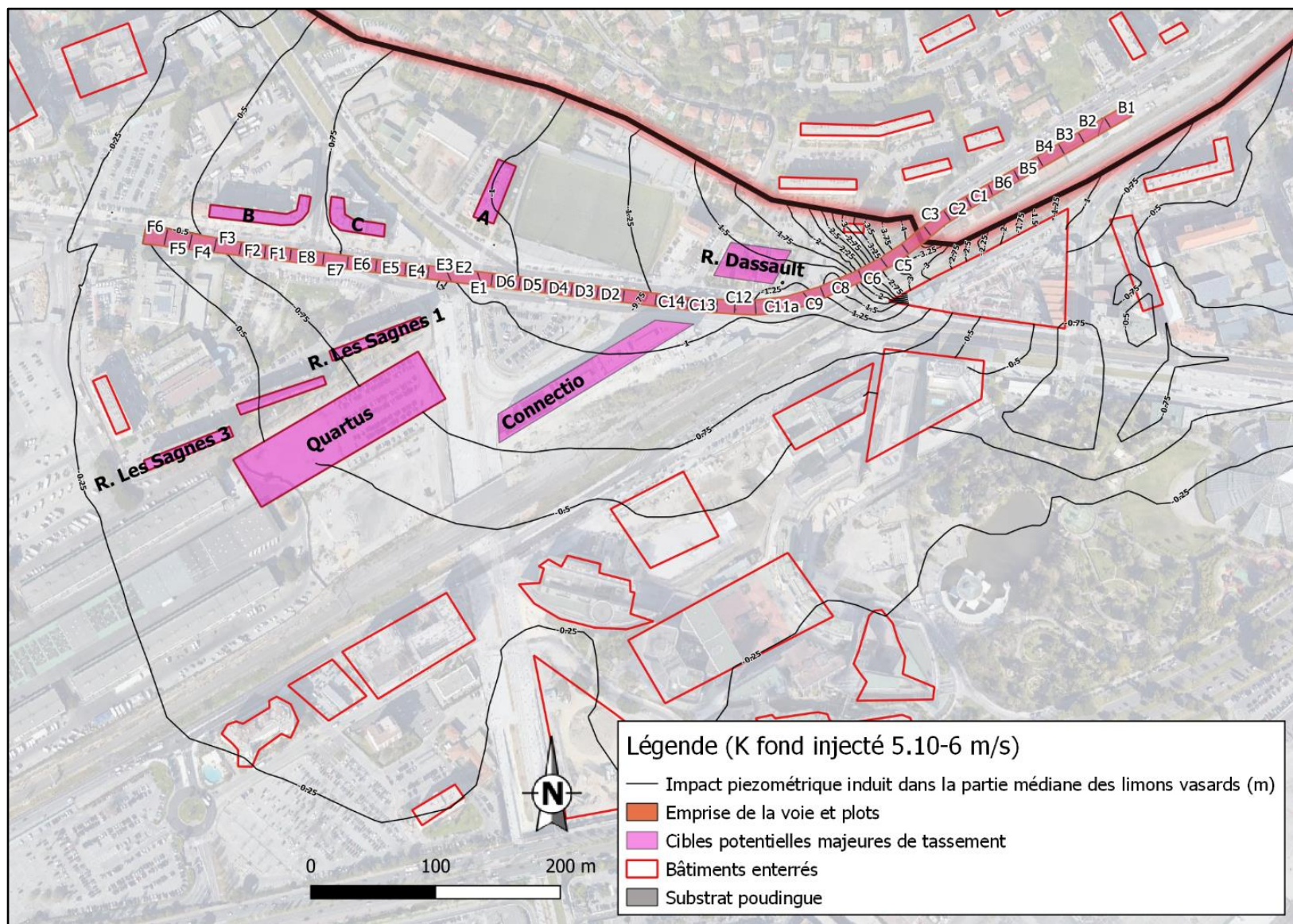


Figure 18 : Impact piézométrique dans la partie inférieure des limons vasards (avec une perméabilité de fond injecté de  $5.10^{-6}$  m/s)

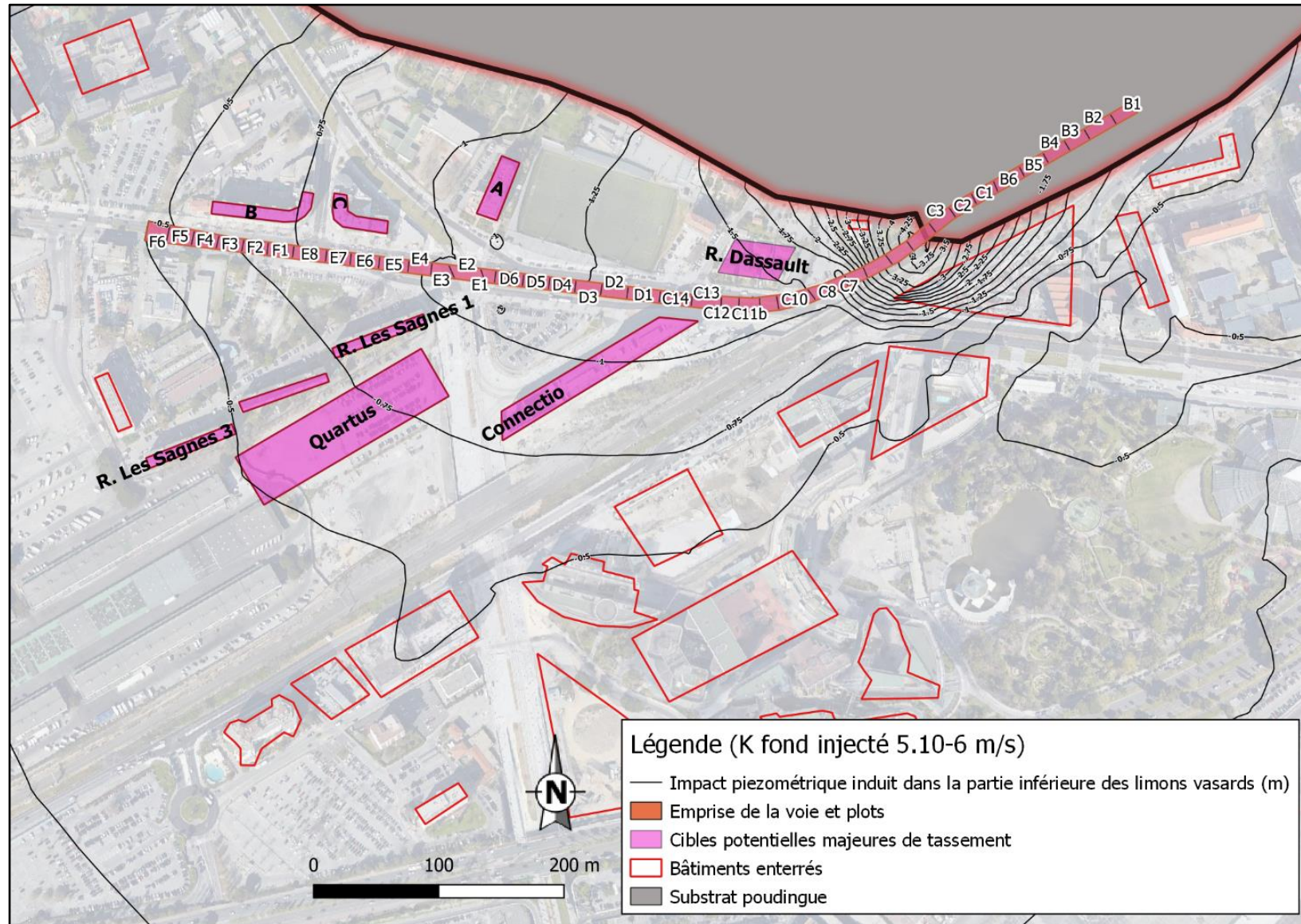
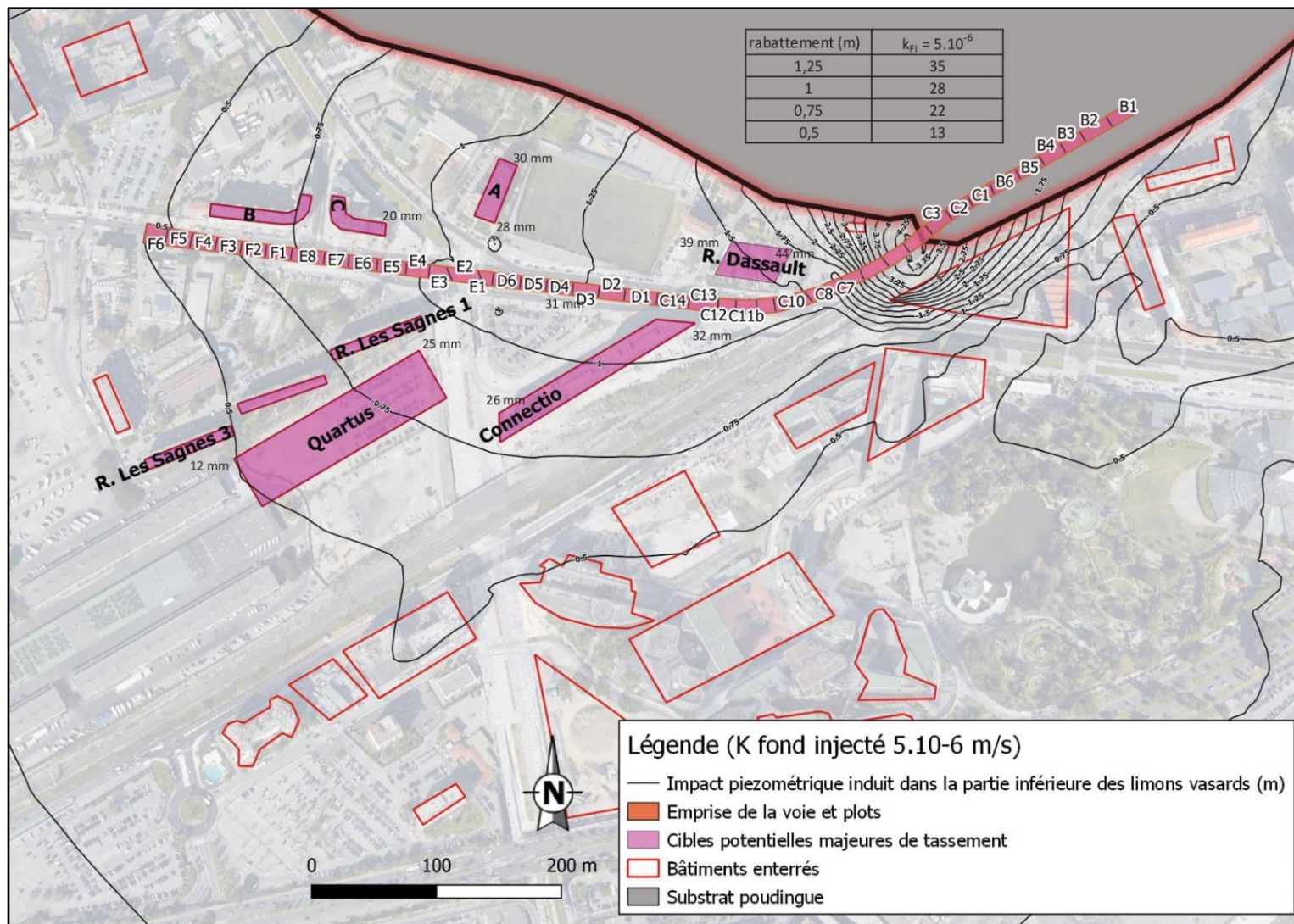


Figure 19 : Evaluation des tassements attendus par baisse de pression interstitielle dans les limons vasards



### 3.1.2 Incidences sur les pompages existants

Il existe un certain nombre de forages dans les environs du projet (forage du MIN, forages de climatisation de l'aéroport, captages d'alimentation en eau potable de Sagne).

La figure 20 présente les rabattements de la nappe des sables et galets inférieurs estimés numériquement au droit de ces points de prélèvement :

- sur les captages AEP de Sagnes : - 0,11 m
- sur le forage du MIN : - 0,28 m
- sur le forage de l'aéroport : - 0,21 m

Pour un certain nombre de « petits pompages » existants au sud du projet, les rabattements seront compris entre 0,5 et 0,75 m.

Ces impacts sont faibles. Compte tenu de la transmissivité élevée des formations alluviales de l'estuaire du Var, il n'y a pas à redouter d'impact significatif du projet sur la productivité de ces captages.

### 3.1.3 Déplacement du coin salé

Compte tenu de la différence de masse volumique entre l'eau salée marine et l'eau douce continentale, il se forme en bordure de continent un coin salé (Cf figure 21). Cette situation est normalement stable, l'écoulement d'eau continental repoussant en permanence les intrusions salines. La mise en route de pompages peut perturber cet équilibre.

Une carte d'iso-conductivité de la nappe profonde (au 31 aout 2007) est présentée en figure 22. On constate :

- une langue d'eau douce en bord de mer ;
- une intrusion saline en bordure Est de la plaine, dans le secteur Est du projet SOVM ; la teneur maximale mesurée est de 16000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ce qui porte à croire qu'il s'agit d'une eau saumâtre plutôt qu'une eau de mer ;
- une intrusion saline au sud de la plate-forme aéroportuaire (avec la même salinité maximale).

Le déplacement du cône salé n'est pas anticipable au moyen de formules analytique simples. Le recours au modèle numérique est nécessaire pour apporter des éléments. Le déplacement du biseau salé sous l'effet des pompages SOVM est cours de simulation. Les résultats seront intégrés à la notice définitive du dossier loi sur l'eau.

On peut toutefois noter que les pompages à mettre en œuvre pour le projet s'effectueront dans l'aquifère profond. Ils contribueront inévitablement au déplacement du coin salé selon un processus faisant appel à la charge hydraulique de la nappe (modulo les différences de masses volumiques précitées des eaux douces ou salées), au débit d'apport non intercepté par les pompages et venant de la vallée du Var ainsi qu'au gradient de la nappe.

Le puits du marché d'intérêt national (MIN) se trouve à 830 m au sud-ouest de la courbure du projet, c'est-à-dire là où seront observés les rabattements les plus importants. Il a fait l'objet d'un examen spécifique dans le cadre du présent rapport.

