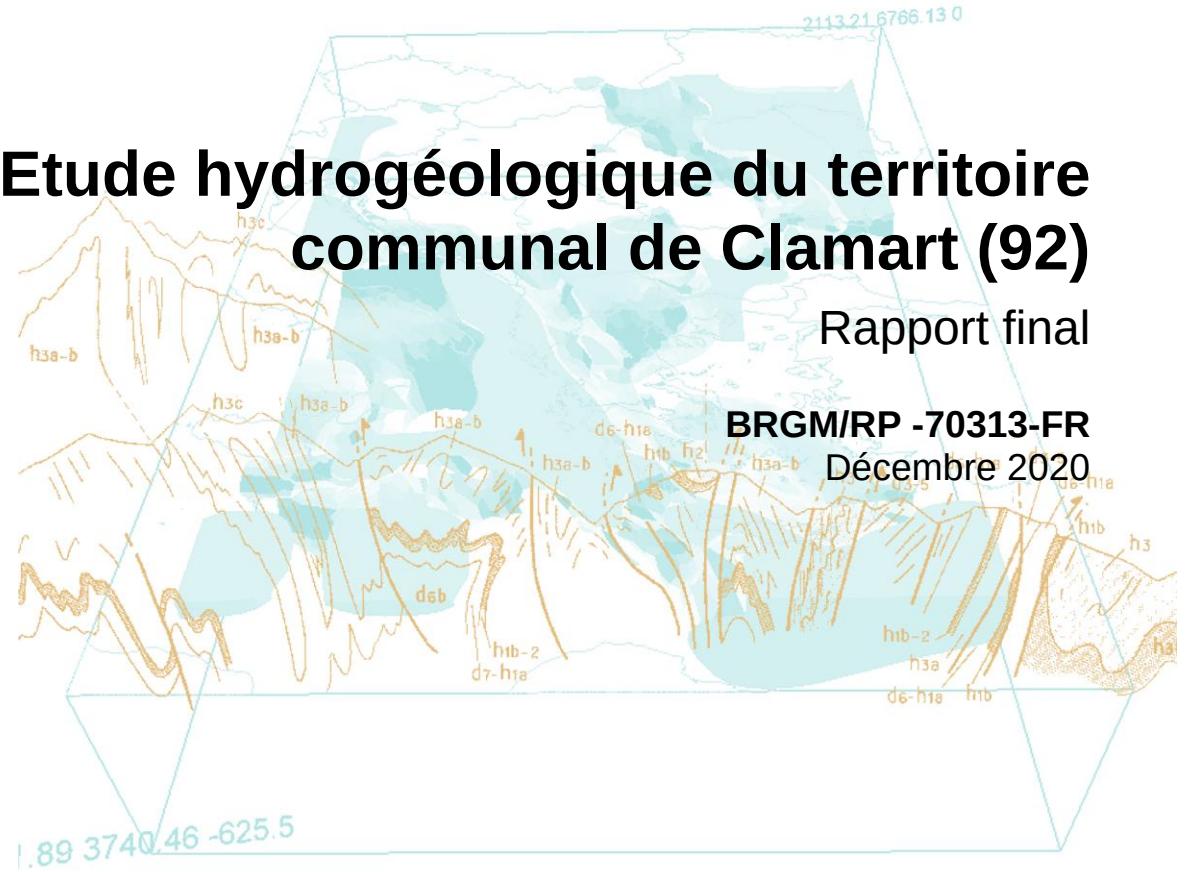
Document public



Etude hydrogéologique du territoire communal de Clamart (92)

Rapport final

BRGM/RP -70313-FR
Décembre 2020

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

Etude hydrogéologique du territoire communal de Clamart (92)

Rapport final

BRGM/RP-70313-FR
Décembre 2020

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2019

T. Dupaigne

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : ALLIER Delphine	Nom : GOMEZ Eric
	Directeur Ile de France
Date : 20/11/2020	Date : 27/11/2020
Signature **:**	Signature **:**

Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.
Contact : qualite@brgm.fr

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Avertissement

L’annexe 2 est à destination exclusive de la mairie de Clamart.

Mots-clés : Hydrogéologie, Remontées de nappe, Hauts de Seine, Clamart

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

DUPAIGNE T. (2020) – Etude hydrogéologique du territoire communal de Clamart. Rapport final. BRGM/RP-70313-FR, 72 p., 32 ill., fig., 4 ann.

© BRGM, **2019**, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l’autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

La Mairie de Clamart s'est engagée à réaliser une étude hydrogéologique sur l'ensemble du territoire communal au vu des retours de l'enquête publique de 2016 menée dans le cadre de la révision du Plan Local d'Urbanisme (PLU). En effet, outre les problèmes de stabilité de terrain liés à la présence de cavités souterraines, l'inondation de caves est un phénomène régulièrement constaté par les habitants du territoire de Clamart.

Cette étude s'est déroulée entre mars 2018 et décembre 2020. La première phase a consisté en une synthèse bibliographique, appuyée par une enquête parue dans le journal communal Clamart Info qui visait à donner la parole aux riverains concernant la problématique de remontée de nappe. La seconde phase visait à l'établissement d'une esquisse piézométrique en hautes et basses eaux, à partir de mesures de terrain. Deux campagnes de mesure ont donc eu lieu : du 18 au 23 février 2019 (hautes eaux) et du 23 au 27 septembre 2019 (basses eaux). Enfin la dernière phase établissait une synthèse des informations collectées sous forme d'une cartographie des sensibilités aux remontées de nappe.

En premier lieu cette étude a permis d'établir le contexte géologique du territoire clamartois, en mettant en évidence l'empilement des couches et en révélant la présence de deux failles non cartographiées jusqu'à présent : la continuité de la faille de Beynes-Meudon et une réplique de cette faille majeure.

L'enquête a mis en lumière l'omniprésence des phénomènes de remontée de nappe (et d'humidité dans les sous-sols) sur la quasi-totalité du territoire.

L'étude hydrogéologique, via la réalisation des deux campagnes de mesures piézométriques, a permis d'identifier 7 couches aquifères, avec des caractéristiques très variables. Quatre ensembles aquifères de surface couvrent la majorité du territoire clamartois : les argiles à meulières et les lentilles de sables qu'elles contiennent, les sables de Fontainebleau, l'aquifère des marnes qui regroupe la formation de Brie et les marnes supragypseuses, et les alluvions du paléoru de Clamart. Ces quatre ensembles sont le siège de presque toutes les remontées de nappe identifiées. Les marnes et caillasses, les sables d'Auvers, les calcaires de Saint-Ouen et la formation du gypse ne bénéficient pas de suffisamment de données pour pouvoir bien les caractériser, mais ils couvrent une surface relativement restreinte comparée aux quatre autres ensembles.

A partir des profondeurs des nappes et de l'étude géologique, une carte des sensibilités aux remontées de nappe a été élaborée. Neuf zones réparties en trois classes ont été définies. Six des neuf zones sont en classe A, en raison de la présence d'eau à faible profondeur. Deux sont en classe B, c'est-à-dire qu'elles pourront être sujettes à des remontées de nappe en très hautes eaux. Et une seule zone est en classe C, où la nappe est profonde.

Des recommandations générales et spécifiques ont été formulées avec pour objectif principal de capitaliser les informations et d'acquérir de nouvelles connaissances, telles qu'un suivi des chroniques de niveaux d'eau pour l'ensemble des nappes concernées, de manière à couvrir au mieux le territoire pour assurer une surveillance et anticiper des situations critiques.

Sommaire

1. Introduction 9

2. Analyse des données collectées en phase préparatoire.....11

2.1. GEOGRAPHIE DU TERRITOIRE COMMUNAL.....11
2.1.1. Contexte géomorphologique 11
2.1.2. Occupation des sols et urbanisation.....12

2.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE.....13

2.3. CARRIERES.....15

2.4. RESULTATS DE L'ENQUETE 16
2.4.1. Questionnaire et déroulement de l'enquête.....16
2.4.2. Synthèse des résultats 17

3. Contexte géologique.....19

3.1. GEOLOGIE GENERALE 19
3.1.1. Carte géologique à 1 : 50 000 19
3.1.2. Description de la pile stratigraphique 20
3.1.3. Tectonique.....23

3.2. INTERPRETATION GEOLOGIQUE DES DONNEES DE FORAGES 23
3.2.1. Données issues de la collecte de rapports géotechniques 23
3.2.2. Interprétation des logs de sondages et forages 23
3.2.3. Coupe géologique 25

4. Etude hydrogéologique 26

4.1. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE.....26
4.1.1. Généralités 26
4.1.2. BDLISA.....26
4.1.3. Description hydrogéologique des terrains 27
4.1.4. Données de piézométrie.....30
4.1.5. Sources 33
4.1.6. Synthèse hydrogéologique des données bibliographiques 33

4.2. UTILISATION DES EAUX SOUTERRAINES 34
4.2.1. Prélèvements BNPE.....34
4.2.2. Alimentation en eau potable.....34

4.3. CAMPAGNE PIEZOMETRIQUE DE HAUTES EAUX 34
4.3.1. Sélection des points de mesure 34

4.3.2. Déroulement et contexte hydro-climatique 35
4.3.3. Synthèse des points mesurés 35
4.3.4. Résultats des mesures piézométriques 36

4.4. CAMPAGNE PIEZOMETRIQUE DE BASSES EAUX 38
4.4.1. Sélection des points de mesure 38
4.4.2. Déroulement et contexte hydro-climatique 39
4.4.3. Synthèse des points mesurés 40
4.4.4. Carte piézométrique 40

4.5. SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE 42
4.5.1. Aquifères de surface identifiés et relations entre les aquifères 42
4.5.2. Zones de recharge, exutoires 44
4.5.3. Piézométrie 46
4.5.4. Effets de l'anthropisation 48

5. Analyse des phénomènes de remontée de nappes 49

5.1. CARTOGRAPHIE NATIONALE 49

5.2. NAPPES CONCERNEES 50

5.3. INFLUENCE DE LA PLUVIOMETRIE 50

5.4. INFLUENCE DES INFRASTRUCTURES SOUTERRAINES 51

5.5. INFLUENCE DES CARRIERES 51

5.6. CARTOGRAPHIE DES SENSIBILITES AUX REMONTEES DE NAPPE ET PRECONISATIONS 52

6. Recommandations 57

6.1. INTRODUCTION 57

6.2. RECOMMANDATIONS GENERALES 57
6.2.1. Etablir une base de données géoréférencées 57
6.2.2. Capitaliser les retours d'expérience 58
6.2.3. Communiquer sur les phénomènes de remontées de nappe 59
6.2.4. Mettre en place un suivi piézométrique en continu 59
6.2.5. Plan d'intervention en cas de crue de nappes 59
6.2.6. Après la crue : procédure à suivre pour une éventuelle indemnisation 60
6.2.7. Géothermie de Minime importance 60

6.3. RECOMMANDATIONS PAR CLASSE DE SENSIBILITE 60
6.3.1. Classe A : nappe (s) peu profonde (s) en situation de moyennes eaux 60
6.3.2. Classe B : Nappe (s) peu profonde (s) en situation de hautes eaux 61
6.3.3. Classe C : Nappe (s) n'interférant pas avec les infrastructures souterraines 61

6.4. RECOMMANDATIONS SPECIFIQUES 62
6.4.1. Aléa retrait gonflement des argiles 62
6.4.2. Zone 2 62
6.4.3. Quartier de la gare 62
6.4.4. Zones de carrières 62
6.4.5. Voie ferrée 62

7. Glossaire 63

8. Bibliographie 64

Liste des figures

Illustration 1 – Morphologie du territoire clamartois 11
Illustration 2 – Limites de de Clamart en 1903 reportées sur la carte dite des chasses (1764-1773) 12
Illustration 3 – Occupation des sols 13
Illustration 4 – Réseau hydrographique à Clamart 14
Illustration 5 – Extrait de Clamart de 1789 à 1893 de J.M. Caritte, 1895 (Original prêté par P. Vesseron) 14
Illustration 6 – Carte des carrières (source : IGC) 15
Illustration 7 – Photographie d'un fontis au droit d'une ancienne carrière de gypse en février 2019, en bordure du bois au bout de la rue Emilienne (source du schéma en médaillon : IGC) 16
Illustration 8 – Articles parus dans Clamart info 17
Illustration 9 – Carte des résultats de l'enquête par type de désordre 18
Illustration 10 – Carte géologique harmonisée à 1 : 50 000 (source : BRGM), report des principales failles connues ou interprétées dans le cadre de la présente étude, et localisation du trait de coupe géologique 19
Illustration 11 – Log géologique type au droit de Clamart (d'après l'ouvrage BSS000NQKK) ... 20
Illustration 12 – Photographies des carottes du sondage SC21 au stade Hunebelle (source : Geotec) 22
Illustration 13 – Localisation des principaux forages ayant servi à l'interprétation géologique... 24
Illustration 14 – Cote du mur : des sables de Fontainebleau (gauche) et des sables d'Auvers (droite) montrant le décalage des séries stratigraphiques du à la présence de la faille de Beynes-Meudon et à sa réplique 24
Illustration 15 – Coupe géologique sud-nord au droit de Clamart (localisation de la coupe sur l'illustration 10) 25
Illustration 16 – Caractéristiques des entités BD Lisa à l'affleurement (Source : https://bdlisa.eaufrance.fr/) 26

Illustration 17 – Log des entités BD Lisa au droit de Clamart, et coloration en fonction de leur caractère aquifère (orange : imperméable, jaune : semi-perméable, bleu : aquifère) (Source : http://sigessn.brgm.fr/)..... 27
Illustration 18 – Extrait de la carte hydrogéologique de Paris centré sur Clamart (Source : Carte hydrogéologique à 1 : 50 000, feuille de Paris) 30
Illustration 19 – Profondeurs de l'eau par rapport au sol d'après les données collectées lors de la synthèse bibliographique 31
Illustration 20 – Localisation des sources d'après l'étude bibliographique et l'enquête..... 33
Illustration 21 – Nombre de points de mesure piézométrique potentiels pour la campagne de hautes eaux 34
Illustration 22 – Localisation des points de mesure de la campagne de hautes eaux (18 au 23 février 2019) par type..... 36
Illustration 23 – Carte d'interprétation des résultats de la campagne piézométrique de hautes eaux 37
Illustration 24 – Pluviométrie depuis le 01/01/2018 à la station d'Orly..... 39
Illustration 25 – Carte d'interprétation des résultats de la campagne piézométrique de basses eaux 41
Illustration 26 – Délimitation des principaux aquifères à Clamart 43
Illustration 27 – Recharge des aquifères : bassins versants topographiques et extension des argiles à meulières..... 44
Illustration 28 – Observations sur les sources du bois de Clamart 45
Illustration 29 – Battement de nappe entre les hautes eaux et les basses eaux..... 46
Illustration 30 – Profondeur des nappes en période de hautes eaux (campagne de février 2019)47
Illustration 31 – Cartographie nationale de la sensibilité aux remontées de nappe https://www.georisques.gouv.fr..... 49
Illustration 32 – Carte des sensibilités aux remontées de nappe..... 53

Liste des annexes

Annexe 1 Résultats du suivi piézométrique réalisé par Geotec au stade Hunebelle 1..... 65
Annexe 2 Fiches des points de mesure de piézométrie (campagnes de hautes et basses eaux 2019)..... 70
Annexe 3 Modèle de rapport de foration à restituer à la mairie et à la BSS 155
Annexe 4 Modèle de fiche de suivi piézométrique..... 159

1. Introduction

La commune de Clamart, outre les mouvements de terrain liés à la présence de carrières souterraines, rencontre des problèmes de remontées de nappe qui occasionnent des inondations dans les sous-sols de nombreux riverains.

Ce constat avait amené la mairie à s'engager à réaliser une étude hydrogéologique, en retour des résultats de l'enquête publique de 2016, menée dans le cadre de la révision du Plan Local d'Urbanisme (PLU). L'intégration de connaissances sur le sous-sol aux réflexions sur l'urbanisme par Clamart est une démarche peu commune à l'échelle d'une ville, qui apporte de nombreuses réponses, permet d'anticiper sur les aléas naturels et réfléchir à des solutions compatibles avec les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques.

Le phénomène d'inondation par remontée de nappe est fréquent en Ile de France du fait des contextes géologique et météorologique. Il est particulièrement difficile à gérer dans un contexte urbain dense comme le territoire de Clamart.

Les écoulements souterrains résultent de phénomènes complexes (nappes superposées, paramètres hydrodynamiques variables, inertie des nappes…) et difficiles à appréhender car ils sont influencés par les conditions naturelles (pluviométrie et niveau des cours d'eau) mais aussi fortement par les activités humaines :

- Compartimentation du sous-sol (fondations, caves, parkings…) ;
- Présence de carrières souterraines, remblayées ou non ;
- Prélèvements et rejets dans les eaux souterraines (captages divers, géothermie, eaux pluviales…).

Dans ce contexte, le BRGM a été mandaté pour réaliser une étude hydrogéologique à l'échelle de la commune de Clamart, avec pour objectifs principaux :

- Mieux comprendre les phénomènes hydrogéologiques à l'oeuvre sur la commune de Clamart, du fait des terrains géologiques sous-jacents d'une part, et en relation avec les aménagements passés et présents d'autre part ;
- Dresser une carte piézométrique de la commune en basses eaux et en hautes eaux, pour les nappes affleurantes ;
- Etablir un zonage des secteurs sensibles aux remontées de nappes, en fonction des données rassemblées ;
- Fournir des préconisations vis-à-vis des futurs travaux d'urbanisme ;
- Mettre en place un réseau de suivi.

L'étude a été réalisée à l'échelle de la commune, à partir des meilleures données disponibles dans les bases de données du BRGM et de la mairie. Elle permet d'apporter des éclairages nouveaux à l'échelle du territoire communal. Elle ne prétend pas répondre à des interrogations à l'échelle de la parcelle, qui nécessiteraient des investigations dédiées.

2. Analyse des données collectées en phase préparatoire

2.1. GEOGRAPHIE DU TERRITOIRE COMMUNAL

2.1.1. Contexte géomorphologique

Le territoire de la commune de Clamart, dans le sud-ouest parisien, s'étend au sud de la Seine sur 871 hectares.

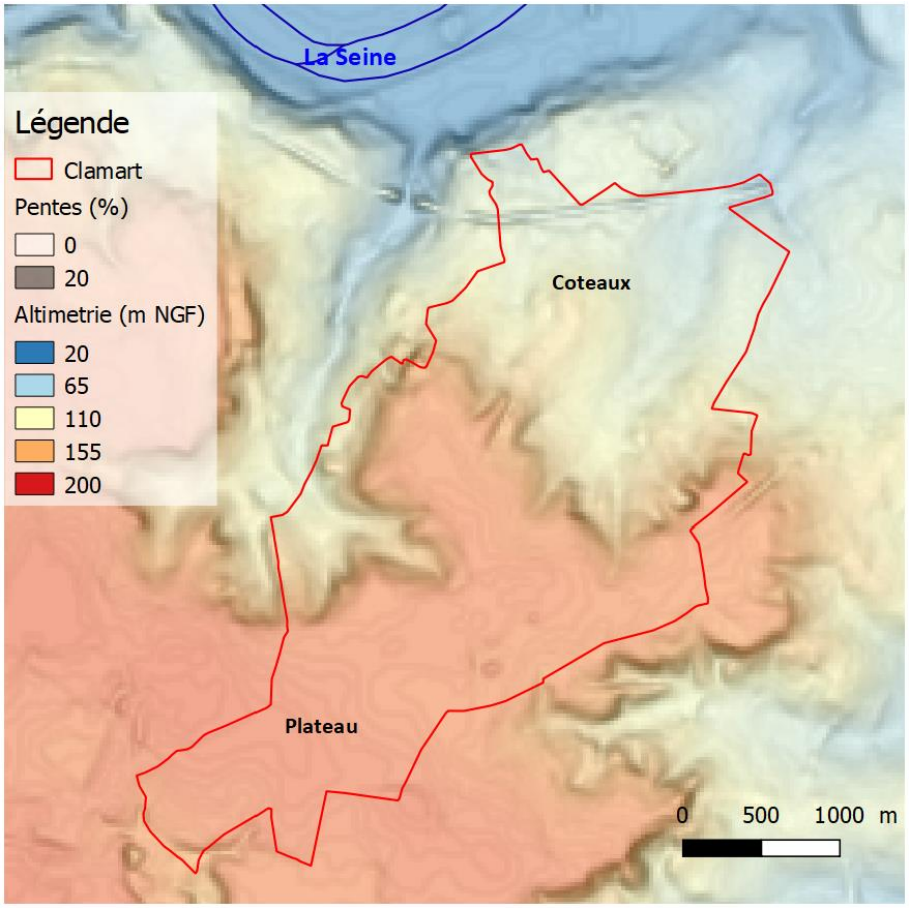


Illustration 1 – Morphologie du territoire clamartois

La commune présente la particularité de prendre pied sur les coteaux de la Seine à une altitude relativement faible – 64m NGF, et de s'étendre vers le sud en direction d'un plateau surélevé à une altitude de 175m NGF.

Sur le plateau les pentes sont très faibles, de l'ordre de 1%. En plaine les coteaux de la Seine sont en pente douce, de l'ordre de 3 à 5%. Dans les talus, entre la plaine et le plateau, les pentes sont fortes : entre 10 et 18%.

2.1.2. Occupation des sols et urbanisation

Historiquement, l'urbanisation de Clamart s'est structurée autour de l'ancien ru de Clamart – ou paléoru de Clamart, en contrebas du plateau (voir illustration 2).

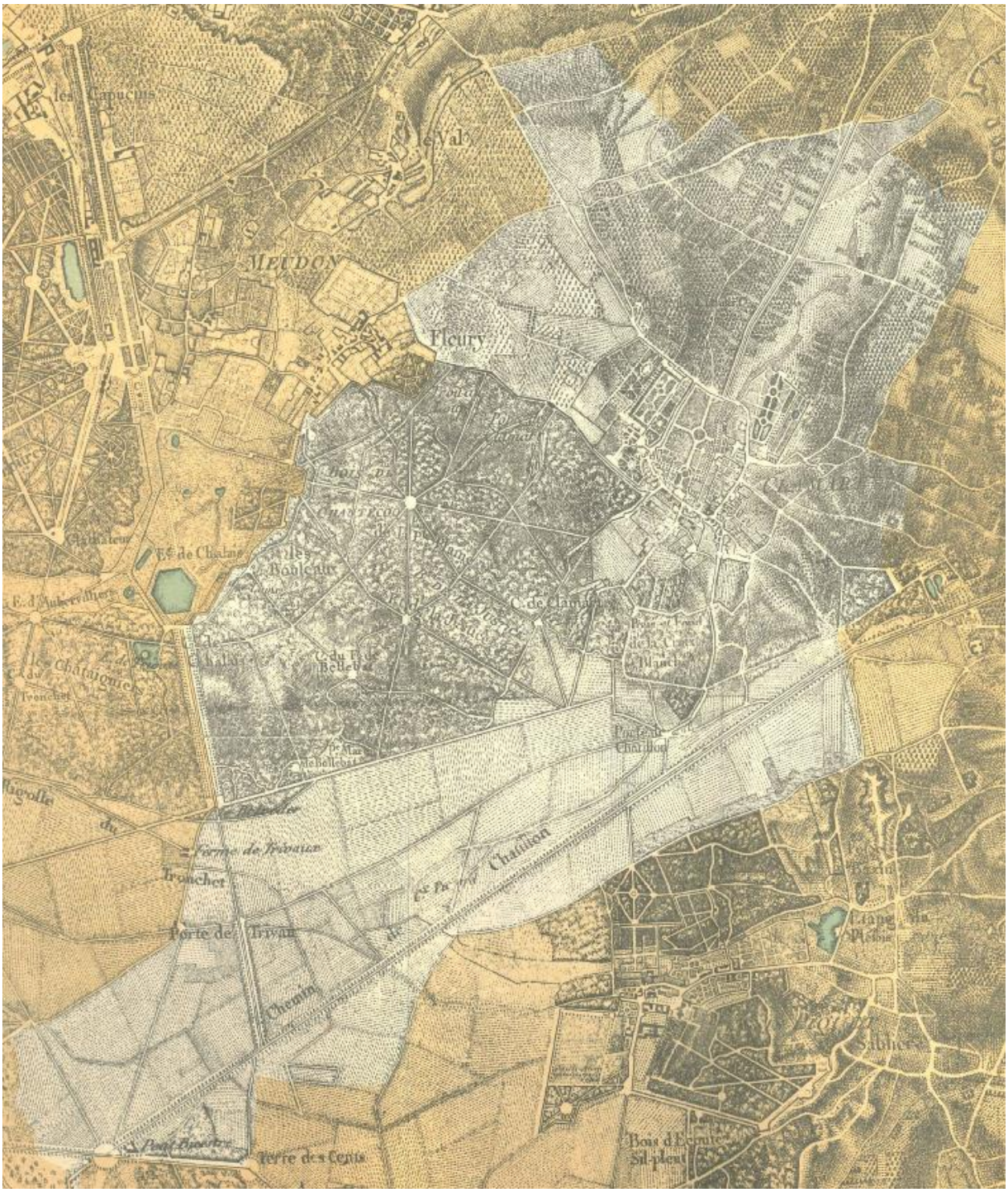


Illustration 2 – Limites de de Clamart en 1903 reportées sur la carte dite des chasses (1764-1773)
Source : Etat des communes à la fin du XIXè siècle – Département de la Seine, 1903

L'urbanisation du plateau est tardive, elle s'est faite principalement au XXè siècle, tandis que le tissu urbain se densifiait sur la partie basse de la ville.

L'occupation des sols du territoire clamartois est, aujourd'hui, en grande majorité constitué d'un tissu urbain discontinu. Le bois de Clamart occupe 238 Ha, soit 27% du territoire communal.

La voie ferrée, et bientôt la voie de Tram, constituent des éléments importants du tissu urbain clamartois.

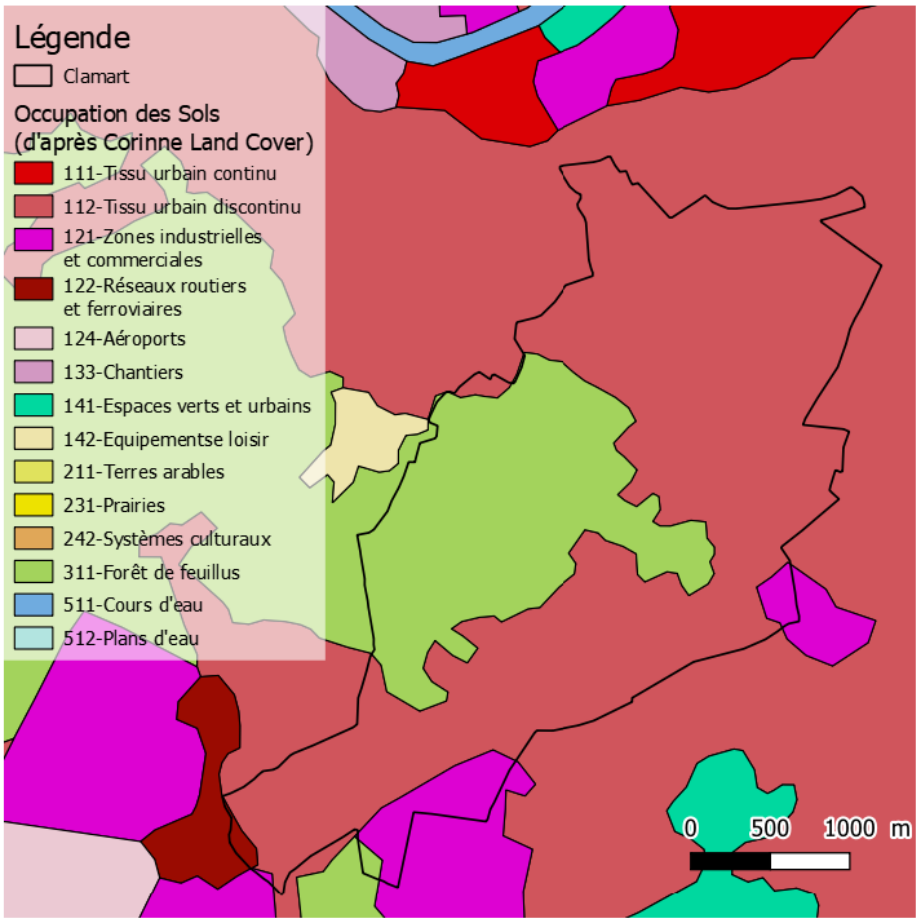


Illustration 3 – Occupation des sols
(Source : Union Européenne – SoeS, CORINE Land Cover, 2006))

2.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

La commune de Clamart n'est parcourue par aucun cours d'eau pérenne. L'étude bibliographique, et notamment la consultation de l'*Etude diagnostic hydrogéologique du sous-sol de la ville de Clamart*, menée par la SAFEGE en 2013 ainsi que la cartographie historique du territoire, permettent d'observer l'existence d'un cours d'eau disparu fin du XIXème siècle (voir illustrations 4 et 5). Ce petit cours d'eau au débit vraisemblablement assez faible sera nommé paléoru de Clamart dans le reste du présent document. Il est aujourd'hui canalisé sans que son parcours exact ne soit connu.

