

Projet LIFE ADSORB

*LIFE17 ENV/FR/000398 LIFE ADSORB project is supported by the European Union
LIFE program*

Le projet LIFE17 ENV/FR/000398 LIFE ADSORB bénéficie du soutien financier du programme LIFE de l'Union européenne



LIFE ADSORB

LIFE17 ENV/FR/000398

INSTRUMENTATION

Reporting date

June 2025

LIFE ADSORB - LIFE17 ENV/FR/000398

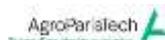
Instrumentation de l'ouvrage

Rapport d'action B1-2. Installation du site démonstrateur



RAPPORT D'ETUDE

Juin 2025



Le Cerema est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires, présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 26 implantations et ses 2 400 agents. Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport.

Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné notamment par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

Site web : www.cerema.fr

LIFE ADSORB - LIFE17 ENV/FR/000398

Instrumentation de l'ouvrage

Rapport d'action B1-2. Installation du site démonstrateur

Auteur : Cédric PAYET

Responsable du rapport

Philippe BRANCHU – Département Ville Durable
Tél. : +33(0)1 34 82 12 31
Courrier : philippe.branchu@cerema.fr
Direction Ile de France - Site de Trappes - 12 rue Léon Teisserenc de Bort 78190 Trappes-En-Yvelines

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	Juin 2025	

Nom	Service	Rôle	Date	Visa
Cédric PAYET		Auteur principal		
David RAMIER		Relecteur		
Philippe BRANCHU		Valideur		

Résumé de l'étude

Le projet ADSORB cherche à tester de nouveaux modes de dépollution des eaux issues principalement du ruissellement pluvial du boulevard périphérique avec de rares contributions d'eaux usées. Le présent document décrit l'instrumentation mise en place pour assurer le suivi du fonctionnement du filtre tout au long du projet et permettre d'évaluer l'efficacité hydraulique et de dépollution de ce prototype.

5 à 10 mots clés à retenir de l'étude

Démonstrateur	Dépollution
Eau	Micropolluant
Efficacité	Modélisation
Filtre planté	

Statut de communication de l'étude

Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

- Accès libre : document accessible au public sur internet
- Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema
- Accès confidentiel : document non accessible

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

Résumé

Dans le cadre du projet LIFE ADSORB, cofinancé par l'Union européenne, un site démonstrateur a été installé dans le Bois de Boulogne à Paris afin de tester une solution innovante de dépollution des eaux pluviales issues du ruissellement du boulevard périphérique. L'objectif est de réduire la charge en micropolluants dans les eaux de ruissellement tout en conciliant cette gestion avec les enjeux de biodiversité et de préservation du milieu naturel.

Le rapport décrit en détail l'instrumentation mise en place sur ce site expérimental, nécessaire au suivi du fonctionnement du filtre planté, à la modélisation de son comportement hydraulique, ainsi qu'à l'évaluation de son efficacité épuratoire.

Le système étudié est composé de trois ouvrages principaux : le réseau amont (P115), un déversoir d'orage avec station de pompage, et un filtre planté divisé en deux compartiments (l'un contenant un substrat classique, l'autre un matériau adsorbant innovant). Une instrumentation complète y a été installée : capteurs de niveau, débitmètres, sondes multiparamètres (pH, turbidité, conductivité, redox), préleveurs automatiques et plaques poreuses pour l'échantillonnage.

La mise en œuvre a été conduite en plusieurs phases, depuis la définition des besoins jusqu'à l'installation du matériel, sous la supervision de la Ville de Paris et avec la validation technique des partenaires du projet. Malgré quelques ajustements dus à des contraintes techniques et financières, l'instrumentation mise en place permet un suivi précis du fonctionnement du système.

Au total, 65 grandeurs sont mesurées en continu et 14 dispositifs de prélèvement ont été installés. Les données collectées sont centralisées via le système de supervision GAASPAR de la Ville de Paris, assurant un suivi rigoureux de la performance du prototype tout au long du projet.

Abstract

As part of the LIFE ADSORB project, co-funded by the European Union, a demonstration site was installed in the Bois de Boulogne in Paris to test an innovative solution for treating stormwater runoff from the Paris ring road. The main goal is to reduce micropollutant loads in runoff water while ensuring compatibility with biodiversity and natural environment preservation.