Figure 20 : Rabattements de la nappe des sables et galets évalués numériquement au droit des principaux puits d'extraction d'eau du secteur

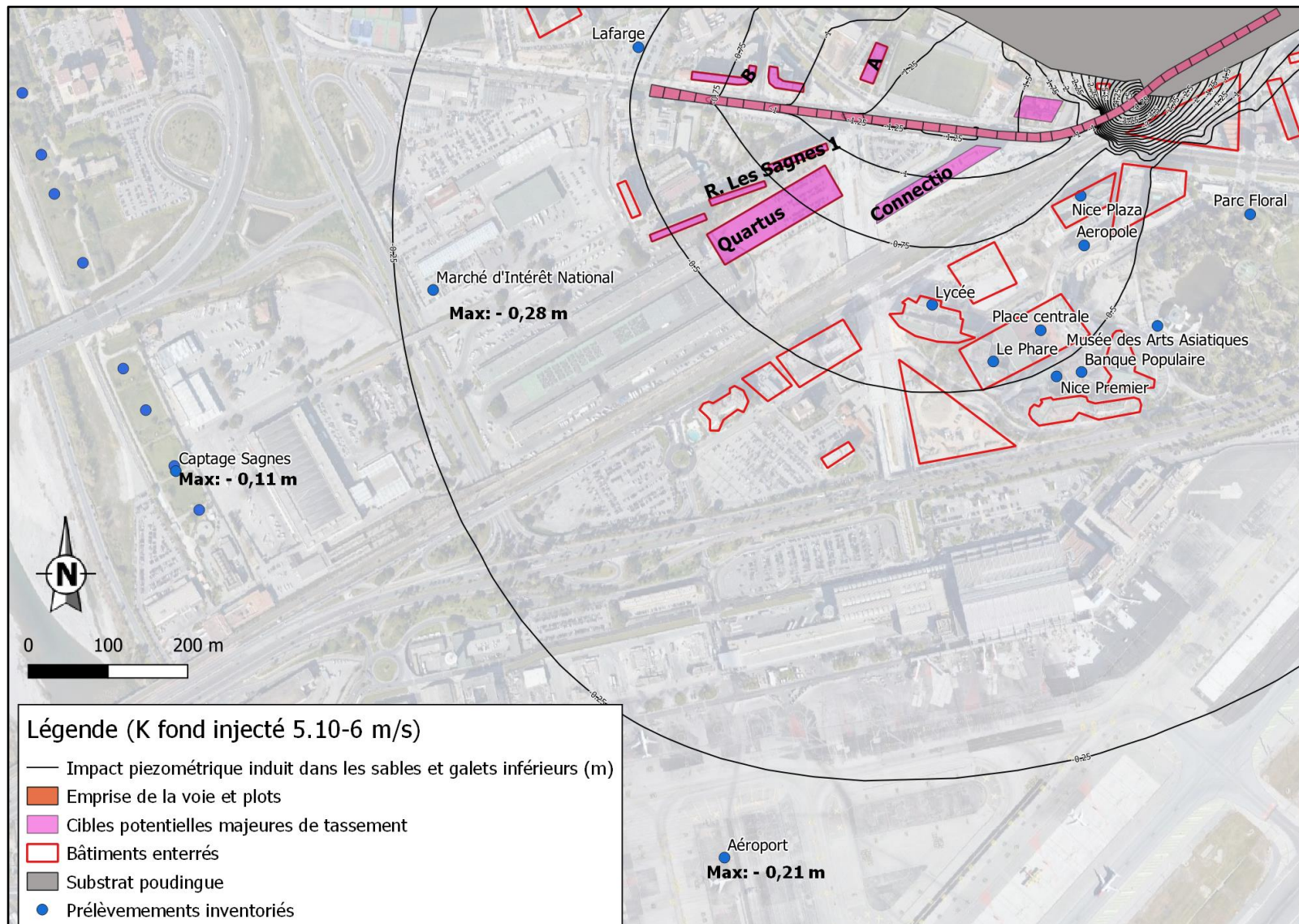


Figure 21 : Coin salé

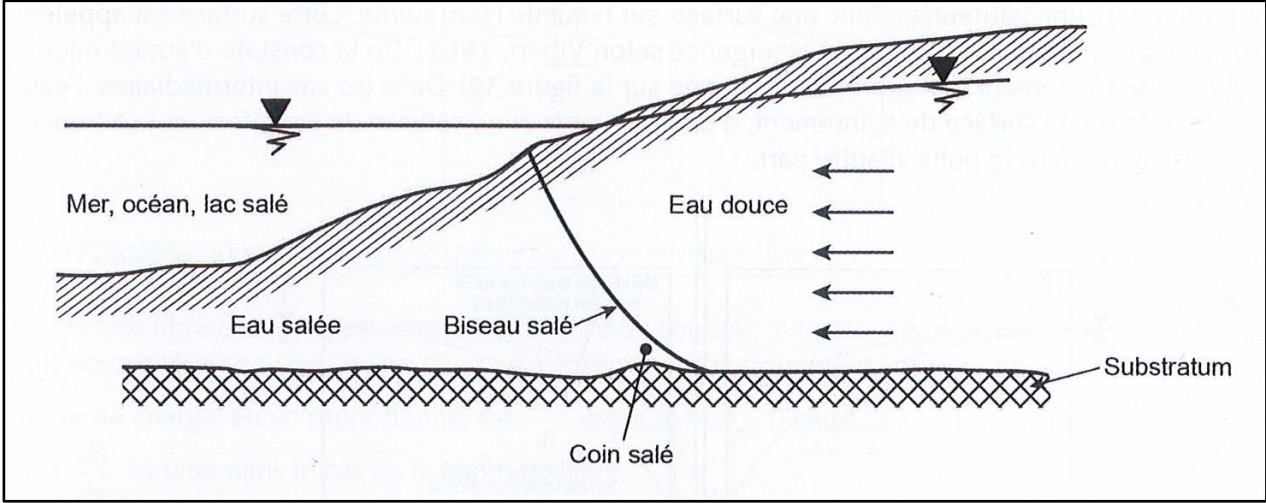
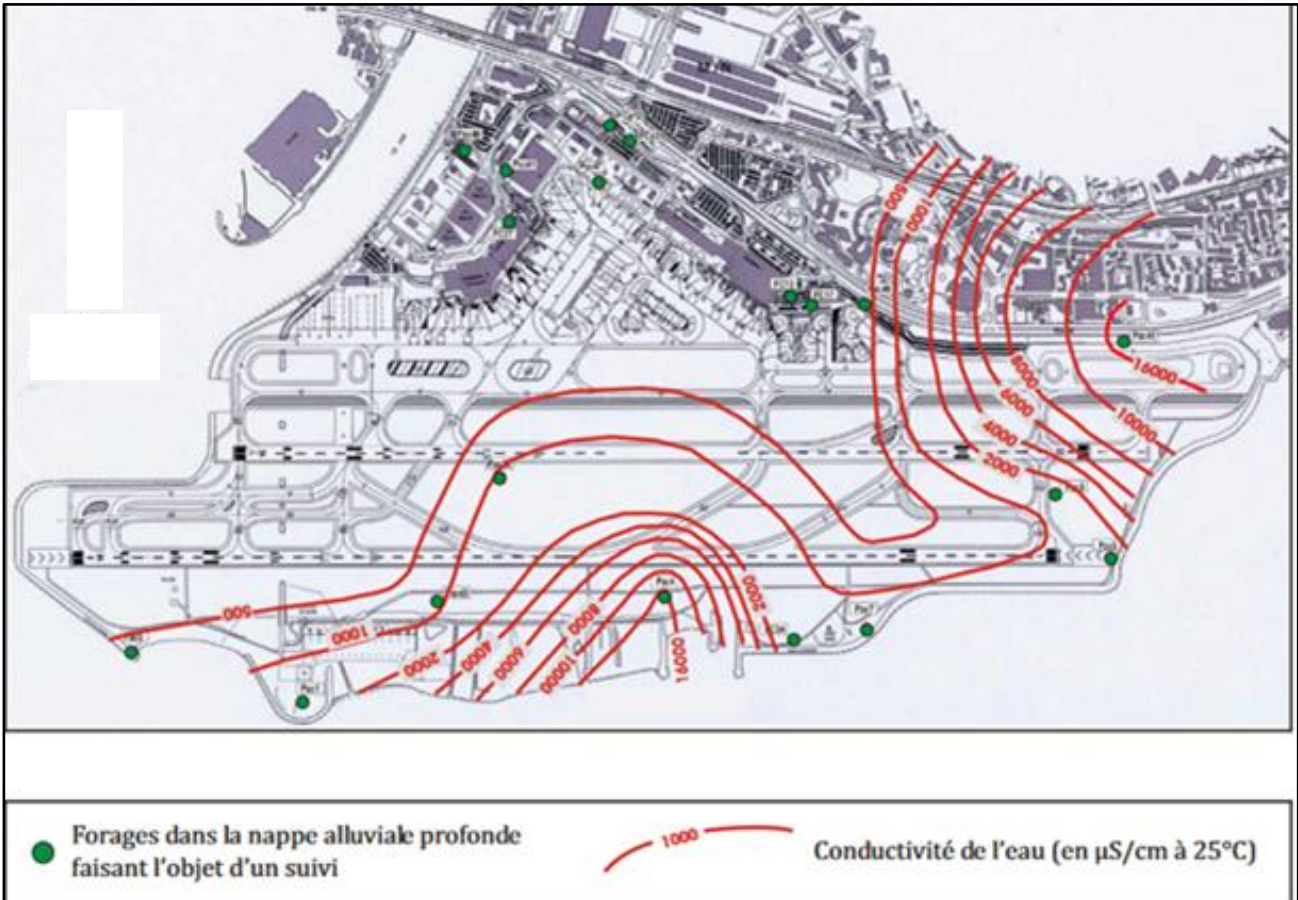


Figure 22 : Carte d'iso-conductivité de la nappe profonde (31 août 2007 ; Cabinet Mangan et H2EA)



### 3.1.3.1 Approche du déplacement du biseau salé sur la base du volume total prélevé

Deux coins salés sont constatés sur la figure 22 : le premier au sud-est du projet et le second, au sud-ouest.

- Concernant le coin salé est : Les plus forts rabattements dans la nappe des sables et graviers se trouvent grosso modo dans la courbure du projet (Cf figure 15). Le pompage SOVM déplacera le coin salé du sud-est vers le nord-ouest. Les lignes de courant – et donc de migration des eaux salines – seront orientées vers cette zone (selon le principe indiqué en figure 4). De ce fait, le projet jouera le rôle de « point de fixation » et, ce faisant, de protection du forage du MIN qui se trouve à 830 mètres au sud-ouest.

**Figure 23 : Localisation du forage MIN**



- Concernant le coin salé sud : On considère la courbe 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Cf figure 24) comme la courbe de potabilité<sup>4</sup>. Elle se trouve à  $r_1 = 1\,150\text{ m}$  du point de pompage maximum de SOVM. On fait l'hypothèse d'un volume total pompé de  $1\,140\,415\text{ m}^3$  sur toute la période des travaux (estimation Fugro). En considérant l'écoulement comme un apport radial vers la courbure SOVM, on évalue le déplacement de la ligne 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  comme suit :

$$1140415\text{ m}^3 = \pi \cdot r_1^2 \cdot h \cdot p \cdot A - \pi \cdot r_2^2 \cdot h \cdot p \cdot A$$

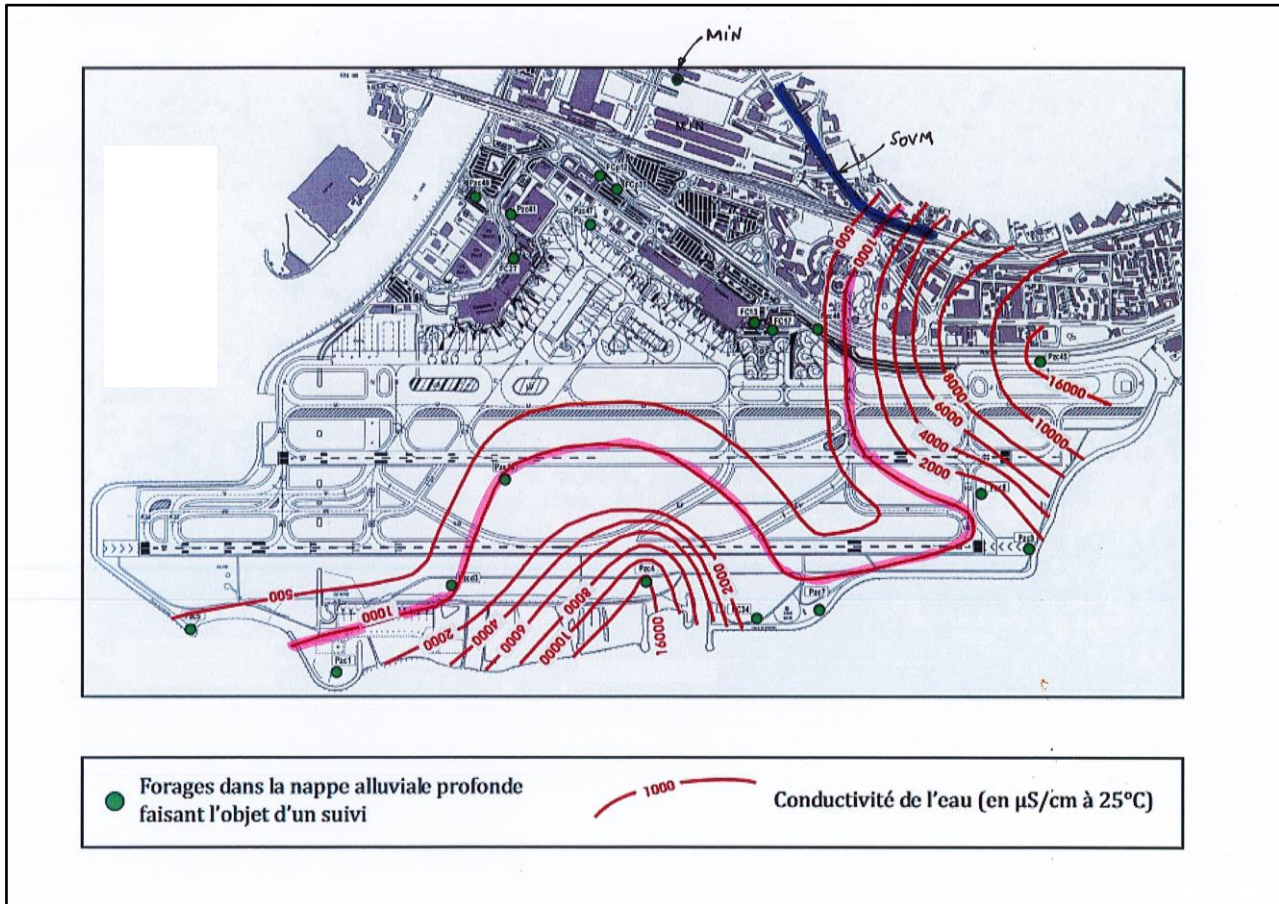
avec  $h$ , épaisseur de l'aquifère (évaluée à 18 m),  $p$ , porosité totale des sables et graviers (estimée à 30 %), et  $A$ , un facteur permettant de tenir compte de la limite peu perméable des poudingues (réduction de moitié de l'aquifère : demi-cercle, soit  $A = 0,5$ ).

On évalue  $r_2 = 1\,090\text{ m}$ , soit un déplacement du coin salé de 60 m.

En conclusion, le coin salé sud n'aura pas de conséquences sur le forage MIN qui se trouve à 1 150 mètres de la ligne d'iso-conductivité 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

<sup>4</sup> Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine : conductivités de référence :  $\geq$  à 180 et  $\leq$  à 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (bornes minimale et maximale)

**Figure 24 : Projet SOVM, forage MIN et ligne d'iso-conductivité 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$**



Bien que l'on n'identifie pas à ce stade de l'étude (en l'attente d'une simulation numérique de déplacement du biseau salé), il conviendra toutefois qu'un suivi de la conductivité des eaux du projet et des eaux du MIN soit réalisé en phase travaux.

### 3.2 En phase définitive

#### 3.2.1 Effet de barrage du projet

En phase définitive, l'ouvrage SOVM constituera un ouvrage étanche limité par ses parois moulées amont et aval et par un radier construit immédiatement au-dessous du plan de roulement. L'ouvrage SOVM ne sera donc plus à l'origine de prélèvement d'eau (hors mis les éventuelles fuites percolant aux jonctions entre les panneaux de paroi moulée, représentant un débit non significatif).

Le seul effet attendu à ce stade est le « contournement de l'obstacle » par les lignes de courant de la nappe. Cet effet est classiquement appelé effet de barrage.

Compte tenu du fait que les parois moulées ne pénétreront que faiblement l'aquifère des sables et graviers profonds, l'effet de barrage attendu dans la nappe profonde est non significatif. La figure 25 présente les valeurs obtenues par simulation numérique : dans la courbure du projet, le relèvement de la nappe des sables et galets est de 10 cm au maximum.

L'effet de barrage sur la nappe superficielle est naturellement plus élevé (Cf figure 26) : relèvement de 1,6 m en amont et abaissement de 0,4 m en aval. Afin de rétablir la transparence hydraulique, la mise en place et l'entretien d'un dispositif de transfert d'eau est prévu : tranchée d'écrêtage amont interconnectée avec une tranchée d'infiltration en aval du projet (Voir également Annexe 3). Ces relèvements en amont et abaissements en aval devront toutefois être contrôlés par des piézomètres sélectifs.