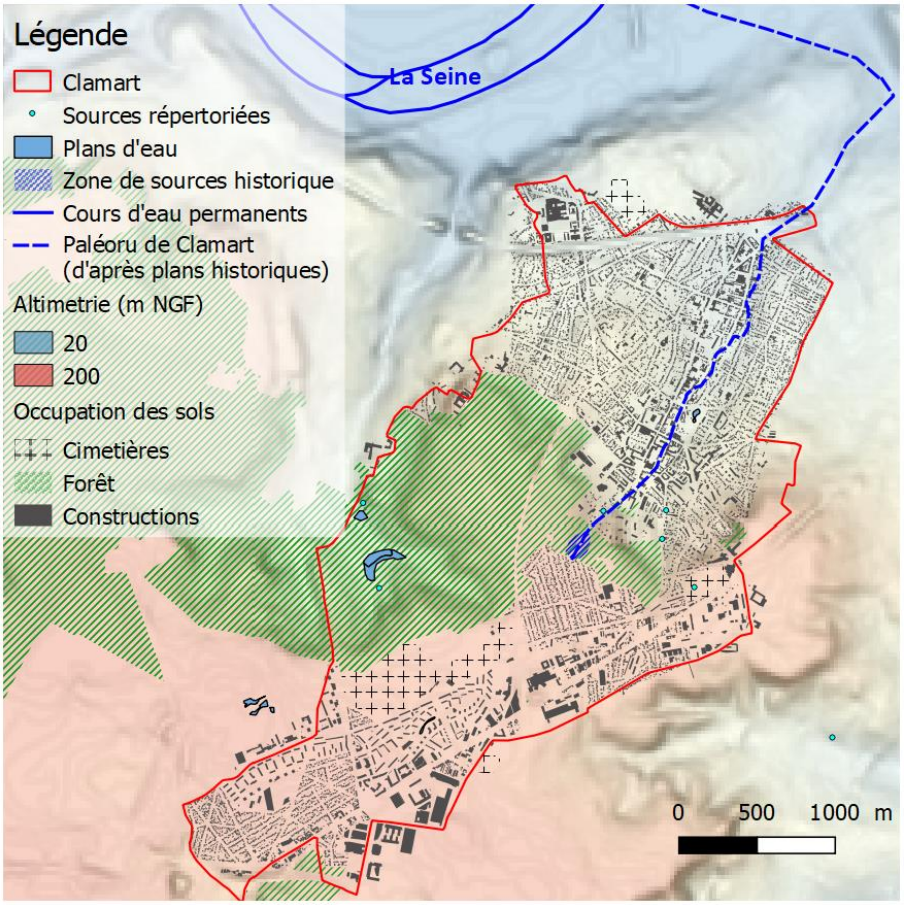
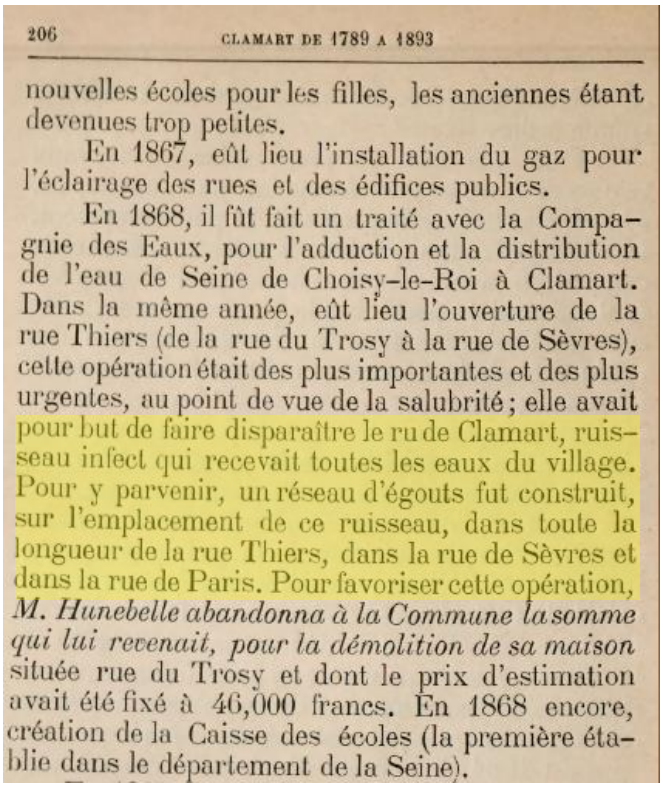


Illustration 4 – Réseau hydrographique à Clamart



206 CLAMART DE 1789 A 1893

nouvelles écoles pour les filles, les anciennes étant devenues trop petites.

En 1867, eût lieu l'installation du gaz pour l'éclairage des rues et des édifices publics.

En 1868, il fût fait un traité avec la Compagnie des Eaux, pour l'adduction et la distribution de l'eau de Seine de Choisy-le-Roi à Clamart. Dans la même année, eût lieu l'ouverture de la rue Thiers (de la rue du Trosy à la rue de Sèvres), cette opération était des plus importantes et des plus urgentes, au point de vue de la salubrité ; elle avait pour but de faire disparaître le ru de Clamart, ruisseau infect qui recevait toutes les eaux du village. Pour y parvenir, un réseau d'égouts fut construit, sur l'emplacement de ce ruisseau, dans toute la longueur de la rue Thiers, dans la rue de Sèvres et dans la rue de Paris. Pour favoriser cette opération, *M. Hunebelle abandonna à la Commune la somme qui lui revenait, pour la démolition de sa maison* située rue du Trosy et dont le prix d'estimation avait été fixé à 46,000 francs. En 1868 encore, création de la Caisse des écoles (la première établie dans le département de la Seine).

Illustration 5 – Extrait de Clamart de 1789 à 1893 de J.M. Caritte, 1895 (Original prêté par P. Vesseron)

2.3. CARRIERES

La commune de Clamart présente plusieurs ressources minérales qui ont fait l'objet d'exploitations, jusqu'au début du XXème siècle :

- Argiles, pour les briques et tuiles
- Craie
- Calcaire grossier du Lutétien, utilisé dans la construction et pour certains monuments de Paris
- Gypse, pour la production de plâtre et de ciment
- Sables de Fontainebleau, notamment pour la production de verre et de moules de fonderie.

La grande majorité des zones d'extraction se trouvaient dans la partie basse du territoire (illustration 6), en raison de la géologie. Le plateau n'était exploité que pour la production d'argiles.

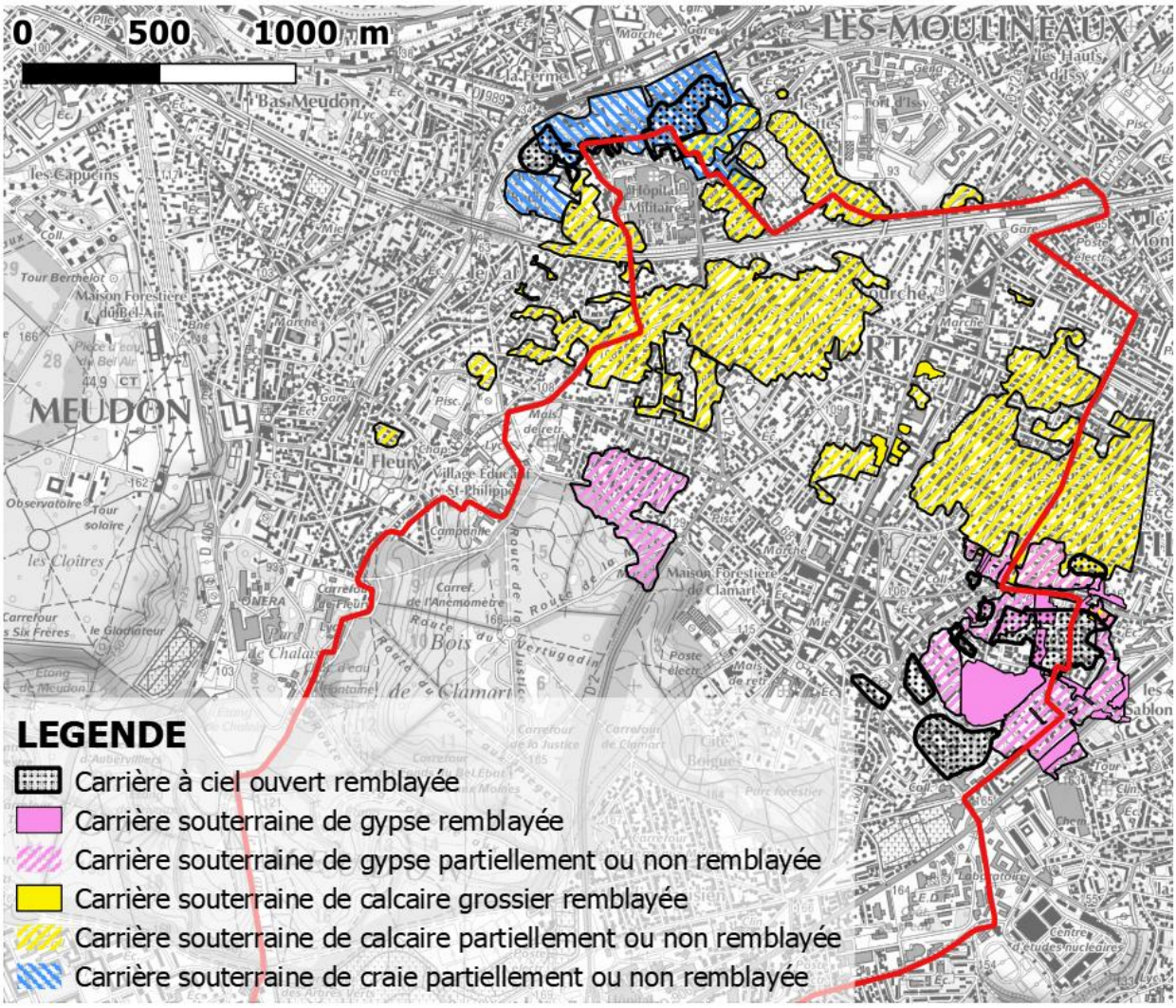


Illustration 6 – Carte des carrières (source : IGC)

L'état général des carrières est méconnu, une mise à jour de la cartographie est en cours par l'Inspection générale des Carrières (IGC).

Un certain nombre de carrières souterraines a été remblayé, totalement ou partiellement. Des fontis (illustration 7) ou effondrements de taille limitée apparaissent parfois au droit des cavités souterraines. La présente étude n'a pas pour objet de les recenser et l'IGC n'a pas encore mis à disposition ses diagnostics les plus récents.

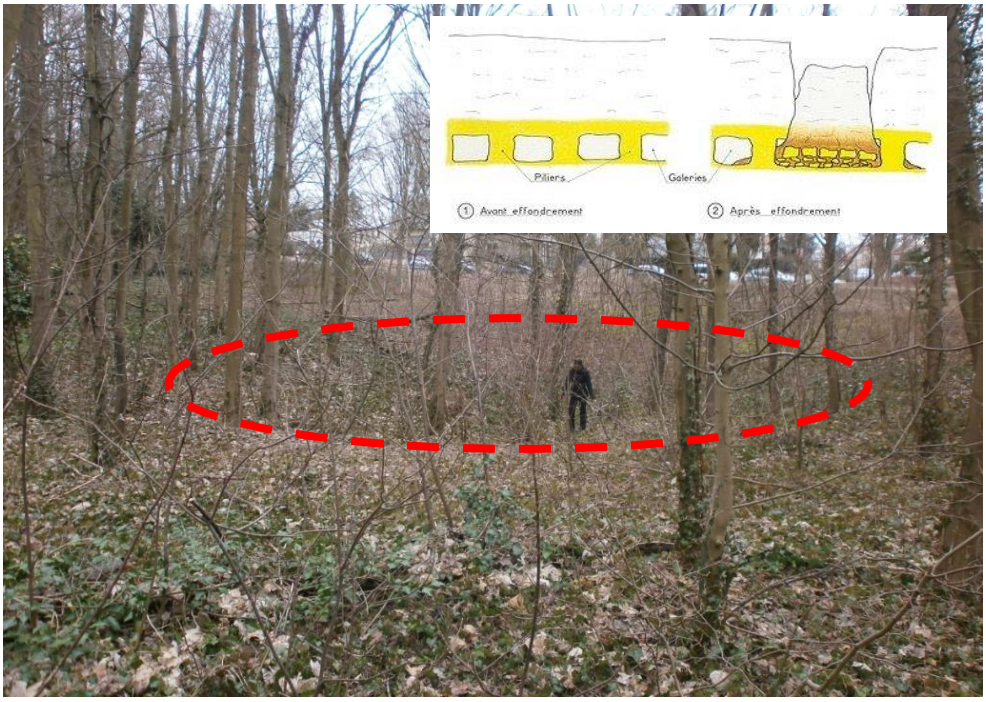


Illustration 7 – Photographie d'un fontis au droit d'une ancienne carrière de gypse en février 2019, en bordure du bois au bout de la rue Emilienne (source du schéma en médaillon : IGC)

2.4. RESULTATS DE L'ENQUETE

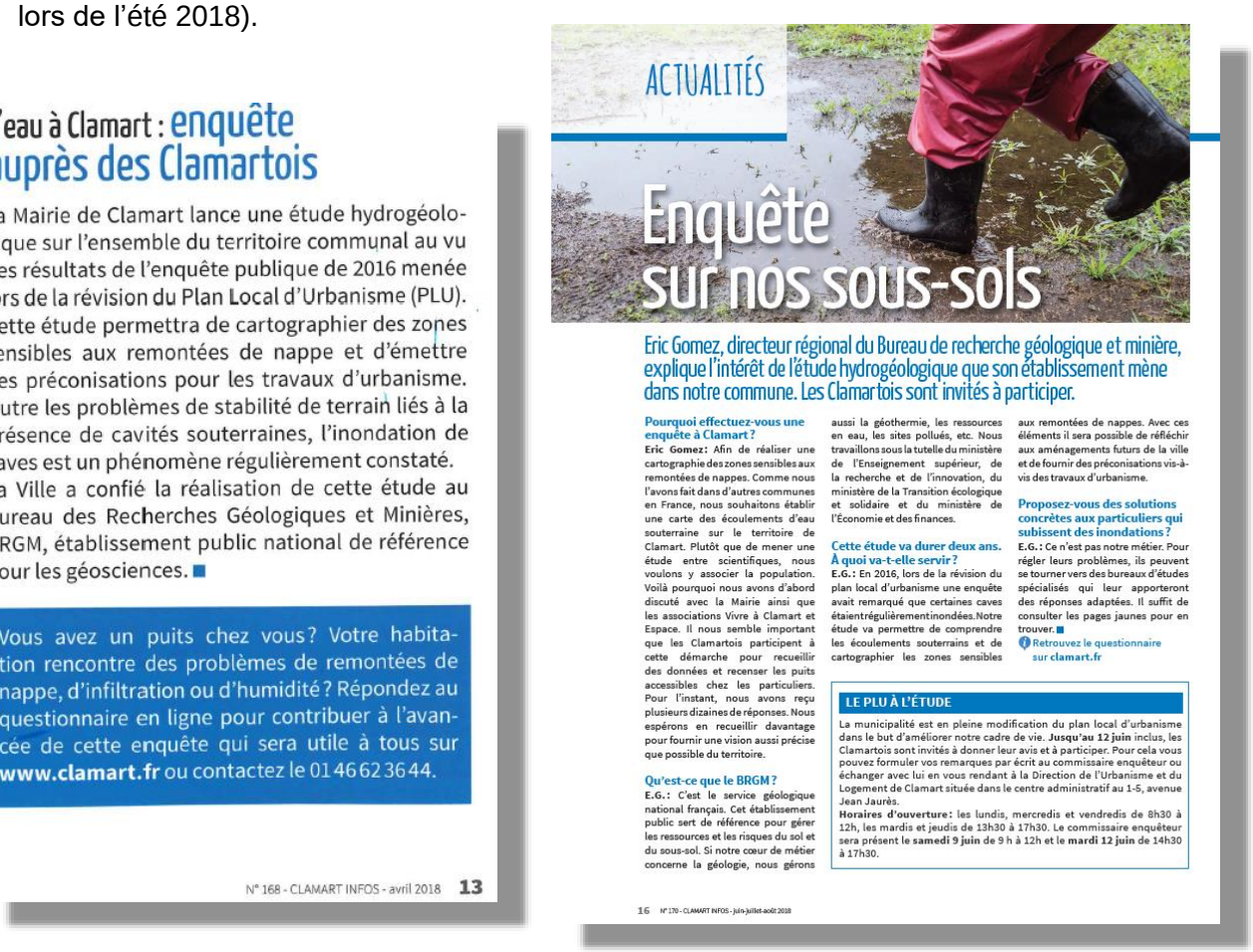
2.4.1. Questionnaire et déroulement de l'enquête

Au démarrage de l'étude, il a été décidé avec la mairie de lancer un questionnaire auprès des riverains qui aurait pour vocation de (1) recueillir des témoignages et des informations sur les remontées de nappe phréatique sur le territoire communal et (2) d'identifier des points de mesure potentiels pour les investigations hydrogéologiques.

Ce questionnaire comprenait 8 champs / questions :

- Disposez-vous d'une source ou d'un puits accessible ?
- Avez-vous des problèmes de remontées de nappes, d'infiltration ou d'humidité ?
- Si oui, quelle est la fréquence des inondations ?
- Quelle est la profondeur approximative de la cave / sous-sol par rapport au terrain naturel ?
- Précisez votre adresse ou la localisation géographique / Nom et Prénom
- Commentaire libre

A cette occasion deux communications ont également été faites dans *Clamart info* (en Avril et lors de l'été 2018).



L'eau à Clamart : enquête auprès des Clamartois

La Mairie de Clamart lance une étude hydrogéologique sur l'ensemble du territoire communal au vu des résultats de l'enquête publique de 2016 menée lors de la révision du Plan Local d'Urbanisme (PLU). Cette étude permettra de cartographier des zones sensibles aux remontées de nappe et d'émettre des préconisations pour les travaux d'urbanisme. Outre les problèmes de stabilité de terrain liés à la présence de cavités souterraines, l'inondation de caves est un phénomène régulièrement constaté. La Ville a confié la réalisation de cette étude au Bureau des Recherches Géologiques et Minières, BRGM, établissement public national de référence pour les géosciences. ■

Vous avez un puits chez vous? Votre habitation rencontre des problèmes de remontées de nappe, d'infiltration ou d'humidité ? Répondez au questionnaire en ligne pour contribuer à l'avancée de cette enquête qui sera utile à tous sur **www.clamart.fr** ou contactez le 01 46 62 36 44.

N° 168 - CLAMART INFOS - avril 2018 13

ACTUALITÉS

Enquête sur nos sous-sols

Eric Gomez, directeur régional du Bureau de recherche géologique et minière, explique l'intérêt de l'étude hydrogéologique que son établissement mène dans notre commune. Les Clamartois sont invités à participer.

Pourquoi effectuez-vous une enquête à Clamart ?
Eric Gomez: Afin de réaliser une cartographie des zones sensibles aux remontées de nappes. Comme nous l'avons fait dans d'autres communes en France, nous souhaitons établir une carte des écoulements d'eau souterraine sur le territoire de Clamart. Plutôt que de mener une étude entre scientifiques, nous voulons y associer la population. Voilà pourquoi nous avons d'abord discuté avec la Mairie ainsi que les associations Vivre à Clamart et Espace. Il nous semble important que les Clamartois participent à cette démarche pour recueillir des données et recenser les puits accessibles chez les particuliers. Pour l'instant, nous avons reçu plusieurs dizaines de réponses. Nous espérons en recueillir davantage pour fournir une vision aussi précise que possible du territoire.

Qu'est-ce que le BRGM ?
E.G.: C'est le service géologique national français. Cet établissement public sert de référence pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol. Si notre cœur de métier concerne la géologie, nous gérons aussi la géothermie, les ressources en eau, les sites pollués, etc. Nous travaillons sous la tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de l'Économie et des finances.

Cette étude va durer deux ans. À quoi va-t-elle servir ?
E.G.: En 2016, lors de la révision du plan local d'urbanisme une enquête avait remarqué que certaines caves étaient régulièrement inondées. Notre étude va permettre de comprendre les écoulements souterrains et de cartographier les zones sensibles aux remontées de nappes. Avec ces éléments il sera possible de réfléchir aux aménagements futurs de la ville et de fournir des préconisations vis-à-vis des travaux d'urbanisme.

Proposez-vous des solutions concrètes aux particuliers qui subissent des inondations ?
E.G.: Ce n'est pas notre métier. Pour régler leurs problèmes, ils peuvent se tourner vers des bureaux d'études spécialisés qui leur apporteront des réponses adaptées. Il suffit de consulter les pages jaunes pour en trouver. ■
Retrouvez le questionnaire sur clamart.fr

LE PLU À L'ÉTUDE
La municipalité est en pleine modification du plan local d'urbanisme dans le but d'améliorer notre cadre de vie. **Jusqu'au 12 juin** inclus, les Clamartois sont invités à donner leur avis et à participer. Pour cela vous pouvez formuler vos remarques par écrit au commissaire enquêteur ou échanger avec lui en vous rendant à la Direction de l'Urbanisme et du Logement de Clamart située dans le centre administratif au 1-5, avenue Jean Jaurès.
Horaires d'ouverture: les lundis, mercredis et vendredis de 8h30 à 12h, les mardis et jeudis de 13h30 à 17h30. Le commissaire enquêteur sera présent le **samedi 9 juin** de 9 h à 12h et le **mardi 12 juin** de 14h30 à 17h30.

16 N° 170 - CLAMART INFOS - juin-juillet-août 2018

Illustration 8 – Articles parus dans Clamart info
(gauche : numéro d'Avril 2018, droite : numéro de l'été 2018)

2.4.2. Synthèse des résultats

68 réponses ont été réceptionnées suite à l'enquête, entre le 16/04 et le 30/08/2018. Ces résultats peuvent être synthétisés comme suit :

- 14 sans problème (20.6%)
  - Dont 6 pour signaler la présence d'un puits ou d'une source
- 9 pour des problèmes d'humidité (13.2%)
- 45 pour des problèmes d'inondation en sous-sol (66.2%)
  - Dont 40 temporairement (grosses pluies)
  - Dont 4 de manière permanente
  - Dont 1 en raison d'une source

La motivation des clamartois à répondre peut donc être résumée de la manière suivante :

- 79.4% pour évoquer un problème
- 8.8% pour signaler un puits ou une source en réaction à notre demande
- 11.8% sans motivation particulière

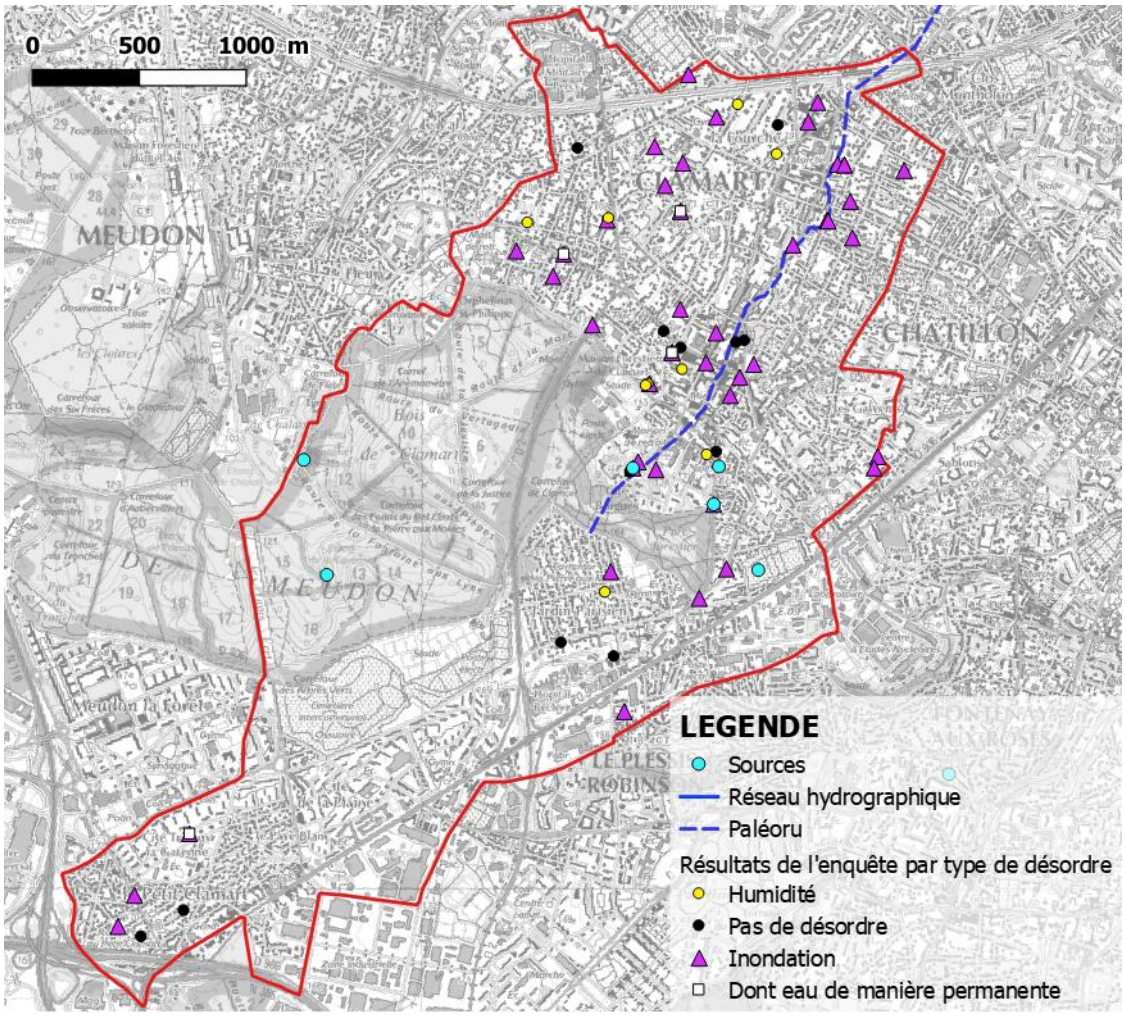


Illustration 9 – Carte des résultats de l'enquête par type de désordre

Les phénomènes d'inondations évoqués par les riverains ayant répondu à l'enquête sont présents principalement dans la partie basse topographiquement, mais quelques témoignages rendent compte d'événements de ce type sur le plateau. Quatre riverains évoquent la présence d'eau de manière permanente.

L'enquête a permis de localiser quelques puits et sources, dont il sera fait mention dans le paragraphe 4.2.

L'origine des désordres d'après les sinistrés est principalement la pluviométrie, mais il est également fait mention de l'impact de travaux sur les écoulements souterrains.

3. Contexte géologique

3.1. GEOLOGIE GENERALE

3.1.1. Carte géologique à 1 : 50 000

Le territoire de Clamart repose sur des terrains sédimentaires datés du tertiaire. Ces sédiments se sont déposés dans le bassin de Paris, un des trois bassins sédimentaires français. Il s'étend de la Normandie à la Lorraine et de la Belgique au Massif Central.

Au tertiaire, le bassin de Paris est occupé par une mer qui rentre dans les terres et se retire par périodes, ce qui conduit à des environnements de dépôts sédimentaires très variés : lagunes, plages, mer plus profonde, etc. Ainsi les terrains géologiques rencontrés sont particulièrement diversifiés : sables, marnes, calcaires, gypse, et argiles.

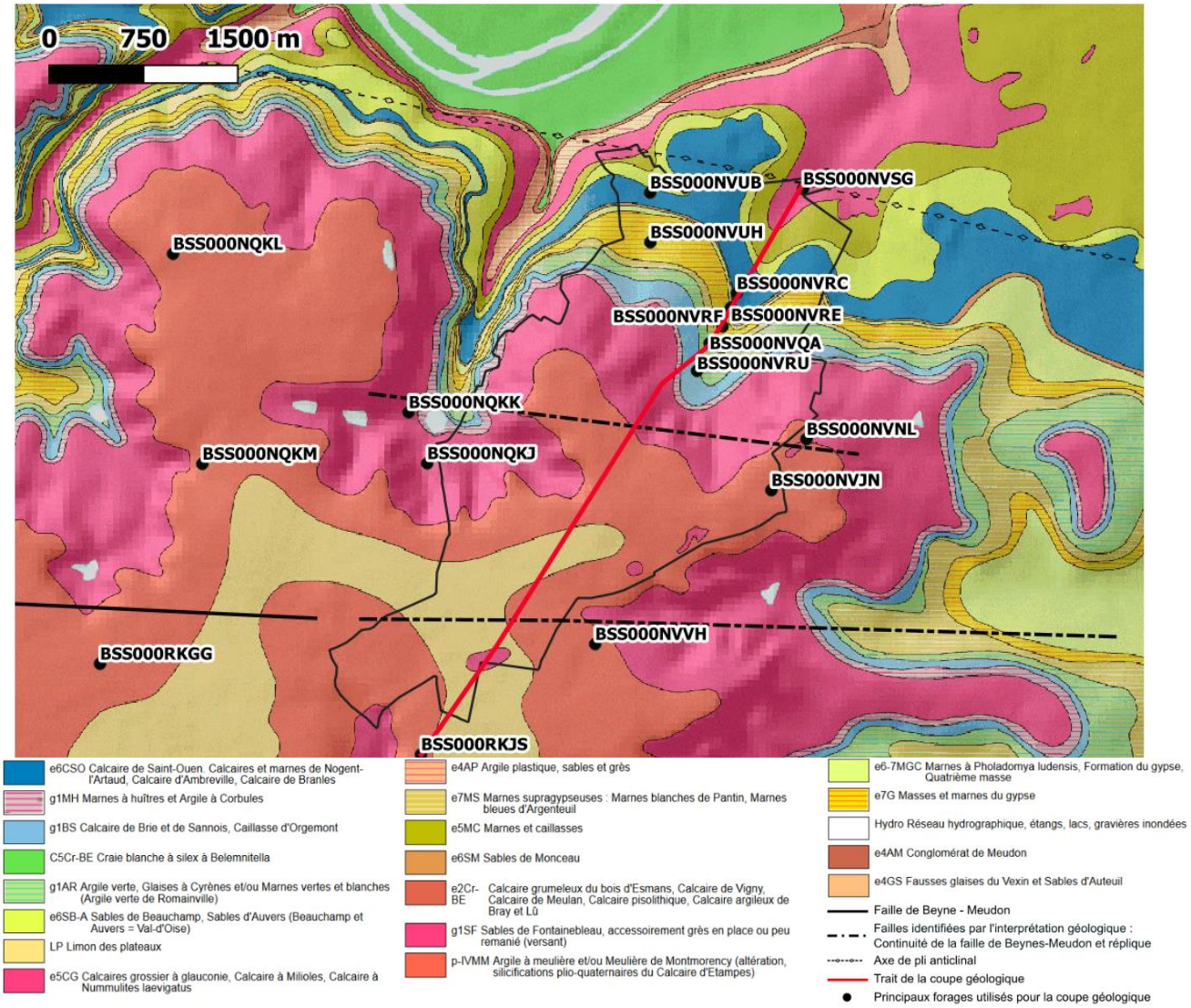


Illustration 10 – Carte géologique harmonisée à 1 : 50 000 (source : BRGM), report des principales failles connues ou interprétées dans le cadre de la présente étude, et localisation du trait de coupe géologique

Il y a 23 millions d'années, à la fin de l'Oligocène, la mer se retire définitivement.