This report provides a detailed description of the instrumentation implemented at the experimental site. This equipment is essential for monitoring the performance of the planted filter, modeling its hydraulic behavior, and assessing its pollutant removal efficiency.

The system consists of three main components: the upstream network (P115), a storm overflow structure with a pumping station, and a planted filter divided into two compartments—one filled with a standard sand substrate, the other with an innovative adsorbent material. Comprehensive instrumentation has been installed, including water level sensors, flow meters, multiparameter probes (pH, turbidity, conductivity, redox), automatic samplers, and porous plates for sample collection.

The implementation followed several phases, from defining the instrumentation needs to the on-site installation, supervised by the City of Paris and technically validated by the project partners. Despite some adjustments due to technical and budget constraints, the installed instrumentation allows for accurate monitoring of the system's performance.

In total, 65 parameters are continuously monitored, and 14 sampling devices have been deployed. All data is centralized via the GAASPAR monitoring system operated by the City of Paris, ensuring rigorous tracking of the prototype's effectiveness throughout the project.

Sommaire

1	Méthodologie	8
2	Description du système	8
3	Instrumentation du système	9
3.1	Mesures hydrauliques et qualitatives	9
3.1.1	Mesures hydrauliques	9
3.1.2	Mesures qualitatives	24
3.2	Matériel de prélèvement	33
3.2.1	Réseau amont P115	33
3.2.2	Déversoir d'orage Bugeaud et station de pompage	35
3.2.3	Filtre planté	38
4	Conclusion	43
5	Annexes	44
5.1	Table des illustrations	44
5.1.1	Tableaux	44
5.1.2	Figures	44

Introduction

Le projet ADSORB a été retenu pour financement dans le cadre du programme LIFE de la Commission européenne pour l'environnement et le climat. Il s'appuie sur la mise en œuvre d'un prototype innovant situé dans le bois de Boulogne (Paris) permettant de tester de nouveaux modes de dépollution des eaux issues principalement du ruissellement pluvial du boulevard périphérique avec de rares contributions d'eaux usées.

Les objectifs du projet LIFE-ADSORB sont de :

- mettre en œuvre et démontrer l'application d'une solution innovante permettant de réduire efficacement les charges polluantes des eaux pluviales rejetées en milieu naturel. L'accent est mis sur la réduction significative des micropolluants organiques et minéraux présents dans les eaux de ruissellement de voirie ;
- démontrer la compatibilité des enjeux de gestion des eaux pluviales contaminées avec ceux de préservation du patrimoine naturel et de la biodiversité ;
- créer un nouvel outil opérationnel à disposition des acteurs européens engagés dans l'amélioration de la qualité de l'eau.

Pour mener à bien ce projet, plusieurs actions ont été définies. L'une d'entre elle, l'action B.1, concerne l'installation du site démonstrateur. Elle intègre plusieurs opérations :

- la création d'un ouvrage de stockage des eaux pluviales (volume maximum 3500m³) au niveau du déversoir amont. Cet ouvrage est équipé de pompes de relevage permettant d'alimenter le filtre en aval ;
- la création d'un filtre planté de roseaux séparé en deux compartiments dont un intégrant un matériau innovant de dépollution des eaux. Les compartiments du filtre seront alimentés alternativement par les eaux à traiter ;
- la connexion de la sortie du filtre à la mare Saint-James.

Le schéma de principe de fonctionnement hydraulique du système projeté est décrit sur la Figure 1.