Figure 25 : Evaluation de l'effet barrage sur la nappe des sables inférieurs

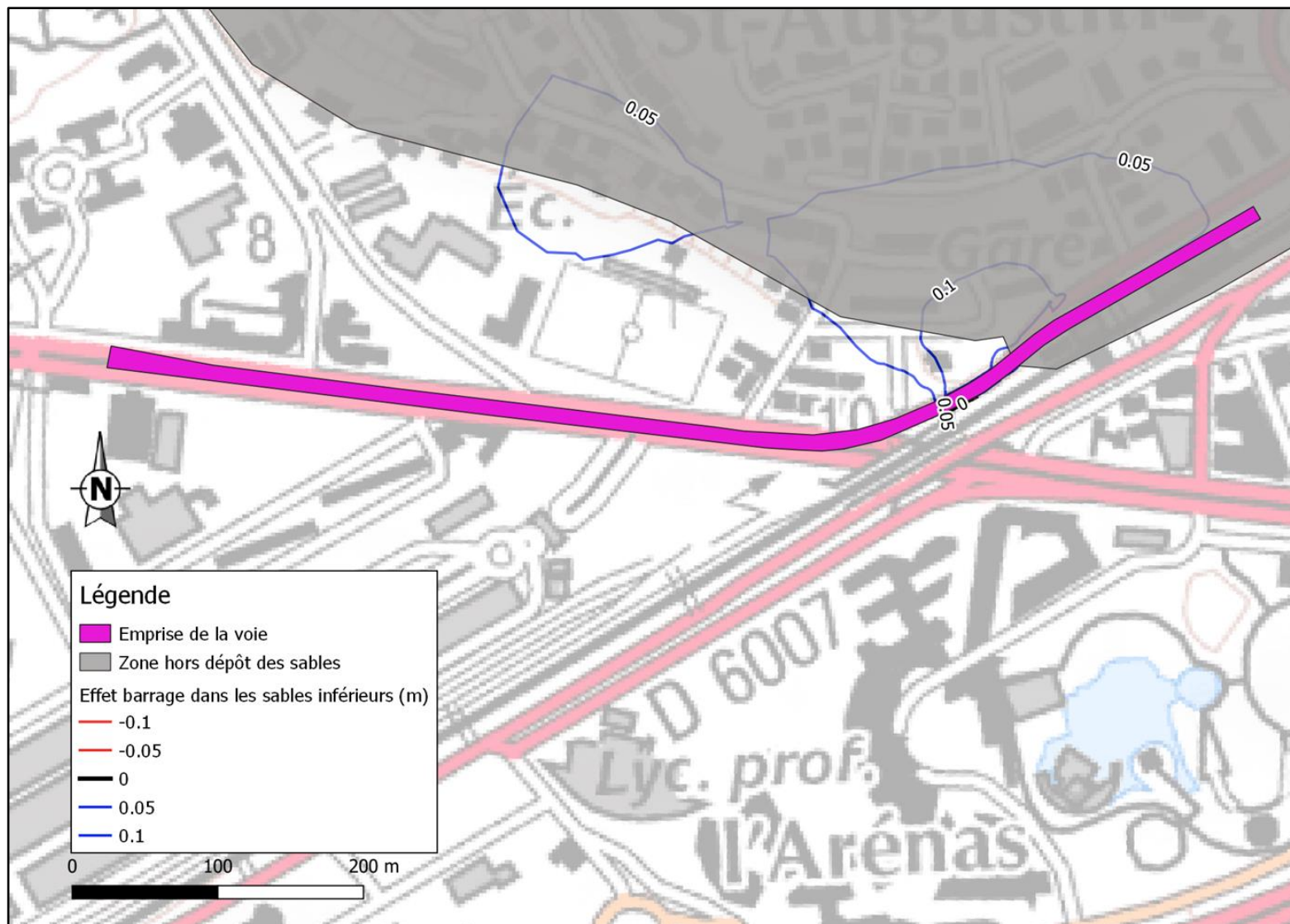
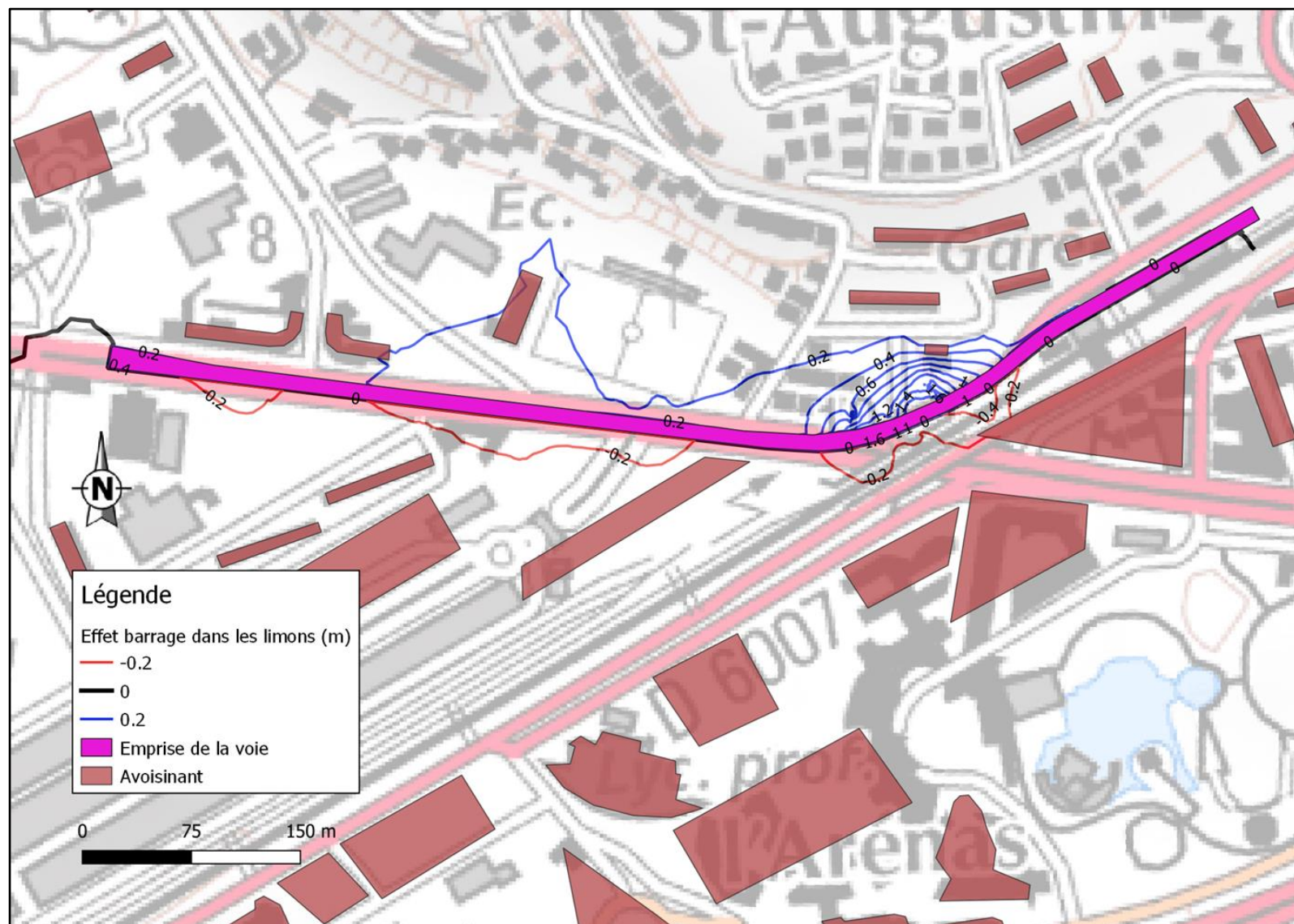


Figure 26 : Evaluation de l'effet barrage sur la nappe des limons



## 4. Evacuation des eaux pompées

Les conditions de décantation et de rejet des eaux sont récapitulées en annexe 1.

## 5. Mesures correctives envisagées

Les mesures correctives sont récapitulées ci-dessous.

### 5.1 En phase travaux

- Contrôle des rabattements, dans la nappe superficielle et la nappe profonde, au moyen de piézomètres sélectifs, notamment dans le secteur Est (secteur où le projet se trouve dans les poudingues et qui semble-t-il est pauvre en piézomètres) ;
- Le cas échéant, soutien de la nappe superficielle par des injections d'eau (au moyen de tranchées, ou de puisards) ;
- Contrôle de l'évolution de la salinité des eaux des nappes superficielle et profonde ;
- Contrôle altimétrique du terrain naturel au moyen de cibles de nivellement, pour les bâtiments fondés superficiellement ;
- En cas d'identification d'ouvrages non sélectifs ayant une incidence hydrogéologique avérée, rebouchage de ces ouvrages.

### 5.2 En phase définitive

- Mise en œuvre d'un dispositif de transparence hydraulique (CF annexe 3) ;
  - Contrôle de son efficacité dans des piézomètres de contrôle.
-

# ANNEXES



## **Annexe 1. Notice de pompage (Rédacteur : Groupement d'entreprises)**

Cette annexe contient 3 pages.

## Sortie Ouest de la Voie Mathis – Nice (06)

### Note technique des pompages

#### 1.1. Nécessité du pompage sur le projet

##### Stabilité durant le terrassement

La géologie type présente au droit du projet est constituée d'une couche de limons argileux s'étendant au-delà du fond de fouille et qui par ailleurs crée une mise en pression de la nappe profonde des sables et galets.

En l'état, avant travaux, l'épaisseur de limons argileux présente au-dessus des sables et galets et suffisante pour contrer la sous-pression amenée par la nappe inférieure.

Lors du terrassement nous allons induire une réduction de l'épaisseur des limons. Le potentiel hydraulique de la nappe restera lui inchangé. Si la sous-pression constatée n'est pas soulagée nous ferons face à un risque UPL (soulèvement des terrains à la suite d'une perte de l'équilibre statique).

Pour cela il est nécessaire de réaliser des puits au travers de la couche de limons argileux et jusque dans les sables et galets pour pouvoir capter la nappe et diminuer la sous-pression.

#### 1.2. Caractéristique du dispositif de pompage

##### Puits de pompage

###### Espacement des ouvrages

A ce stade des études l'espacement préconisé est de plus ou moins 15m entre les ouvrages.

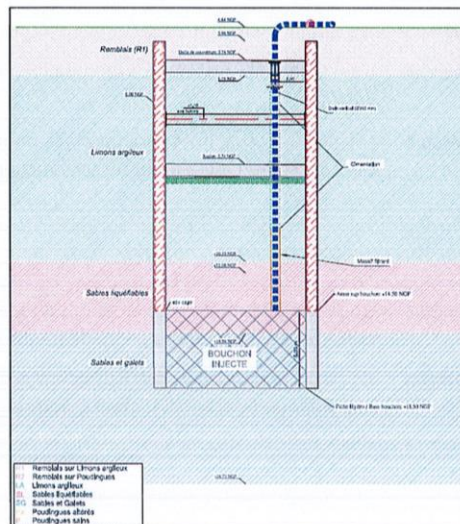
###### Forage

Les ouvrages seront réalisés avec la méthode de forage à l'ODEX et un diamètre de forage de 350mm.

###### Équipement du puit

Les puits seront équipés de crépines en fil enroulés inox ou acier diamètre 193/187mm avec une ouverture de 0.3mm.

Cette crépine sera placée sur toute la hauteur disponible de couches drainantes, à savoir, depuis le toit du bouchon injecté jusqu'à la base des limons argileux (terrains crépinés = sables et galets, sables liquéfiables) :



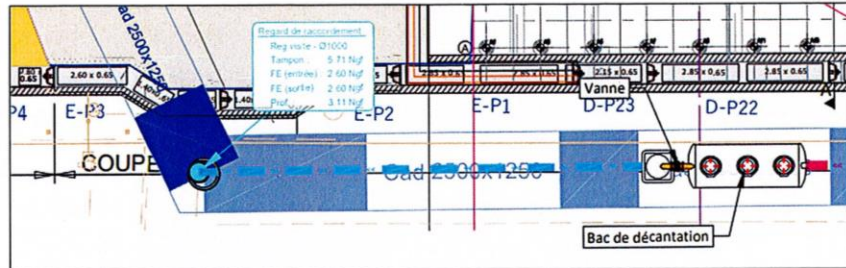
##### Système de pompage

L'ensemble des puits seront équipés de pompes immergées et de sondes piézométriques.

**Rejets des eaux pompées**

**Point de rejet** L'ensemble des eaux pompées sont amenées dans un réseau de collecte unique qui est rejeté dans le réseau EP via un cadre.

Le système est présenté dans l'extrait de plan ci-dessous :



**Système de filtration** Avant tout rejet, les eaux pompées seront traitées à travers un bac de décantation.

Ce dernier sera muni d'une vanne pour permettre les prélèvements et analyse qui attesteront de la conformité des eaux rejetées avec les critères de rejet imposé par la métropole de Nice.

Le tableau des caractéristiques à mesurer est rappelé ci-dessous :

Le pétitionnaire met en place, pour les déversements d'eaux de pompage de nappe, un programme de mesures dont la nature et la fréquence sont les suivants :

Analyse	Fréquence
Matières en suspension (MES)	1 analyse pour chaque rejet d'une durée compatible avec le mode opératoire de prélèvement.
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	
Demande Biologique en Oxygène (DBO5)	
Température	
pH	
Conductivité	
Azote Global (NGL)	
Phosphore total (PT)	
Hydrocarbures totaux	

Le bac de décantation sera également équipé d'un compteur permettant un suivi des volumes pompés et l'adéquation de ce volume avec les notes de calculs du pompage.

**Alimentation électrique**

**Phase service** L'ensemble du système de pompage sera raccordé sur secteur pour un fonctionnement 24h/24.


**Système de secours** Un groupe de secours sera en place pour prendre le relais et palier à une éventuelle coupure du réseau. Cela assurant un fonctionnement continu du dispositif.

**Surveillance**

**Alerte GSM** Un système de suivi sera aussi mis en place avec des alertes GSM en cas d'évolution anormale des niveaux de nappe ou de panne de l'alimentation.

**Intervention** En cas d'alerte et de déclenchement du système de secours, une intervention sera systématiquement déclenchée pour s'assurer de la mise en route du groupe de secours annexe.

## Annexe 1 | Fiche technique du bac de décantation



**FICHE TECHNIQUE TRAITEMENT** ◀ **TREATMENT DATA SHEET**

**Unité de Décantation Lamellaire, Séparation d'hydrocarbures**

► NEPHROS ► AVEC DÉBOURBEUR INTÉGRÉ, BLOCS LAMELLAIRES & MOUSSES COALESCENTES

TRAITEMENT

**NEPHROS C-60m<sup>3</sup>/h**

**PRINCIPE :**

Cette installation comporte :

- Un compartiment déboureur dont le rôle est de retenir les boues, chargées ou non, de granulométrie > 200µm. Son volume utile, au repos, est au minimum de 100L par L/s traité
- Un compartiment décanteur lamellaire dont le rôle est de retenir les boues fines, chargées ou non, de granulométrie > 10µm
- Un compartiment séparateur équipé de mousses coalescentes dont le rôle est de retenir les polluants, chargés ou non d'hydrocarbures, de granulométrie supérieure à 1µm. Mousses imputrescibles et nettoyables sans outils ni démontage, permettant de garantir la qualité du rejet. Son volume utile, au repos, est au minimum de 50L par L/s traité. Sa capacité de rétention en hydrocarbures ne peut être inférieure à 10L par L/s traité.



Matériel CE

**CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES**

► Débit traité : .....60 m<sup>3</sup>/h

*Performances de séparation*

- Surface MC : .....270 m<sup>2</sup>
- Surface d'échange totale : .....317,80 m<sup>2</sup>
- Vitesse de séparation : .....0,16 m/h
- Charges superficielles : .....22,90 m<sup>3</sup>/L/s

*Raccordements*

- Raccord : .....DN 200/160 mm

*Volumes*

- Total : .....9 450 L
- Utile : .....9 190 L
- Déboureur : .....2 000 L
- Décanteur lamellaire/MC : .....1 800 L
- Séparateur : .....920 L
- Rétention polluants (d>0,85) : .....460 L
- Rétention des boues : .....3 210 L

*Équipements de série*

- Répartiteur de flux
- Blocs lamellaires à courants croisés

**OBJECTIF :**

Traitement des eaux issues de toutes surfaces de captage d'eau présentant un risque de pollution et avec obligation de résultat sur la qualité du rejet

Références Normatives :

- Classe de séparateur selon EN 858-1 : 1
- Combinaison de séparation selon EN 858-2 : S-II-I-P

**ENCOMBREMENTS**

- Poids à vide : .....2 020 kg
- Hauteur : .....2 000 mm
- Largeur : .....2 100 mm
- Longueur : .....3 600 mm

LYON ► PARIS ► MARSEILLE ► TOULOUSE ► STRASBOURG ► TOURS

GROUPES ÉLECTROGÈNES  
RABATEMENTS DE NAPPES  
POMPAGES

+ d'infos sur  
[www.dsl.fr](http://www.dsl.fr)

Siège social : ZA des Tallis - Rue de Savale - F-9940 COREAS - ☎ 33(0)4 72 90 00 10

**24/24**  
7/7



## **Annexe 2. Tassement des limons sous pompage (Rédacteur : FUGRO)**

Cette annexe contient 12 pages.