L'érosion façonne alors le paysage et fait apparaître l'empilement des couches, qui sont restées quasiment plates jusqu'à aujourd'hui (illustration 10).

Dans la vallée de la Seine, l'érosion due au fleuve fait apparaître la craie du Crétacé supérieur.

3.1.2. Description de la pile stratigraphique

Les données disponibles dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS, disponible sur le site http://infoterre.brgm.fr) permettent de dresser un log type, indiquant l'empilement des différents terrains géologiques et leurs épaisseurs au droit de Clamart (illustration 11).

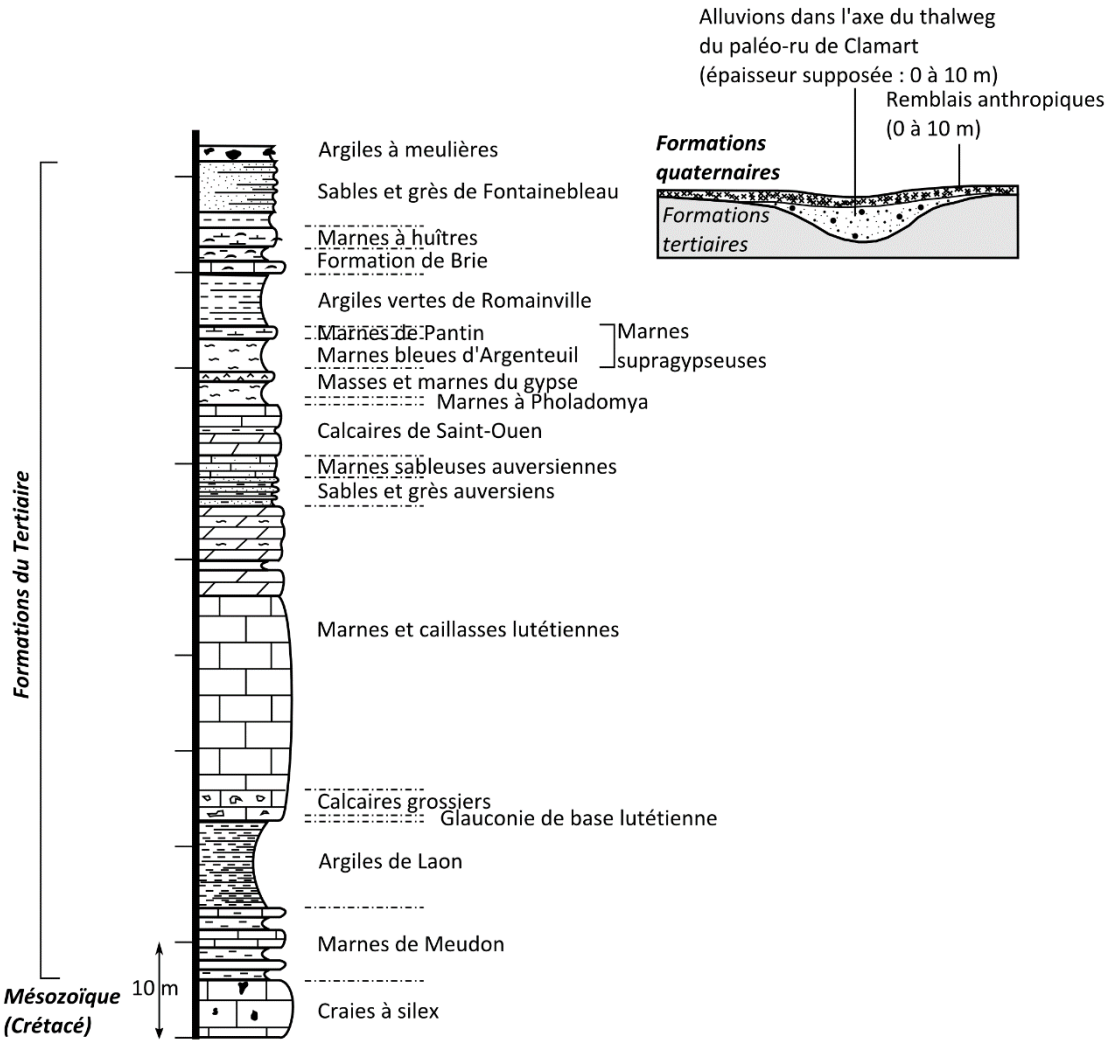


Illustration 11 – Log géologique type au droit de Clamart (d'après l'ouvrage BSS000NQKK)

Les argiles à meulières (fin du Miocène) constituent une couverture plus ou moins épaisse qui recouvre les sables de Fontainebleau sur la majorité du plateau du petit Clamart. Elles sont

composées d'argiles plus ou moins pures et de lentilles de sables, et renferment des blocs de meulière (blocs de calcaires silicifiés).

Les sables de Fontainebleau ont une épaisseur maximale de 70 m au sud de Clamart. Leur épaisseur diminue vers le nord. A la base des sables de Fontainebleau se trouve une couche argileuse verte de plusieurs mètres d'épaisseur.

Les marnes à huîtres constituent une couche facilement identifiable dans les coupes de forages car elles contiennent de nombreux débris coquilliers. Elles sont assez peu épaisses (3 à 5 m).

La formation de Brie présente une faible épaisseur (de l'ordre de 5 m), et est constituée de marnes plus ou moins argileuses, avec quelques bancs calcaires plus francs.

Les argiles vertes de Romainville sont une couche argileuse d'environ 8 m d'épaisseur.

Les marnes de Pantin et marnes bleues d'Argenteuil sont difficilement différenciées dans les coupes de forage. Elles forment une couche marneuse qui cumule environ 3,5 m d'épaisseur.

Les masses et marnes du gypse sont peu épaisses en comparaison du reste de l'Ile de France : entre 5 et 10 m. Elles sont constituées d'une alternance de bancs marneux et de gypse de 20 cm à 50 cm.

Les marnes à Pholadomya forment une couche marneuse peu épaisse (<1 m) à la base des masses du gypse.

Les calcaires de Saint-Ouen (environ 6 à 8 m d'épaisseur) comprennent plusieurs bancs de calcaires francs et un bancs argileux au milieu de la série.

Les marnes sableuses auversiennes et les sables auversiens forment une série sableuse de 3 m d'épaisseur dont la teneur en argile décroit du sommet vers la base.

Les marnes et caillasses lutétiennes cumulent une épaisseur d'environ 25 m, et voient alterner des bancs plus calcaires et des bancs marneux. Les marnes et caillasses sont reconnaissables à la présence de blocs calcaires durs en bancs qui baignent dans un milieu marneux. Cette caractéristique les rend impropre à l'exploitation.

Les calcaires grossiers lutétiens sont en revanche un excellent matériau de construction, et ont largement été exploités à Clamart sous l'appellation « Pierre de Clamart ». Ils forment un banc d'une épaisseur d'environ 4 m, à la base duquel se trouve une couche glauconieuse de 2 m : la glauconie de base lutétienne.

Les argiles de Laon sont épaisses au droit de Clamart (9 m) et sont constituées d'argiles plastiques grises à rougeâtres.

Les marnes de Meudon (5 à 6 m d'épaisseur) comprennent les « fausses glaises » et les « conglomérats de Meudon » indiqués sur la carte géologique. Il s'agit d'une couche hétérogène de niveaux calcaires et marneux.

Enfin la vallée de la Seine, à la base de la pile lithostratigraphique observée au droit de Clamart, fait apparaître la craie à silex du Sénonien.

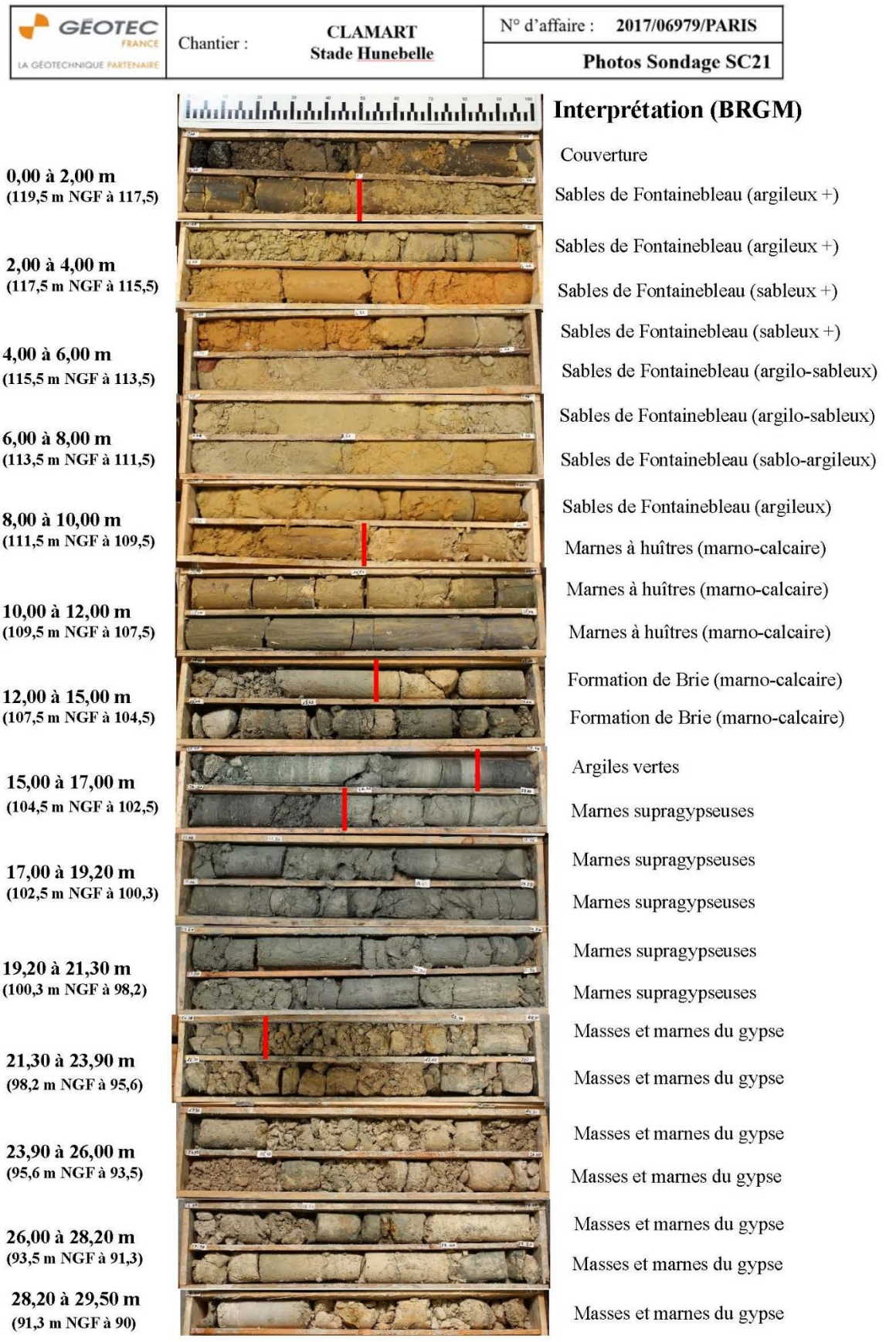


Illustration 12 – Photographies des carottes du sondage SC21 au stade Hunebelle (source : Geotec)

3.1.3. Tectonique

Les couches du tertiaire sont quasiment planes au droit de Clamart. L'anticlinal de Beynes – Meudon, et la faille associée influencent toutefois dans une certaine mesure la géométrie des dépôts sédimentaires. Tout d'abord la présence de l'anticlinal, déjà formé au tertiaire, a influencé les épaisseurs des dépôts puisque le sommet de ce relief a pu être émergé à certaines périodes.

Par ailleurs la faille de Beynes – Meudon passe au sud de Clamart et se poursuit vers l'est jusqu'à Champigny sur Marne. C'est une structure longue de 60 km environ et qui atteint les dépôts du Jurassique en profondeur. Elle génère un décrochement assez faible sur sa partie est (donc à Clamart).

3.2. INTERPRETATION GEOLOGIQUE DES DONNEES DE FORAGES

3.2.1. Données issues de la collecte de rapports géotechniques

La première phase de l'étude a consisté à collecter un maximum de rapports d'études géotechniques afin de compléter la base de données disponible sur les plateformes publiques (notamment http://infoterre.brgm.fr et http://sigessn.brgm.fr).

46 rapports de géotechnique ont été recueillis entre le début de l'étude et fin 2019. Ils concernent des opérations immobilières sur l'ensemble du territoire communal. Ils ont conduit à la réalisation d'environ 150 sondages géotechniques, dont la grande majorité ne dépasse pas 10 m de profondeur. Pour la plupart, des coupes géologiques sont disponibles, et certains ont été équipés en piézomètres en vue d'un suivi du niveau d'eau.

Ces informations permettent d'apporter des informations récentes et locales, dans certains secteurs qui ne disposaient pas de points BSS (Banque de données du Sous-Sol).

3.2.2. Interprétation des logs de sondages et forages

Des travaux récents d'interprétation stratigraphique ont été effectués en Ile de France.

Le travail d'interprétation présenté ici s'est appuyé sur ces travaux, et notamment sur la thèse de J. Briais, 2015 : *Le Cénozoïque du bassin de Paris : un enregistrement sédimentaire haute résolution des déformations lithosphériques en régime de faible subsidence*.

Il a été réalisé à partir des données de forages présents en BSS, des interprétations de stratigraphie séquentielle proposées par J. Briais dans sa thèse, et des données complémentaires collectées dans les rapports de sondages non bancarisés en BSS.

Il a été effectué avec le soutien de l'équipe des géologues sédimentologues du BRGM-Orléans.

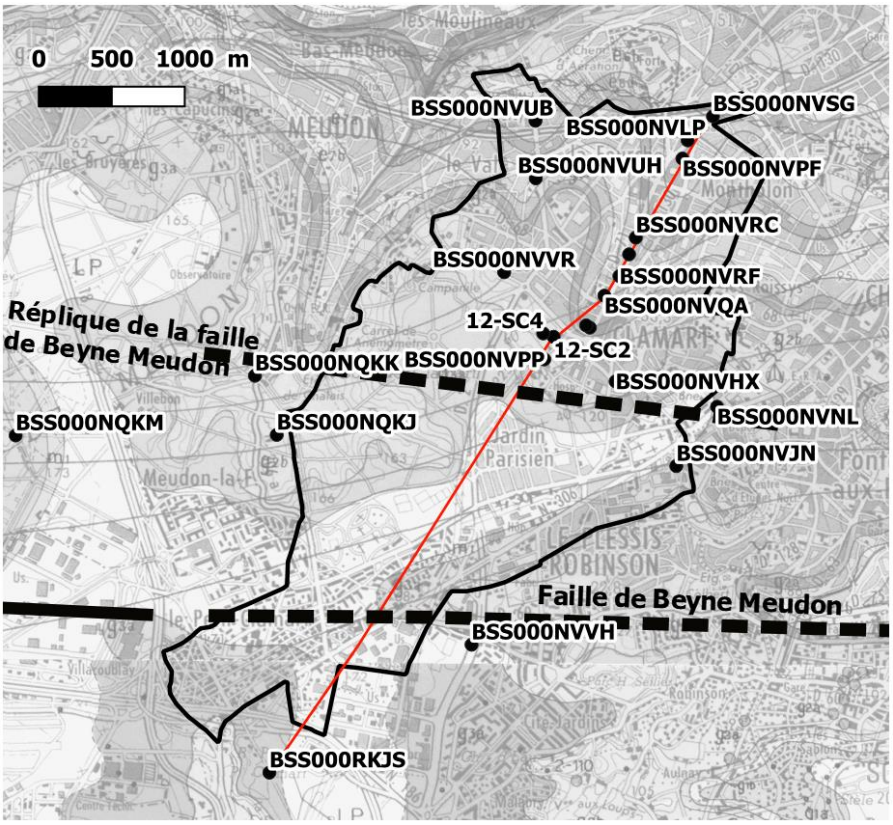


Illustration 13 – Localisation des principaux forages ayant servi à l'interprétation géologique (en rouge : trait de coupe) – forages SC4 et SC2 : sondages géotechniques du stade Hunebelle

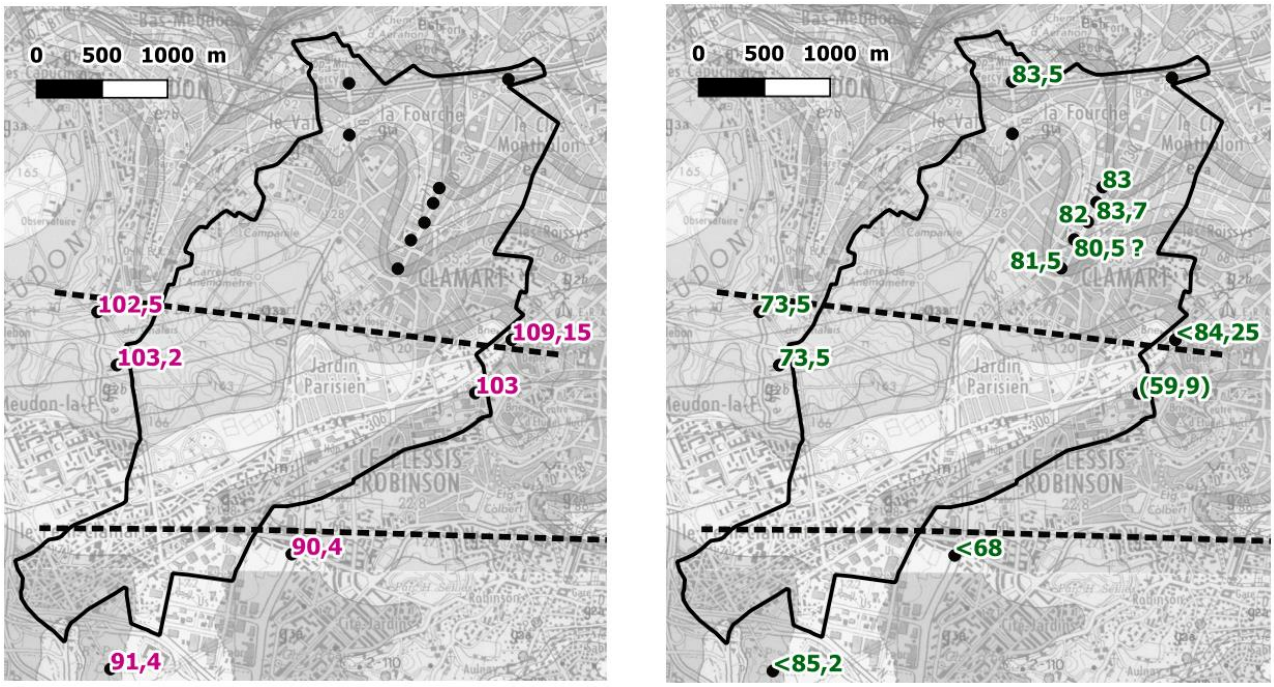


Illustration 14 – Cote du mur : des sables de Fontainebleau (gauche) et des sables d'Auvers (droite) montrant le décalage des séries stratigraphiques dû à la présence de la faille de Beynes-Meudon et à sa réplique

10 coupes de forages particulièrement fiables et bien renseignées, et 6 diagraphies Gamma Ray ont été utilisés pour comprendre l'architecture géologique de la commune. Ces données ont été complétées par les coupes géologiques de 7 forages bien décrits. Dans les zones d'ombre les coupes géologiques des forages ou sondages disponibles ont été utilisées pour valider des hypothèses.

La comparaison des coupes géologiques des forages a permis de mettre en évidence que la faille de Beynes-Meudon, connue plus à l'ouest mais qui n'avait pas été mise en évidence sur le territoire clamartois, se poursuit au droit de Clamart. Par ailleurs une seconde faille, qui semble être une réplique de cette faille majeure, décale les terrains situés dans la moitié nord du territoire communal (illustrations 13 et 14).

3.2.3. Coupe géologique

L'interprétation des données permet de dresser une coupe géologique des terrains au droit de Clamart.

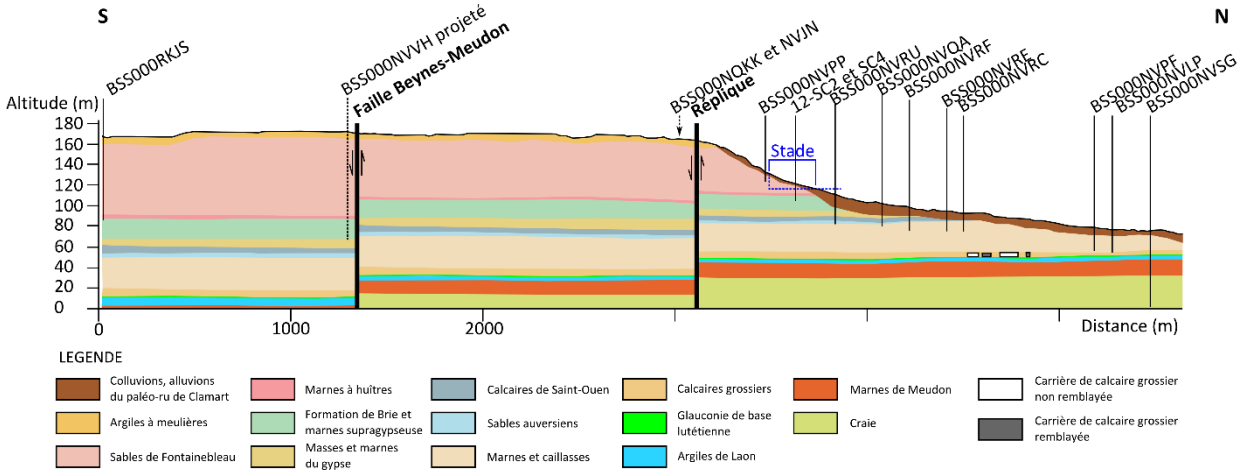


Illustration 15 – Coupe géologique sud-nord au droit de Clamart (localisation de la coupe sur l'illustration 10)

La coupe géologique permet de mettre en évidence un décalage de 8 m induit par la présence de la réplique, le compartiment nord (partie basse de Clamart) étant plus haut géologiquement que la partie sud. De la même manière, la faille de Beynes-Meudon induit un décalage de 12 m environ, le compartiment nord étant plus haut géologiquement que le compartiment sud.

Le travail d'interprétation a par ailleurs permis d'évaluer l'épaisseur des alluvions du paléoru de Clamart. Ces alluvions avaient déjà été mises en évidence par le travail de la SAFEGE en 2013. Les coupes géologiques consultées suggèrent que leur épaisseur est assez variable, et qu'elles sont souvent confondues avec les remblais liés aux activités anthropiques. Leur épaisseur varie de 0 à 10 m environ.

Cette coupe rassemble la formation de Brie, les argiles vertes et les marnes supagypseuses, dans la mesure où dans la plupart des logs de sondages et forages présents en BSS, elles sont difficilement différenciables, s'agissant de marnes avec des bancs calcaires. Les argiles vertes sont vraisemblablement peu épaisses à Clamart et ne sont pas toujours notées dans les sondages. De même les marnes infragypseuses ne sont généralement pas identifiées.

4. Etude hydrogéologique

4.1. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

4.1.1. Généralités

Le territoire de Clamart est organisé autour du thalweg du paléoru de Clamart, et la quasi-totalité du territoire est incluse dans le bassin versant hydrologique du paléoru.

La diversité horizontale et verticale des terrains géologiques induit une complexité hydrogéologique : chaque roche rencontrée a des propriétés hydrogéologiques particulières qui lui permettent de contenir de l'eau (par sa porosité) et de la véhiculer (par sa perméabilité), ce qui lui confère de bonnes propriétés aquifères ou non. L'eau contenue va pouvoir circuler verticalement plus ou moins facilement d'une couche à l'autre.

Les sables, la craie et les calcaires présentent de bonnes propriétés aquifères s'ils ne contiennent pas trop d'argiles. Les marnes sont assez peu perméables, voire imperméable, et les argiles sont imperméables.

4.1.2. BDLISA

La BDLISA (Base de Donnée des Limites des Systèmes Aquifères) est un référentiel cartographique du Système d'Information sur l'Eau. Cette base de donnée classe le sous-sol en entités hydrogéologiques qui sont décrites selon différentes propriétés : aquifère ou imperméable, écoulements libres ou captifs, milieu poreux, fracturé, ou karstique.

L'illustration 16, réalisée à partir des entités BDLISA les plus superficielles (celles qui affleurent), permet de constater en première approche que le sous-sol de Clamart est un empilement de couches de perméabilités variées.

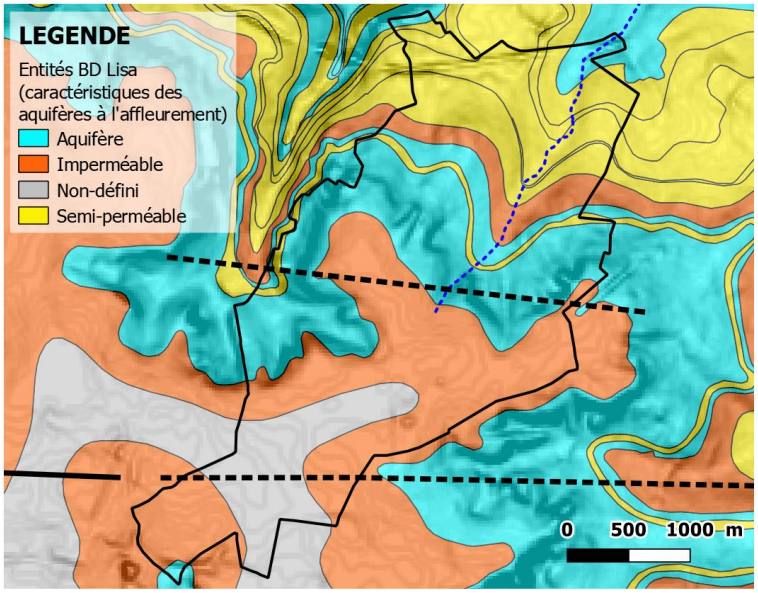


Illustration 16 – Caractéristiques des entités BDLISA à l'affleurement (Source : https://bdlisa.eaufrance.fr/)

Le site de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (http://sigessn.brgm.fr/) permet de dresser un log des entités BDLISA rencontrées verticalement au droit d'une commune.

A Clamart, l'illustration 17 montre que les couches les plus perméables sont les sables de Fontainebleau, les calcaires de Brie, les calcaires grossiers, les sables de l'Yprésien et la craie.

104AA05-- Argiles à meulières et meulières de Montmorency du Mio-Pliocène du Bassin Parisien
107AC03-- Sables et grès de Fontainebleau de l'Oligo-Miocène du Bassin Parisien
107AI01-- Marnes à Huitres du Stampien (Rupélien, Oligocène inf.) du Bassin Parisien
107AK01-- Calcaires de Brie du Rupélien (Oligocène inf.) du Bassin Parisien
110AA01-- Marnes vertes et supra-gypseuses du Rupélien (Oligocène inf.) du Bassin Parisien
113AG03-- Masses et marnes du gypse de l'Eocène du Bassin Parisien
113AI01-- Marnes Infra-gypseuses de l'Eocène du Bassin Parisien
113AK03-- Calcaires de Saint-Ouen du Bartonien inf. du Bassin Parisien
113AK05-- Sables du Marinésien et de l'Auversien du Bassin Parisien
113AO01-- Marnes et caillasses du Lutétien sup., contenant localement du gypse
113AQ21-- Calcaires grossiers du Lutétien du sud du Bassin Parisien
117AC03-- Argiles, sables et lignites de l'Yprésien inf. du Bassin Parisien
117AC05-- Argiles plastiques de l'Yprésien inf. du Bassin Parisien
119AC01-- Sables, marnes et calcaires de l'Yprésien basal et du Paléocène du Bassin Parisien

Illustration 17 – Log des entités BDLISA au droit de Clamart (de la plus superficielle à la plus profonde), et coloration en fonction de leur caractère aquifère (orange : imperméable, jaune : semi-perméable, bleu : aquifère) (Source : http://sigessn.brgm.fr/)

4.1.3. Description hydrogéologique des terrains

Alluvions

Les alluvions sont des sédiments récents (quaternaire), déposés par les cours d'eau dans leur lit, ou au fond des lacs. Il est très difficile en contexte urbain d'avoir une idée précise de l'extension des dépôts alluvionnaires. Toutefois autour du paléoru de Clamart existe une couche de quelques mètres d'alluvions sablo-argileux. Ces alluvions recèlent une nappe qui peut avoir un rôle dans les phénomènes d'inondation par remontée de nappe.