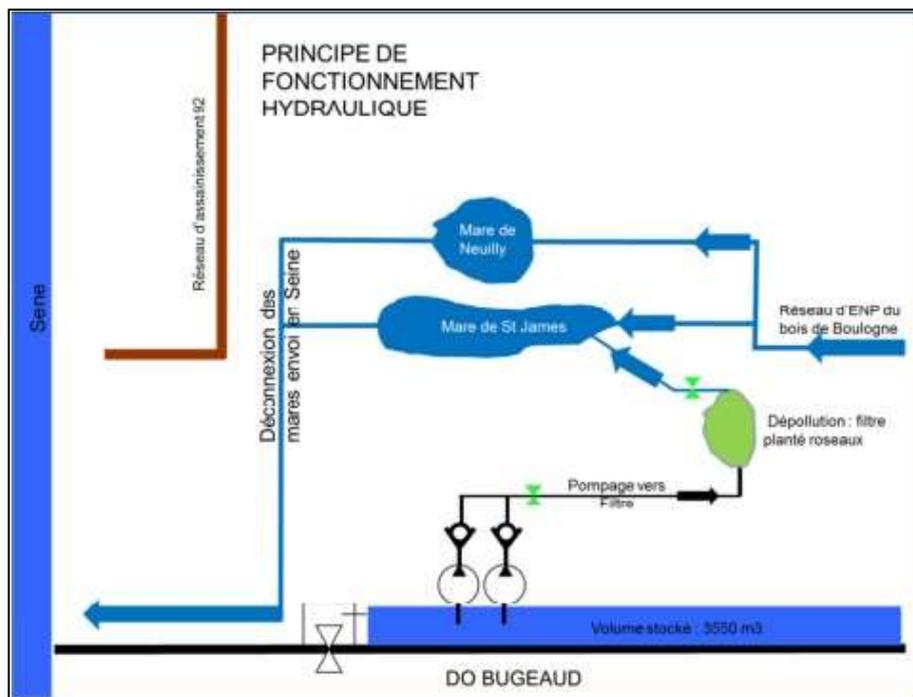


Figure 1 : schéma de principe du système étudié.

Cette action B1 inclut une sous-action B1.2 dédiée à l'instrumentation du démonstrateur. Ce rapport a ainsi pour objectif de renseigner sur cette instrumentation.

L'objectif de l'instrumentation du démonstrateur est de permettre le suivi du fonctionnement du filtre tout au long du projet et permettre d'alimenter les tâches B2 « Modélisation et optimisation du fonctionnement du prototype » et C1 « Evaluation de l'efficacité de dépollution du prototype »
L'instrumentation comprend :

- le matériel dédié à la mesure et à l'enregistrement en continu des paramètres hydrauliques et qualitatifs en différents points du système ;
- les dispositifs de prélèvements automatiques des eaux placés en différents points du système, asservis à la mesure hydraulique.

L'ensemble des données enregistrées sera transmis et centralisé au système de supervision GAASPAR de la ville de Paris.

1 METHODOLOGIE

L'instrumentation du site est la résultante de plusieurs phases :

- la définition des besoins dans l'étude initiale menée par les partenaires¹ en amont du dépôt du projet ;
- la rédaction du Cahier des Clauses Techniques et Particulières (CCTP) pour la réalisation de l'ouvrage ;
- la validation par les partenaires du matériel proposé par l'entreprise ;
- la mise en place du matériel d'instrumentation.

Les besoins en instrumentation ont été précisés par les partenaires de l'étude « DO BUGEAUD – étude pour l'optimisation de la constitution du filtre et la définition des moyens de suivi de son fonctionnement ». Une liste d'équipements de mesure a été proposée dans cette étude afin de permettre un suivi efficace du fonctionnement du filtre.

Sur la base de cette étude, un CCTP a été rédigé. Une partie de l'instrumentation proposée n'a pas pu être intégrée à celui-ci pour des raisons budgétaires. De plus la modification de la conception du filtre notamment le retrait du compartiment dédié aux Eaux Claires Parasites (ECP) a modifié l'instrumentation initiale. Une comparaison entre les deux documents a été établie afin de mettre en évidence les différences et les impacts de la non prise en compte de certains instruments sur la qualité du suivi.

Par la suite, des échanges ont eu lieu régulièrement entre les acteurs afin de valider ou non les instruments proposés par l'entreprise titulaire du marché sur la base du CCTP en tenant compte des besoins spécifiques des partenaires, nécessaires au bon déroulement du suivi du fonctionnement tout en intégrant les contraintes budgétaires du marché.

Une fois validés, les différents équipements liés à l'instrumentation ont été mis en œuvre sur le site sous le contrôle des partenaires et de la ville de Paris.

2 DESCRIPTION DU SYSTEME

Le système étudié est décomposé en trois ouvrages :

- le réseau amont P115 (❶) ;
- le déversoir d'orage (DO) Bugeaud et la station de pompage (❷) ;
- le filtre planté (❸).