Ville de Nice



AMENAGEMENT DE  
LA SORTIE OUEST DE LA VOIE MATHIS



Tassement des limons sous pompage

Maîtrise d'œuvre



Entreprises



Indice	Date	Modifications	Etabli par	Vérfié par	Validé par
A	29/07/2022	Premier indice	FUGRO	FUGRO	RSTB

EMETTEUR	LOT	PHASE	SPECIALITE	TYPE	NUMERO	INDICE
RSTB	01	EXE	GEO	NDC	XXXXX	A

---

FUGRO FRANCE S.A.S

---



FUGRO FRANCE SAS

Sortie Ouest de la Voie Mathis

SOVM

Mission G3

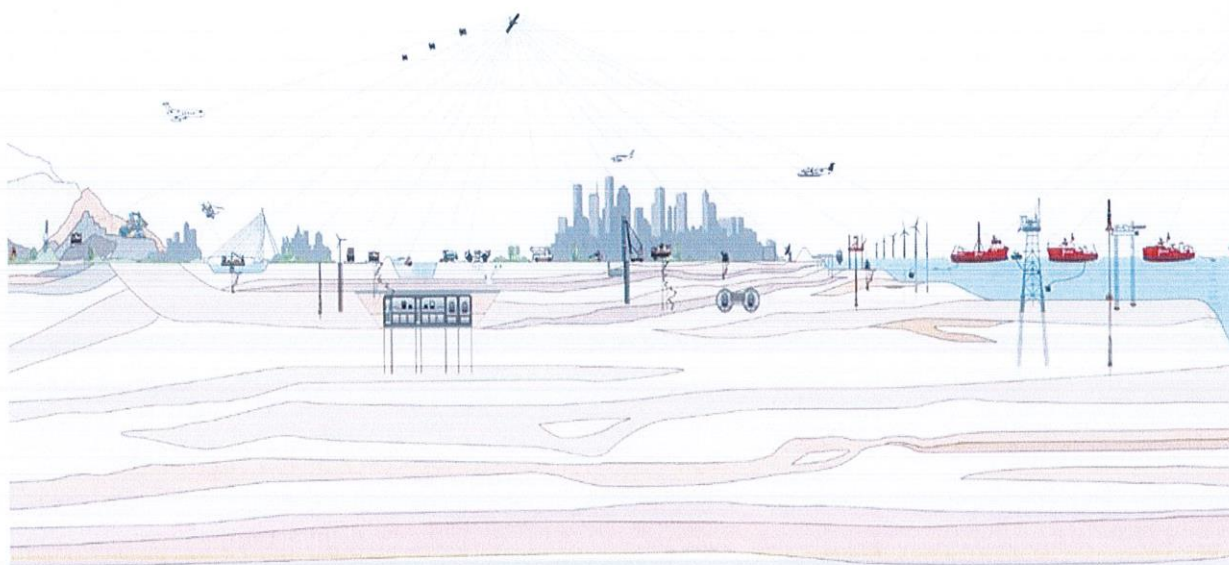
Synthèse des entrants pour la modélisation hydrogéologique

Etude des tassements durant les pompages

Nice (06)

Fugro Dossier n° : 162522

24 aout 2022



---

**FUGRO FRANCE S.A.S**

---

**Nice (06 200)**

Sortie Ouest de la Voie Mathis

SOVM

Dossier n°162522

Mission G3

Synthèse des entrants pour la modélisation hydrogéologique

Etude des tassements durant les pompages

Mission réalisée à la demande de : Groupement RSTB

Mission réalisée pour le compte de : Groupement RSTB

Chef de Projet : Emmanuel AMEAUME

Rapport rédigé par : Emmanuel AMEAUME

Version	Date	Pages	Modifications	Rédacteur	Relecteur	Validation du Chef de projet
1	24/08/2022	5	-	EAM	ARE	EAM

FUGRO FRANCE SAS - Agence Auriol – 20 Zac du Pujol 1 – Les Artauds Est – 13390 AURIOL.

Tel : 04 42 36 08 60 Fax : 04 42 36 08 61



## SOMMAIRE

1. INTRODUCTION .....	2
1.1. Mission.....	2
1.2. Objet de la note .....	2
1.3. Documents disponibles .....	2
2. SYNTHÈSE DES ENTRANTS .....	3
2.1. Géologie .....	3
2.2. Piézométrie initiale.....	3
2.3. Perméabilités .....	4
2.4. Cote de rabattement dans la fouille.....	4
3. CALCULS TASSEMENTS.....	6

## Table des figures

Figure 1 : Synthèse des perméabilités suivant la note [1].....	4
Figure 2 : Coupe au droit du Connectio .....	6
Figure 3 : Carte des rabattements liés aux pompages sur SOVM.....	9
Tableau 1 : Synthèse des niveaux d'eau à imposer dans la modélisation .....	5
Tableau 2 : Cote des terrains pris en compte dans la coupe 8 (cote toit en NGF) .....	6
Tableau 3 : Synthèse des essais œdométriques réalisés sur le projet dans les limons argileux .....	7
Tableau 4 : calcul du tassement avec 1 m de rabattement.....	8



## 1. INTRODUCTION

### 1.1. Mission

A la demande et pour le compte du groupement RAZEL BEC - SEFI - TRIVERIO - BOTTE, FUGRO FRANCE SAS a été missionné pour la réalisation d'une étude géotechnique d'exécution – G3 selon la norme NF P 94-500, dans le cadre du projet de la sortie Ouest de la Voie Mathis (SOVM).

### 1.2. Objet de la note

La présente note porte sur :

- La synthèse des paramètres permettant à la société Burgeap de réaliser une modélisation hydrogéologique 3D autour du projet (géologie, niveau d'eau, perméabilités),
- La présentation du calcul de tassement par consolidation dans les limons compressibles.

### 1.3. Documents disponibles

Les documents à notre disposition pour cette mission sont :

- [1] Note d'hypothèses générales (RSTB\_01\_EXE\_GEO\_NDH\_15001)
- [2] Etude de stabilité du fond injecté – calcul des débits (RSTB\_01\_EXE\_GEO\_NDC\_15004)
- [3] Transparence hydraulique – Protocole de suivi (RSTB\_01\_EXE\_GEO\_NDC\_15005)



## 2. SYNTHÈSE DES ENTRANTS

Ce chapitre a pour but de synthétiser les hypothèses hydrogéologiques nécessaires sur la base de la note d'hypothèse générale du projet (note [1]). Du fait que la note d'hypothèses n'avait pas été réalisée dans le but de réaliser une modélisation de cette ordre, quelques adaptations sont nécessaires et sont présentées dans les chapitres le cas échéant.

### 2.1. Géologie

La géologie intégrée dans le modèle numérique est élaborée sur la base des données Burgeap et l'ensemble des données disponibles dans le cadre du projet SOVM.

### 2.2. Piézométrie initiale

La piézométrie initiale communiquée provient de :

- La note [3] avec la définition de la piézométrie initiale dans les piézomètres,
- Les relevés réguliers réalisés par l'entreprise dans le cadre du suivi de l'effet barrage.

Aucun relevé général des piézomètres n'est disponible avant le démarrage des travaux.

Les éléments suivants permettent à Burgeap d'interpoler au mieux la piézométrie sur la zone :

- La note d'hypothèse et en particulier la piézométrie dans les différents aquifères et aquitards,
- Les niveaux d'eau retenus dans les deux horizons (sables et galets – poudingues et les limons) (note [1]).
- La base de données Burgeap.

L'ordre de grandeur de l'écart entre les niveaux de nappe des sables et galets – poudingues et les limons présenté par Burgeap (0.5 à 1 m) se retrouve dans les niveaux d'eau définis dans la note d'hypothèses.



### 2.3. Perméabilités

Les perméabilités sont issus :

- De la note d'hypothèse [1],
- Du retour d'expérience de notre société ainsi que celle de Burgeap sur le secteur.

Ci-dessous une synthèse des perméabilités retenues dans la note [1] :

Horizon géologique	Perméabilité horizontale kh	Perméabilité verticale kv
	[m/s]	[m/s]
Remblais [R1 - R2]	1,00E-06	1,00E-06
Limons argileux [LA]	1,00E-08	1,00E-09
Sables et galets [SG]	5,00E-04	1,00E-04
Poudingues altérés [Pa]	1,00E-05	1,00E-06
Poudingues sains [P]	1,00E-04	2,00E-05

Figure 1 : Synthèse des perméabilités suivant la note [1]

Les commentaires suivants sont à apporter :

- Poudingues : aucune différence n'est faite dans le modèle numérique entre les poudingues et les poudingues altérés. De plus, l'expérience récente sur chantier ainsi que le retour d'expérience de Burgeap semblent indiquer que les poudingues sont plus fermés que prévu, ce qui a conduit Burgeap à retenir une perméabilité de  $2,6 \cdot 10^{-6}$  m/s dans cet horizon.
- Sables et galets : les perméabilités horizontales et verticales retenues dans le modèle Burgeap sont respectivement de  $8 \cdot 10^{-4}$  et  $2 \cdot 10^{-4}$  m/s. Ces perméabilités, basée sur le retour d'expérience de Burgeap, sont très proches des perméabilités retenues dans la note d'hypothèses.
- Limons argileux : les perméabilités proposées par notre société, basées sur les essais locaux disponibles, sont assez faibles. Burgeap a proposé de retenir des perméabilités horizontales et verticales respectivement de  $4 \cdot 10^{-7}$  et  $4 \cdot 10^{-8}$  m/s, permettant de caler la piézométrie des limons et les écarts entre les deux nappes des sables et galets et des limons. Des études de sensibilité autour de ce paramètre sont en cours afin de juger de sa pertinence.

Pour le fond injecté, il est décidé à ce stade de prendre une perméabilité isotrope de  $5 \cdot 10^{-6}$  m/s sur l'ensemble du linéaire.

### 2.4. Cote de rabattement dans la fouille

Les cotes de rabattement à imposer dans la fouille, par plot, est définie dans la note [2].

Cette note définit le principe de drainage et de pompage dans les limons et dans les sables et galets (au-dessus du fond injecté).

Les cotes de rabattement sont synthétisées ci-dessous :





secteur	Plot	tmt taupe		pas 2	pas 3
		niveau passe 2 (NGF)	niveau du radier (passe 3) (NGF)	Niveau d'eau à rabattre (NGF)	niveau d'eau à rabattre (NGF)
B	B1	-	4,3	pas de passe 2	Voir "sans fond"
	B2	-	4,3		
	B3	-	4,3		
	B4	-	1,54		
	B5	-	1,54		
	B6	-	1,54		
C3	C1	-	-3,49	pas de passe 2	-3,49
	C2	-	-3,49		-3,49
	C3	-	-3,49		-3,49
	C4	-	-3,49		-3,49
	C5	-1,80	-4,26	-1,80	-4,26
	C6	-1,80	-4,26	-1,80	-4,26
	C7	-2,30	-4,76	-2,30	-4,87
	C8	-2,30	-4,87	-2,30	-4,87
	C9	-2,40	-4,91	2,46	-1,70
C2	C10	-2,50	-5,07	2,46	-1,70
	C11	-2,50	-5,07	2,46	-1,70
C1	C12	-1,60	-5,02	-1,60	-5,02
	C13	-1,60	-5,02	-1,60	-5,02
	C14	-1,60	-5,02	-1,60	-5,02
D	D1	-1,60	-5,02	-1,60	-5,02
	D2	-1,60	-5,02	-1,60	-5,02
	D3	-1,60	-5,28	3,30	-5,28
	D4	-1,60	-5,28	3,30	-5,28
	D5	-1,60	-5,28	3,17	-6,68
	D6	-1,60	-5,28	3,17	-6,68
E	E1	-1,60	-7,68	3,17	-6,68
	E2	-1,60	-5,36	3,17	-6,68
	E3	-1,60	-5,36	2,62	-3,48
	E4	-1,60	-5,36	2,62	-3,48
	E5	-1,60	-5,36	2,62	-3,48
	E6	-1,60	-5,36	2,62	-3,48
	E7	-1,60	-4,47	2,62	-3,48
	E8	-0,42	-3,96	4,53	-1,21
F	F1	0,40	-3,21	4,53	-1,21
	F2	0,40	-2,92	5,30	-0,08
	F3	0,40	-2,92	5,30	-0,08
	F4	0,40	-2,78	5,30	-0,08
	F5	0,40	-2,62	5,30	-0,08
	F6	0,40	-2,62	5,30	-0,08

Tableau 1 : Synthèse des niveaux d'eau à imposer dans la modélisation

Pour mémoire, ces potentiels sont à imposer dans les matériaux situés entre le fond injecté et les limons argileux.



### 3. CALCULS TASSEMENTS

La baisse provisoire du niveau de la nappe a pour conséquence un risque de tassement dans l'horizon fin saturé des limons argileux. Dans les tassements, on distingue :

- Les tassements absolus
- Les tassements différentiels

Une évaluation des tassements est réalisée en prenant en compte

- la baisse de la nappe au sein des sables et galets
- la « diffusion » du rabattement dans les limons

A titre d'exemple, si dessous une coupe permettant d'illustrer les deux rabattements :

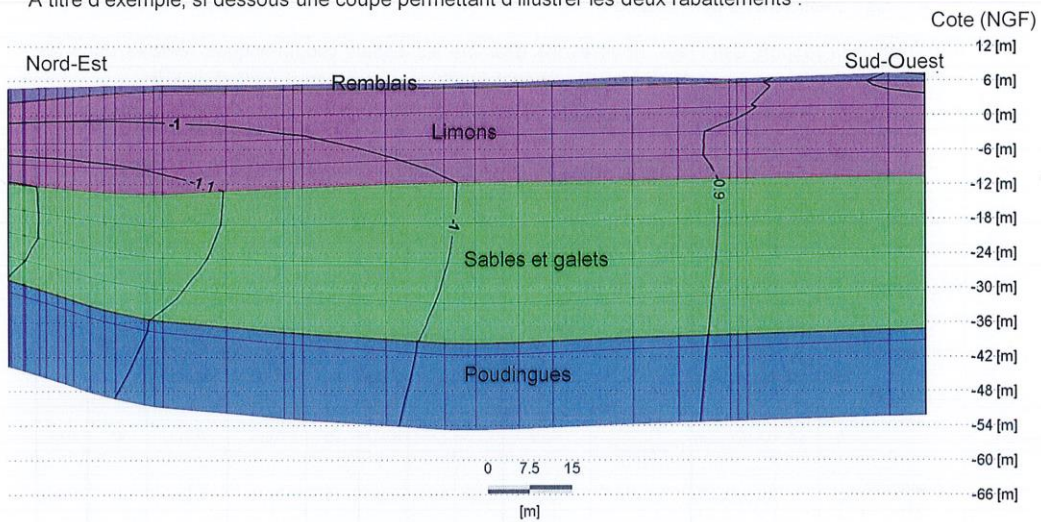


Figure 2 : Coupe au droit du Connectio

Pour le calcul des tassements suivants les isohypses de rabattements fournies par Burgeap, la géologie considérée est celle de la coupe 8, rappelée ci-après :

Formation	Coupe 8
Remblais	+ 5.50
Limons argileux	+ 3.60
Sables liquéfiables	- 10.50
Sables et galets	- 13.00

Tableau 2 : Cote des terrains pris en compte dans la coupe 8 (cote toit en NGF)



Le niveau de la nappe initialement est la cote EB = + 4.5 NGF. Nous prenons en compte la géométrie des rabattements au sein des limons, de sorte que le rabattement en tête et en pied des limons n'est pas le même.