Argiles à meulière (entité BD Lisa 104AA05)

Les argiles à meulières résultent de l'altération et la silicification des calcaires d'Etampes. Elles constituent des affleurements discontinus, d'une épaisseur de l'ordre de 5 m, au sommet des buttes de sables de Fontainebleau. Elles contiennent des blocs de calcaires silicifiés, les meulières. Cet ensemble est globalement imperméable mais peut contenir des petites nappes perchées pouvant contenir des volumes faibles d'eau minéralisée, au sein de lentilles de sables.

Sables de Fontainebleau (107AC03)

La nappe contenue par les sables de Fontainebleau est limitée par leur faible extension géographique. Cependant étant donnée leur épaisseur à Clamart (jusqu'à 70 m) ils recèlent des volumes d'eau pouvant être assez importants. La base des sables de Fontainebleau comprend des bancs argileux qui sont à l'origine de sources. Elle peut localement être connectée hydrauliquement aux calcaires de Brie via les marnes à huîtres.

Marnes à huîtres (107AI01)

Les marnes à huîtres, dépôts marneux de quelques mètres riches en débris coquilliers, constituent une couche à faible perméabilité d'épaisseur irrégulière et qui permet localement un lien hydraulique entre les sables de Fontainebleau et les calcaires de Brie sous-jacents.

Calcaires de Brie (107AK01)

Les calcaires de Brie (5 m) sont de nature marno-calcaires et sont réputés perméables à Clamart. Ils recèlent une nappe qui peut être en continuité hydraulique avec les sables de Fontainebleau.

Marnes vertes et supragypseuses (110AA01)

Les marnes vertes et supragypseuses comprennent trois ensembles géologiques distincts : les argiles vertes, les marnes de Pantin et les marnes bleues d'Argenteuil. Cet ensemble cumule une épaisseur de l'ordre de 11,5 m. il est réputé imperméable et constitue une semelle au sommet de laquelle apparaissent des sources.

Masses et marnes du gypse (113AG03)

Le gypse est très peu perméable, mais très soluble. A la faveur de quelques fractures, l'eau peut percoler depuis la surface et va rejoindre la base des masses de gypse. Un réseau de dissolution peut alors se constituer et former des cavités au niveau des fractures et à la base du gypse, au contact des niveaux marneux – on parle de réseau karstique. Ces réseaux ne constituent pas de véritables nappes mais peuvent conduire à l'apparition de petites sources, et peuvent être détectés par une augmentation de la minéralisation des eaux qui reçoivent ces écoulements – du fait de la dissolution du gypse. Le gypse alterne avec des marnes qui sont peu perméables.

Marnes infra-gypseuse (113AI01)

Les marnes infra-gypseuses, également appelées marnes à Pholadomyes autour de Paris, cumulent une épaisseur d'environ 1 m sur le territoire de Clamart. Elles sont très peu perméables et ne contiennent pas de nappe à proprement parler.

Calcaires de Saint-Ouen (113AK03)

Les calcaires de Saint-Ouen, peu épais à Clamart (6 à 8 m), comprennent des bancs calcaires a priori perméables, mais séparés par au moins une couche argileuse qui limite leur capacité aquifère.

Sables d'Auvers (113AK05)

Les sables d'Auvers, peu épais à Clamart (3 m) sont constitués de sables à la base avec des teneurs en argile qui croissent vers le sommet. Ils peuvent être en continuité hydraulique avec les calcaires de Saint-Ouen. Ils contiennent une nappe assez peu productive du fait de la présence d'horizons argileux.

Marnes et caillasses (113AO01)

Les marnes et caillasses peuvent renfermer des couches de gypse de quelques mètres d'épaisseur. Du fait de l'hétérogénéité des niveaux géologiques constituant les marnes et caillasses, elles sont considérées comme semi-perméables « en grand » : localement elles pourront contenir une nappe, mais l'eau ne pourra pas s'écouler facilement verticalement du fait des contrastes de perméabilité.

Calcaires grossiers du Lutétien (113AQ21)

Les calcaires grossiers constituent un aquifère intéressant et beaucoup exploité en Ile de France et en Picardie. Au droit de Clamart ils sont peu épais (3 m), ce qui limite le volume de cet aquifère. Les marnes et caillasses qui les recouvrent, peu perméables, assurent une certaine protection mais le véritable toit étanche des calcaires grossiers est la formation des marnes infragypseuses.

Argiles de Laon (117AC03 et 117AC05)

Les argiles de Laon sont particulièrement épaisses (9 m). Elles sont imperméables.

Sables, marnes et calcaires de l'Yprésien (119AC01)

Les marnes et calcaires de l'Yprésien, appelées marnes de Meudon, sont hétérogènes. Elles sont réputées aquifères au droit de Clamart mais la présence de bancs argileux limite les circulations.

4.1.4. Données de piézométrie

Carte hydrogéologique à 1 : 50 000 de Paris

Une carte hydrogéologique de Paris a été établie en 1970 sur la base de relevés piézométriques effectués en 1965.

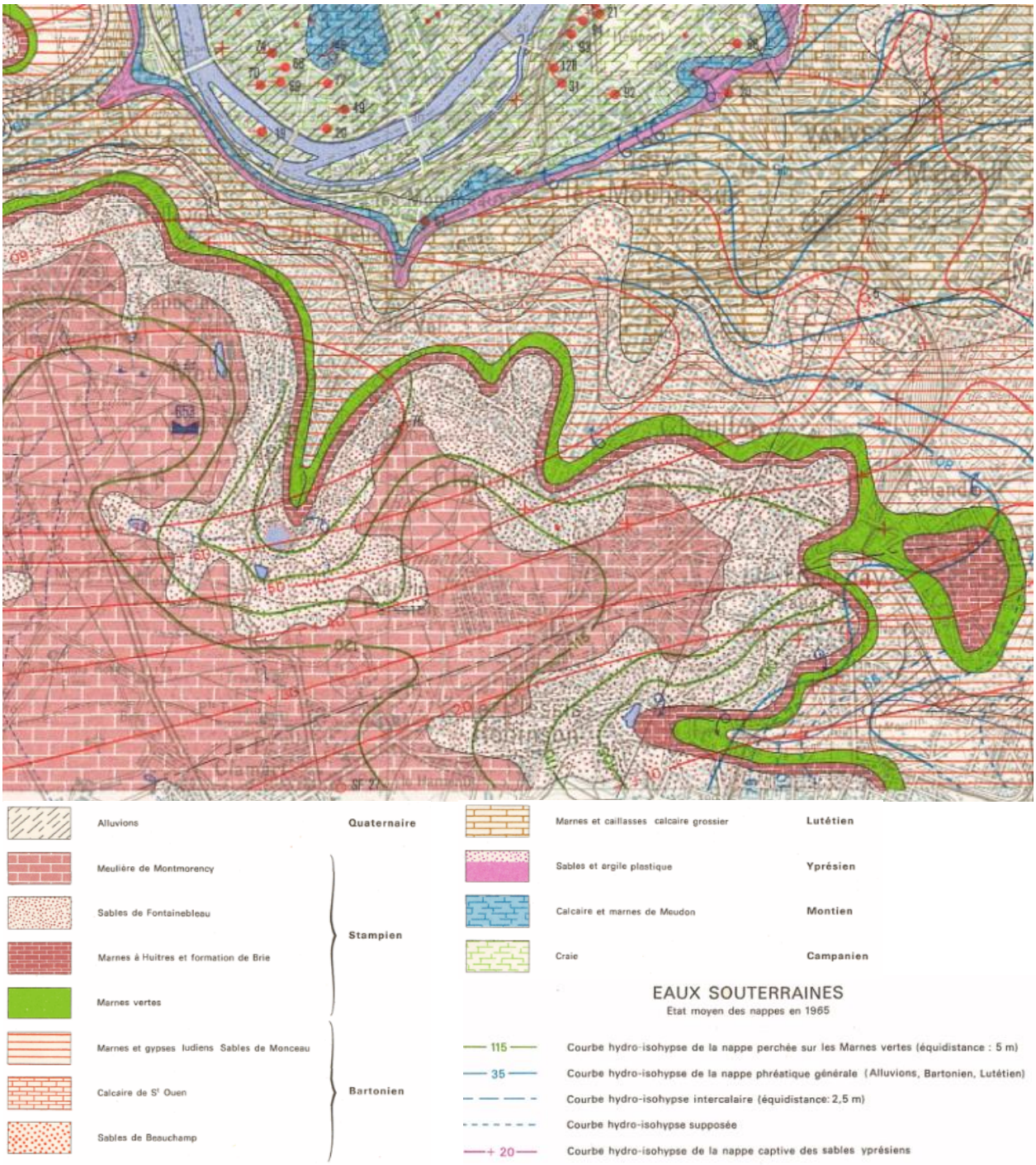


Illustration 18 – Extrait de la carte hydrogéologique de Paris centré sur Clamart (Source : Carte hydrogéologique à 1 : 50 000, feuille de Paris)

La carte piézométrique distingue principalement trois ensembles aquifères : la nappe perchée sur les marnes vertes (ou argiles vertes), la nappe phréatique générale qui comprend les alluvions, le Bartonien (Marinésien + Auversien) et le Lutétien, et la nappe captive de l'Yprésien.

A Clamart, la nappe perchée sur les marnes vertes correspond aux sables de Fontainebleau et les cotes piézométriques sont comprises entre 106 et 120 m.

La nappe générale présente des cotes piézométriques entre 35 et 60 m environ.

La nappe de l'Yprésien présente un dôme piézométrique à 60 m NGF centré sur la partie basse de Clamart. Elle s'écoule donc vers le sud sous le plateau (cote de 20 m NGF sous le Petit Clamart), et vers le nord au nord de la voie ferrée (55 m NGF à l'extrémité nord de la commune).

Des sources ont été localisées sur la commune : Fontaine Sainte Marie, et une source en rive droite du paléoru de Clamart au niveau des marnes vertes.

Données piézométriques issues de l'étude bibliographique

La Banque de données du Sous-Sol (BSS) centralise une grande quantité d'informations collectées notamment par le biais du code minier, du code de la santé publique et du code de l'environnement. Il est ainsi possible d'obtenir des niveaux piézométriques sur la commune de Clamart. A ces données ont été ajoutées les informations recueillies dans le cadre de la synthèse bibliographique : rapports géotechniques et données issues de l'enquête notamment.

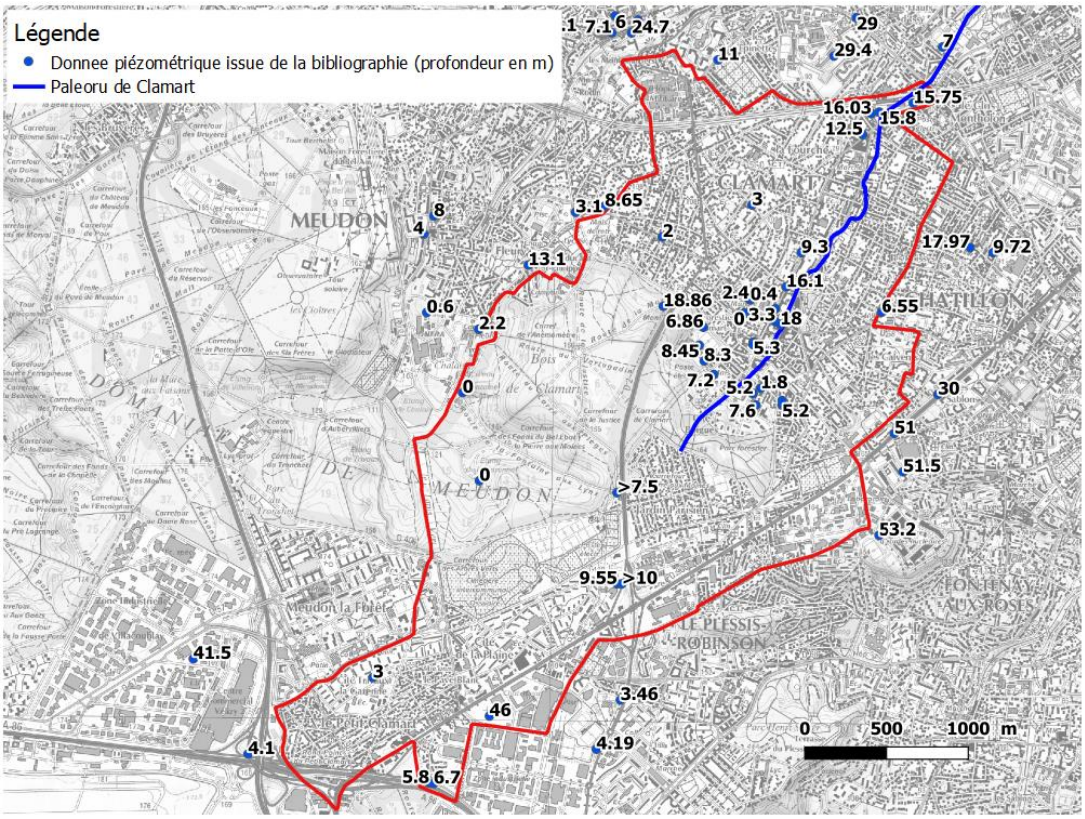


Illustration 19 – Profondeurs de l'eau par rapport au sol d'après les données collectées lors de la synthèse bibliographique

Cette carte appelle plusieurs remarques :

- Les niveaux sont asynchrones : ils ont été mesurés à des périodes et des années différentes, ce qui ne permet pas de les comparer entre eux ;
- Il n'y a pas d'information sur les nappes concernées par la mesure, mais il est vraisemblable que dans la plupart des cas il s'agit de la première nappe rencontrée ;
- Les profondeurs sont assez faibles voire proche de 0 pour certains points sur la partie nord de Clamart, ce qui tend à indiquer la présence d'une nappe proche de la surface ;
- Au niveau de la gare la nappe semble être plus profonde.

Données piézométriques du stade Hunebelle

Le bureau d'étude Geotec opère un suivi piézométrique pour le compte de la mairie, en vue notamment de construire un modèle hydrogéologique.

Les résultats de ce suivi sont restitués en annexe 1.

Les cinq piézomètres suivis en continu depuis mars 2019 concernent deux nappes : sables de Fontainebleau et formation de Brie.

Sur les trois mois du suivi (12 mars au 15 juin 2019) mis à disposition du BRGM, plusieurs commentaires peuvent être formulés :

- Le suivi démarre après une période assez pluvieuse intervenue sur la première quinzaine de mars 2019. Elle se poursuit avec une période sèche d'1,5 mois jusque fin avril. Fin avril et début mai plusieurs événements pluviométriques surviennent, avec une crue le 10 mai. Après une accalmie, les précipitations reprennent début juin.

- L'allure des chroniques est très clairement influencée par cette séquence pluviométrique :
  - Niveaux assez hauts en début de chronique,
  - Vidange progressive jusque fin avril,
  - Recharge des nappes début mai avec un pic correspondant à la crue du 10 mai,
  - Petite baisse puis remontée liée aux précipitations de début juin ;

- Les deux nappes sont réactives au pic de précipitation du 10 mai 2019 (56,4 mm).
  Les sables de Fontainebleau réagissent en moins d'une journée, tandis que la formation de Brie réagit en plusieurs jours, pouvant traduire le délai nécessaire à la percolation des eaux de pluies depuis la surface, via les sables de Fontainebleau, vers la nappe de Brie.
  L'amplitude du pic piézométrique est faible pour les deux aquifères : entre 8 et 25 cm.

Autres données piézométriques

Il n'existe pas sur ou à proximité de Clamart de piézomètre de suivi du réseau ADES (https://ades.eaufrance.fr). De plus la mairie ne dispose pas d'un réseau de suivi qui permette d'obtenir une chronique des niveaux d'eau. L'EPTB Vallée Sud Grand Paris, en charge de la compétence GEMAPI, ne dispose pas non plus de réseau de suivi piézométrique.

4.1.5. Sources

Les données collectées permettent de localiser d'assez nombreuses sources sur le territoire communal. L'illustration 20 synthétise ces informations.

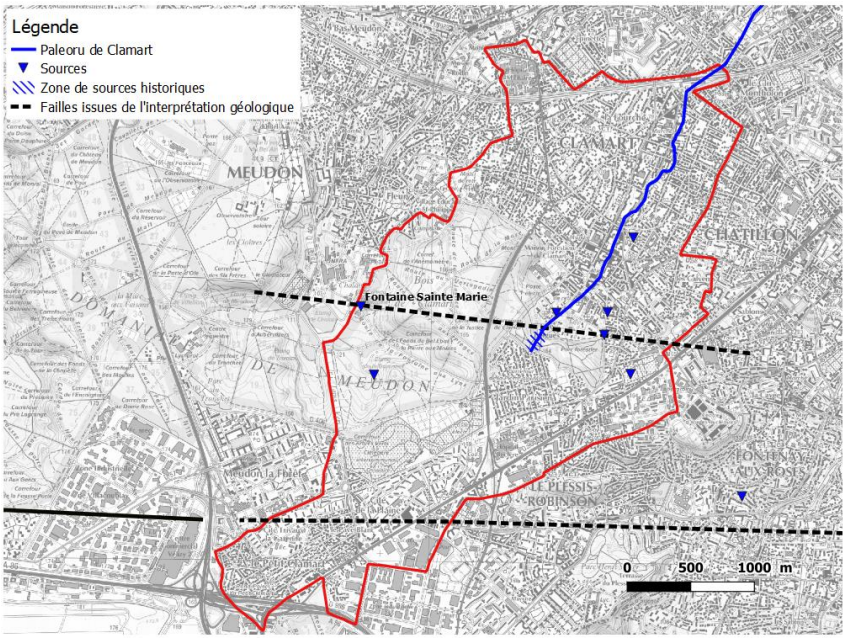


Illustration 20 – Localisation des sources d'après l'étude bibliographique et l'enquête

Quatre source et la zone d'émergences historique du paléoru de Clamart se situent à proximité directe de la réplique de la faille de Beynes-Meudon. Deux autres sources (vieux cimetière et bois de Clamart) se trouvent plus haut topographiquement. Une dernière source se trouve au sein du parc de la Maison Blanche.

4.1.6. Synthèse hydrogéologique des données bibliographiques

Le territoire clamartois repose sur des terrains sédimentaires du Tertiaire et du Quaternaire. Il s'agit d'une succession de couches de natures variées (sables, argiles, marnes, calcaires, gypse), aux propriétés hydrogéologiques inégales.

La carte hydrogéologique de Paris (1970), distingue deux principaux ensembles : la nappe perchée des sables de Fontainebleau, et la nappe des autres terrains du Tertiaire, séparés par les marnes vertes.

Les données de piézométrie collectées ne permettent pas de confirmer cette interprétation, mais confirment l'existence de plusieurs nappes avec des niveaux très variables, qui peuvent se superposer les unes aux autres.

La réplique de la faille de Beynes-Meudon, identifiée grâce à l'étude géologique, joue un rôle visiblement important puisqu'elle est à l'origine de plusieurs sources (dont l'emblématique Fontaine Sainte Marie), donnant par ailleurs naissance au paléoru de Clamart.

La faible profondeur des nappes sous la surface topographique est à l'origine de phénomènes de remontées de nappe sur l'ensemble du territoire communal.

4.2. UTILISATION DES EAUX SOUTERRAINES

4.2.1. Prélèvements BNPE

Le site de la banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau (BNPE) (https://bnpe.eaufrance.fr/) permet de consulter les données déclarées au titre de la redevance de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie pour les années 2012 à 2017 (consultation en novembre 2019). Sur le territoire de Clamart aucun prélèvement d'eau souterraine n'est recensé.

4.2.2. Alimentation en eau potable

La commune de Clamart est alimentée en eau potable par le Syndicat des Eaux d'Ile de France (SEDIF), et reçoit plus spécifiquement des eaux traitées de la Seine.

D'après la base de données SISE EAUX de l'ARS (extraction ADES du 20 novembre 2019), il n'existe pas de captage d'eau potable sur la commune de Clamart, ni sur les communes adjacentes.

4.3. CAMPAGNE PIEZOMETRIQUE DE HAUTES EAUX

4.3.1. Sélection des points de mesure

Afin de garantir un nombre maximal de points de mesure au cours de la campagne piézométrique de hautes eaux, un effort important a été fourni pour identifier les points de mesures potentiels.

Cinq types de points ont ainsi été recherchés :

- Piézomètres du réseau de suivi du Tram 10 en cours de construction,
- Piézomètres des chantiers immobiliers en cours,
- Points de la Banque de données du Sous-Sol (BSS),
- Points issus des échanges avec la mairie et les riverains (enquête, réunions publiques et échanges avec les associations),
- Sources : Point à lever sur le terrain, après contact éventuel auprès des propriétaires.

Ce travail a permis d'identifier 95 points potentiels (illustration 21).

	Nombre de points de mesure potentiels
Enquête et échanges avec les riverains – puits	13
Enquête et échanges avec les riverains – sources	5
Enquête – sous-sols inondés en permanence	4
Enquête – sous-sols inondés temporairement	40
Enquête – sous-sols humides	5
Suivi piézométrique du tram 10	4
Piézomètres réalisés dans le cadre de chantiers de constructions	12
Points de la BSS eau (base de données BRGM)	12
TOTAL	**95**

Illustration 21 – Nombre de points de mesure piézométrique potentiels pour la campagne de hautes eaux

Les mesures doivent permettre de caractériser :

- L'ensemble du territoire communal (couverture la plus isotrope possible),
- L'ensemble des nappes de surface.

Il existe en outre plusieurs points de vigilance et enjeux spécifiques :

- Secteurs de carrières souterraines,
- Zones identifiées comme présentant des désordres,
- Stade Hunebelle et alentours,
- Zones de passage des failles.

4.3.2. Déroulement et contexte hydro-climatique

La campagne de terrain s'est déroulée du 18 au 23 février 2019.

Il n'a pas plu durant toute la semaine. Le cumul pluviométrique au cours du mois qui a précédé est de 71 mm à Orly (source des données : http://www.meteociel.fr). Le graphique des données pluviométriques est présenté dans le paragraphe 4.3 (piézométrie de hautes eaux).

D'après la fiche climatologique produite par Météo France (https://donneespubliques.meteofrance.fr) à partir des données de l'aéroport d'Orly (statistiques de 1981 à 2010), le cumul annuel moyen est de 616,6 mm. Pour l'année hydrologique précédent la campagne de février 2019, le cumul est de 610,4 mm, ce qui place la campagne dans une année moyenne, non exceptionnelle (comparé à 2018 et 2016 par exemple).

4.3.3. Synthèse des points mesurés

Un total de 42 points a été mesuré, dont la répartition est la suivante :

- 14 piézomètres,
- 7 puisards,
- 5 puits,
- 7 remontées de nappes,
- 9 sources.

L'illustration 22 permet de localiser les points mesurés par type.

Une fiche par point mesuré a été réalisée. L'ensemble des fiches est reporté en annexe 2.

Les principales difficultés rencontrées lors de la campagne peuvent être résumées comme suit :

- Certaines personnes qui s'étaient manifestées au cours de l'enquête étaient injoignables,
- Dans les zones avec peu de points identifiés, le porte à porte s'est révélé improductif,
- Dans 3 cas, les remontées de nappe identifiées lors de l'enquête n'en étaient pas,
- Les piézomètres de suivi du tram 10 étaient introuvables (sauf 1),
- Le GPS était ineffectif dans certains quartiers (hauteur des immeubles et forêt),
- Dans la plupart des cas, les phénomènes de remontées de nappe ne permettaient pas de mesure car le niveau était sous les sous-sol (moyennes eaux).

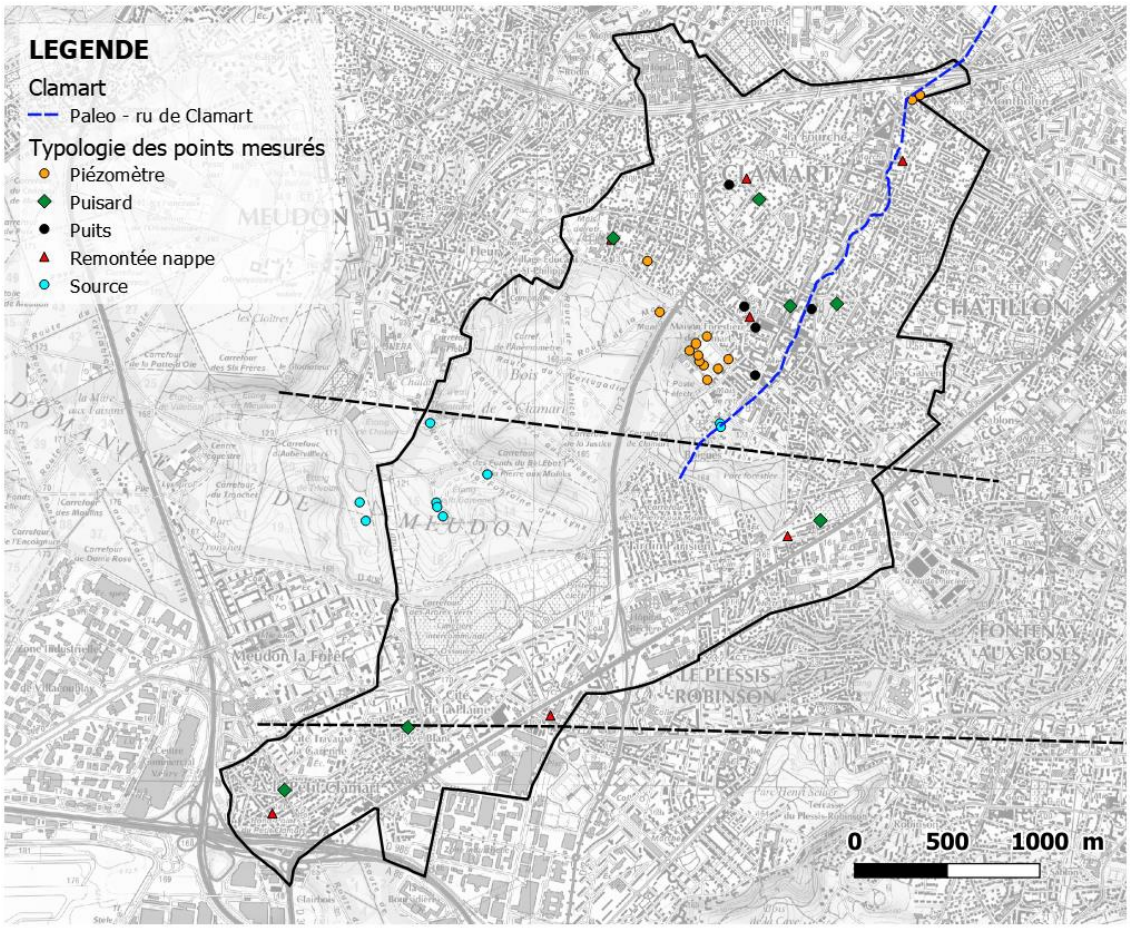


Illustration 22 – Localisation des points de mesure de la campagne de hautes eaux (18 au 23 février 2019) par type

4.3.4. Résultats des mesures piézométriques

Les résultats de la campagne piézométrique de hautes eaux sont présentés en illustration 23.

Pour certains points de mesure, l'eau n'a pas été atteinte. D'autres points sont influencés (influence du cuvelage, présence de carrières souterraines), ce qui biaise la mesure.

Le premier travail d'interprétation a consisté à rattacher chaque point de mesure à une couche géologique et donc à une nappe potentielle. Pour de nombreux points, ce travail s'est révélé compliqué car les « coupes techniques » des ouvrages, permettant de savoir à quelle hauteur se trouve l'arrivée d'eau dans l'ouvrage, n'étaient pas disponibles. C'est le cas notamment des puits et de certains piézomètres. Le rattachement a donc été fait à partir d'une analyse de la géologie, en partant de l'hypothèse que les différentes nappes n'étaient pas captives. Cette hypothèse a été vérifiée et est confirmée pour les piézomètres pour lesquels la coupe technique est connue.

Ainsi les niveaux piézométriques mesurés permettent de distinguer 7 nappes (voir illustration 23).