La Figure 2 précise la localisation de ces ouvrages.

¹ Le terme « partenaires » désigne l'ensemble des partenaires du projet ADSORB.



Figure 2 : localisation des trois ouvrages du système étudié.

Chaque ouvrage a fait l'objet d'une instrumentation permettant (i) le suivi quantitatif et/ou qualitatif en continu des eaux et (ii) le prélèvement automatique d'échantillons destinés aux analyses physico-chimiques.

3 INSTRUMENTATION DU SYSTEME

Le présent paragraphe présente l'instrumentation mis en place dans l'ensemble du système. Il est structuré en deux parties :

- une première partie concerne l'instrumentation liée aux mesures hydrauliques² et qualitatives du système ;
- une seconde partie concerne l'instrumentation dédiée au prélèvement automatique des échantillons.

Chaque partie présente par ouvrage, l'instrumentation mise en place, les caractéristiques du matériel retenu, l'implantation des capteurs, les variables associées à chaque capteur/préleveur nécessaires au suivi hydraulique et qualitatif. Les fiches techniques des différents équipements sont annexées au présent document.

Pour chaque ouvrage, les remarques/difficultés rencontrées lors de la phase travaux et les éventuelles modifications apportées par rapport à l'instrumentation envisagée initialement sont présentées.

3.1 Mesures hydrauliques et qualitatives

3.1.1 Mesures hydrauliques

3.1.1.1 Réseau amont P115

Dans ce secteur situé en amont du déversoir d'orage, deux capteurs de hauteur et un capteur de vitesse sont déjà installés. Lors de l'étude initiale, les partenaires ont recommandé d'y installer en complément une sonde de niveau associée à un déversoir afin de mieux évaluer les faibles débits d'eaux claires parasites. Les partenaires ont également proposé d'installer à l'aval des surverses du réseau unitaire un détecteur de surverse afin d'informer à minima sur la contribution d'eaux résiduelles à l'écoulement. Ces deux recommandations n'ont pas été retenues lors de la rédaction du CCTP et ce point n'a donc pas fait l'objet d'instrumentation supplémentaire lors de la phase travaux. La mesure par les capteurs hauteur et vitesse déjà en place permettra d'asservir le préleveur (cf. plus loin) par temps de pluie. En

² Les mesures hydrauliques correspondent aux mesures permettant de caractériser l'état de l'eau dans le système

temps sec, les écoulements étant relativement constants, le préleveur se déclenchera en fonction du temps³ pour reconstituer un échantillon moyen sur 24 heures. Les informations (début, fin, durée) liées à la détection des éventuelles surverses du réseau unitaire devront être fournies par la supervision.

Le capteur de vitesse existant implanté dans le réseau P115 est présenté dans le Tableau 1. En l'absence d'informations, le capteur de hauteur n'est pas présenté dans le présent rapport.

Tableau 1 : caractéristiques du matériel implanté dans le regard P115.

Modèle du matériel	Caractéristiques	Localisation
Capteur de hauteur d'eau de type piézomètre	Absence d'informations	Dans le réseau P115
Capteur de hauteur d'eau de type ultrasons	Absence d'informations	Dans le réseau P115
 Capteur de vitesse : OCR/DEK - NIVUS	<ul style="list-style-type: none"> Echelle de mesure : -3/+3 m/s Précision : 1% de l'échelle ou +/- 0,03 m/s Température de fonctionnement : -10°C à 50°C 	Dans le réseau P115

L'implantation exacte des capteurs hauteur et vitesse n'est pas précisée.

Les variables enregistrées par le capteur et nécessaires au suivi hydraulique du réseau amont P115 sont précisées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : liste des données enregistrées nécessaires au suivi hydraulique du P115. Les références « capteur » ont été désignées arbitrairement car non disponibles dans l'analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR.