Le calcul des tassements sera réalisé par la formule suivante :

$$\delta = H \cdot C_s / (1 + e_0) \cdot \log [(\sigma'_{v0} + \Delta\sigma') / (\sigma'_{v0})]$$

Avec :

- $\sigma'_{v0}$  = contrainte effective à mi-hauteur de la couche
- $\Delta\sigma'$  = variations de la pression interstitielle moyenne pour la couche considérée
- H = hauteur des couches considérées
- $C_s$  : coefficient de consolidation

Pour définir le rapport  $C_s/(1+e_0)$ , nous avons examiné les essais œdométriques réalisés dans les campagnes d'essais en laboratoire. Les essais sont synthétisés ci-dessous (extrait de [1]) :

Généralité			IDENTIFICATION		œdomètre								
			description labo	couleur dominante	Cc	Cs	e <sub>0</sub>	σ' <sub>p</sub> kPa	Cc/(1+e <sub>0</sub> )	Cs/(1+e <sub>0</sub> )	σ' <sub>vo</sub> kPa	OCR	
sondage	profondeur m	Formation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SC3_Ginger_20 13	6	6,8	LA (z. transition)	Argile limoneuse	gris noir	0,196	0,03	0,702	70	0,115	0,018	76	1,09
	9	9,8	LA (z. transition)	Argile limoneuse	gris noir	0,142	0,028	0,502	80	0,095	0,019	86	1,08
SC4_Ginger_20 13	4,2	4,8	LA (z. Ouest)	Limon	gris	1,085	0,179	2,376	131	0,321	0,053	-	-
	6	6,8	LA (z. Ouest)	Tourbe argileuse	noire	4,433	1,156	6,941	99	0,558	0,146	48	0,48
SC5_Ginger_20 13	6,3	7	LA (z. Ouest)	Limon	gris	0,326	0,052	1,296	23	0,142	0,023	47	2,04
SC6_Ginger_20 13	7	7,8	LA (z. Ouest)	Limon organique	gris noir	0,777	0,171	2,101	75	0,251	0,055	46	0,61
	9	9,8	LA (z. Ouest)	Limon tourbeux	noir	0,501	0,095	1,419	79	0,207	0,039	76	0,96
SC7_Ginger_20 13	10	10,8	LA (z. Ouest)	Argile limoneuse à passées	gris noir	0,661	0,203	1,843	67	0,233	0,071	64	0,96
SC1_Ginger_20 14	9	10	LA (z. Ouest)	Limon argileux à toubeux	-	0,582	0,113	1,398	92	0,243	0,047	88	0,96
SC2003_Fugro _2021	11,5	13	LA (z. Ouest)	Argile tourbeuse	noir	0,751	0,105	1,72	53	0,276	0,039	88	0,957
nombre de valeurs						10	10	10	10	12	12	9	9
min						0,14	0,03	0,50	23,0	0,00	0,00	46,00	0,48
max						4,43	1,16	6,94	131,0	0,56	0,15	88,00	2,04
moyenne						<b>0,95</b>	<b>0,21</b>	<b>2,03</b>	<b>76,9</b>	<b>0,20</b>	<b>0,04</b>	<b>68,78</b>	<b>1,01</b>
medianne						0,62	0,11	1,57	77,0	0,22	0,04	-	-
ecart type						1,26	0,34	1,82	28,4	0,15	0,04	-	-
moyenne géométrique						0,59	0,11	1,58	71,0	-	-	-	-
Moyenne EC7						0,32	0,04	1,12	62,7	0,13	0,02	-	-
fractile 5%						0,17	0,03	0,59	36,5	0,00	0,00	-	-

Tableau 3 : Synthèse des essais œdométriques réalisés sur le projet dans les limons argileux



Nous écartons les essais pour lesquelles les OCR sont faibles (inférieurs à 0.8) et trop forts (supérieurs à 1.2) dans la mesure où ces terrains sont normalement consolidés à légèrement surconsolidés. Il en résulte que nous retenons une valeur de  $Cs/(1+e_0) = 0.0388$  (moyenne sur les essais restants).

Nous proposons, afin d'être au plus près de la réalité, de discrétiser en couches unitaires les limons. Les variations de pressions interstitielles, et les tassements associés, seront étudiés sur chaque couche, le tassement globale étant l'intégrale de ces tassements unitaires.

Ci-dessous le détail du calcul pour l'isohypses à 1 m de rabattement dans la partie basse des limons.

cote TN (NGF)		6																		
surcharge remblais (kPa)		27																		
couche	cote (NGF)				Hi	contrainte totale (kPa)			pression interstitielle u (kPa)						contrainte effective (kPa)			tassement (mm)		
	toit	base	médiane	m		toit	pied	moyenne	avant travaux			après travaux			variation	avant travaux				
	4,5	3	3,75	1,5	27	54	40,5	0	15	7,5	0	3,600	6,00	3,0	4,5	27,0	39,0	33,0	3,2	
2	3	2	2,5	1	54	72	63	15	25	20,0	6,0	3,593	15,93	11,0	9,0	39,0	47,0	43,0	3,2	
3	2	1,04	1,51923	0,962	72	89,31	80,65385	25	35	29,8	15,9	3,585	25,47	20,7	9,1	47,0	54,7	50,8	2,7	
4	1,04	0,08	0,55769	0,962	89,31	106,6	97,96154	35	44	39,4	25,5	3,578	35,01	30,2	9,2	54,7	62,4	58,5	2,4	
5	0,08	-0,88	-0,40385	0,962	106,6	123,9	115,2692	44	54	49,0	35,0	3,571	44,56	39,8	9,3	62,4	70,1	66,2	2,1	
6	-0,885	-1,85	-1,36538	0,962	123,9	141,2	132,5769	54	63	58,7	44,6	3,564	54,10	49,3	9,3	70,1	77,8	73,9	1,9	
7	-1,846	-2,81	-2,32692	0,962	141,2	158,5	149,8846	63	73	68,3	54,1	3,557	63,65	58,9	9,4	77,8	85,5	81,6	1,8	
8	-2,808	-3,77	-3,28846	0,962	158,5	175,8	167,1923	73	83	77,9	63,6	3,550	73,19	68,4	9,5	85,5	93,2	89,3	1,6	
9	-3,769	-4,73	-4,25	0,962	175,8	193,2	184,5	83	92	87,5	73,2	3,543	82,74	78,0	9,5	93,2	100,8	97,0	1,5	
10	-4,731	-5,69	-5,21154	0,962	193,2	210,5	201,8077	92	102	97,1	82,7	3,536	92,28	87,5	9,6	100,8	108,5	104,7	1,4	
11	-5,692	-6,65	-6,17308	0,962	210,5	227,8	219,1154	102	112	106,7	92,3	3,528	101,82	97,1	9,7	108,5	116,2	112,4	1,3	
12	-6,654	-7,62	-7,13462	0,962	227,8	245,1	236,4231	112	121	116,3	101,8	3,521	111,37	106,6	9,8	116,2	123,9	120,1	1,3	
13	-7,615	-8,58	-8,09615	0,962	245,1	262,4	253,7308	121	131	126,0	111,4	3,514	120,91	116,1	9,8	123,9	131,6	127,8	1,2	
14	-8,577	-9,54	-9,05769	0,962	262,4	279,7	271,0385	131	140	135,6	120,9	3,507	130,46	125,7	9,9	131,6	139,3	135,5	1,1	
15	-9,538	-10,5	-10,0192	0,962	279,7	297	288,3462	140	150,0	145,2	130,5	3,500	140,00	135,2	10,0	139,3	147,0	143,2	1,1	
140																Total			27,9	mm

cote EB	4,5	NGF
rabattement tête (m)	0,9	3,6 NGF
rabattement pied (m)	1	3,5 NGF
facteur Cc/Cs	4,6	
Cs/1+e0	0,039	

Tableau 4 : calcul du tassement avec 1 m de rabattement

Des calculs au droit de quelques bâtiments sont également réalisés, permettant de mieux prendre en compte :

- La géométrie réelle des terrains au droit du bâtiment considéré
- Une géométrie des rabattements au sein des limons plus précise.

Il en résulte la carte ci-dessous :

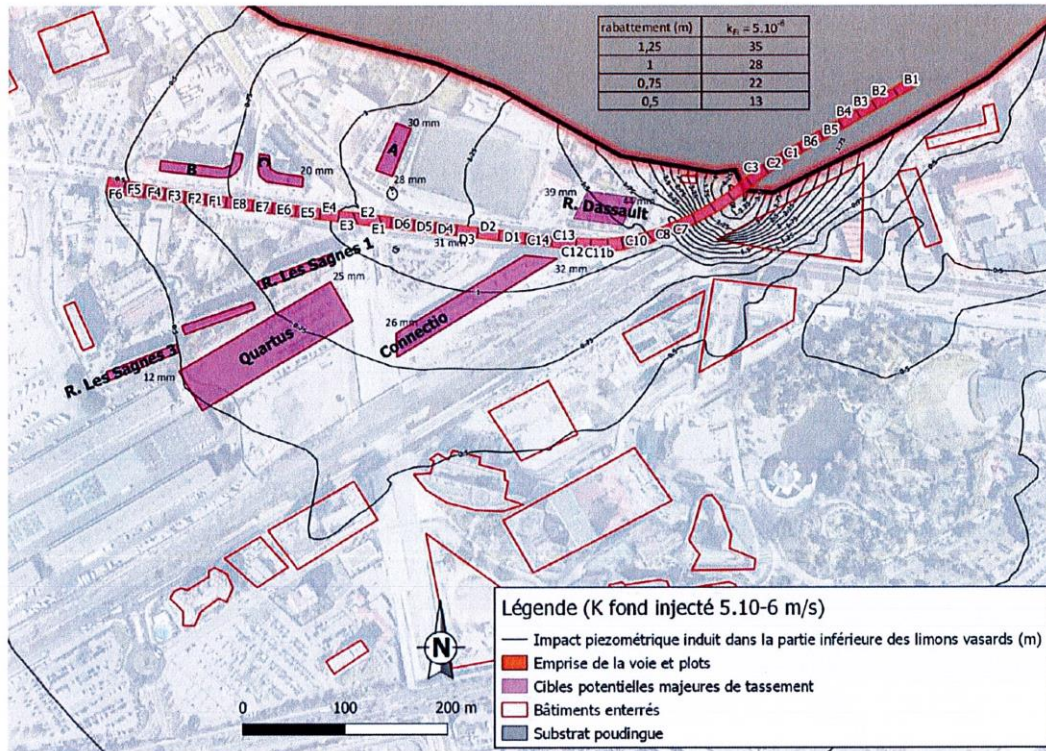


Figure 3 : Carte des rabattements liés aux pompages sur SOVM

Ces tassements sont à affiner avec des modèles en régime transitoire, une géologie et des niveaux d'eau retenus au droit de chaque bâtiment étudié. Ils doivent ensuite être comparés aux seuils définis par ailleurs.

A Auriol, le 24/08/2022

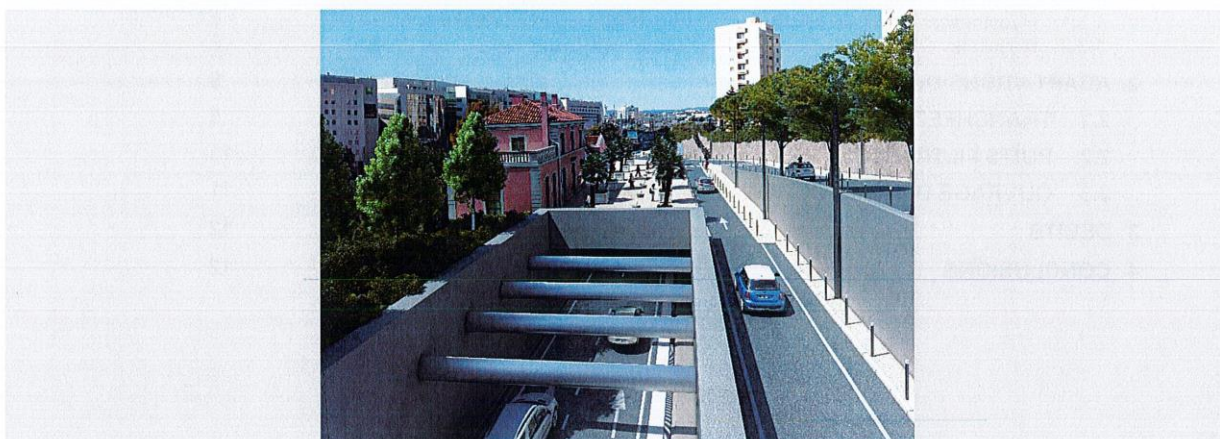
## **Annexe 3. Note sur la transparence hydraulique (Rédacteur : INGEROP)**

Cette annexe contient 13 pages.



Ville de Nice

## AMENAGEMENT DE LA SORTIE OUEST DE LA VOIE MATHIS



### PHASE DCE

## Etude géotechnique G2 PRO Note sur la transparence hydraulique

Maitrise d'œuvre



Stoa



Indice	Date	Modifications	Etabli par	Vérifié par	Validé par
A00	16.11.2017	1 <sup>ère</sup> diffusion	FST	SCL	SRD
B00	30.11.2019	Phase DCE	FST	SCL	SRD

EMETTEUR	LOT	PHASE	SPECIALITE	TYPE	NUMERO	INDICE
GEOS	-	DCE	OA	NTE	1012	B00

## SOMMAIRE

---

<b>1</b>	<b>DONNEES</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>PIEZOMETRIE</b>	<b>2</b>
1.1	CONTEXTE GLOBALE	2
1.2	NIVEAU PIEZOMETRIQUE ACTUEL	2
1.2.1	Zone Ouest	2
1.2.2	Zone Est	7
1.3	IMPACT DU PROJET	8
1.3.1	Hypothèses	8
1.3.2	Résultats	8
<b>2</b>	<b>ADAPTATIONS DU PROJET</b>	<b>9</b>
2.1	TRANCHEES DRAINANTES	9
2.2	PUITS FILTRANTS	11
2.3	OUVRAGE DE REINJECTION	11
<b>3</b>	<b>DEBITS</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONS</b>	<b>12</b>



## OBJET

Dans le cadre du contrat de Maitrise d'œuvre d'INGEROP pour les études de la voie Mathis, GEOS est en charge des études géotechniques inhérentes à l'élaboration de la phase PRO/DCE pour le réaménagement de la sortie Ouest de la voie Mathis (SOVM).

## 1 DONNEES

---

Les documents utilisés pour cette étude ont été les suivants :

- [1] Rapport de mission G12\_Tranchée couverte Grinda\_GINGER CEBTP\_CNI2.D.813.0046\_Avril 2014.
- [2] Rapport d'étude hydrogéologique\_Tranchée couverte Grinda\_GINGER CEBTP\_CNI2.E.813.0039\_Mai 2015.
- [3] Rapport de mission G2 PRO\_Aménagement Sortie Ouest Voie Mathis\_GINGER CEBTP\_CNI1.E.271.01\_Mai 2015.
- [4] Note d'hypothèses géotechniques générales n° 1011.

## 2 PIEZOMETRIE

---

### 1.1 CONTEXTE GLOBALE

Selon l'étude de Ginger [2], toutes les formations rencontrées dans les sondages sont aquifères et accueillent deux nappes :

En partie supérieure : Une nappe associée à la formation des Alluvions limono-argileuses avec un niveau piézométrique plus bas mais probablement influencée par la nappe inférieure des Alluvions sablo-graveleuses (alimentation inverse).

En partie inférieure : Une nappe communicante entre la formation des Poudingues et la formation des Alluvions sablo-graveleuses (nappe profonde et captive). Selon les points de sondages, elle peut donner lieu à des forages artésiens jaillissant, mais dont la charge (niveau piézométrique au-dessus du terrain naturel) n'est pas mesurée. Le phénomène n'a pas été observé sur les sondages réalisés en 2017 à la date de rédaction du présent rapport.

### 1.2 NIVEAU PIEZOMETRIQUE ACTUEL

#### 1.2.1 ZONE OUEST

##### Section A

Ce linéaire couvre l'extrémité Ouest du projet, où les avoisinants proches sont constitués d'immeubles.

L'insertion du projet dans le site doit être réalisée sans causer de hausse du niveau piézométrique pouvant porter préjudice aux avoisinants.

Cette section couvre un linéaire d'environ 270 m.

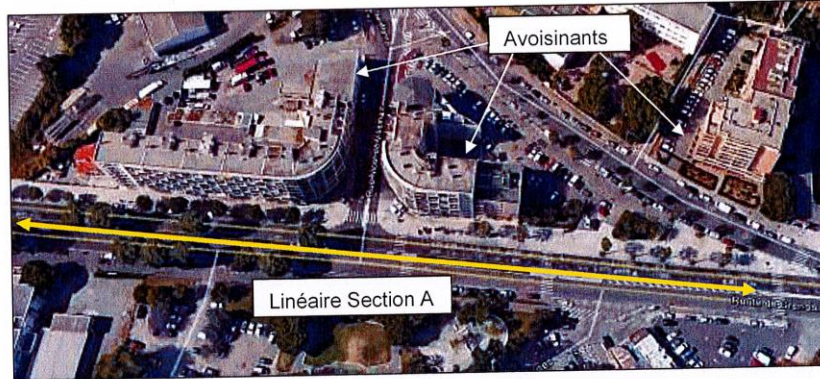


Figure 1. Localisation du linéaire de la section A (crédit google earth)

Nous ne sommes pas en possession de données sur tous les avoisinants du projet, toutefois la zone à proximité immédiate du projet nous apparaissant la plus sensible au risque de remontée de nappe se situe au croisement entre la Route de Grenoble et la rue Nicot de Villemain. Lors d'une visite de site nous avons pu observer à ce croisement l'existence de caves semi-enterrées sous les immeubles avoisinants (figure 2).

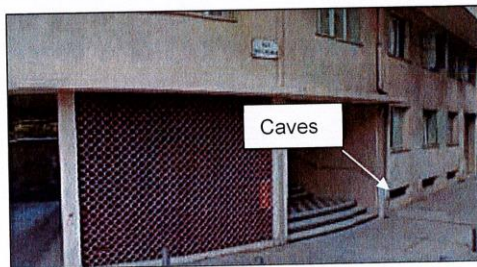


Figure 2. Aperçu des niveaux de caves rue Nicot de Villemain (crédit google earth)

Nous ne disposons pas d'information quant à un éventuel cuvelage étanche de ces ouvrages.