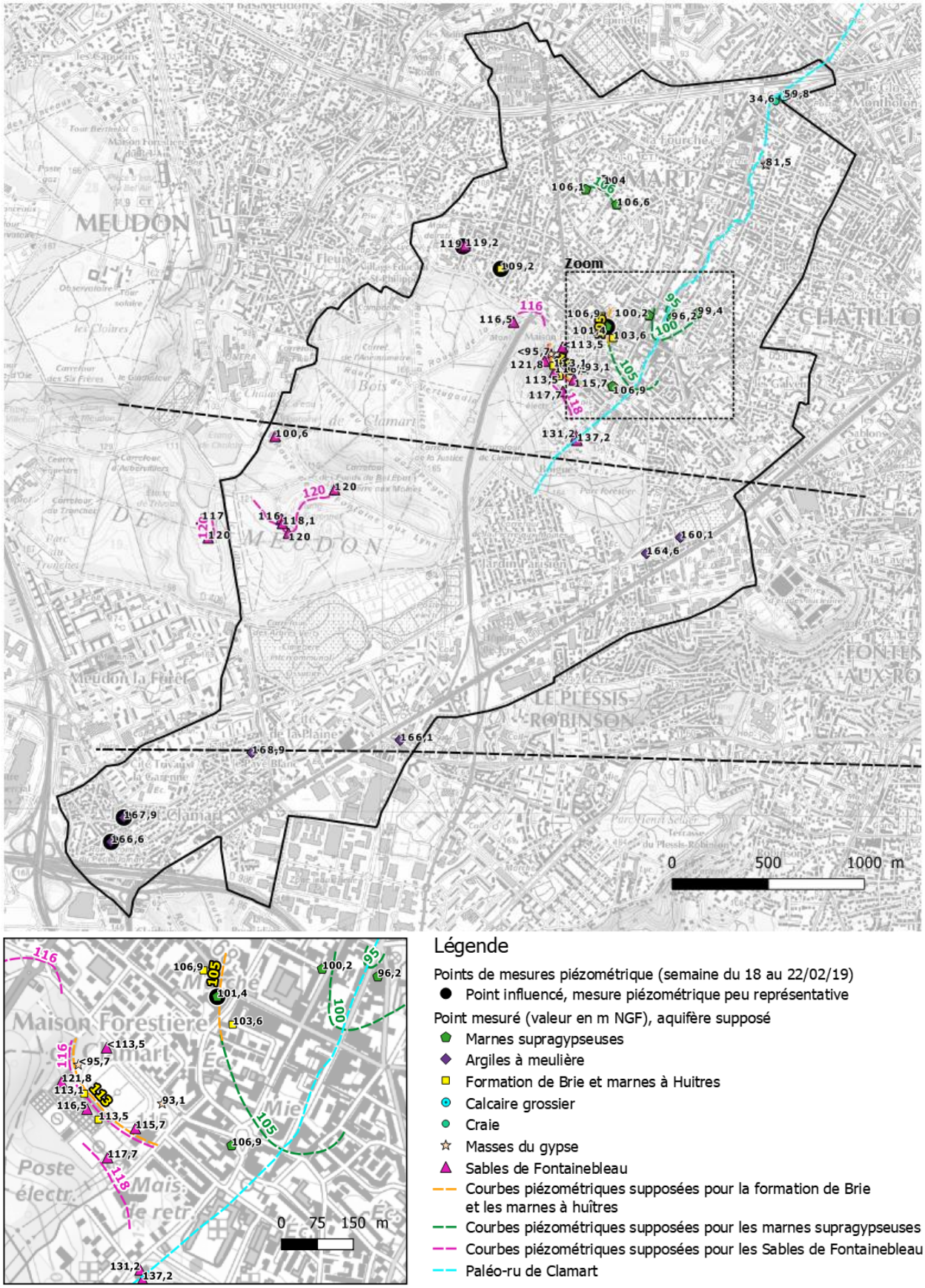


Illustration 23 – Carte d'interprétation des résultats de la campagne piézométrique de hautes eaux

Dans certains cas le nombre de points est suffisant pour tracer des isopièzes. C'est ce qui a été fait pour certains secteurs de la ville pour les sables de Fontainebleau, la formation de Brie, et les marnes supragypseuses.

Ce travail d'interprétation permet de tirer plusieurs conclusions :

- Les argiles à meulières peuvent contenir de l'eau. Les différents témoignages recueillis auprès des riverains et des conducteurs de travaux indiquent que le niveau de l'eau dans les argiles varie rapidement – en fonction des précipitations notamment, et peut s'assécher complètement. Ce type de fonctionnement est lié à l'existence de lentilles sableuses au sein des argiles, qui accumulent l'eau.
- La zone des étangs de Trivaux et de la Garenne, en bordure du bois à l'ouest de la commune, constitue une zone de vidange de l'aquifère des sables de Fontainebleau. De nombreuses sources y sont observées, à une cote assez constante de 120 m NGF. Les débits sont faibles : l'ensemble des sources cumule un débit inférieur à 0,5 L/s (estimation visuelle).
- Aux environs du stade Hunebelle, aucune zone de sources n'a été observée, bien que ce secteur aurait pu correspondre géologiquement à une zone de vidange du fait de la semelle argileuse imperméable à la base des sables de Fontainebleau. Cette observation pose la question d'un éventuel réseau de drainage des sables de Fontainebleau en bordure nord-est du bois de Clamart.
- L'aquifère de la formation de Brie, rattaché à celui des marnes à huîtres peu épaisses et souvent confondu dans les coupes géologiques, présente une piézométrie significativement en-dessous de celle des sables de Fontainebleau. Ceci met en lumière le rôle d'écran imperméable des argiles présentes à la base des sables de Fontainebleau. Au niveau du stade, les coupes géologiques des piézomètres indiquent un toit de la formation de Brie à 110 m NGF, alors que la cote piézométrique mesurée est de l'ordre de 113 m NGF. Cela implique que l'eau est captive (en charge) sous les argiles qui forment la base des sables de Fontainebleau.
- La piézométrie au sein des marnes supragypseuses semble continue avec celle de la formation de Brie, et vraisemblablement aussi celle des alluvions du paléoru de Clamart, dont l'extension et l'épaisseur sont inconnues. Les isopièzes sont incurvées au droit de l'emplacement du paléoru, matérialisant un axe de drainage.
- Pour la craie et les calcaires grossiers, seuls trois points sont disponibles et permettent de constater que ces deux aquifères sont déconnectés l'un de l'autre, et possiblement aussi des autres nappes évoquées.

Plusieurs secteurs de la commune ne disposent pas de points de mesure à l'issue de la campagne piézométrique de hautes eaux.

4.4. CAMPAGNE PIEZOMETRIQUE DE BASSES EAUX

4.4.1. Sélection des points de mesure

Pour la campagne de basses eaux, les points de mesures envisagés comprenaient tous les piézomètres, puits, puisards et sources mesurés lors de la campagne de hautes eaux. Il n'a pas été jugé nécessaire de renouveler la visite auprès des personnes concernées par des remontées de nappe, dans la mesure où la plupart des sous-sols étaient secs lors de la visite en hautes eaux.

Des nouveaux points ont été recherchés pour compléter la couverture du territoire clamartois, en collectant de nouveaux rapports géotechniques de chantiers immobiliers.

Seul un piézomètre supplémentaire a ainsi été identifié au nord de la voie ferrée (chantier rue de Verdun). Deux puits supplémentaires ont été ajoutés suite à des échanges avec un riverain, rue Taboise.

Il a également été décidé de visiter des secteurs qui pourraient permettre de faire des observations hydrogéologiques complémentaires :

- Chantiers du Panorama et du parking / marché, chantier de l'ancienne piscine,
- Cimetière intercommunal (à la recherche de piézomètres),
- Nord-ouest du bois de Clamart (à la recherche de sources).

4.4.2. Déroulement et contexte hydro-climatique

La campagne de terrain s'est déroulée du 23 au 27 septembre 2019.

Le cumul pluviométrique au cours du mois qui a précédé est de 10,5 mm à Orly (source des données : http://www.meteociel.fr). Au cours de la semaine de la mission, il a plu 11,9 mm.

D'après la fiche climatologique produite par Météo France (https://donneespubliques.meteofrance.fr) à partir des données de l'aéroport d'Orly (statistiques de 1981 à 2010), le cumul annuel moyen est de 616,6 mm. Pour l'année hydrologique précédent la campagne de septembre 2019, le cumul est de 542,7 mm, ce qui place la campagne à l'issue d'une année assez faiblement pluvieuse.

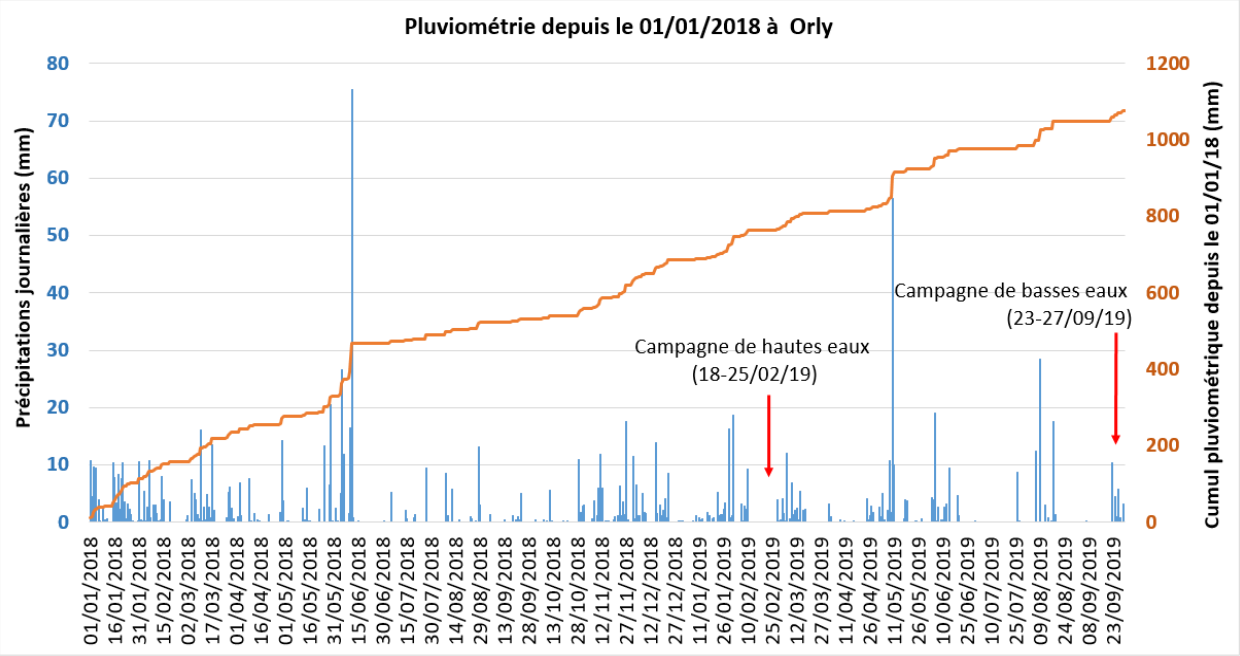


Illustration 24 – Pluviométrie depuis le 01/01/2018 à la station d'Orly (source des données : http://www.meteociel.fr)

4.4.3. Synthèse des points mesurés

Un total de 22 points a été mesuré, dont la répartition est la suivante :

- 11 piézomètres,
- 4 puisards,
- 7 puits.

Comme indiqué précédemment les points concernés par des remontées de nappes n'ont pas été revisités dans la mesure où ils étaient secs en hautes eaux et ne permettaient pas de mesure directe.

Les sources du bois de Clamart et de la rue Taboise ont été parcourues pour comparer l'emprise des zones d'émergence avec les hautes eaux (voir la synthèse hydrogéologique).

D'autres sources ont été recherchées au nord-ouest du bois de Clamart, mais aucune n'était visible.

Au niveau de la station Total située en face du carrefour de la pierre aux moines, se trouvait un chantier qui avait nécessité la réalisation de deux piézomètres, remblayés. Ces deux piézomètres de profondeur inconnue (< 10 m) étaient secs.

Les services techniques du cimetière intercommunal ont été rencontrés pour identifier l'emplacement d'éventuels piézomètres. Aucun piézomètre n'existe à l'heure actuelle mais une campagne géotechnique avait eu lieu lors du chantier du funérarium (1997), donnant lieu à la réalisation de 6 sondages de moins de 10 m de profondeur (argiles à meulières et sables de Fontainebleau), tous secs (cote du fond des ouvrages : environ 160 m NGF).

Sur le site de l'ancienne piscine a lieu un chantier immobilier (allée de Meudon). Les travaux de fouilles étaient finis lors de la visite de septembre 2019, mais les échanges sur site ont permis de constater qu'il n'y avait pas eu d'eau 4 m sous le niveau du sol, c'est-à-dire à une cote de 116 m NGF (a priori dans les marnes supragypseuses).

De même, au niveau du chantier du marché (rue Paul Vaillant Couturier), aucun piézomètre n'était visitable lors de la visite. Les échanges sur site indiquent que 5 m sous le niveau du sol il n'y a pas d'eau – soit à une cote d'environ 100 m NGF, dans les marnes supragypseuses.

Enfin, sur le chantier du Panorama (avenue du Général de Gaulle), les piézomètres initialement installés ont été remblayés. Lors des travaux de fouille à 7 m sous le niveau du sol (cote d'environ 157 m NGF), les terrains étaient secs – dans les sables de Fontainebleau et les argiles à meulières.

4.4.4. Carte piézométrique

L'ensemble des données collectées lors de la campagne de septembre 2019 sont représentées sur l'illustration 25.

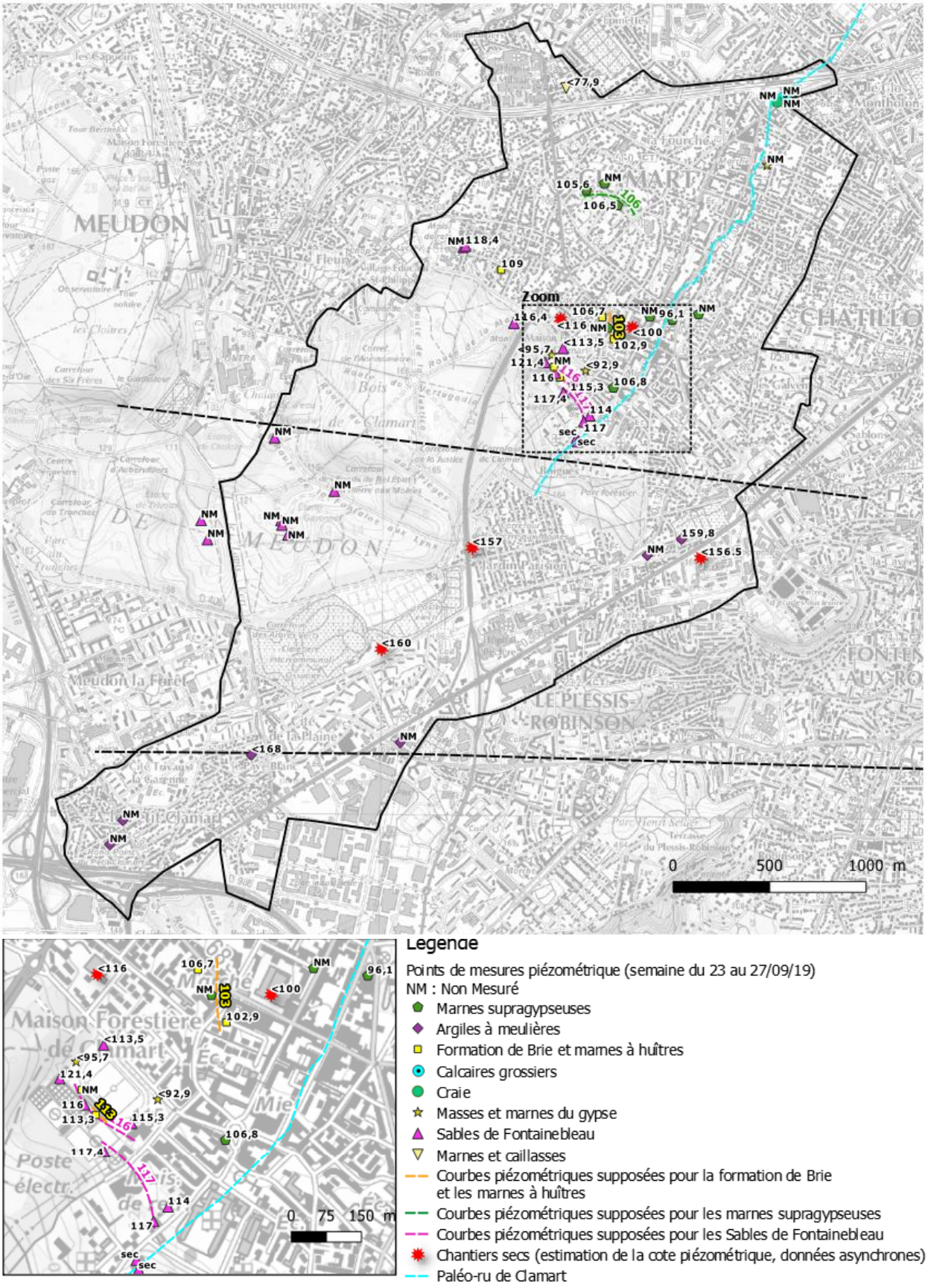


Illustration 25 – Carte d'interprétation des résultats de la campagne piézométrique de basses eaux

La campagne de basses eaux permet de confirmer le décrochement piézométrique entre les sables de Fontainebleau et la formation de Brie.

La zone de sources du bois de Clamart existe toujours mais n'a plus tout à fait la même emprise qu'en hautes eaux (voir la synthèse hydrogéologique). Les suintements du haut de la rue Taboise se sont taries.

Une comparaison des deux campagnes piézométriques est proposée dans la synthèse hydrogéologique.

4.5. SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE

4.5.1. Aquifères de surface identifiés et relations entre les aquifères

L'étude géologique réalisée permet d'identifier la présence de la faille de Beynes-Meudon et de sa réplique, mais ne permet pas de modifier la carte géologique sur l'ensemble du territoire, dans le but de tracer les contours des différents aquifères.

Les argiles à meulières ne forment pas d'aquifère à proprement parler du fait de leur caractère imperméable. Elles contiennent de l'eau sous forme de lentilles plus ou moins volumineuses dans les sables. Ces petites nappes perchées sont déconnectées des sables de Fontainebleau sous-jacents.

Les sables de Fontainebleau forment un aquifère indépendant, ce qui apparait clairement du fait de l'existence de zones de sources, et de la déconnexion hydraulique qui existe avec les formations sous-jacentes dans les piézométries de hautes eaux et basses eaux. La base des sables de Fontainebleau est à une cote d'environ 110 m NGF dans le compartiment nord, et s'approche de 100 m NGF dans le compartiment central.

L'étude hydrogéologique et notamment la campagne piézométrique de hautes eaux (février 2019) indiquent que les marnes supragypseuses et la formation de Brie constituent un aquifère continu malgré la présence des argiles vertes entre les deux. Au droit du stade Hunebelle les cotes piézométriques et la coupe géologique des piézomètres indiquent que la nappe est captive.

Sous ces deux ensembles, les mesures réalisées lors des deux campagnes ne permettent pas de connaître la piézométrie dans les aquifères suivants :

- Masses du gypse,
- Calcaires de Saint-Ouen,
- Sables d'Auvers.

L'enquête (chapitre 2.4.1) indique que des riverains sont affectés par des phénomènes de remontée de nappes dans les zones d'affleurement de ces terrains. Cette information n'a pas pu être vérifiée ou quantifiée a posteriori, les phénomènes n'étant plus actifs.

Au nord de la voie ferrée, près de l'hôpital Percy, une mesure en basses eaux indique que la nappe des marnes et caillasses est assez profonde (plus de 11 m sous la surface).

De même au niveau de la gare, les mesures de hautes eaux suggèrent que l'aquifère des calcaires grossiers et celui de la craie sont déconnectés entre eux, et déconnectés des aquifères de surface.

Enfin, l'étendue des alluvions du paléoru de Clamart n'est pas cartographiée. Toutefois leur présence est attestée par de nombreux sondages et ils ont une influence supposée importante de part et d'autre du paléoru puisqu'ils drainent les écoulements de manière significative.

L'illustration 26 synthétise ces informations en identifiant :

- L'emprise des sables de Fontainebleau, localement sous couverture des argiles à meulières,
- L'emprise (supposée) des marnes supragypseuses et formation de Brie,
- L'emprise supposée des marnes et caillasses au nord de la commune,
- L'emprise supposée des alluvions du paléoru de Clamart.

Cette carte permet de constater que la grande majorité du territoire clamartois repose sur l'aquifère des sables de Fontainebleau. Ceux-ci ont une épaisseur faible au niveau du centre-ville, et quartier Schneider, et il est vraisemblable que les fondations reposent plutôt sur l'aquifère de la formation de Brie et marnes supragypseuses.

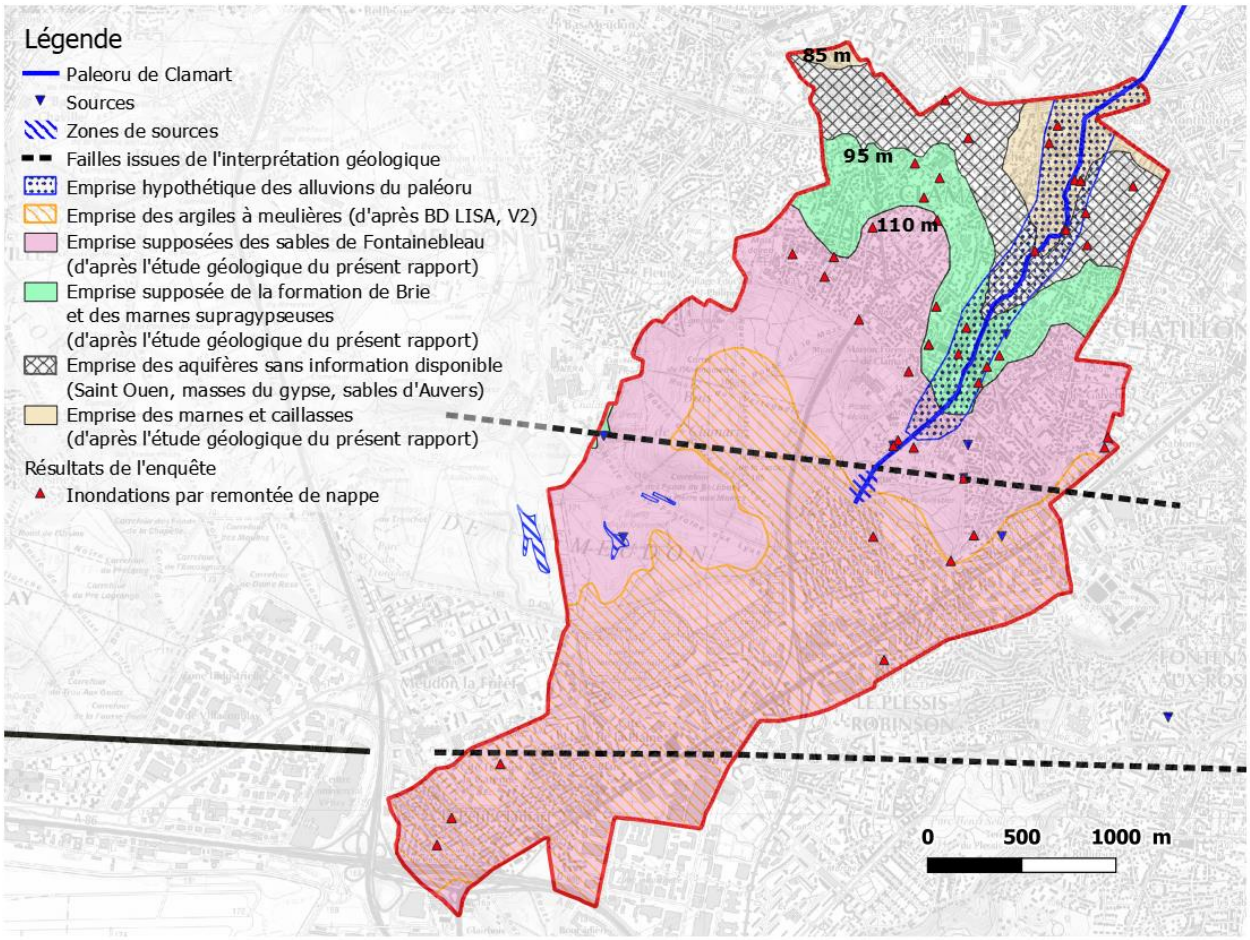


Illustration 26 – Délimitation supposée des principaux aquifères à Clamart
En noir : cotes altimétriques des murs des différents aquifères à l'affleurement, d'après le travail géologique et hydrogéologique effectué dans la présente étude et le MNT 25 de l'IGN

Les limites des différents aquifères sont établies en fonction des cotes du mur d'après l'étude géologique présentée au paragraphe 3, et le MNT 25 de l'IGN.

Le fait que les sources du bois de Clamart apparaissent nettement au-dessus du mur des sables de Fontainebleau s'explique par la présence à la base d'une couche assez épaisse de sables argileux.

L'extension des alluvions a été appréhendée sur la base des sondages disponibles, et certains contours peuvent être légèrement différents, notamment du fait de la confusion possible avec les remblais, omniprésents en milieu urbain.

4.5.2. Zones de recharge, exutoires

Zones de recharge

La recharge des différents aquifères se fait par percolation des eaux météoriques depuis la surface vers les couches géologiques. En l'absence d'arguments contradictoires, les couches géologiques étant planes, il est probable qu'une fois les précipitations infiltrées, les écoulements suivent un cheminement conforme à la topographie. La présence des carrières souterraines peut légèrement interférer avec cette répartition souterraine des eaux. L'illustration 27 indique les limites des quatre bassins versants topographiques d'après le MNT 25 de l'IGN.

Sur le plateau de Clamart, la présence d'argiles à meulières limite la recharge dans la mesure où elles sont quasiment imperméables, ce qui implique qu'une part importante part en ruissellement plutôt qu'en infiltration.

Ainsi pour les sables de Fontainebleau, la recharge se fait par des surfaces limitées.

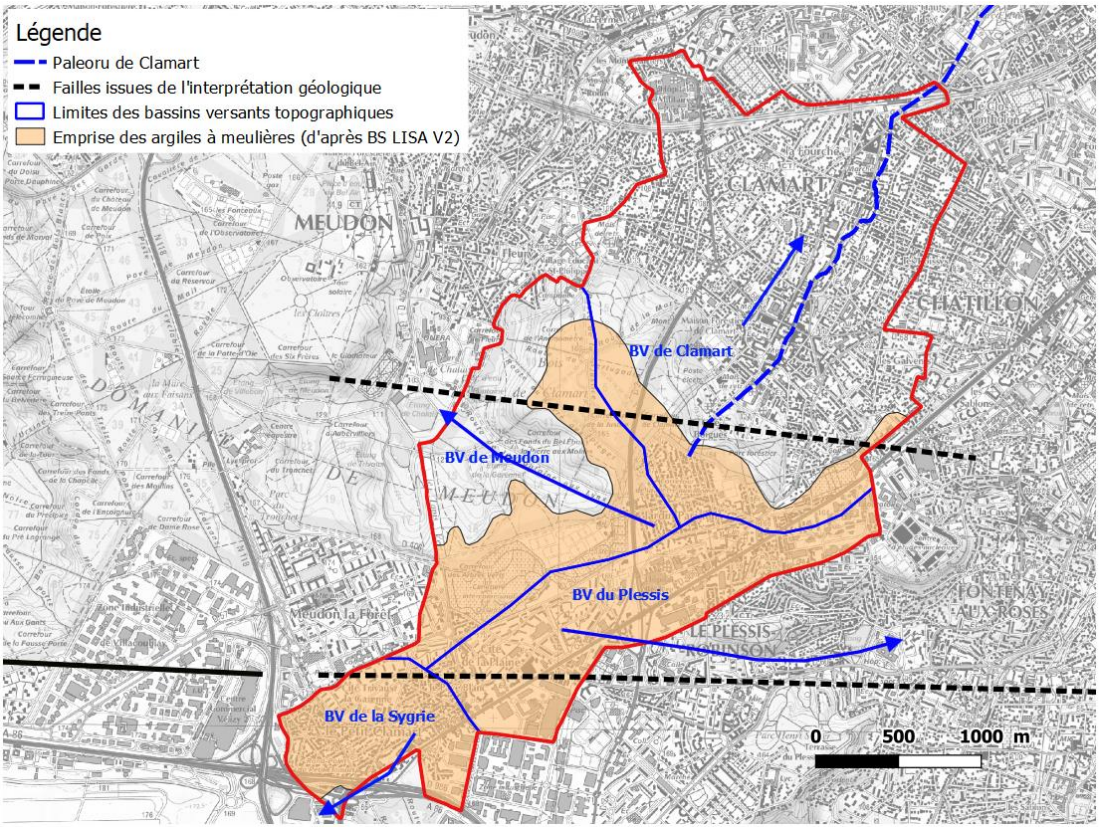


Illustration 27 – Recharge des aquifères : bassins versants topographiques et extension des argiles à meulières

Sur la partie basse de Clamart, la recharge provient des précipitations directes sur les zones où l'infiltration est encore possible (non imperméabilisation des sols par l'urbanisation), et des apports par les nappes sus-jacentes, notamment les sables de fontainebleau par réinfiltration.

La recharge des nappes à Clamart est donc très restreinte du fait de l'urbanisation et des argiles à meulières imperméables sur le plateau. Le bois de Clamart est la zone la plus propice à l'infiltration.

Une recharge indirecte peut résulter des fuites sur le réseau AEP / eaux usées, en fonction de l'état des réseaux. Cette part de la recharge est a priori marginale.

Exutoires

La carte des sources (illustration 20) permet de localiser les principaux exutoires des sables de Fontainebleau.