Nom du Capteur	Grandeur mesurée (unité)	Variable	Pas de temps d'acquisition	Utilisation
CtdP115	Hauteur d'eau (mm)	P-115_Sca_Hev1_Ctd_Niv	Variable	Déclenchement du préleveur par temps de pluie
CtdP115	Débit (l/s)	P-115_Sca_Ddo1_Ctd_Deb	Variable	Asservissement du préleveur par temps de pluie

3.1.1.2 Déversoir d'orage Bugeaud et station de pompage (Figure 3)

Dans l'étude initiale, l'instrumentation recommandée par les partenaires était la suivante :

- 1 capteur à ultrason et 2 piézomètres en amont de la vanne de stockage (vanne secteur sur la Figure 3), afin de pouvoir calculer le débit déversé en Seine (aval DO), en cas de dépassement de la consigne de stockage maximum ;
- 2 piézomètres en amont du dégrilleur (pour la gestion du dégrilleur) ;

³ Les préleveurs peuvent fonctionner de manière automatique en fonction du temps ou en fonction du volume. C'est-à-dire que les prélèvements se font soit pour un pas de temps constant (p. expl. toutes les 10 minutes) soit en fonction d'un volume constant (p. expl. tous les m³).

- 2 piézomètres dans la station de pompage (pour la gestion du dégrilleur et des pompes de vidange) ;
- 1 débitmètre électromagnétique sur la conduite de refoulement vers le filtre qui permettra d'enregistrer sur la même conduite le débit amené vers les différents compartiments du filtre (F1, F2, ECP). Le nombre de débitmètre dépendra du scénario d'alimentation retenu ;
- 2 capteurs de temps de fonctionnement des pompes.

L'ensemble de ces recommandations a été défini dans le CCTP avec la mise en place d'un débitmètre électromagnétique sur chacune des conduites de refoulement alimentant les compartiments F1 et F2. Le compartiment ECP n'a pas été retenu dans le CCTP.

Une modification a été apportée lors de la phase travaux. Ainsi un seul piézomètre a été mis en place en amont du dégrilleur. Le second piézomètre a été remplacé par un capteur de type radar en aval de la vanne de stockage afin de mesurer la hauteur d'eau déversée par la vanne. Cette modification n'a pas d'incidence sur le suivi du fonctionnement du système. Les capteurs de temps de fonctionnement des pompes n'ont pas été mis en place.

L'ensemble du matériel retenu au final est détaillé dans le Tableau 3.

Tableau 3 : caractéristiques du matériel implanté dans la station de pompage.

Modèle du matériel	Caractéristiques	Localisation
 <p>Capteur piézométrique - Unik 5000 0-6m – BAKER HUGUES GE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plage de mesure : 0-6m • Précision : 0,2% de la plage de mesure soit : 12mm • Plage de compensation en température : -10°C à +50°C 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 en amont de la vanne secteur • 1 en amont du dégrilleur • 2 dans la bache de pompage
 <p>Radar - Micropilot FMR20 ENDRESS HAUSER</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plage de mesure : 0 – 10 m • Précision : 0,02% de la plage de mesure soit : 2 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 en amont de la vanne secteur • 1 en aval de la vanne secteur
 <p>Débitmètre - OPTIFLUX 2000 DN200 - KROHNE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Echelle de mesure : -12/+12 m/s • Précision : 0,3% de la valeur mesurée + 1mm/s 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 débitmètre sur la nourrice du compartiment F1 • 1 débitmètre sur la nourrice du compartiment F2

La mise en œuvre de cette partie de l'instrumentation a été réalisée exclusivement sous le contrôle de la Ville de Paris. Les partenaires ont été sollicités pour participer à l'agrément des fiches associées aux

capteurs. Ils ont notamment demandé la mise en place de capteurs piézométriques plus précis mais le surcoût engendré a été jugé trop important.

L'implantation des capteurs de suivi hydraulique de la station de pompage est précisée sur la Figure 3.

Les variables enregistrées par les différents capteurs et nécessaires au suivi hydraulique de la station de pompage sont précisées dans le Tableau 2.

Tableau 4 : liste des capteurs et des données enregistrées nécessaires au suivi hydraulique de la station de pompage. Les références « capteur » sont celles indiquées dans l'analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR (la correspondance entre le modèle de capteur et le nom du capteur est précisé sur la Figure 3).