Nous retenons comme hypothèse un niveau de cave à 1,5 m sous le niveau du terrain naturel (hypothèse à vérifier par enquête sur le bâti).

Deux piézomètres ont été réalisés à proximité de la rue Nicot de Villemain lors des investigations de la phase G2 Pro menés par Ginger [3].

Le suivi annuel du 10/10/2014 au 22/09/2015 des piézomètres PZ11 et PZ12 donne les résultats suivants :

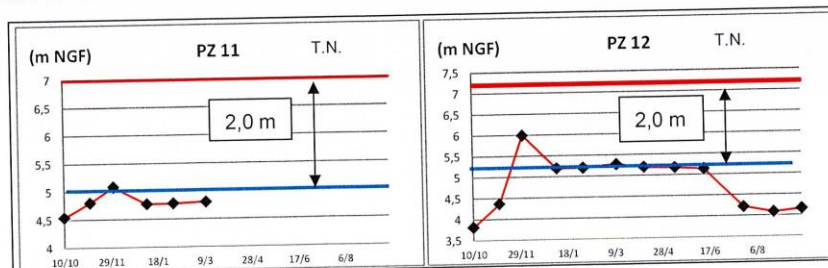


Figure 3. Suivi piézométrique des PZ 11 et PZ 12 [3]

Compte-tenu de ces éléments, la transparence hydraulique du projet doit ainsi permettre de laisser un niveau de nappe inférieur à 2,0 m sous le niveau du terrain, soit au moins 0,5 m sous le niveau estimé des caves, hors période de crue.

Le suivi piézométrique est cohérent avec l'hypothèse retenue pour le niveau des caves avec potentiellement une inondation de celles-ci lors de périodes de forte remontée de nappe (crue) comme en novembre 2014.

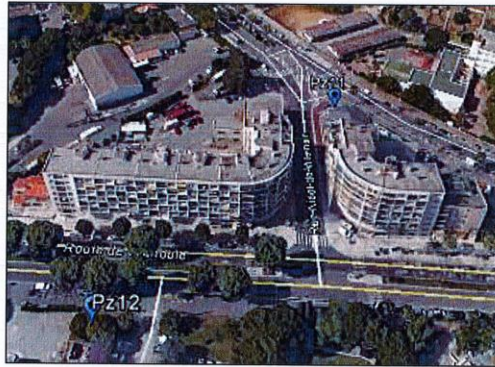


Figure 4. Implantation des PZ11 et PZ 12 (crédit google earth)

L'objectif du système de drainage sera donc d'écrêter les variations du niveau piézométrique, une fois le projet en place, à 2,0 m sous le niveau du terrain naturel. En cote NGF, le niveau à obtenir est de +5,0 mNGF.

#### Section B

Cette section couvre le linéaire du stade, où les avoisinants existants ne présentent aucun risque de remonté de nappe (stade, parking aérien).

Sur cette section les dispositions constructives liées à la conservation du niveau piézométrique existant tiennent davantage de la continuité à assurer avec les sections voisines.

Cette section couvre un linéaire d'environ 130 m.

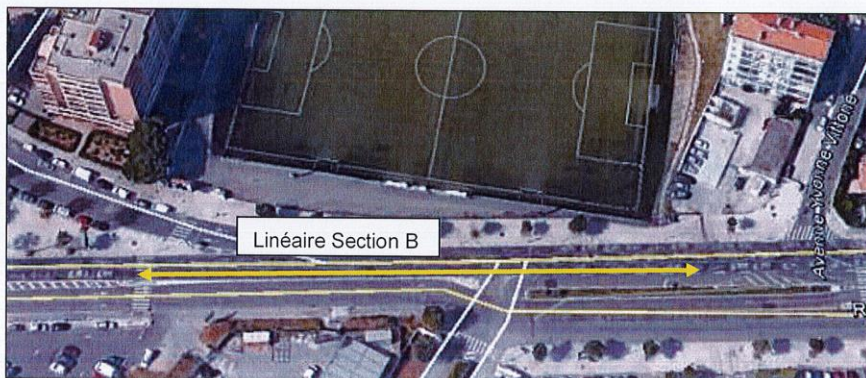


Figure 5. Localisation du linéaire de la section B (crédit google earth)

Le suivi annuel du 10/10/2014 au 22/09/2015 des piézomètres PZ6/8/9/10 donne les résultats suivants :

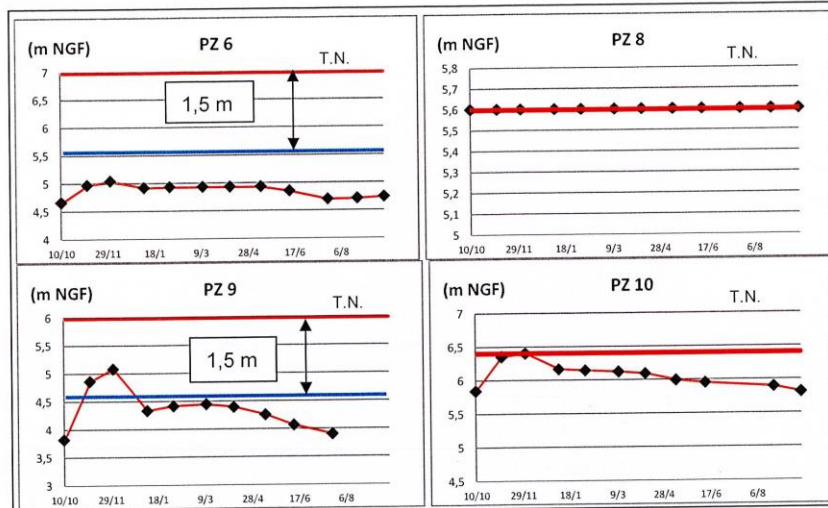


Figure 6. Suivi piézométrique des PZ 6/8/9/10 [3]

Le suivi piézométrique met en évidence une nette différence de niveau entre les piézomètres PZ6/9 et les piézomètres PZ 8/10. Cette différence s'explique par la profondeur plus importante des piézomètres PZ8/10 qui atteignent l'horizon des Alluvions sablo-graveleuses et donc la nappe en charge dont le niveau piézométrique se trouve régulièrement au-dessus du terrain naturel.

L'objectif sera de maintenir un niveau piézométrique à 1,5 m sous le terrain naturel.

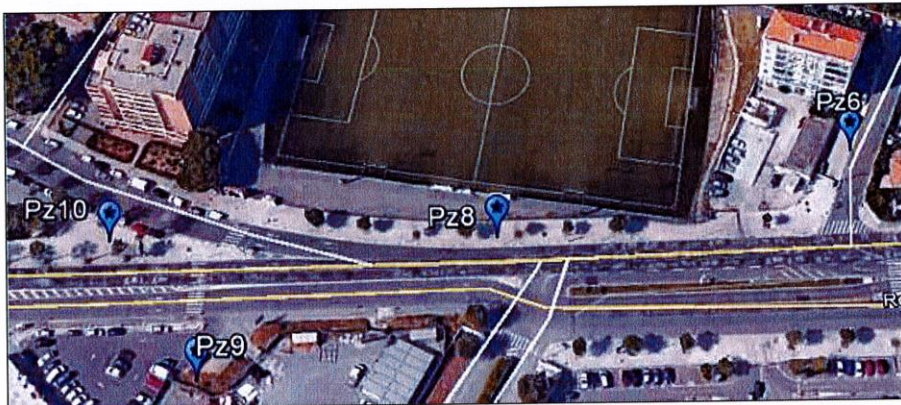


Figure 7. Implantation des PZ 6/8/9/10 (crédit google earth)

Afin de correspondre aux altimétries des coupes en travers de la trémis, qui indiquent une cote moyenne de la voirie au droit de cette zone à environ 5 mNGF, le niveau piézométrique sera stabilisé sur ce linéaire à 3,5 mNGF.

#### Section C

Ce linéaire couvre le carrefour entre l'avenue Grinda et la route de Grenoble, où les avoisinants proches sont constitués de la cité Jardin (immeuble R+9) et d'immeubles.

L'insertion du projet dans le site doit être réalisée sans causer de hausse du niveau piézométrique pouvant porter préjudice aux avoisinants par apparition de résurgences.

Cette section couvre un linéaire d'environ 200 m.



Figure 8. Localisation du linéaire de la section C (crédit google earth)

Le suivi annuel du 10/10/2014 au 22/09/2015 des piézomètres PZ 2/3/5/6 donne les résultats suivants :

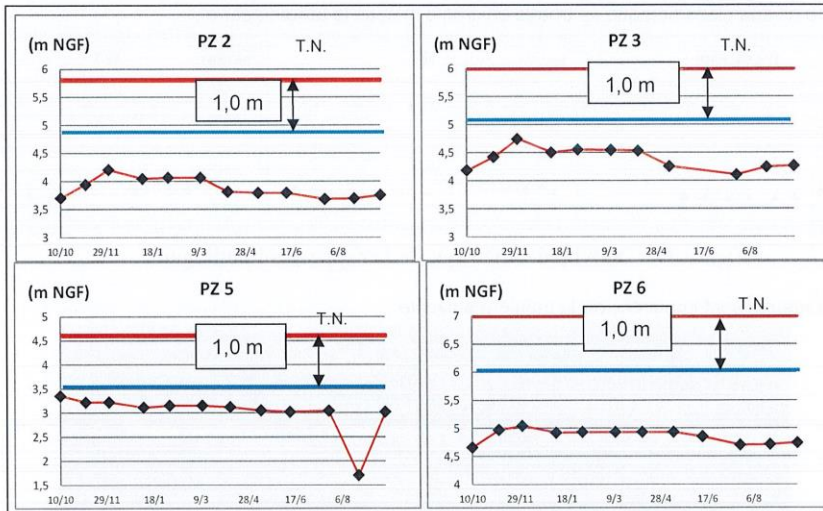


Figure 9. Suivi piézométrique des PZ 2/3/5/6 [3]

Le piézomètre PZ6 montre bien la transition avec la section B, avec un niveau piézométrique plus bas. Le piézomètre PZ 5 présente le point bas du site.



Figure 10. Implantation des PZ11 et PZ 12 (crédit google earth)

Afin de correspondre aux altimétries des coupes en travers de la trémiss, qui indiquent une cote moyenne de la voirie au droit de cette zone à environ 5 mNGF, le niveau piézométrique sera stabilisé sur ce linéaire à 4,0 mNGF.

### 1.2.2 ZONE EST

En partie Est du projet où seule la nappe associée à la formation des Poudingues et des Alluvions sablo-graveleuse est présente, le niveau piézométrique se trouve environ 6 m sous le terrain naturel :

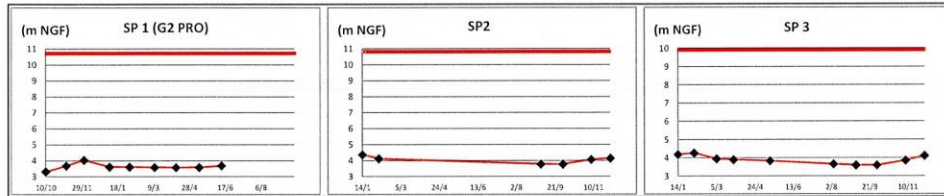


Figure 11. Suivi piézométrique de la nappe des Poudingues

Ces trois piézomètres sont implantés de la manière suivante :



Figure 12. Implantation des piézomètres spécifiques à la nappe des Poudingues

Sur ce linéaire, l'objectif sera de limiter l'impact du projet en évitant toute résurgence en surface.

### 1.3 IMPACT DU PROJET

Afin d'estimer les variations piézométriques induites par l'insertion de la tranchée en phase travaux et définitive, Ginger [2] a réalisé une modélisation aux différences finies.

#### 1.3.1 Hypothèses

Le modèle utilisé s'étend 500 m en amont et en aval du site. Les parois moulées sont descendues conformément au dimensionnement de l'étude G2 Pro [3], le bouchon étanche étant pris en compte avec une perméabilité de  $5.10^{-6}$  m/s dans les Alluvions sablo-graveleuses.

Les perméabilités retenues dans les différents horizons sont les suivantes :

Couche	Nature du sol	Homogénéité du paramètre perméabilité sur la couche	Perméabilité horizontale (m/s)
1	Remblais	Homogène	$1.10^{-6}$
2	Alluvions fines du VAR	Hétérogènes	$5.10^{-8}$ à $5.10^{-7}$
3	Alluvions graveleuses du VAR	Hétérogènes	$5.10^{-4}$ à $5.10^{-3}$
4	Poudingues	Hétérogènes	$5.10^{-6}$ à $5.10^{-4}$

Tableau 1. Coefficients de perméabilité retenus par Ginger

Les perméabilités verticales sont considérées comme 10 fois inférieures aux valeurs de perméabilités horizontales. Cette valeur ne nous apparaît pas nécessairement sécuritaire dans l'horizon des Alluvions fines constituées de limons argileux car l'effet de relèvement de nappe à l'amont d'un écran étanche sera fonction de la capacité qu'aura la charge créée à s'écouler par contournement de l'ouvrage. Pour un ouvrage linéaire tel qu'une tranchée couverte et dans le contexte du projet, sans horizon étanche d'ancrage des parois moulées, le contournement se fera par le dessous de l'ouvrage. Ainsi, le choix d'un rapport de 10 n'est pas sécuritaire car il minimise le relèvement à l'amont.

Le niveau piézométrique retenu est celui mesuré sur site au 7/11/2014, que nous estimons comme étant une valeur moyenne, voir basse. Pour le piézomètre PZ12, les niveaux d'eau relevés de fin novembre 2014 à juin 2015 sont supérieurs à celui du 7/11/2014. Toutefois, compte-tenu de l'épaisseur importante du modèle (15 à 20 m), la différence de niveau piézométrique présente vraisemblablement un impact négligeable sur les variations piézométriques issues de la modélisation.

#### 1.3.2 Résultats

La modélisation est réalisée sur le logiciel ModFlow. Les différents cas étudiés et les résultats obtenus sont les suivants :

Cas étudié	Incidence de l'effet barrage
Phase travaux – Paroi uniquement dans l'horizon des Poudingues ( <i>nappe profonde</i> )	Remontée +1 m en amont Baisse –1 m en aval
Phase travaux – Paroi sur l'ensemble du projet et impact mesuré uniquement dans les Alluvions fines ( <i>nappe supérieure</i> )	Remontée + 0,3 m en amont Baisse – 0,25 m en aval
Phase définitive – Paroi sur l'ensemble du projet – Impact sur la <i>nappe profonde</i>	Remontée + 0,7 m en amont Baisse – 0,5 m en aval Pas de résurgence (cote piézométrique < 5mNGF)
Phase définitive – Paroi sur l'ensemble du projet – Impact sur la <i>nappe supérieure</i>	Remontée + 1,0 m en amont Baisse – 0,8 m en aval

Tableau 2. Impact du projet sur la piézométrie [2]

GEOS juge ces variations comme étant de faible amplitude et de fait :

- Sans risque à l'aval car la baisse est inférieure aux fluctuations saisonnières exceptionnelles donc sans risque de génération de tassements de consolidation des sols,
- Avec un risque limité à l'amont car le rehaussement est d'amplitude inférieure aux fluctuations saisonnières. Il convient toutefois, compte-tenu de la proximité de la nappe avec le terrain naturel de prévoir des mesures compensatoires.

Ginger conclut son étude sur la nécessité de mettre en œuvre un système de drainage pour la nappe associée à l'horizon des Alluvions argilo-limoneuses (nappe de surface) afin d'éviter d'éventuelles émergences, et indique que les dispositions à prendre sont :

- Rabattement de l'ordre de 0,8 à 1,0 m en amont de la paroi par réalisation d'une tranchée drainante faisant au maximum 80 cm de profondeur sur 50 à 60 cm de large. Cette tranchée doit être réalisée selon les règles de l'art avec filtre anti-contaminant, drain routier et remplissage de matériaux drainants. Sa partie supérieure sera étanchée pour ne pas collecter les eaux de ruissellement ou les eaux pluviales.

Analyse GEOS : la profondeur de 0,8 m pour les tranchées drainantes apparaît comme trop faible pour protéger les caves présentes en section A d'une éventuelle remontée du niveau piézométrique suite à l'insertion du projet.

- Une canalisation de diamètre Ø100 mm reliant les deux tranchées. Le point d'insertion privilégié pour cette canalisation se situe entre les profils 39 et 41, au niveau du carrefour entre le boulevard Grinda et la route de Grenoble.