Les campagnes piézométriques de hautes et basses eaux 2019 ont permis par ailleurs d'apporter des précisions supplémentaires concernant les sources du bois de Clamart (illustration 28).

Tout d'abord la superficie des zones de sources réduit en période de basses eaux.

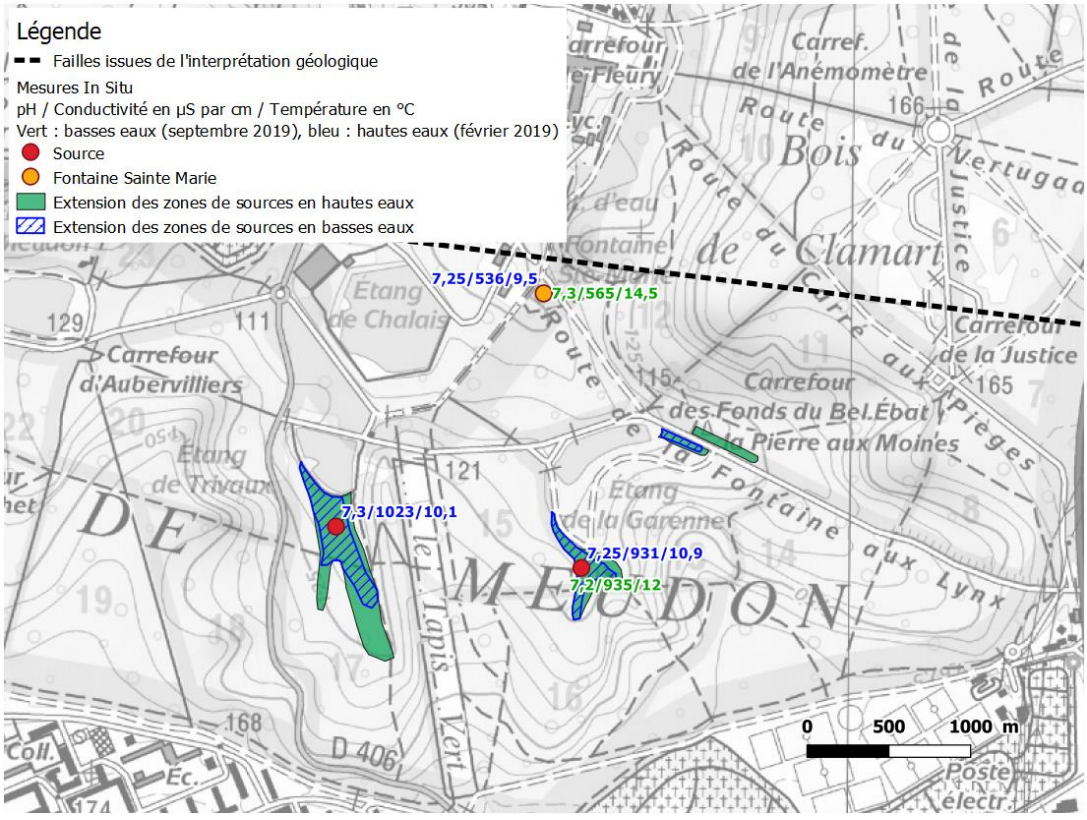


Illustration 28 – Observations sur les sources du bois de Clamart

La Fontaine Sainte Marie se trouve environ 20 m plus bas topographiquement que les autres sources. Par ailleurs la réalisation de mesures de pH, conductivité et température en hautes eaux et en basses eaux permet de constater que pour les deux campagnes, il existe une différence notable entre la Fontaine Sainte Marie et les deux autres sources principales du bois. En effet si les pH sont quasiment identiques, la Fontaine Sainte-Marie présente une température plus variable et une conductivité inférieure de moitié. La conductivité traduisant la minéralisation des

eaux, cela peut signifier que la Fontaine Sainte-Marie draine des eaux ayant séjourné moins longtemps dans les sables de Fontainebleau. Toutefois plusieurs témoignages indiquent que le débit de la fontaine varie peu au cours de l'année, ce qui impliquerait une alimentation plus profonde. Cette fontaine se trouvant exactement sur le tracé de la réplique de la faille de Beynes Meudon, elle peut présenter des spécificités qu'il serait intéressant de rechercher via un suivi.

Concernant les autres exutoires des sables de Fontainebleau, le haut de la rue Taboise est identifié comme une zone de sources, des suintements ayant été identifiés en février 2019, et les documents historiques en faisant état. Deux autres sources ont été identifiées aux environs du 33 rue de Bièvre et à l'emplacement de l'ancien lavoir, légèrement plus bas (voir illustration 19).

Concernant les autres exutoires possibles du système hydrogéologique, ils se situent en dehors du territoire clamartois, vraisemblablement dans les coteaux de la Seine, dans les secteurs où les argiles de Laon et les marnes de Meudon affleurent.

4.5.3. Piézométrie

Comparaison des hautes et basses eaux

La comparaison des piézométries de février et septembre 2019 permet d'évaluer le battement des différentes nappes.

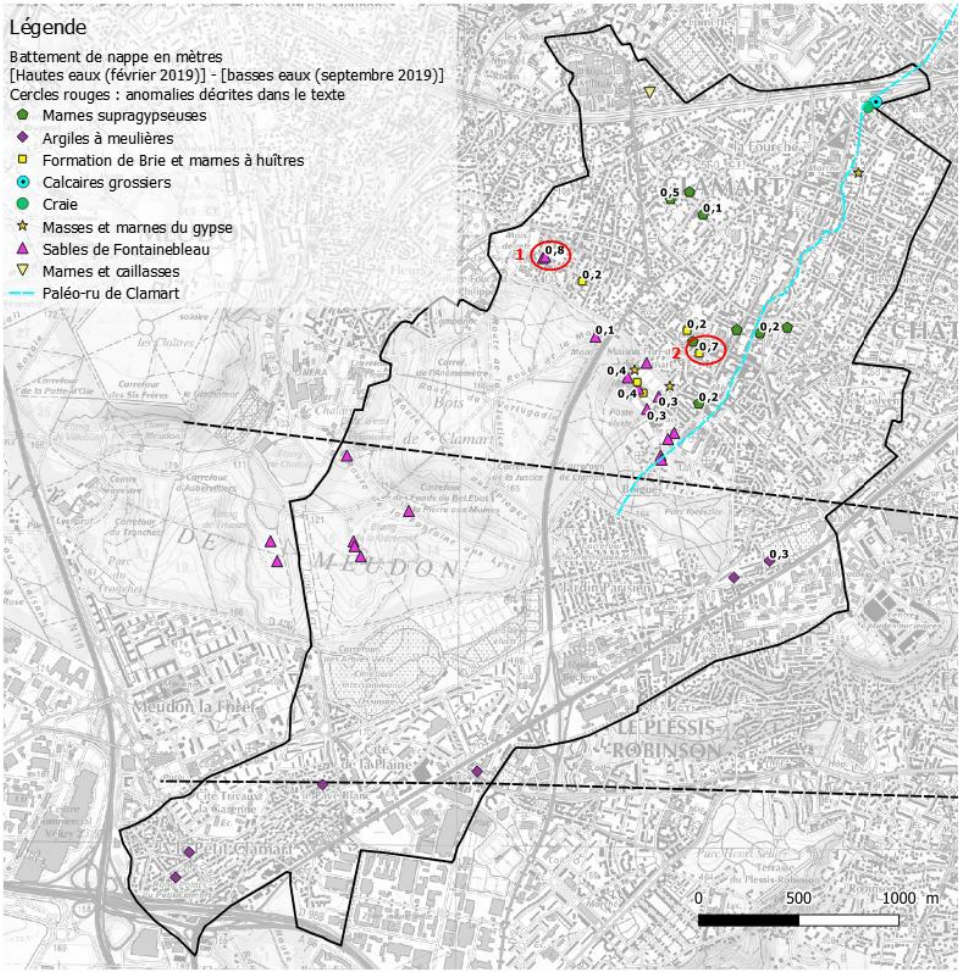


Illustration 29 – Battement de nappe entre les hautes eaux et les basses eaux

Les valeurs sont cohérentes et traduisent une baisse des niveaux de 30 cm en moyenne entre les hautes eaux et les basses eaux. En revanche deux valeurs plus élevées sont identifiées (voir illustration 29) :

- Valeur 1 (rue Edouard) : cette baisse plus importante (- 80 cm) peut être le résultat des travaux ayant pris place entre les deux campagnes au sein de la propriété, affectant directement le puisard ayant servi à la mesure,
- Valeur 2 (rue Paul Vaillant Couturier) : le rabattement de nappe important (-70 cm) peut être imputé en partie aux travaux en cours au niveau du parking du marché situé de l'autre côté de la rue.

La baisse des niveaux piézométriques est assez faible, ce qui permet de considérer que les valeurs intermédiaires correspondent à une piézométrie moyenne des différentes nappes.

Profondeur des nappes en hautes eaux

Les mesures piézométriques réalisées en basses et hautes eaux concernent 7 nappes différentes. Les 64 mesures effectuées au total ne permettent pas de dresser une carte piézométrique du fait du nombre d'aquifères concernés.

De manière à appréhender la susceptibilité des constructions à être affectées par des phénomènes de remontées de nappe, l'illustration 30 présente les données de la campagne de hautes eaux converties en profondeur de la nappe par rapport au sol, avec la même symbologie que pour l'illustration 23.

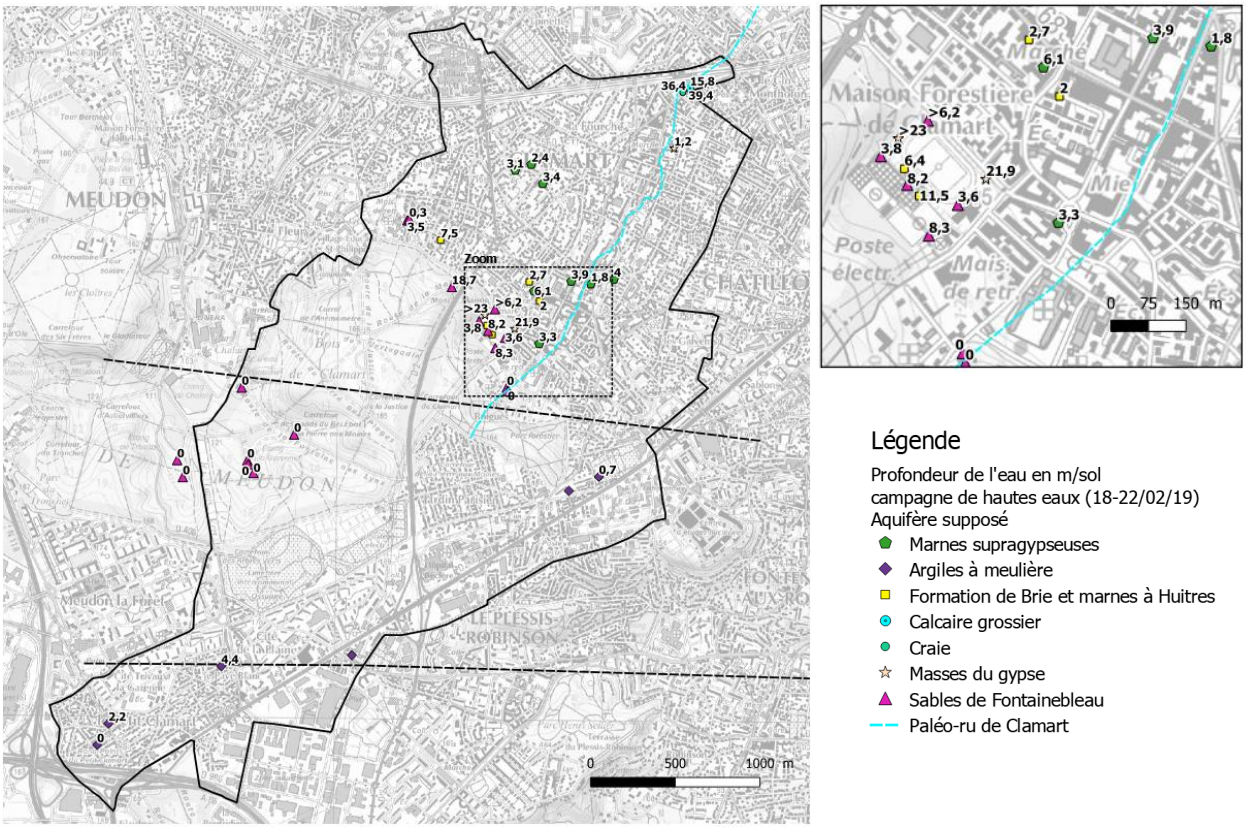


Illustration 30 – Profondeur des nappes en période de hautes eaux (campagne de février 2019)

4.5.4. Effets de l'anthropisation

Aucune mesure directe n'a permis de caractériser les effets des aménagements souterrains sur les écoulements des différentes nappes.

Plusieurs témoignages issus de l'enquête et des différentes campagnes de terrain identifient les nouvelles constructions, et notamment les éléments souterrains (fondations, parkings, sous-sols) comme facteurs de perturbations des écoulements : principalement hausse des niveaux d'eau, mais parfois baisse. Les parois étanches des parties enfouies des constructions fonctionnent comme des barrières hydrauliques qui conduisent à une élévation du niveau d'eau en amont. Inversement le fait de mettre en place un drain en périphérie des constructions conduit à un rabattement de la nappe concernée, ce qui évite d'avoir à renforcer la construction en vue de contrer la pression hydrostatique.

Considérant que Clamart est une commune urbanisée, avec des sous-sols souvent inférieurs à 3 m sous le niveau du sol, et que les niveaux des nappes sont fréquemment autour de 3 m sous la surface du sol, il est évident qu'une partie des écoulements est perturbée par la présence des aménagements souterrains, ce qui biaise le travail de cartographie piézométrique.

La voie ferrée (ligne Montparnasse-Versailles achevée en 1840) qui traverse Clamart tout à fait au nord passe par une tranchée profonde de 10 à 15 m. Les talus ont été maçonnés, et une revue rapide n'a pas permis de déceler de trace de suintements. Aucune information n'a pu être recueillie auprès de la SNCF. Sans information supplémentaire, il est vraisemblable qu'il existe un drainage des eaux souterraines à l'arrière des murs maçonnés pour éviter la pression hydrostatique, ce qui conduirait à un rabattement des eaux (de la nappe des marnes et caillasses principalement) de part et d'autre de la voie ferrée.

5. Analyse des phénomènes de remontée de nappes

5.1. CARTOGRAPHIE NATIONALE

Le site https://www.georisques.gouv.fr centralise les informations relatives aux risques naturels, dont ceux liés au sous-sol (séismes, mouvements de terrain, remontées de nappes, …).

Une cartographie nationale de la sensibilité aux remontées de nappes a été réalisée, et permet d'appréhender à grande échelle les zones les plus impactées.

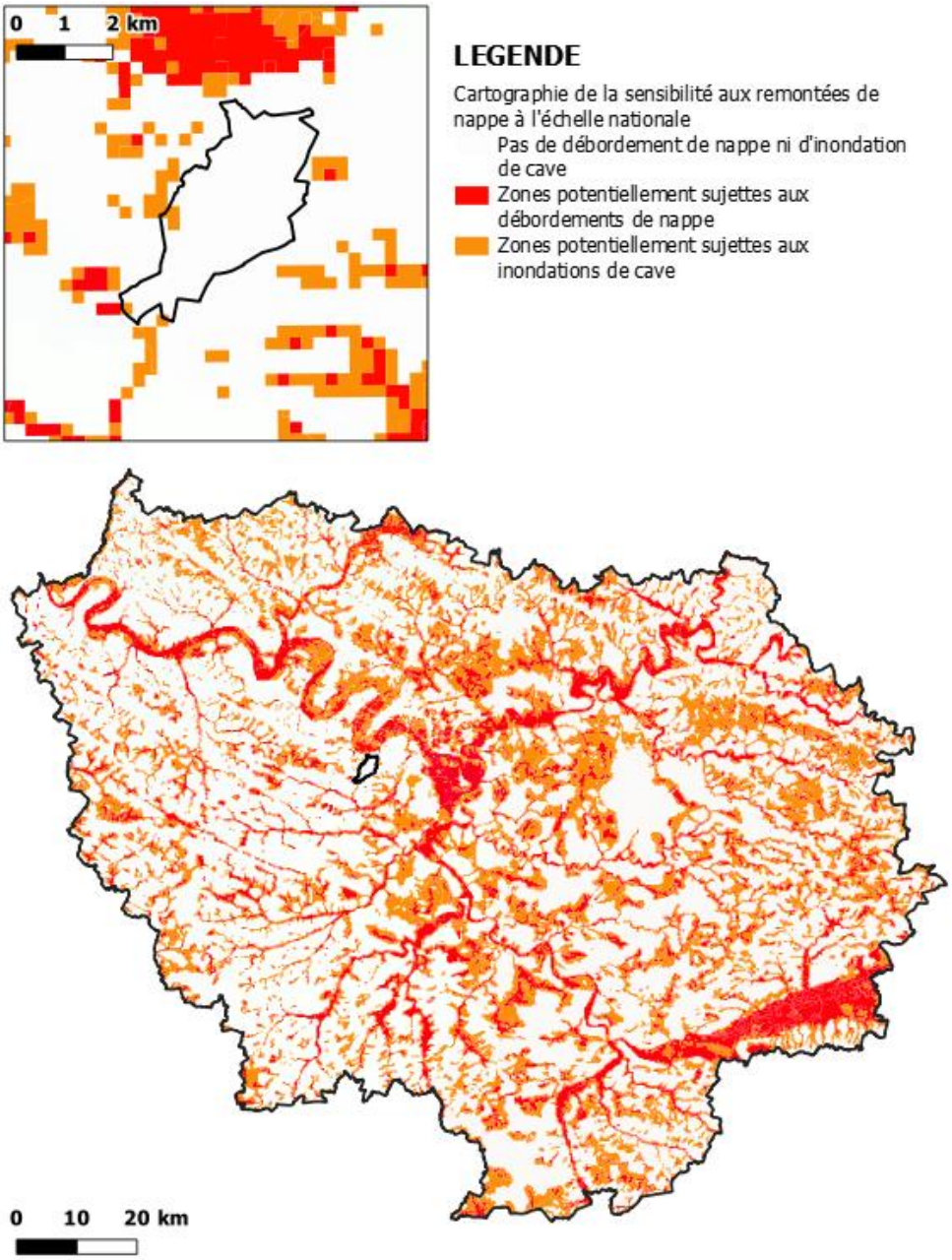


Illustration 31 – Cartographie nationale de la sensibilité aux remontées de nappe https://www.georisques.gouv.fr

L'illustration 31 montre que cette cartographie, réalisée à grande échelle (échelle de validité : 1 : 100 000, voir rapport BRGM/RP-65452-FR) n'identifie pas de sensibilité particulière pour la commune de Clamart.

Le site https://www.georisques.gouv.fr ne mentionne aucun arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle pour inondation par remontée de nappe pour la commune de Clamart.

La cartographie des sensibilités (illustration 31) à l'échelle de l'Ile de France permet par ailleurs de constater que de nombreux secteurs sont touchés par des risques de remontées de nappe. C'est notamment le cas des vallées des principaux cours d'eau, mais pas uniquement puisque plusieurs secteurs hors vallées alluviales sont affectés. Ces secteurs sont définis sur la base d'informations hydrogéologiques (niveaux d'eau, infiltrabilité des terrains, cyclicité des battements de nappe, …) – voir rapport BRGM/RP-65452-FR. Les phénomènes de remontée de nappe sont fréquents en Ile de France du fait de l'alternance des terrains géologiques et de la pluviométrie.

Sur Clamart les données collectées dans le cadre de la présente étude et les observations de terrain viennent considérablement préciser la cartographie nationale.

5.2. NAPPES CONCERNEES

En se référant au travail de synthèse effectué au paragraphe 4.5 et notamment à l'illustration 25, les nappes concernées par les phénomènes de remontées sont les nappes de surface, et principalement :

- Lentilles de sables au sein des argiles à meulières,
- Sables de Fontainebleau entre des cotes comprises approximativement entre 110 et 130 m NGF,
- Aquifère de la formation de Brie et des marnes supragypseuses entre 95 m NGF et 110 m NGF,
- Aquifères des masses du gypse, des marnes infragypseuses, des calcaires de Saint-Ouen, des sables d'Auvers, pour lesquels aucune donnée ou mesure récente n'est disponible mais au sein desquels des remontées de nappes ont été recensées lors de l'enquête,
- Alluvions du paléoru de Clamart.

L'illustration 30 permet de constater que la faible profondeur de ces différentes nappes est de nature à affecter les fondations des constructions dans la plupart des secteurs de la ville, comme le confirment par ailleurs les résultats de l'enquête.

5.3. INFLUENCE DE LA PLUVIOMETRIE

La comparaison des campagnes piézométriques de basses et hautes eaux réalisées respectivement en septembre et février 2019 indique que le battement moyen des différentes nappes observées était de 30 cm.

L'année 2019 a été moyennement pluvieuse (illustration 24).

L'infiltration est réduite du fait (1) de l'urbanisation et (2) de la présence d'argiles imperméables sur le plateau, ce qui limite en conséquence la recharge des nappes et donc leur battement potentiel.

En configuration de très hautes eaux une hausse des niveaux piézométriques est attendue par rapport aux hautes eaux 2019, hausse qu'il est impossible d'anticiper (sur la base de calculs statistiques) en l'absence de chroniques de suivi piézométrique de longue durée, mais qui serait vraisemblablement inframétrique si on se réfère au battement de nappe observé en 2019 entre basses et hautes eaux.

5.4. INFLUENCE DES INFRASTRUCTURES SOUTERRAINES

Les sous-sols et parkings enterrés influencent les écoulements souterrains dès lors qu'une nappe y est rencontrée. Un cuvelage étanche induit une remontée des niveaux d'eau à l'amont, tandis qu'un cuvelage perméable va générer un rabattement des niveaux d'eau.

Plusieurs visites ont montré qu'à Clamart les personnes affectées par la présence d'eau dans les sous-sol y remédiaient en mettant en place des systèmes de pompage dans des puisards (« pompes de relevage »). L'eau ainsi évacuée est actuellement renvoyée dans le réseau de collecte d'eau pluviale.

L'évolution du tissu urbain, sa densification et sa modernisation ont fait que les différentes générations d'infrastructures sont plus ou moins profondes et étanches aux écoulements souterrains. Il n'est donc pas possible d'avoir une vision exhaustive et synthétique des effets des parties enterrées des bâtiments sur l'hydrogéologie à Clamart.

Pour toute nouvelle construction, les effets les moins désirables correspondent à la montée du niveau d'eau dans les bâtiments alentour.

5.5. INFLUENCE DES CARRIERES

Les carrières concernent principalement les masses et marnes du gypse, les marnes et caillasses et les calcaires grossiers. Quelques carrières de sables de Fontainebleau, de surface et remblayées, ont été répertoriées par l'IGC.

Les carrières ont créé un vide, induisant un drainage des terrains adjacents en cas de présence d'une nappe. Un équilibre piézométrique a été atteint à la fin de l'exploitation, qui peut être perturbé aujourd'hui par le remblayage des carrières lorsqu'elles créent des désordres en surface (affaissements ou fontis) ou pour prévenir les risques lors de la mise en place de nouvelles infrastructures.

Les mesures piézométriques réalisées en 2019 n'ont pas permis de souligner le rôle des carrières dans les phénomènes de remontée de nappe.

Un riverain suit régulièrement un forage de reconnaissance foré rue de la Plâtrière, depuis 2004, qui recoupe une ancienne carrière de gypse. Il y mesure la profondeur totale et le niveau de l'eau. Il a observé que la carrière évolue et que la profondeur totale fluctue, ce qui suggère une évolution probable de la cavité et un déplacement des sédiments en fond de carrière. L'évolution des

carrières de gypse est de nature à modifier les écoulements dans les nappes sus-jacentes, ce qui peut avoir un impact sur les phénomènes de remontée de nappe.

5.6. CARTOGRAPHIE DES SENSIBILITES AUX REMONTEES DE NAPPE ET PRECONISATIONS

La cartographie des sensibilités aux remontées de nappe (illustration 32) a été réalisée sur la base de la synthèse géologique et de la synthèse hydrogéologique.

Neuf zones ont ainsi été définies. Elles sont décrites ci-après.

La délimitation de ces zones a été réalisée à partir des informations disponibles au moment de l'étude. L'enrichissement des connaissances grâce à la capitalisation des données devrait pouvoir permettre de préciser certains contours à l'avenir.

Ces zones ont été réparties en trois classes en lien avec la profondeur de la première nappe rencontrée (ou interprétée) :

- ***Classe A : nappe (s) peu profonde (s) en situation de moyennes eaux***

La classe A rassemble les zones où la présence d'une nappe peu profonde (< 5 m) est suspectée ou avérée en situation de moyennes eaux, correspondant aux niveaux observés lors des investigations menées en 2019. Dans ces zones, les remontées de nappe peuvent être fréquentes voire permanentes.

- ***Classe B : Nappe (s) peu profonde (s) en situation de hautes eaux***

La classe B rassemble les zones pour lesquelles les observations et/ou interprétations indiquent la présence d'une nappe présente à la base des infrastructures souterraines uniquement en situation de hautes eaux (crue des eaux souterraines).

- ***Classe C : Nappe (s) n'interférant pas avec les infrastructures souterraines***

La classe C correspond à une unique zone où les données disponibles tendent à montrer que les eaux souterraines sont nettement plus profondes que les infrastructures souterraines.

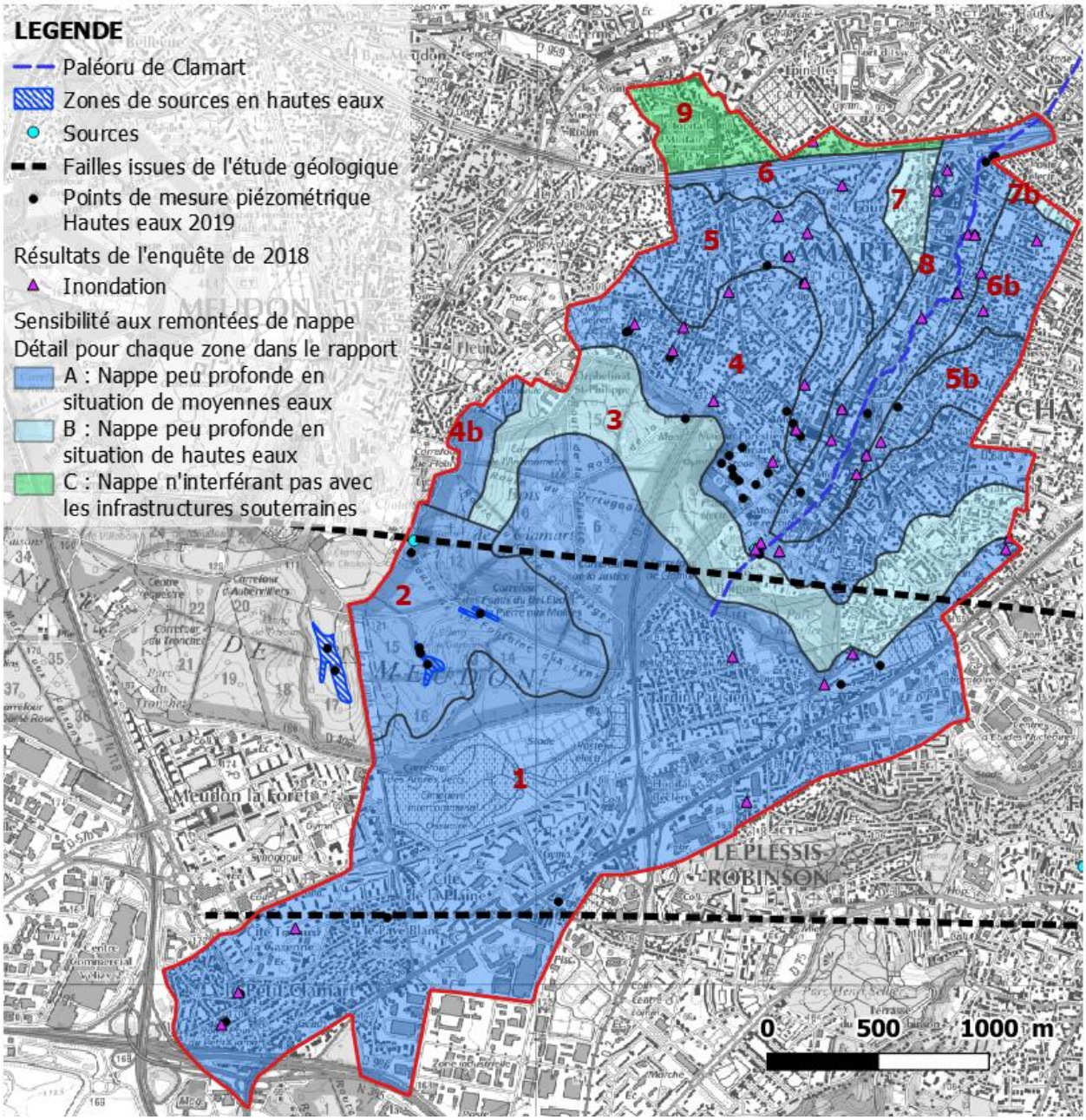


Illustration 32 – Carte des sensibilités aux remontées de nappe

Zone 1 : classe A de sensibilité aux remontées de nappe

Cette zone correspond à l'extension des argiles à meulière. Elle couvre quasiment tout le plateau de Clamart.