Analyse GEOS : il faut plusieurs points de transfert du débit au risque de ne pas réinjecter les débits de façon homogène à l'aval.

- Une tranchée d'infiltration à l'aval parfaitement horizontale réalisée de manière similaire à la tranchée amont dans laquelle un tuyau d'épandage remplacera le drain routier. Ce tuyau d'épandage sera placé en fond de tranchée, à côté de la canalisation et sans aucune pente.

Selon Ginger, la nappe profonde associée aux Poudingues en relation avec les graves sableuses profondes ne devrait pas créer de résurgences, les impacts de variation du niveau piézométrique s'estompant très rapidement.

## 2 ADAPTATIONS DU PROJET

Les dispositions constructives à mettre en œuvre afin de permettre la transparence hydraulique de l'ouvrage sont les suivantes :

- Tranchées drainantes en amont de l'ouvrage de génie civil,
- Puits filtrants de rabattement de la nappe de surface à l'amont,
- Système de transfert des débits entre amont et aval,
- Système de réinjection/restitution des débits à l'aval.

### 2.1 TRANCHEES DRAINANTES

Les tranchées drainantes sont à réaliser une fois la paroi moulée mise en œuvre, à proximité de la paroi. Elles seront descendues 0,5 m sous le niveau d'objectif fixé pour chaque section et auront une largeur efficace de 0,5 à 1 m permettant leur bonne exécution. Elles devront être étanchéifiées en partie supérieure afin de ne pas récolter les eaux pluviales.

Un drain crépine avec filtre anti-contaminant sera placé en partie basse de la tranchée pour conduire les eaux aux différents points de transfert.



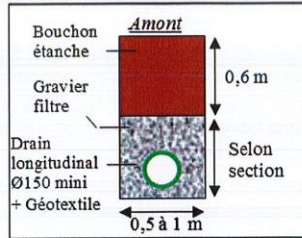


Figure 13. Schéma de principe des tranchées drainantes

Les débits émanant de la collecte des eaux dans les tranchées drainantes à l'amont, devront être restitués à l'aval par le biais d'un système de transfert au maximum tous les 100 m.

Le système de transfert sera situé à une cote ajustée sur l'ensemble du linéaire correspondant aux profondeurs fixées dans les objectifs de chaque section.

Le point de raccordement entre les tranchées et le système de transfert sera constitué d'un regard étanche permettant l'accès à cette zone. Les ouvrages comporteront une canalisation de collecte reliée aux drains longitudinaux avec un seuil déversant fixé à la cote d'objectif de la section.

Les canalisations de transfert seront implantées avec un fil d'eau à une cote permettant un abaissement futur de la cote d'écrêtage de 0,3 m. La maintenance du système (hydrocurage des drains et canalisation de transfert) sera assurée depuis ces regards. En cas de niveau de nappe trop élevé constaté à l'amont de l'ouvrage, les systèmes de transfert pourront être abaissés. Un soufflage des drains longitudinaux pourra également être réalisé si un colmatage est constaté.

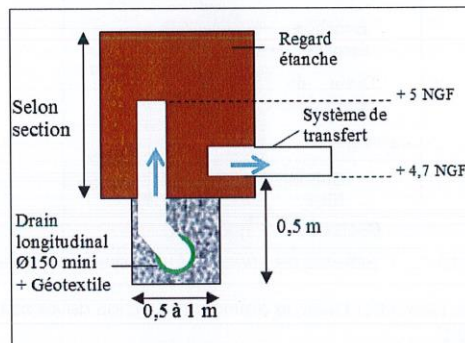


Figure 14. Schéma de principe des regards (zone A)

Les différentes cotes nécessaires à la réalisation du système de drainage amont sont données dans le tableau suivant :

Sections	Cote du système de transfert	Cote de la base de la tranchée	Profondeur de la base de la tranchée (m/T.N.)
Zone Ouest - A	4,7 mNGF	4,2 mNGF	2,8
Zone Ouest - B	3,2 mNGF	2,7 mNGF	2,3
Zone Ouest - C	3,7 mNGF	3,2 mNGF	1,8
Zone Est	Jugé non nécessaire		

Tableau 3. Cotes du système de drainage

## 2.2 PUIITS FILTRANTS

L'insertion du projet va engendrer une hausse du niveau piézométrique à l'amont de l'ouvrage de génie civil. Ces puits réalisés en complément de la tranchée drainante et à des profondeurs plus importantes, permettront de rabattre la nappe plus en amont et ainsi protéger les habitations situées à plusieurs dizaines de mètres de l'ouvrage d'éventuelles résurgences en surface ou dans les caves.

Ces puits seront de diamètre minimal Ø400 mm, une profondeur minimale de 6 m, et un espacement longitudinal maximal de 50 m. Ils seront communiquant avec la tranchée drainante amont afin de déverser les résurgences éventuelles dans le réseau de drainage permettant la ré-infiltration à l'aval.

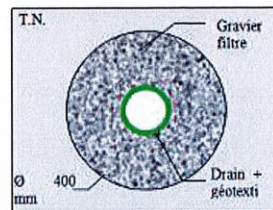


Figure 15. Schéma de principe d'un puits filtrant

## 2.3 OUVRAGE DE REINJECTION

Les eaux récoltés dans la tranchée drainante amont seront ré-infiltrées à l'aval.

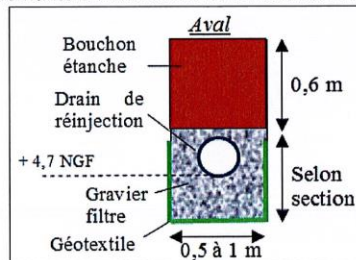


Figure 16. Schéma de principe du système de réinjection

Afin de permettre le transfert entre l'amont et l'aval, le drain de réinjection devra se trouver au plus haut à la même hauteur que le système de transfert.

Compte-tenu des cotes fournies pour les tranchées drainantes, les ouvrages de réinjections présenteront les cotes suivantes :

Sections	Cote du système de transfert	Cote du drain de réinjection	Cote de la base de la tranchée (de réinjection)
Zone Ouest - A	4,7 mNGF	≤ 4,7 mNGF	4,2 mNGF
Zone Ouest - B	3,2 mNGF	≤ 3,2 mNGF	2,7 mNGF
Zone Ouest - C	3,7 mNGF	≤ 3,7 mNGF	3,2 mNGF
Zone Est	Jugé non nécessaire		

Tableau 4. Cotes du système de réinjection

De même qu'à l'amont de l'ouvrage de génie civil, des regards seront aménagés au droit des raccordements entre les systèmes de transfert et le drain de réinjection. Ces regards permettront l'accès au système de réinjection et ainsi leur entretien (hydrocurage des drains) si un colmatage est constaté par remontée locale de la nappe à l'aval.

### 3 DEBITS

Afin d'estimer les différents débits à prendre en compte dans le dimensionnement de la tranchée en phase travaux et définitive, Ginger a réalisé une modélisation aux différences finies.

Les hypothèses retenues sont identiques à celles énoncées dans la partie 2.3.1 de cette note.

La modélisation est réalisée sur le logiciel ModFlow. Les différents cas étudiés et les résultats obtenus sont les suivants :

Cas étudié	Débit mesuré
Phase définitive – Paroi sur l'ensemble du projet – Impact sur la <i>nappe profonde</i>	-
Phase définitive – Paroi sur l'ensemble du projet – Impact sur la <i>nappe supérieure</i>	Rabattement de 0,8 à 1,0 m en amont : <b>2 m<sup>3</sup>/h</b>

Tableau 5. Résumé des cas étudiés lors de la modélisation de Ginger [9]

Ginger conclut sur le débit de drainage total dans les Alluvions fines de 3 m<sup>3</sup>/h sur l'ensemble du linéaire en phase définitive. Ce débit serait à ré-infiltrer à l'aval au moyen d'un système de drainage/réinjection.

Par sécurité, il est retenu des dispositifs de transfert et de réinjection en capacité de prendre en charge un débit de 4 à 5 m<sup>3</sup>/h.

### 4 CONCLUSIONS

La réalisation de la tranchée couverte va engendrer une hausse du niveau piézométrique des deux nappes présentes sur le projet.

La nappe supérieure peut avoir une incidence directe sur les avoisinants et doit donc conserver ses variations actuelles. Le système de drainage présenté dans cette note (tranchées drainantes, puits filtrants et système de réinjection) permettra de capter les eaux à l'avant puis après transfert de ré-infiltrer les eaux captées en partie aval de l'ouvrage de génie civil et ainsi assurer la transparence hydraulique de l'ouvrage sans nécessiter de système de pompage.

## **Annexe 4. Plan du projet (donné en fichier accompagnant le présent document)**

Cette annexe contient 1 page.

## **Annexe 5. Phasage et volume pompé**

Cette annexe contient 1 page.

Plot	Zones	Débit (m³/plot)	Débit (m³/jo)	Durée	Débit totaux (m³)
<b>Taupe 1ère Phase</b>					
C5	2	4 811	102	48	4913
C6	2	5 851	124	48	5976
C7	3	1 607	100	17	1707
C8	3	1 521	95	17	1616
C9	4	2 549	50	52	2599
C10	4	1 928	38	52	1966
C11	4	2 560	50	52	2611
C12	5	15 402	108	143	15511
C13	5	17 378	122	143	17500
C14	5	20 284	143	143	20427
D1	5	21 553	152	143	21705
D2	5	1 990	124	17	2114
D3	6	2 076	130	17	2206
D4	6	1 592	99	17	1691
D5	7	2 404	41	59	2446
D6	7	2 316	40	59	2355
E1	7	3 756	65	59	3821
E2	7	6 352	110	59	6461
E3	8	3 456	44	80	3500
E4	8	3 881	49	80	3930
E5	8	6 036	76	80	6113
E6	8	5 747	73	80	5819
E7	8	5 267	67	80	5333
E8	9	2 608	41	65	2649
F1	9	2 112	33	65	2145
F2	10	521	33	17	554
F3	10	532	33	17	566
F4	10	593	37	17	630
F5	10	672	42	17	714
F6	10	609	38	17	647

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
							2866	2047			
							3486	2490			
								603	1105		
								570	1046		
					1299	1299					
					983	983					
					1305	1305					
			3037	3362	3254	3362	2495				
			3427	3794	3671	3794	2815				
			4000	4428	4285	4428	3286				
			4250	4705	4553	4705	3491				
			2114								
			2206								
			1691								
			1161	1285							
			1118	1238							
			1813	2007							
			3066	3395							
				744	1312	1356	87				
				835	1474	1523	98				
				1299	2292	2369	153				
				1237	2182	2255	145				
				1133	2000	2067	133				
				937	1222	489					
				759	990	396					
				554							
				566							
				630							
				714							
				647							

Plot	Zones	Débit (m³/plot)	Débit (m³/jo)	Durée	Débit totaux (m³)
<b>Taupe 2de Phase</b>					
B4	0	2 800	93	31	2893
B5	0	4 873	108	46	4981
B6	0	8 482	141	61	8623
C1	1	5 503	26	215	5528
C2	1	5 887	28	215	5915
C3	1	5 497	26	215	5522
C4	1	6 274	29	215	6303
C5	2	13 921	145	97	14066
C6	2	16 220	169	97	16388
C7	3	9 641	134	73	9775
C8	3	9 125	127	73	9251
C9	4	21 828	140	157	21968
C10	4	16 513	106	157	16619
C11	4	21 929	141	157	22069
C12	5	34 209	167	206	34376
C13	5	38 596	188	206	38784
C14	5	45 052	220	206	45272
D1	5	45 635	223	206	45858
D2	5	37 394	182	206	37577
D3	6	20 362	190	108	20552
D4	6	15 814	146	108	15760
D5	7	33 786	207	164	33993
D6	7	32 537	200	164	32737
E1	7	39 205	241	164	39446
E2	7	66 301	407	164	66708
E3	8	21 018	119	178	21137
E4	8	23 602	133	178	23736
E5	8	33 811	191	178	34002
E6	8	32 188	182	178	32370
E7	8	29 500	167	178	29666
E8	9	20 477	153	135	20630
F1	9	16 579	124	135	16703
F2	10	18 081	122	149	18203
F3	10	18 464	125	149	18589
F4	10	20 579	139	149	20718
F5	10	23 315	158	149	23473
F6	10	21 108	143	149	21250

2890	93										
3249	1733										
4241	3958	424									
771	720	797	771	797	771	797	103				
825	770	853	825	853	825	853	110				
771	719	796	771	796	771	796	103				
880	821	909	880	909	880	909	117				
							1740	4350	4495	3480	
							2027	5069	5238	4055	
									2812	6963	
									2661	6590	
						1399	4338	4338	4198	4338	3358
						1059	3281	3281	3176	3281	2540
						1406	4358	4358	4217	4358	3374
			2002	5173	5006	5173	5173	5006	5173	1669	
			2259	5837	5648	5837	5837	5648	5837	1883	
			2637	6813	6593	6813	6813	6593	6813	2198	
			2671	6901	6678	6901	6901	6678	6901	2226	
			2189	5655	5472	5655	5655	5472	5655	1824	
			2284	5899	5709	5899	5899	5709	5899		
			1751	4524	4378	4524	4524	4378	4524		
			2487	6425	6218	6425	6425	6218	6425	6011	
			2395	6188	5988	6188	6188	5988	6188	5789	
			2886	7456	7216	7456	7456	7216	7456	6975	
			4881	12609	12203	12609	12609	12203	12609	11796	
			119	3562	3681	3562	3681	3562	3681	3681	2850
			133	4000	4134	4000	4134	4000	4134	4134	3200
			191	5731	5922	5731	5922	5731	5922	5731	4585
			182	5456	5637	5456	5637	5456	5637	5456	4365
			167	5000	5167	5000	5167	5000	5167	5167	4000
			1070	4584	4737	4737	4737	4584	4737	4737	917
			866	3712	3835	3835	3835	3712	3835	3712	742
			855	3665	3787	3787	3787	3665	3787	3665	2443
			873	3743	3868	3868	3868	3743	3868	3743	2495
			973	4171	4310	4310	4310	4171	4310	4171	2781
			1103	4726	4884	4884	4884	4726	4884	4726	3151
			998	4279	4421	4421	4421	4279	4421	4279	2852

Cumul mensuel		Cumul	
13 536	8 814	3 779	59 574
13 536	22 350	26 130	85 703

Synthèse			
Total max	m³		991 666
Coef sécurité // planning	%		15
Total max corrigé	m³		1 140 415
Durée	mois		12
Total max / 12 mois	m³		991 666
Total max /12 mois corrigé	m³		1 140 415

13 536	8 814	3 779	59 574	118 635	161 674	173 527	154 018	139 317	99 634	59 159	0
13 536	22 350	26 130	85 703	204 338	366 012	539 538	693 556	832 873	932 507	991 666	991 666

## **ANNEXE IV - COMPATIBILITE AVEC LE SAGE NAPPE ET BASSE VALLEE DU VAR**

### **IV.1 - PRESENTATION**

Le **Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) « Nappe et Basse Vallée du Var »** a été approuvé le 7 juin 2007 et sa première révision, mise en œuvre pour être compatible avec la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006, a été approuvé le 9 août 2016.

Ce document comprend 7 volumes annexés à l'arrêté préfectoral :

- Etat des lieux – diagnostic,
- Objectifs et stratégie,
- Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD),
- Règlement,
- Rapport de présentation,
- Atlas cartographique,
- Préconisations.

Le SAGE est orienté par les objectifs de gestion que poursuivent les acteurs locaux.

Un **objectif global** s'est dégagé : « Conformément à l'objectif de « bon état » imposé par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), favoriser les tendances au retour du faciès méditerranéen du lit du Var en valorisant les ressources souterraines et développer, auprès de toutes les populations, la connaissance du fonctionnement dynamique de la vallée pour l'inscrire dans toutes les démarches de gestion de l'eau et d'aménagement du territoire ».

Répondant à l'ensemble des problématiques majeures identifiées sur la basse vallée du Var, cet objectif est décliné en **trois objectifs thématiques** sur la préservation de la ressource, la gestion des risques et la valorisation des milieux et **cinq orientations stratégiques** : accélérer le retour du transport solide, notamment par l'abaissement urgent et maîtrisé des seuils, optimiser les interventions sur la végétation, définir et réserver sur le bassin versant des espaces de protection, sensibiliser les populations à la fragilité de la ressource en eau et prévenir la pollution des eaux souterraines et superficielles.

Les enjeux du SAGE ainsi que ses objectifs sont déclinés sous forme de dispositions et de règles, définies par type d'espace (espace vallée, espace nappe, etc.).

Le site du projet fait partie de l'**espace « nappe »** et de l'**espace « pluvial »**.