Des bancs de sables reposent sur ces argiles ou peuvent être présents sous forme de lentilles au sein des argiles. Ces petits volumes de sable se remplissent d'eau en période de pluie et se vident graduellement après les pluies.

Dans les zones concernées par la présence de ces bancs de sable, les remontées de nappes surviennent assez vite après les pluies mais sont en général de courte durée.

Il peut exister une humidité rémanente dans les terrains assez longtemps après les pluies du fait de leur nature argileuse. De plus des phénomènes de type retrait-gonflement des argiles peuvent être observés en lien avec le battement de nappe.

Zone 2 : classe A de sensibilité aux remontées de nappe

La zone 2 correspond à la partie basse du bois de Clamart située à l'ouest, identifiée comme étant l'exutoire principal des sables de Fontainebleau situés au sud de la réplique de la faille de Beynes-Meudon.

Cette zone, bien que non urbanisée, présente de nombreuses sources et les terrains sont très humides sur une surface importante. Les émergences surviennent à la base des sables de Fontainebleau qui est plus argileuse et forme une éponte imperméable (au-dessus des marnes à huîtres).

La Fontaine Sainte-Marie est incluse dans cette zone bien que son origine soit sensiblement différente, étant le résultat du drainage des sables de Fontainebleau par la réplique de la faille de Beynes-Meudon.

Zone 3 : classe B de sensibilité aux remontées de nappe

Les contours de cette zone correspondent à la limite des argiles à meulières (zone 1) pour la partie supérieure, et à la courbe de niveau 130 m NGF (source : MNT 25 de l'IGN) pour la partie inférieure. Le choix de cette cote résulte de l'étude de l'hydrogéologie des sables de Fontainebleau qui montre :

- Qu'il existe une épaisseur de l'ordre de 15 m de dépôts assez argileux à la base de la formation,
- Que ces argiles sableuses fonctionnent comme une éponte imperméable (conjuguée aux marnes à huîtres sous-jacentes et imperméables elles-mêmes),
- Qu'il en résulte des sources 15 à 20 m au-dessus de la base des sables de Fontainebleau (sources du bois de Clamart, sources de la rue Taboise et de la rue de Bièvre),
- Que les terrains situés plus hauts sont plus secs et donc moins sujets aux remontées de nappe. C'est la configuration dans laquelle se trouve la zone 3.

Dans le compartiment tectonique situé au nord de la réplique de la faille de Beynes-Meudon, la base des sables de Fontainebleau est à 110 m NGF. Les dépôts argilo-sableux montent jusqu'à environ 125 m NGF, des sources sont identifiées en hautes eaux entre 125 et 130m NGF, et les terrains situés au-dessus de 130 m NGF ne seront affectés par des remontées de nappe qu'en cas de très hautes eaux.

Zone 4 et 4bis : classe A de sensibilité aux remontées de nappe

Suivant la même démonstration que pour la zone 3, il apparaît dans le compartiment situé au nord de la faille de Beynes-Meudon, que le mur (c'est-à-dire la limite inférieure) des sables de Fontainebleau est à 110 m NGF, et que toute la tranche située entre 110 et 130 m NGF présente

des phénomènes de remontée de nappe résultant de l'imbibition des terrains argilo-sableux situés à la base de la formation.

A environ 130 m NGF des sources apparaissent dès des moyennes eaux (rue Taboise).

Les phénomènes de remontées de nappe sont avérés par de nombreux témoignages dans cette zone.

Zone 5 et 5bis : classe A de sensibilité aux remontées de nappe

Sous les sables de Fontainebleau (cote 110 m NGF au nord de la ville) se trouvent plusieurs formations géologiques pour lesquelles des mesures ont pu être réalisées : marnes à huîtres, formation de Brie, argiles vertes et marnes supragypseuses.

Les observations tendent à indiquer que la formation de Brie et les marnes supragypseuses ne forment qu'une seule nappe. Elles auraient pu en former deux distinctes si les argiles vertes (supposées imperméables) avaient été plus épaisses. Or elles ont une épaisseur inférieure à 1 m à Clamart, ce qui permet visiblement à l'eau de circuler.

Au niveau du stade de Clamart, là où cette nappe est encore sous les sables de Fontainebleau, elle est captive : étant contenue sous des argiles, elle est sous pression. Ce n'est plus le cas dès lors que la couverture argileuse disparait, au droit de la zone 5.

La zone 5 a donc été délimitée par la cote du mur des sables de Fontainebleau (110 m NGF) et la cote du mur des marnes supragypseuses (95 m NGF).

Cette zone, qui correspond à l'affleurement (c'est-à-dire la mise à la surface du sol) de la nappe des marnes décrite ci-avant, présente des niveaux piézométriques très proches de la surface. Il en résulte des phénomènes de remontées de nappe fréquents. Dans certains immeubles particulièrement profonds, l'eau y est même présente de manière permanente.

Zone 6 et 6bis : classe A de sensibilité aux remontées de nappe

Concernant la zone 6, les investigations de terrain n'ont pas permis de réaliser d'observations ou de mesures.

Cette zone correspond à la surface d'affleurement de trois formations : masses du gypse, calcaires de Saint-Ouen et sables auversiens, soit entre les cotes 95 et 85 m NGF.

Ces formations ont des propriétés hydrogéologiques variables :

- les masses du gypse sont assez peu perméables mais présentent des cavités de dissolution du gypse qui peuvent générer des écoulements importants,
- les calcaires de Saint-Ouen et les sables auversiens sont généralement de bons aquifères, mais qui sont assez peu épais à Clamart.

Dans cette zone, la présence d'eau souterraine est vraisemblable même si elle n'est pas avérée. Deux témoignages concernant des phénomènes de remontées de nappe ont été recensés lors de l'enquête.

Zone 7 : classe B de sensibilité aux remontées de nappe

La zone 7 correspond à la surface d'affleurement des marnes et caillasses au sud de la voie ferrée. Elle s'étend donc de la cote 85 m NGF au sud à la voie ferrée au nord.

Les marnes et caillasses sont épaisses (environ 25 m), et la nappe qu'elles contiennent est donc supposée assez profonde. La seule mesure piézométrique dans cette formation a été réalisée au nord de la voie ferrée (donc dans un contexte hydrogéologique différent) mais le niveau était plus de 11 m sous la surface. De plus aucun phénomène de remontée de nappe n'a été signalé dans cette zone lors de l'enquête.

Par conséquent il a été considéré que la zone 7 peut être classée comme assez sensible aux remontées de nappe.

Zone 8 : classe A de sensibilité aux remontées de nappe

La zone 8 correspond à l'extension supposée des alluvions du paléoru de Clamart. Cette extension est hypothétique puisque les données existantes ne suffisent pas à effectuer une cartographie fiable.

Elle a été calquée :

- sur la morphologie du thalweg (la vallée) creusée par le paléoru et sur la forme des courbes de niveau,
- sur l'allure générale des courbes piézométriques supposée au sein des différentes autres formations aquifères (dans les autres zones),
- sur les données géologiques des sondages issus de la Banque de données du Sous-Sol (BSS).

L'influence des alluvions se manifeste par leur rôle drainant : les écoulements situés en périphérie, dans des aquifères supposés moins perméables, se dirigent vers les alluvions. Plusieurs chantiers ont rencontré de l'eau en abondance dans l'axe de ce thalweg.

Les phénomènes de remontée de nappe notifiés sont nombreux dans cette zone.

Zone 9 : classe C de sensibilité aux remontées de nappe

La zone 9 correspond à l'appendice de la commune situé au nord de la voie ferrée. Les terrains géologiques sont constitués des marnes et caillasses, surmontées par les sables auversiens et les calcaires de Saint-Ouen.

Pour cette zone l'hypothèse d'une nappe peu profonde a été écartée du fait :

- de la rencontre avec les services techniques de l'hôpital Percy qui ont signifié l'absence d'eau dans les sous-sols sur l'entièreté de l'emprise de l'hôpital, y compris lors de travaux récents,
- d'une mesure en basses eaux dans les marnes et caillasses, qui a montré que l'eau était à plus de 11 m de profondeur,
- des discussions menées avec les commerçants du quartier en quête d'information, qui ont également signifié l'absence d'eau dans les sous-sols.

6. Recommandations

6.1. INTRODUCTION

L'étude du territoire clamartois a conduit à définir 9 zones réparties en 3 classes de sensibilité aux remontées de nappe. La définition des zones résulte d'une étude approfondie de la géologie et de l'hydrogéologie du territoire.

Cette étude a permis de mettre en lumière que le sous-sol de Clamart est un empilement de couches géologiques de faible épaisseur et de natures variées, qui sont plus ou moins aptes à contenir et véhiculer de l'eau. Elles sont recoupées par deux failles : la faille de Beynes-Meudon au sud de la commune, et sa réplique qui passe par un axe Fontaine Sainte Marie – Collège Alain Fournier.

Une enquête réalisée en 2018 a montré que quasiment tout le territoire est concerné par des problématiques de remontée de nappe.

Afin d'anticiper, prévenir et limiter les remontées de nappe, il est utile d'identifier les éventuels manques, et de définir les règles de l'art dans le contexte particulier de la commune.

La principale lacune est une lacune de connaissances. En effet la présente étude établit le fonctionnement hydrogéologique général sur la commune. Les phénomènes de remontée de nappe étant influencés par les infrastructures souterraines en milieu urbain, à un niveau très localisé, il est nécessaire d'optimiser la collecte et la capitalisation des connaissances concernant la géologie et l'hydrogéologie du territoire à une échelle locale. De plus il est nécessaire de lancer des suivis piézométriques en continu pour étudier les fluctuations des nappes recensées et établir une analyse statistique sur le niveau des nappes, utile pour anticiper des phénomènes extrêmes de très hautes eaux

Concernant les règles de l'art en matière de constructions existantes ou à venir, il est utile de les aborder en cohérence avec le milieu naturel hydrogéologique, donc par zone.

La carte des sensibilités, associée aux recommandations qui suivent, est un préambule à l'établissement de recommandations dans le Plan Local d'Urbanisme.

6.2. RECOMMANDATIONS GENERALES

6.2.1. Etablir une base de données géoréférencées

Afin de faciliter le travail d'analyse, une base de données rassemblant l'ensemble des rapports liés aux thématiques géoscientifiques (géologie, géotechnique, hydrogéologie, géophysique, qualité des eaux souterraines) pourrait utilement être construite à l'échelle du territoire clamartois.

L'emplacement des travaux de forage et de sondage serait alors géoréférencé grâce à un logiciel SIG (Système d'Information Géographique).

Ce travail peut également être réalisé, une fois la collecte effectuée, avec l'appui du BRGM en bancarisant les données (qui seront alors géoréférencées) dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS), accessible à tous grâce au portail http://infoterre.brgm.fr.

Le prérequis pour constituer une base de données est que les informations acquises dans le cadre des études préliminaires aux constructions soient transmises d'une part à la mairie, et d'autre part à la BSS qui les bancarisera de manière pérenne. A cette fin, il peut être judicieux que dans les cahiers des charges des études (notamment géotechniques et hydrogéologiques) la mairie ajoute un paragraphe qui incite les maîtres d'ouvrages à transmettre les coupes géologiques et techniques des sondages et forages à la mairie d'une part et au BRGM (codification BSS) d'autre part. Un modèle de rapport de foration est proposé en annexe 3.

6.2.2. Capitaliser les retours d'expérience

Afin d'anticiper au mieux les conséquences des remontées de nappe et les solutions habituellement mises en œuvre, il est intéressant de capitaliser les retours d'expérience.

Inondations des sous-sols dans des bâtiments existants

Sur les 45 inondations par remontées de nappe déclarées lors de l'enquête de 2018, 12 ont fait l'objet d'une visite au cours de la campagne de hautes eaux (février 2019).

Plusieurs cas de figure ont été rencontrés suivant que l'inondation était exceptionnelle, fréquente ou permanente. Par exemple à plusieurs reprises il a été noté que les riverains avaient aménagé des puisards, pompaient l'eau et la rejetaient dans le réseau pluvial. Ce type d'observations devrait être consigné systématiquement (format à définir), avec comme informations minimum :

- Localisation du phénomène (adresse et coordonnées géographiques X ; Y et cote altimétrique Z au niveau du sol)
- Date du phénomène
- Fréquence si phénomène récurrent
- Photographies
- Contact de la personne concernée
- Commentaires (par exemple) :
    - l'eau s'est-elle retirée rapidement ou lentement (combien de jours) ?
    - Y-a-t-il une possibilité que l'inondation provienne d'une entrée d'eau depuis la surface via une cage d'escalier, un soupirail ou autre ?
    - Quelles dispositions ont été prises par le riverain pour contrer le phénomène ? Est-ce-que cela a été efficace ?

Une cartographie pourrait utilement être réalisée à partir de ces informations via un logiciel SIG.

Chantiers inondés

Il est fréquent que les chantiers rencontrent de l'eau lors des premières phases de décaissement des terrains.

A nouveau la capitalisation de ces informations serait bénéfique. Les informations recherchées pourraient être :

- Localisation du phénomène (adresse et coordonnées géographiques X ; Y et cote altimétrique Z au niveau du sol)
- Dans laquelle des deux configurations suivantes se trouve-t-on :
    - L'eau n'est là qu'en période de pluie mais disparait
    - L'eau est là de manière permanente et oblige à pomper
- Dans le deuxième cas :
    - A quelle hauteur se trouvait la nappe lorsqu'elle a été rencontrée ?
    - quel est le débit de pompage ?
    - où l'eau est-elle rejetée ?
    - quelles dispositions constructives sont envisagées par la maîtrise d'œuvre pour faire face à cette situation ?

6.2.3. Communiquer sur les phénomènes de remontées de nappe

La connaissance des phénomènes passe souvent par l'expression des riverains et sinistrés. Le manque d'information peut conduire certains administrés à ne pas s'exprimer.

Le fait d'informer les clamartois sur l'origine des phénomènes de remontée de nappe et leurs effets leur permettrait aussi de mieux anticiper.

La réalisation d'une journée d'information dédiée aux remontées de nappe, ainsi que la réalisation de plaquettes d'information seraient un bon vecteur de transmission de l'information.

6.2.4. Mettre en place un suivi piézométrique en continu

L'absence de chroniques de suivi piézométrique sur le territoire clamartois empêche de réaliser des calculs statistiques sur les niveaux de plus hautes eaux, et donc d'anticiper sur les phénomènes de remontée de nappe.

Afin d'y pallier, il est proposé d'installer un suivi piézométrique en continu sur 5 points de suivi piézométrique, dans les différentes nappes identifiées au cours de l'étude hydrogéologique.

L'intérêt d'avoir une connaissance des niveaux d'eau en direct est aussi de pouvoir définir des seuils d'alerte et d'en informer la population pour qu'elle puisse être préparée.

L'emplacement des piézomètres pourra être proposé dans une phase ultérieure du projet.

6.2.5. Plan d'intervention en cas de crue de nappes

Dans l'éventualité d'une crue de nappe, il peut être utile que la mairie se dote d'un plan d'intervention permettant notamment :

- D'identifier rapidement les sinistrés
- De les accompagner dans la gestion de crise (quoi faire et ne pas faire)

- De mettre en œuvre des moyens de pompage rapidement

6.2.6. Après la crue : procédure à suivre pour une éventuelle indemnisation

Il est souvent compliqué pour les sinistrés de comprendre comment se faire rembourser par les assurances en cas de catastrophe naturelle. Il peut être utile de tracer la procédure à suivre afin d'accompagner au mieux les personnes impactées après la crise.

6.2.7. Géothermie de Minime importance

La Géothermie de Minime Importance (GMI), ou géothermie de très basse énergie, est un procédé qui permet de récupérer l'énergie calorifère du sous-sol, en présence d'eau (« sur aquifère ») ou non (« sur sondes sèches »). A Clamart, les nappes qui seraient exploitables pour la GMI sur aquifère sont celles des calcaires grossiers du Lutécien et la craie.

En revanche la GMI sur sondes sèches est praticable sur l'entièreté du territoire, et l'omniprésence d'eau même en faibles quantités dans les aquifères de surface décrits dans le présent rapport, peut permettre d'obtenir des rendements particulièrement intéressants.

La GMI étant une énergie renouvelable, il peut être intéressant de la promouvoir dans le cadre de la démarche de développement durable de la ville. Toutes les informations sont disponibles sur le site http://www.geothermie-perspectives.fr.

6.3. RECOMMANDATIONS PAR CLASSE DE SENSIBILITE

6.3.1. Classe A : nappe (s) peu profonde (s) en situation de moyennes eaux

La classe A rassemble les zones où la présence d'une nappe peu profonde (< 5 m) est suspectée ou avérée en situation de moyennes eaux.

Nouvelles constructions

Afin de renforcer les connaissances et la maîtrise des phénomènes, il est recommandé que pour toute nouvelle construction il y ait :

- Mise en place d'au moins un piézomètre dans une partie pérenne du chantier (si c'est possible), de manière à être en mesure de suivre le niveau d'eau avant, pendant et après le chantier. La coupe géologique sera connue, et la crépine mise en place au droit d'une formation identifiée par la coupe. Il est interdit par exemple de positionner une crépine qui soit en face, à la fois, des sables de Fontainebleau et de l'aquifère des marnes, puisqu'il existe un décalage piézométrique entre les deux (Arrêté du 11 septembre 2003 portant application du décret n° 96-102 du 2 février 1996).
- Mise en place d'un suivi piézométrique en continu (sonde enregistreuse ou mesure journalière) de manière à couvrir au moins une période de hautes eaux.

Afin de favoriser la mise en place des piézomètres en évitant les surcoûts, il est proposé que les piézomètres soient installés dans les sondages géotechniques réalisés de manière réglementaire. Il s'agirait donc simplement d'équiper en piézomètre des forages déjà réalisés. Ce dispositif ne concernerait pas les extensions et surélévations. Un modèle de fiche de suivi piézométriques est donné en annexe 4.

En cas de réalisation de sous-sols, il est vraisemblable que l'eau de la nappe sera présente en hautes eaux, pendant la construction mais aussi une fois les bâtiments réalisés. Il est recommandé que les dispositions constructives permettent de drainer les eaux plutôt que d'étancher le cuvelage des sous-sols. En effet cela aurait pour effet de faire remonter le niveau piézométrique en amont, ce qui viendrait impacter les bâtiments situés en amont.

Les eaux drainées peuvent soit être réinfiltrées dans les terrains, soit rejetées dans le réseau de collecte des eaux pluviales, moyennant une autorisation du gestionnaire du réseau. En effet il est utile de rappeler que les eaux souterraines rejetées dans le réseau pluvial peuvent saturer le réseau s'il n'est pas dimensionné pour, ce qui serait préjudiciable en situation de crue. En cas de réinfiltration il convient de vérifier la capacité d'infiltration des terrains et d'envisager les éventuels impacts vis-à-vis de la connaissance du sous-sol (pollution potentielle ou avérée, présence de cavités, mouvements de terrain, argiles, …).

Constructions existantes

Dans la continuité du paragraphe 6.2.2 il est particulièrement important de renforcer la connaissance des phénomènes de remontée de nappe dans les zones en classe A. Il est vraisemblable que de nombreux sous-sols situés dans ces zones font l'objet d'un drainage et d'un pompage, de manière ponctuelle ou pérenne.

L'inventaire des solutions mises en œuvre par les riverains permettra de mieux les accompagner et de les conseiller afin d'être en cohérence avec la gestion du territoire, les infrastructures voisines, etc.

6.3.2. Classe B : Nappe (s) peu profonde (s) en situation de hautes eaux

L'acquisition de chroniques piézométriques et les retours d'expérience sont, comme pour la classe A, essentiels à la compréhension des phénomènes (voir paragraphe précédent). Ces deux recommandations sont donc aussi applicables aux zones de la classe B, dans la mesure notamment où pour ces zones les informations sont peu nombreuses, et cela pourrait les faire basculer en classe A.

Une chronique piézométrique comprenant au moins une saison de hautes eaux semble aussi un prérequis pour les nouvelles constructions, afin de statuer sur la nécessité d'avoir des infrastructures drainantes (et non étanches).

6.3.3. Classe C : Nappe (s) n'interférant pas avec les infrastructures souterraines

Pour les zones de la classe C, la seule recommandation consiste à informer de manière systématique les constructeurs et les riverains qu'il existe un risque, estimé comme faible à l'heure actuelle, et qu'il convient d'informer la mairie pour toute observation concernant les remontées de nappe.

6.4. RECOMMANDATIONS SPECIFIQUES

6.4.1. Aléa retrait gonflement des argiles

Les zones 1, 2, 4, 5, 6 et 7 reposent sur des terrains argileux ou marneux. La présence d'eau dans les argiles et marnes et leur assèchement peuvent occasionner des phénomènes de retrait-gonflement, qui conduisent parfois à des mouvements de terrain affectant les bâtiments.

En marge des phénomènes hydrogéologiques, il semble donc important d'opérer un recueil des retours d'expérience concernant également ces phénomènes.

Le site http://www.georisques.gouv.fr classe le plateau de Clamart en zone d'aléa moyen, et la partie inférieure en zone d'aléa fort pour les phénomènes de retrait-gonflement des argiles.

6.4.2. Zone 2

La zone 2 est une zone d'émergence de sources. Il est probable que ces zones humides soient le siège d'une biodiversité exceptionnelle, qu'il pourrait être intéressant de valoriser.

Par ailleurs la Fontaine Sainte Marie est atypique puisqu'elle est issue de la réplique de la faille de Beynes-Meudon. Faisant partie du patrimoine socio-culturel clamartois, il peut être intéressant d'effectuer une étude spécifique de cette source pour mieux la valoriser.

6.4.3. Quartier de la gare

Le quartier de la gare est en train de subir des modifications importantes qui pourront venir affecter les nappes superficielles. Il est important que la mairie soit tenue informée du suivi hydrogéologique mis en place et de l'interprétation qui en résulte.

6.4.4. Zones de carrières

Il existe de nombreuses carrières souterraines dans le sous-sol clamartois (voir chapitre 2.3). L'Inspection générale des Carrières (IGC) est en train d'effectuer une mise à jour des connaissances, notamment au droit de Clamart. Lorsque ces données seront accessibles, il sera nécessaire de les confronter à l'état des connaissances hydrogéologiques à Clamart pour éventuellement mettre en évidence les risques qui en découlent.

6.4.5. Voie ferrée

Aucunes données sur les modalités de drainage de la voie ferrée n'ont pu être recueillies dans le cadre de la présente étude. Afin de comprendre le fonctionnement hydrogéologique de ce secteur de la ville, il sera utile de recontacter la SNCF pour essayer d'identifier des sources potentielles de données.

7. Glossaire

Anthropisation : transformation d'espaces, de paysages, d'écosystèmes ou de milieux semi-naturels sous l'action de l'être humain (source : Wikipedia).

Anticlinal : pli d'une couche géologique de forme convexe, c'est-à-dire en forme de dôme. Le contraire est un synclinal, pli concave, en forme de dôme (source : futura-science).

Aquifère : Les formations géologiques qui composent le sol ont, lorsqu'elles sont assez perméables et poreuses, la capacité de permettre les écoulements verticaux et transversaux de l'eau et de l'emmagasiner. Elles constituent alors des aquifères dans lesquels le comportement des eaux souterraines est très variable selon les caractéristiques physiques et structurales des terrains (source : SIGES Bretagne).

Asynchrone : pour les mesures ydrogéologiques, il s'agit de mesures qui n'ont pas été réalisées au même moment, c'est-à-dire dans des conditions météorologiques et hydrogéologiques qui diffèrent.

Eponte : à l'origine le terme éponte désigne les parois d'un filon de minerai. Par extension, en hydrogéologie, ce terme est utilisé pour désigner les limites d'un aquifère (d'une nappe).

Eau météorique : Eau issue des précipitations atmosphériques qui n'a pas encore touché une surface (source : Actu-environnement)

GEMAPI : Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations

Inframétrique : dont les dimensions sont inférieures à un mètre.

Paléoru : de paléo- « ancien » et ru- désigne un petit cours d'eau en région francilienne. Ce terme désigne à Clamart un ancien cours d'eau aujourd'hui disparu parce qu'enterré et canalisé.

Paramètre hydrodynamique : Tout paramètre physique définissant quantitativement le comportement d'un milieu ou d'un corps conducteur (la roche) vis-à-vis d'un fluide (l'eau), c'est-à-dire son aptitude à le contenir, à permettre son écoulement et à régir les propagations d'influence. Les principaux paramètres régissant l'écoulement des eaux souterraines sont la transmissivité, la perméabilité, le coefficient d'emmagasinement et la porosité efficace. Certains paramètres sont indispensables pour connaître les débits exploitables par un forage. Ils peuvent être déterminés au laboratoire ou sur le terrain, notamment lors des essais de pompages.

Piézomètre : forage / puits / ouvrage souterrain, non exploité qui permet la mesure du niveau de l'eau souterraine en un point donné de la nappe.

8. Bibliographie

ANDRE P. et RICH X., 1986 – Remontées de nappe dans la vallée de la Seine, Département des Hauts-de-Seine, rapport BRGM 86SGN006IDF

BECCALETTO L., HANOT F., SERRANO O. et MARC S., 2010 - Overview of the subsurface structural pattern of the Paris Basin (France): Insights from the reprocessing and interpretation of regional seismic lines

BERGERON C., DEHAYS H., POINTET T., 1983. *Remontées des nappes d'eau souterraines causes et effets* – 83-SGN-353-EAU. BRGM, 56 p.

BRIAIS J., 2015 – Le Cénozoïque du bassin de Paris : un enregistrement sédimentaire haute résolution des déformations lithosphériques en régime de faible subsidence, Thèse de Doctorat, Université Rennes 1, 450p.

CARITTE JM., 1895 – Clamart de 1789 à 1893

CONSEIL GENERAL DU DEPARTEMENT DE LA SEINE, 1903 – Etat des communes à la fin du XIXè siècle

DE FINANCE L. et VIALLES JB, 2014 – Clamart, une ville à l'orée du bois

DEBUISSON J., MICHALSKI E., RAMPON G, 1993 - *La remonté des nappes d'eau souterraine en site urbain – Aspects techniques, socio-économiques, réglementaires et juridiques*. Rapport de synthèse. BRGM/RR-30288-FR.

DIFFRE Ph., 1970 – Carte hydrogéologique de Paris à 1 : 50 000 (feuille XXIII – 14, Production du BRGM)

MEGNIEN C., 1980. Synthèse géologique du Bassin de Paris (Mém. BRGM n°101, à 103).

PATS G. et Office de Tourisme de Clamart, 2000 – Clamart (Mémoire en images)

SAFEGE, 2013. – Etude diagnostic hydrogéologique du sous-sol de la ville de Clamart

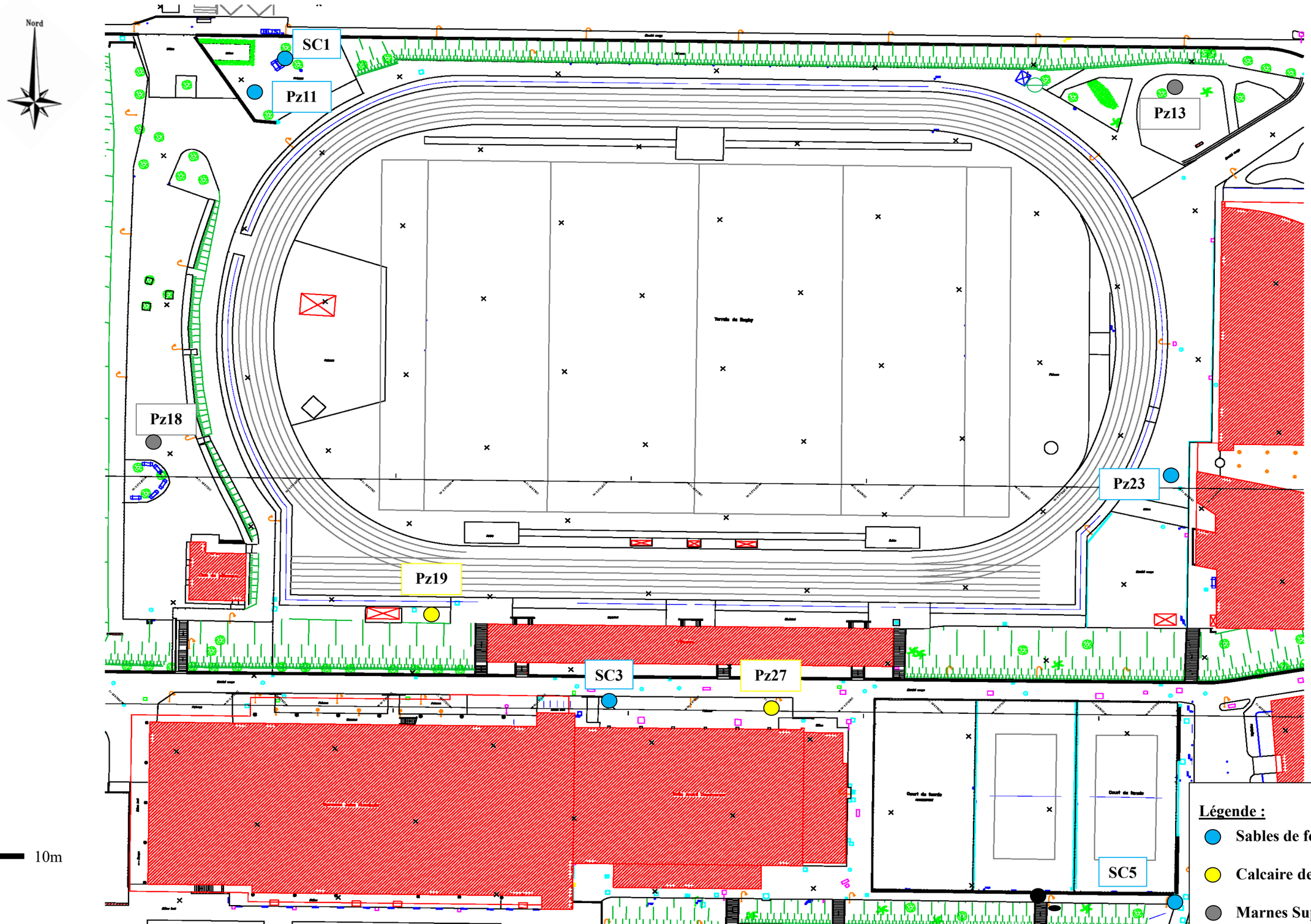
ZEGLIL Z., 2011. Etude des nappes sous Paris et sa proche banlieue : évaluation de l'activité humaine (Travail de Master 2 Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie - Parcours Hydrologie-Hydrogéologie de l'Université Pierre et Marie Curie).