Le règlement du SAGE prévoit 7 articles (n°1 à 7) pour l'espace « nappe », orientés autour de la préservation de l'usage eau potable de la nappe alluviale et de la préservation des eaux souterraines.

Le règlement du SAGE prévoit 2 articles (n°10 et 11) pour l'espace « pluvial », orientés autour de la préservation des fonctionnalités des vallons et de la gestion des eaux pluviales.

## IV.2 - COMPATIBILITE DU PROJET

### IV.2.1 - AVEC LES OBJECTIFS ET ORIENTATIONS STRATEGIQUES

A titre liminaire, le SAGE renvoie aux dispositions de la Directive Territoriale d'Aménagement (DTA) et renvoie à l'objectif commun à ces deux documents, à savoir la limitation au strict minimum de l'extension de l'urbanisation et de l'implantation d'équipements en zone inondable dans la vallée du Var.

Dans le cas présent, aucun équipement neuf non autorisé n'est prévu en zone bleue du PPR Inondation et le principe d'extension limitée de l'urbanisation a été pris en compte dès la conception du projet.

**Le projet SOVM est compatible avec les orientations stratégiques du SAGE, en effet :**

- Il n'aura aucun impact sur le transport solide du fleuve. Le fil d'eau ne sera pas modifié,
- Il n'implique pas d'intervention sur la végétation rivulaire susceptible de nuire à son rôle d'aide à l'entretien du lit et à la biodiversité,
- Il ne touche pas les espaces à vocation SAGE définis dans le bassin versant du fleuve Var (espaces minimum de divagation du fleuve, espaces de protection de la ressource souterrain, espaces boisés d'infiltration et d'épuration naturelle des eaux de pluie, espaces agricoles de maintien du milieu naturel, espaces d'accès aux berges pour les usagers de loisirs de proximité du fleuve, ...),
- L'orientation stratégique de sensibilisation des populations dépasse le cadre du projet,
- La lutte contre les pollutions a été une préoccupation constante du maître d'ouvrage lors de l'élaboration du projet. Toutes les dispositions nécessaires ont été prises pour limiter au maximum ce risque vis-à-vis des enjeux identifiés : Var et mer Méditerranée.

**Le projet SOVM est ainsi compatible avec les objectifs thématiques du SAGE :**

- Préservation de la ressource,
- Gestion des risques,
- Valorisation des milieux.

### IV.2.2 - AVEC LE PAGD

**Le projet SOVM est compatible avec les dispositions du SAGE présentées au PAGD, notamment car :**

- En phase chantier :
  - Il a fait l'objet d'une modélisation numérique qui détermine les effets du projet sur le déplacement du biseau salé (voir l'étude d'incidence hydrogéologique réalisée par Burgeap et présentée en annexe III) (disposition 11),
  - Le puit du Marché d'Intérêt National (MIN) a fait l'objet d'un examen spécifique, celui-ci se trouvant à 500 m de l'endroit où les rabattements liés au projet seront les plus importants. Le coin salé situé au Sud-Ouest du projet n'aura pas de conséquences sur le forage MIN (voir l'étude d'incidence hydrogéologique réalisée par Burgeap et présentée en annexe III) (disposition 11),
  - Il prévoit la réalisation d'un état zéro et d'un suivi de la salinité pour lutter contre l'intrusion du biseau salé (disposition 11),
  - En cas d'intrusion du biseau salé, des mesures seront prises afin de remédier à cette situation dans les plus brefs délais (disposition 11),
  - Il prévoit la mise en œuvre de modalités techniques permettant de ne pas dégrader la qualité des eaux souterraines, qui seront détaillées dans le dossier de demande d'autorisation temporaire (disposition 19),
  - Il prévoit un dispositif de suivi de la qualité des eaux souterraines durant la phase travaux (disposition 19),
- En phase exploitation :
  - Il prévoit un dispositif de traitement des eaux de ruissellement de chaussée et respecte ainsi les objectifs de bon état des eaux souterraines et superficielles (dispositions 7 et 40),
  - Il a fait l'objet d'une étude d'incidence hydrogéologique en 2022, permettant de conclure qu'il ne modifie pas de manière conséquente le fonctionnement hydrodynamique de la nappe sur le



- long terme, qu'il ne met pas en péril les usages de la nappe à proximité de l'installation, en particulier l'alimentation des captages publics pour l'alimentation en eau potable, et qu'il n'engendre pas de risque d'intrusion du biseau salé (disposition 19),
- Il prévoit un dispositif de traitement des eaux de ruissellement de chaussée et respecte ainsi le principe de lutte contre les apports de pollution des infrastructures de transport (dispositif 49).

#### IV.2.3 - AVEC LE REGLEMENT

##### • Article 1

L'article 1 du règlement du SAGE vise à appliquer le régime d'autorisation des prélèvements dans la nappe alluviale de la basse vallée du Var. Il précise :

*« Les forages et prélèvements sont réalisés de manière à ne pas surexploiter la ressource souterraine et à éviter tout risque de pollution par migration ou mélange des eaux entre les différents niveaux aquifères.*

*L'incidence des prélèvements est établie par le pétitionnaire dans le cadre du dossier d'incidence ou de l'étude d'impact pour des forages réalisés :*

- *Dans la nappe alluviale du fleuve Var au titre du 1.2.1.0 de l'article R214-1 (nappe d'accompagnement de cours d'eau),*
- *Dans la nappe alluviale captive du fleuve Var au titre du 1.1.2.0. de l'article R214-1 (autre système aquifère). »*

Le projet est compatible avec l'article 1 du SAGE :

- En phase chantier, le projet prévoit le prélèvement d'eau dans la nappe alluviale captive du fleuve Var. Les incidences du prélèvement seront établies par le pétitionnaire dans le cadre du dossier d'incidence incluse au dossier de demande d'autorisation environnementale temporaire nécessaire au projet. Ces incidences sont déjà annoncées dans l'étude d'incidence hydrogéologique de Burgeap présentée en annexe,
- Le projet ne prévoit aucun prélèvement d'eau permanent dans la nappe alluviale du fleuve.

##### • Article 2

L'article 2 du règlement du SAGE vise à réserver la nappe alluviale profonde pour l'usage eau potable. Il précise :

*« Tout sondage, forage, puits ou ouvrage souterrain exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines, situé sur le périmètre de l'espace nappe (carte n°1), ne pourra être autorisé au titre du 1.1.1.0 de l'article R214-1, au-delà d'une profondeur de :*

- *30 mètres sous le terrain naturel sur le secteur aval de la nappe compris entre la mer et le prolongement de la digue des Français,*
- *50 mètres sous le terrain naturel dans le secteur amont de la nappe compris entre le prolongement de la digue des Français et les zones de confluence avec l'Estéron et la Vésubie. »*

Le projet est compatible avec l'article 2 du SAGE. Il ne prévoit aucun sondage, forage, puits ou ouvrage souterrain au-delà d'une profondeur de 30 mètres sous le terrain naturel.

##### • Article 3

L'article 3 du règlement du SAGE vise à protéger la nappe alluviale contre l'intrusion du biseau salé. Il précise :

*« Afin de prévenir toute intrusion du biseau salé, les nouveaux prélèvements permanents relevant du régime d'autorisation ou de déclaration (article L.214-1 et suivants du code de l'environnement), sont interdits dans le secteur aval de la nappe, à l'exception des usages suivants :*

- *Les prélèvements publics destinés à l'alimentation en eau potable à condition que l'augmentation des besoins en eau potable soit dûment justifiée,*

- *Les prélèvements destinés à la production d'énergie géothermique dans la mesure où les conditions prévues à l'article 4 sont respectées,*
- *Les prélèvements temporaires à condition qu'ils ne participent pas à l'augmentation du risque d'intrusion des eaux salées et qu'ils soient assortis d'un dispositif de suivi de la salinité des eaux fonctionnant selon les conditions déterminées par la police de l'eau (fréquence de suivi, diffusion des résultats, définition de seuil d'alerte). »*

Le projet est compatible avec l'article 3 du SAGE :

- Le projet prévoit des prélèvements temporaires pendant la durée du chantier. Le volume annuel prélevé pour les pompages de rabattement de la nappe en phase chantier est de 1,2 millions de m<sup>3</sup>,
- L'impact du prélèvement sur le risque d'intrusion du biseau salé a été évalué par Burgeap dans l'étude d'incidence hydrogéologique présentée en annexe,
- Le puit du Marché d'Intérêt National (MIN) a fait l'objet d'un examen spécifique, celui-ci se trouvant à 500 m de l'endroit où les rabattements liés au projet seront les plus importants. Le coin salé situé au Sud-Ouest du projet n'aura pas de conséquences sur le forage MIN (voir l'étude d'incidence hydrogéologique réalisée par Burgeap et présentée en annexe III) (disposition 11),
- Pendant la phase chantier, la Métropole Nice Côte d'Azur déterminera l'état zéro de la salinité et mettra en place un dispositif de suivi de la salinité des eaux qui permettra d'appréhender l'évolution des biseaux d'eau salée au droit du projet. Conformément au règlement du SAGE, la DDTM déterminera et imposera les modalités de ce dispositif de suivi : fréquence, diffusion des résultats, définition du seuil d'alerte,
- En cas d'intrusion du biseau salé, des mesures seront prises afin de remédier à cette situation dans les plus brefs délais.

#### • Article 4

L'article 4 du règlement du SAGE encadre l'utilisation des eaux souterraines pour la production d'énergie géothermique. Le projet ne comporte aucune utilisation des eaux souterraines pour la production d'énergie géothermique.

#### • Article 5

L'article 5 vise à évaluer les incidences des projets sur les eaux souterraines. Il précise que :

*« Tout nouveau projet soumis à procédure IOTA ou ICPE, susceptible de présenter des risques de dégradation des eaux souterraines, comporte dans le document d'incidence ou le cas échéant dans l'étude d'impact, une analyse approfondie :*

- *Présentant les mesures de conception, de réalisation et d'entretien permettant de garantir la non dégradation de la qualité des eaux souterraines, y compris des caractéristiques physico-chimiques et thermiques, en tenant compte des risques de pollution diffuse et accidentelle,*
- *Démontrant que le projet ne modifie pas de manière conséquente le fonctionnement hydrodynamique de la nappe sur le long terme (niveau piézométrique, caractéristiques des écoulements), qu'il ne met pas en péril les usages de la nappe à proximité de l'installation, en particulier l'alimentation des captages publics pour l'alimentation en eau potable, et qu'il n'engendre pas de risque d'intrusion du biseau salé,*
- *Proposant un suivi de la qualité des eaux souterraines durant la phase travaux et / ou exploitation. »*

Le projet est compatible avec l'article 5 du SAGE :

- Le document d'incidence prévu au dossier d'autorisation environnementale temporaire présentera les mesures de conception, de réalisation et d'entretien permettant de garantir la non dégradation de la qualité des eaux souterraines, notamment :
  - En phase chantier :
    - Les ateliers de pompage seront raccordés sur le secteur limitant le risque de pollution par déversement accidentel dans les ouvrages de pompage,
    - Il prévoit la réalisation des pompages dans des parois moulées étanches protégeant les

eaux souterraines et le comblement des puisards suite aux travaux, respectant ainsi les objectifs de bon état des eaux souterraines,

- Il prévoit la mise en œuvre de dispositions de transparence hydraulique (tranchée drainante, puits filtrants de rabattement de la nappe de surface à l'amont, système de transfert des débits entre amont et aval, système de réinjection des débits à l'aval),
  - Il prévoit le contrôle des rabattements, dans la nappe superficielle et la nappe profonde, au moyen de piézomètres sélectifs, notamment dans le secteur Est (secteur où le projet se trouve dans les poudingues et qui semble-t-il est pauvre en piézomètres),
  - Il prévoit le contrôle de l'évolution de la salinité des eaux des nappes superficielle et profonde,
  - En cas d'identification d'ouvrages non sélectifs ayant une incidence hydrogéologique avérée, il prévoit le rebouchage de ces ouvrages,
- En phase exploitation :
- Le projet prévoit un dispositif de traitement des eaux de ruissellement de chaussée et respecte ainsi les objectifs de bon état des eaux souterraines,
  - Il permet de lutter contre les apports de pollutions diffuses et accidentelles et de respecter la qualité actuelle de la nappe par la diminution du risque d'accident au carrefour Grinda / Grenoble et sur la route de Grenoble grâce à la séparation des flux de circulation,
- Le document d'incidence démontrera que le projet ne modifie pas de manière conséquente le fonctionnement hydrodynamique de la nappe sur le long terme et qu'il ne met pas en péril les usages de la nappe à proximité de l'installation, en particulier l'alimentation des captages publics pour l'alimentation en eau potable, et qu'il n'engendre pas de risque d'intrusion du biseau salé. Ces incidences sont déjà annoncées dans l'étude d'incidence hydrogéologique de Burgeap présentée en annexe,
  - Des analyses physico-chimiques mensuelles seront réalisées durant la phase travaux. La fréquence des analyses pourra être rapprochée en cas de résultat d'analyse douteux, afin de s'assurer de l'absence de pollution.

#### • Article 6

L'article 6 ne concerne pas le secteur du projet.

#### • Article 7

L'article 7 vise à tenir compte de manière anticipée, dans les projets relevant des procédures IOTA ou ICPE, des projets de périmètres de protection des eaux destinées à la consommation humaine.

Le projet est compatible avec l'article 7 du SAGE. Il ne se situe à l'intérieur d'aucun périmètre de protection de captage d'eau potable ou de projet de périmètres de protection des eaux.

#### • Article 10

L'article 10 vise à préserver les fonctionnalités des vallons.

Le projet est compatible avec l'article 10 du SAGE, celui-ci ne prévoyant l'artificialisation d'aucun vallon.

#### • Article 11

L'article 10 vise à encadrer les rejets d'eau pluviales des projets.

Le projet est compatible avec l'article 10 :

- Il s'étend sur des voies existantes (avenue Grinda, route de Grenoble), imperméabilisant des surfaces supplémentaires non significatives,
- L'imperméabilisation des sols conduit à une diminution des temps de concentration et à une

augmentation des débits de pointe. Cependant l'imperméabilisation supplémentaire engendrée est très faible et il n'est donc pas nécessaire de compenser cette augmentation de débit par un ouvrage d'écrêtement de type bassin de rétention,

- En phase exploitation, les eaux pluviales recueillies par le réseau de voirie créé seront rejetées après traitement dans le réseau d'eaux pluviales de Nice Côte d'Azur (avenue Grinda et route de Grenoble), qui lui-même se rejette dans la mer Méditerranée.

#### **IV.3 - CONCLUSION**

Le projet se situe au sein de l'espace « nappe », délimité en surface par la présence de la nappe en sous-sol, et de l'espace « pluvial » du SAGE de la Basse vallée du Var approuvé le 7 juin 2007 et dont la révision a été approuvée le 9 août 2016.

Il est compatible avec :

- Les orientations stratégiques et les objectifs du SAGE,
- Les dispositions et le règlement du SAGE.

L'aménagement de la Sortie Ouest de la Voie Mathis est donc compatible avec le SAGE de la Basse Vallée du Var.

## **ANNEXE V - ETUDE D'IMPACT, 2015**

Voir pièce jointe.

Le projet SOVM a fait l'objet d'une étude d'impact en date de juillet 2015, au titre de la rubrique 6 - Infrastructures routières : c) travaux de création d'une route à 4 voies ou plus, d'allongement, d'alignement et/ou d'élargissement d'une route existante à 2 voies ou moins pour en faire une route à 4 voies ou plus.

Cette étude d'impact a été insérée au dossier d'enquête publique qui s'est déroulée du 29 mars au 29 avril 2016.

Par délibération en date du 18 novembre 2016, le Conseil Métropolitain a décidé de déclarer d'intérêt général le projet et a adopté la déclaration de projet.

## **ANNEXE VI - EVALUATION SIMPLIFIEE DES INCIDENCES NATURA 2000, 2015**

Voir pièce jointe.

Le projet SOVM, soumis à étude d'impact, a fait l'objet d'une évaluation simplifiée des incidences Natura 2000 insérée au dossier d'enquête publique qui s'est déroulée du 29 mars au 29 avril 2016.

## **ANNEXE VII - AVIS OBLIGATOIRES SUR LE PROJET, 2015**

Voir pièce jointe.

Le projet SOVM a fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale en date du 10 octobre 2015.

## **ANNEXE VIII - REPONSE A L'AVIS DE L'AUTORITE ENVIRONNEMENTALE, 2016**

Voir pièce jointe.

Le projet SOVM a fait l'objet d'un mémoire en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale en date de janvier 2016.