Annexe 1

Résultats du suivi piézométrique réalisé par Geotec au stade Hunebelle 1

GÉOTEC FRANCE
LA GÉOTECHNIQUE PARTENAIRE

Chantier :	**CLAMART** **Stade Hunebelle**	N° d'affaire :	**2017/06979/PARIS/06**	**Implantation des piézomètres**
		Date :	**10/2019**	



CLAMART STADE HUNEBELLE :

Suivi piézométrique

17/06979/PARIS/03

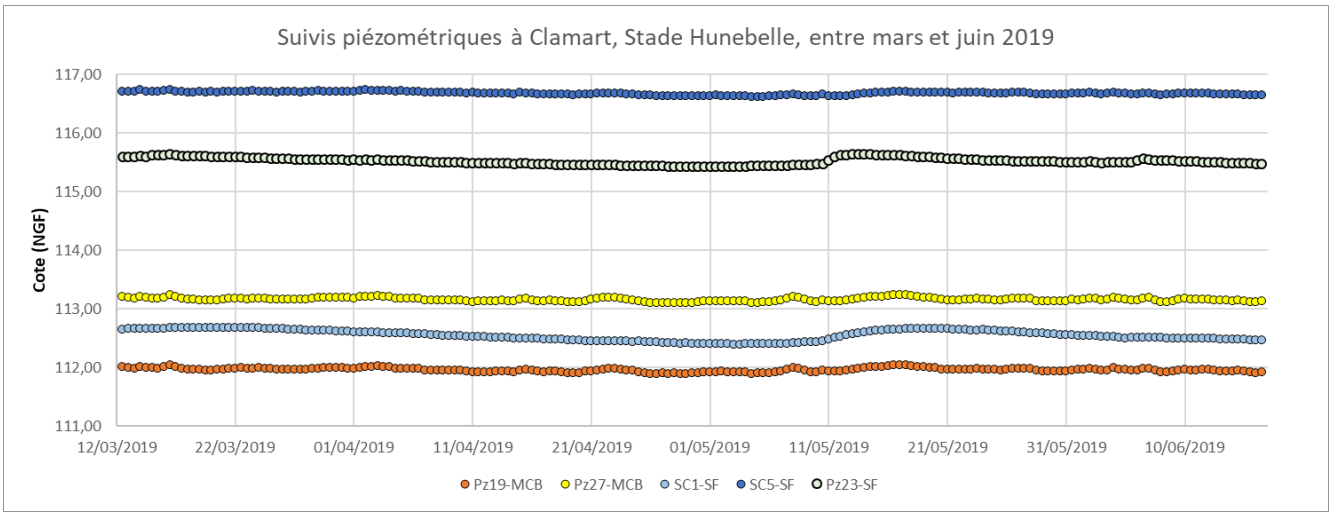
18/10/19

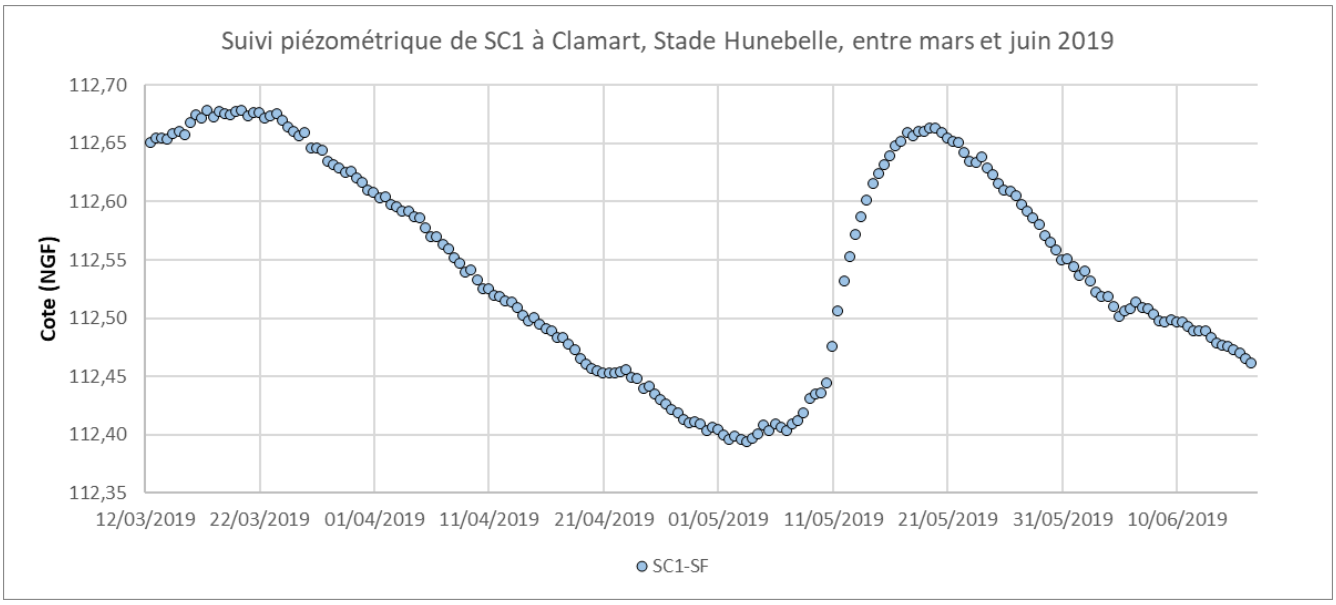
Les mesures manuelles réalisées sur site par GEOTEC sont les suivantes :

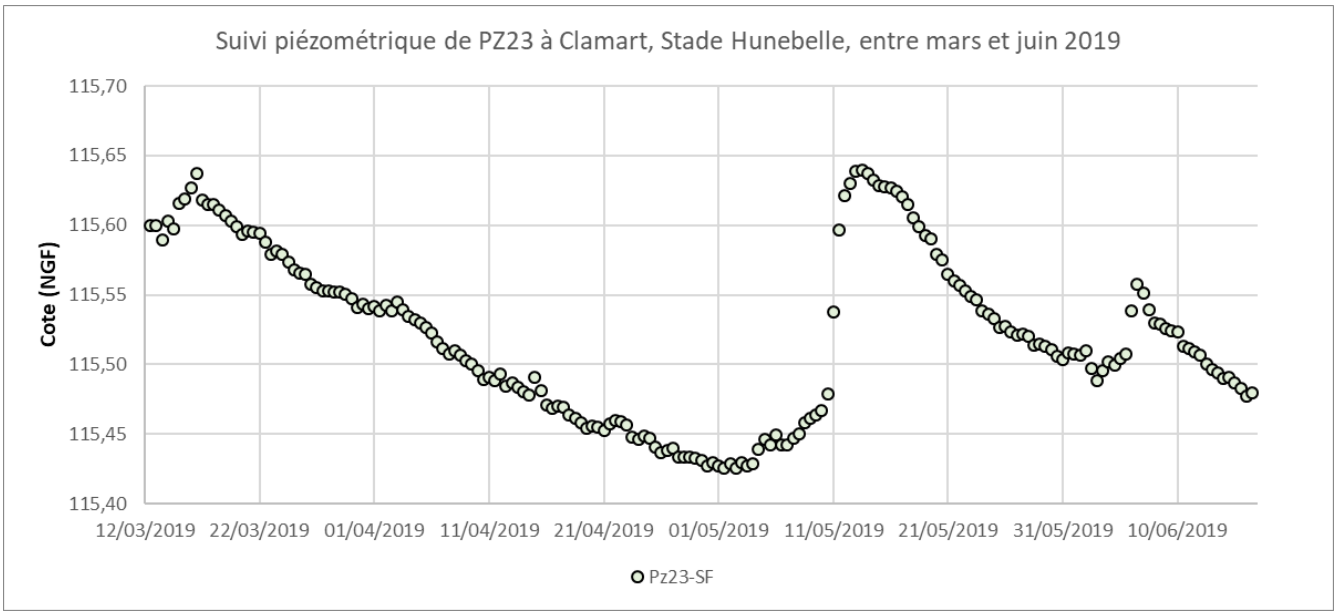
	Date	12-mars-19	17-juin-19	26-sept.-19	2-oct.-19	3-oct.-19	Fond de l'ouvrage (m)
PZ11 (SF)	prof / TN (m)	Sec	Sec	Sec			6,20
119,25 m NGF	Cote NGF	< 113,05	< 113,05	< 113,05			
PZ13 (MS)	prof / TN (m)	21,75	21,75	Sec	Sec		21,88
117,2 m NGF	Cote NGF	95,45	95,45	< 95,32	< 95,32		
PZ18 (MS)	prof / TN (m)	22,45	Sec	Sec			22,50
119,8 m NGF	Cote NGF	97,35	<97,30	<97,30			
PZ19 (MCB)	prof / TN (m)	7,35	7,45		6,54		13,96
119,35 m NGF	Cote NGF	112,00	111,90		112,81		
PZ23 (SF)	prof / TN (m)	3,70	3,80	3,94	3,93		7,83
119,3 m NGF	Cote NGF	115,60	115,50	115,36	115,37		
PZ27 (MCB)	prof / TN (m)	11,45	11,50	11,59		11,59	20,20
124,65 m NGF	Cote NGF	113,20	113,15	113,06		113,06	
SC1 (SF)	prof / TN (m)	6,75	6,95	7,21	7,19	7,14	8,87
119,4 m NGF	Cote NGF	112,65	112,45	112,19	112,21	112,26	
SC3 (SF)	prof / TN (m)					8,61	9,75
124 m NGF	Cote NGF					115,39	
SC5 (SF)	prof / TN (m)	8,30	8,35	8,50	8,50		14,87
125 m NGF	Cote NGF	116,70	116,65	116,50	116,50		

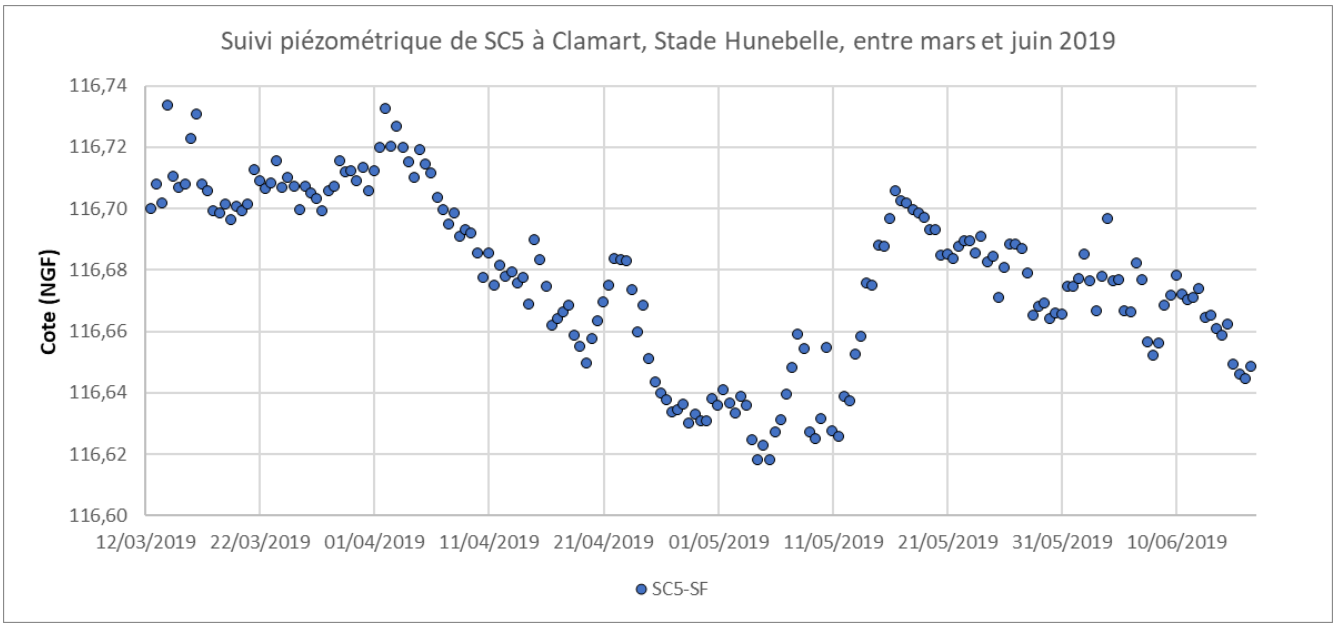
**SF = Sables de Fontainebleau, MCB = Marno Calcaire de Brie, MS = Marnes Supragypseuses*

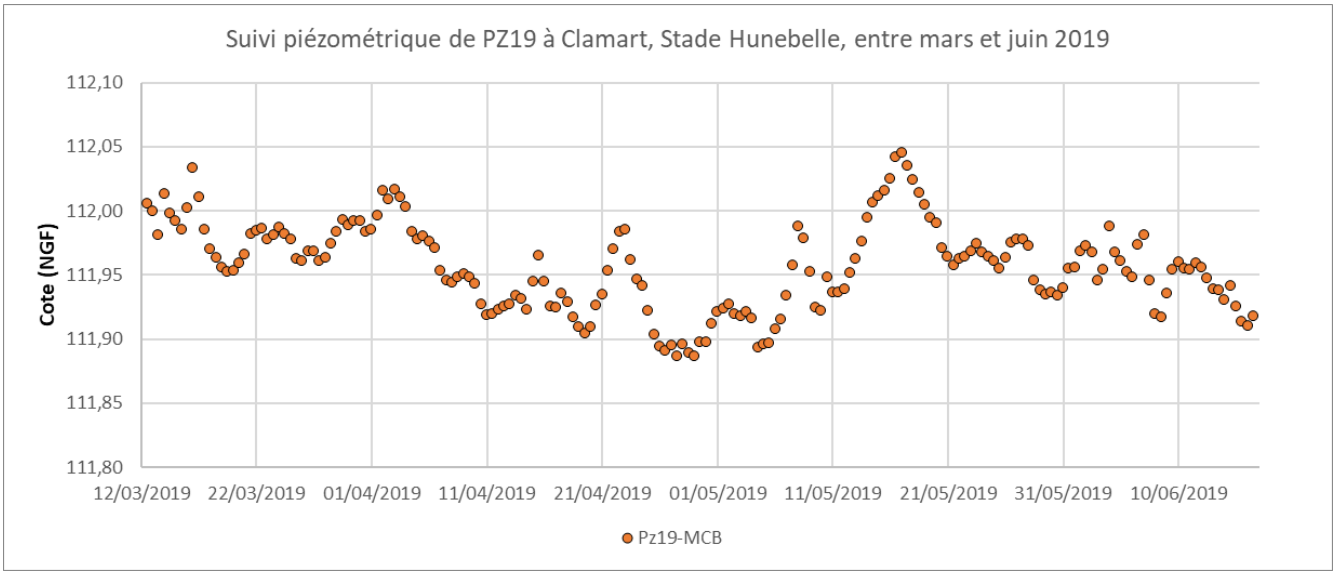
Les suivis piézométriques réalisés entre mars et juin 2019 au droit des ouvrages SC1, SC5, PZ19, PZ23 et PZ27 sont présentés pages suivantes.

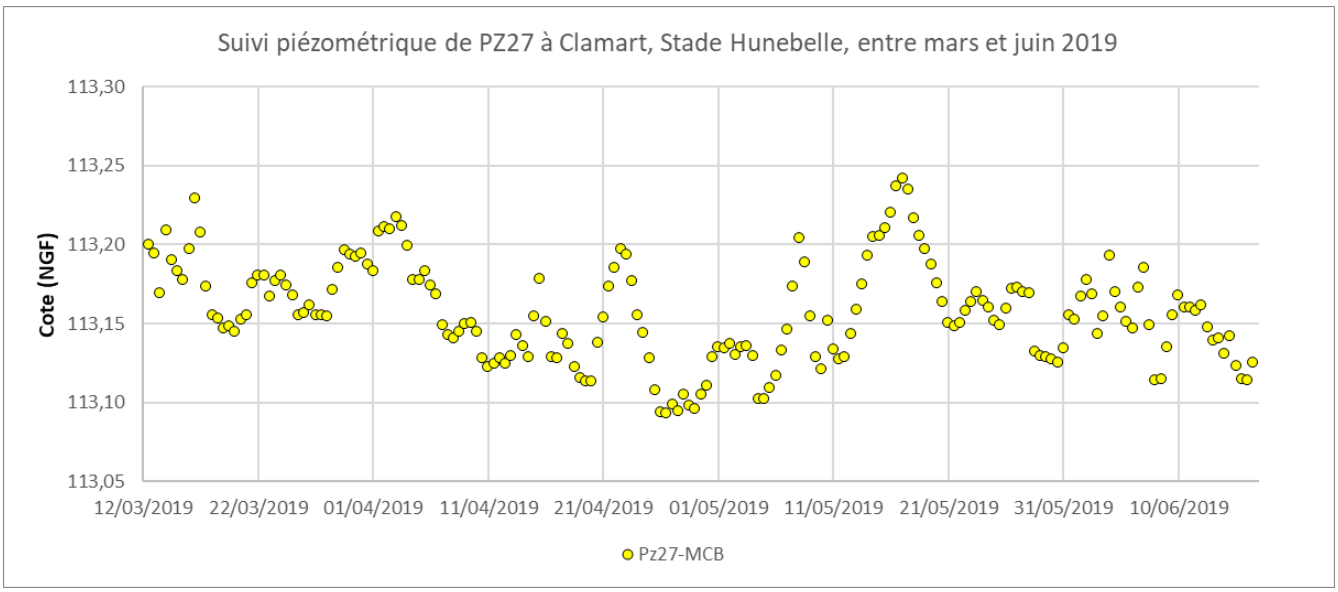

Suivis piézométriques à Clamart, Stade Hunebelle, entre mars et juin 2019
Cote (NGF)
117,00
116,00
115,00
114,00
113,00
112,00
111,00
12/03/2019
22/03/2019
01/04/2019
11/04/2019
21/04/2019
01/05/2019
11/05/2019
21/05/2019
31/05/2019
10/06/2019
Pz19-MCB
Pz27-MCB
SC1-SF
SC5-SF
Pz23-SF


Suivi piézométrique de SC1 à Clamart, Stade Hunebelle, entre mars et juin 2019
Cote (NGF)
112,70
112,65
112,60
112,55
112,50
112,45
112,40
112,35
12/03/2019
22/03/2019
01/04/2019
11/04/2019
21/04/2019
01/05/2019
11/05/2019
21/05/2019
31/05/2019
10/06/2019
SC1-SF


Suivi piézométrique de PZ23 à Clamart, Stade Hunebelle, entre mars et juin 2019
Cote (NGF)
115,70
115,65
115,60
115,55
115,50
115,45
115,40
12/03/2019
22/03/2019
01/04/2019
11/04/2019
21/04/2019
01/05/2019
11/05/2019
21/05/2019
31/05/2019
10/06/2019
Pz23-SF


Suivi piézométrique de SC5 à Clamart, Stade Hunebelle, entre mars et juin 2019
Cote (NGF)
116,74
116,72
116,70
116,68
116,66
116,64
116,62
116,60
12/03/2019
22/03/2019
01/04/2019
11/04/2019
21/04/2019
01/05/2019
11/05/2019
21/05/2019
31/05/2019
10/06/2019
SC5-SF


Suivi piézométrique de PZ19 à Clamart, Stade Hunebelle, entre mars et juin 2019
Cote (NGF)
112,10
112,05
112,00
111,95
111,90
111,85
111,80
12/03/2019
22/03/2019
01/04/2019
11/04/2019
21/04/2019
01/05/2019
11/05/2019
21/05/2019
31/05/2019
10/06/2019
Pz19-MCB


Suivi piézométrique de PZ27 à Clamart, Stade Hunebelle, entre mars et juin 2019
Cote (NGF)
113,30
113,25
113,20
113,15
113,10
113,05
12/03/2019
22/03/2019
01/04/2019
11/04/2019
21/04/2019
01/05/2019
11/05/2019
21/05/2019
31/05/2019
10/06/2019
Pz27-MCB

Annexe 2

Fiches des points de mesure de piézométrie (campagnes de hautes et basses eaux 2019)

L’annexe 2 est confidentielle en respect du Règlement Général sur la Protection des Données

Annexe 3

Modèle de rapport de foration à restituer à la mairie et à la BSS

DOSSIER TECHNIQUE TYPE

Modèle Gesfor

PIEZOMETRE

Entreprise:

Client:

Maître d'oeuvre:

Exploitant:

Code National BSS : BSS004____ /

N° Déclaration ** :

Police de l'eau * :

* Numéro de déclaration au titre de la police de l'eau

** N° d'enregistrement de déclaration préalable

Lieu de l'ouvrage : xx rue xxxxxxxxx

92140 CLAMART

Coordonnées : **Longitude** (X) **Latitude** (Y) ***Altitude :*** 0.00 m

Zone Lambert 93

Nombre de forages : 1

Date début de l'ouvrage : xx/xx/20xx ***Resp. M. Ouvrage :***

Date fin de l'ouvrage : xx/xx/20xx ***Resp. M. Oeuvre :***

Machine : ***Resp. Chantier :***

Date début pompage : ***Niveau statique non perturbé :*** 0.00 m

Date fin de pompage : ***Débit Maxi. d'essai :*** 0.00 m3/h

Nombre de nappes identifiées : ***Rabattement correspondant :*** 0.00 m

---

Notes :

TRONCONS de L'OUVRAGE

PIEZOMETRE

Client:

Maître d'oeuvre:

Lieu de l'ouvrage :

92140 **CLAMART**

LITHOLOGIE (exemple)

De	à	Libellé
0.00	6.00	Limons argileux marron
6.00	16.00	Calcaire blanc
16.00	18.00	Sable fin
18.00	23.00	Calcaire
23.00	26.00	Marno-calcaire
26.00	45.00	Calcaire

EXEMPLE

FORAGE (exemple)

De	à	Ø"	Ømm	Mode de forage	Fluide de forage
0.00	45.60	7"1/8	180.00	M.f.t.	Air

** Reconnaissance*

TUBAGE (exemple)

De	à	Ø"	Ømm	Epais.	Ecra.	Nature du tubage	Type	Slot	Vide %
0.00	30.00	3"1/2	90.00	10.00		P.v.c.	Tube-plein		
30.00	45.00	3"1/2	90.00	10.00		P.v.c.	Crepine autre	1.00	

Code BSS : BSS004___ /

PIEZOMETRE

Client :

Maitre d'oeuvre :

Localisation de l'ouvrage :

92140 **CLAMART**

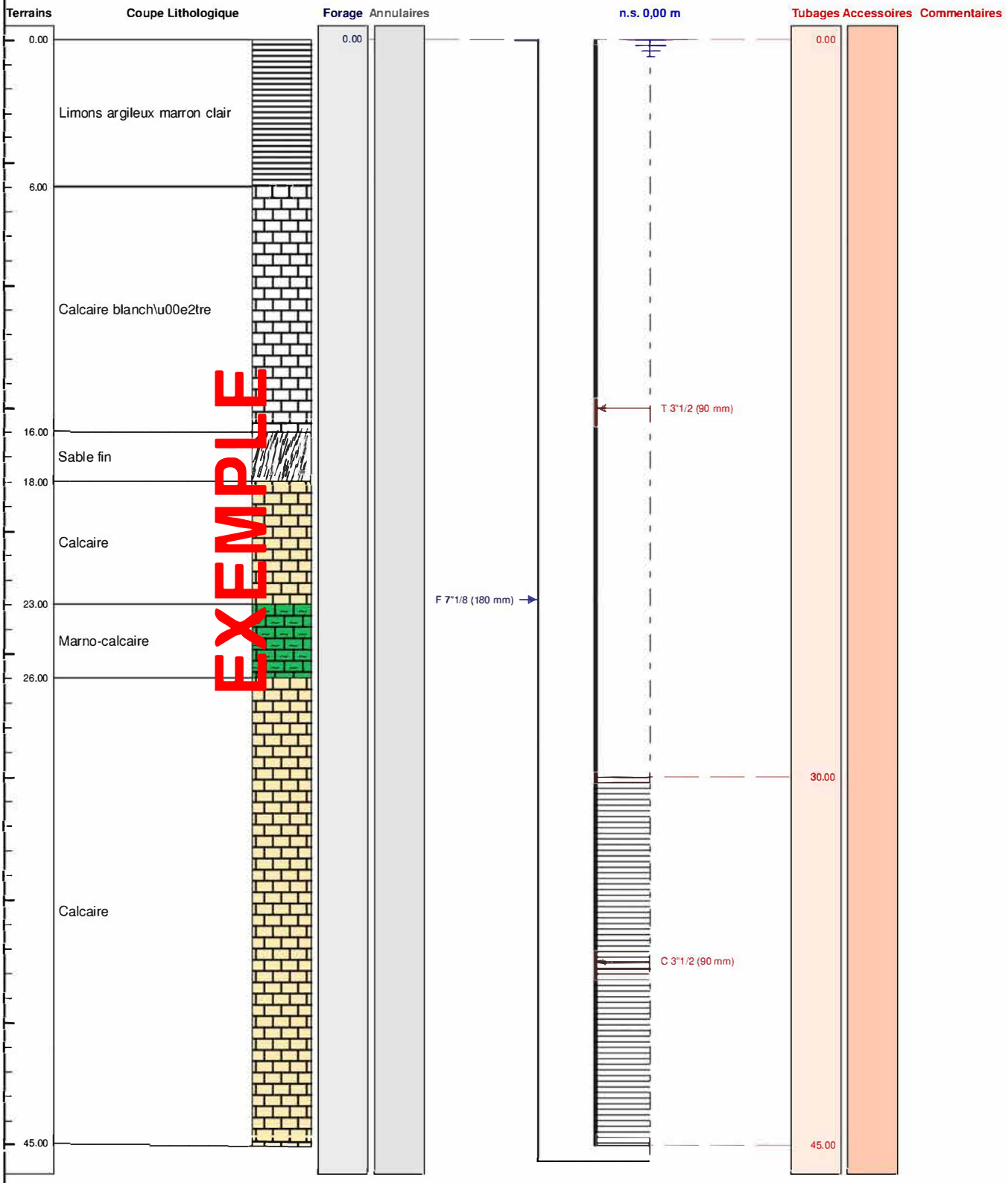
Travaux réalisés : **1\1**
du : xx/xx/20xx au : xx/xx/20xx

Coordonnées de l'ouvrage Lambert 93 :
Longitude (X):
Latitude (Y):
Altitude sol (Z): +0,000 m

Echelle : 1/229

Profondeurs en m au-dessous du repère zéro sol (signe + au-dessus)

Nombre de forages : 1



Le ...../...../..... à .....

CERTIFIE CONFORME A L'OUVRAGE EXECUTE

Tampon et signature du chef d'entreprise

Lambert 2 étendu métrique Long.: Lat.: Alt.: +0,000 m

Annexe 4

Modèle de fiche de suivi piézométrique

Fiche de présentation d'un ouvrage de mesure piézométrique

Référence dossier

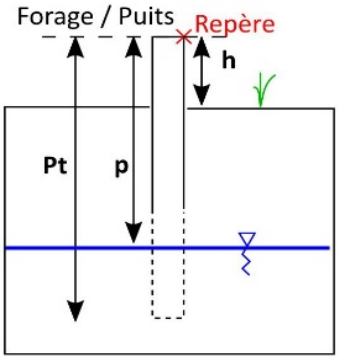
Entreprise	

Indice BSS	
Nom (PZa, F1,…)	
Type (forage, puits, ..)	
X en L93	
Y en L93	
Z sol	
Commune	Clamart
Département	92

Nom contact principal	
Fonction contact 1	
Mail contact 1	
Téléphone contact 1	
Nom contact 2	
Téléphone contact 2	

Démarrage du suivi	
Date et heure	
p (profondeur eau)	
Pt (profondeur ouvrage)	
Repère (nature)	
h (différence hauteur repère/sol) - mètre	

Photos



Commentaires :

Description accès, besoin d'une clé, outillage particulier pour accéder au piézomètre, …

Mesures piézométriques (toujours joindre la fiche de présentation)

Date	Heure	Profondeur de l'eau (m)	Commentaire

Graphique

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - **www.brgm.fr**

Direction régionale Ile de France
39-43 quai André Citroën
75015 – Paris – France
Tél. : 01.40.58.89.17