Nom du Capteur	Grandeur mesurée (unité)	Variable	Pas de temps d'acquisition	Utilisation
Hep1Amv	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Amv_Hep1_Mes_Niv	variable	Calcul débit déversé en Seine
Hep2Amv	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Amv_Hep2_Mes_Niv	variable	Calcul débit déversé en Seine
Hep1Amg	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Amg_Hep1_Mes_Niv	variable	Calcul de perte de charge entre amont dégrilleur et bêche
Hep1Bap	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Bap_Hep1_Mes_Niv	variable	Calcul de perte de charge entre amont dégrilleur et bêche et gestion des pompes de refoulement
Hep2Bap	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Bap_Hep2_Mes_Niv	variable	Calcul de perte de charge entre amont dégrilleur et bêche et gestion des pompes de refoulement
Her1Amv	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Amv_Her1_Mes_Niv	variable	Calcul débit déversé en Seine
Her1Avv	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Avv_Her1_Mes_Niv	variable	Détection déversement en Seine
Dem1Rff	Débit (l/s)	D-Bug_Rff_Fil1_Deb_Niv	variable	Contrôle débit des pompes et asservissement préleveur
Dem2Rff	Débit (l/s)	D-Bug_Rff_Fil2_Deb_Niv	variable	Contrôle débit des pompes et asservissement préleveur

3.1.1.3 Filtre planté

Pour rappel, le filtre planté est composé de deux compartiments :

- le compartiment F1 est constitué d'un substrat de filtration sableux ;
- le compartiment F2 est constitué d'un substrat de filtration intégrant le matériau adsorbant Rainclean®.

Lors de l'étude initiale, l'instrumentation préconisée était la suivante :

- 3 profils verticaux, par compartiment, de sondes de teneur en eau réparties selon la profondeur :
 - couche de sable en surface (0-10 cm) ;
 - couche de matériau adsorbant (F2) ou de sable (F1) à 30 cm de profondeur ;
 - couche de transition à 45 cm de profondeur.
- 3 capteurs piézométriques (entrée-milieu-sortie) par compartiment (F1, F2 et ECP) avec pilotage du poste de refoulement et gestion des bâchées par celui situé en sortie ;
- 1 capteur piézométrique par bonde de sortie afin de calculer le débit de sortie de chaque compartiment par l'intermédiaire d'une loi de type orifice calibré.

L'ensemble de ces préconisations a été repris dans le CTTT à l'exception des capteurs piézométriques dédiés au compartiment ECP, ce dernier n'étant pas retenu dans le CTTT.

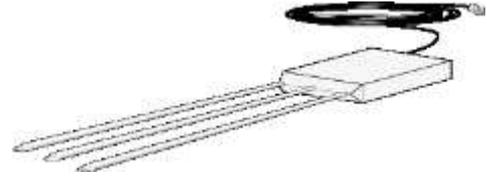
Par ailleurs, les capteurs situés dont les bondes de sortie ont été doublés dans le CCTP. De plus, deux capteurs de détection de remplissage en entrée des compartiments F1 et F2 ont été ajoutés dans les fosses de dispersion.

Lors de la phase travaux, ces deux capteurs de remplissage ont été remplacés par deux capteurs piézométriques. La position des capteurs de teneurs en eau les plus profonds a également été modifiée afin de tenir compte du changement de granulométrie des matériaux composant la couche de transition.

L'ensemble du matériel mis en place en définitive est précisé dans le Tableau 5.

Tableau 5 : caractéristiques du matériel implanté dans les compartiments du filtre planté.

Modèle du matériel	Caractéristiques	Localisation
 <p>Centrale d'acquisition - CR800 – CAMPBELL SCIENTIFIC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Exactitude de mesure : $\pm 0,06\%$ de lecture + offset de 0° à 40°C • Vitesse de scrutation maximale : 100Hz • Température de fonctionnement - 25° à $+50^\circ\text{C}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 dans l'armoire située dans la première partie du chemin périphérique du filtre

 <p>Réflectomètre - TDR200 – CAMPBELL SCIENTIFIC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gamme de mesure : <ul style="list-style-type: none"> ○ 0 à 3800 m (distance) ○ 0 à 27,75µs (temps) • Temps de réponse : <85 ps • Durée de l'impulsion : 25,5 µs • Température de fonctionnement :- 40° à +85 °C 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 dans l'armoire située au milieu du chemin périphérique du filtre • 1 dans l'armoire située dans la première partie du chemin périphérique du filtre
 <p>Multiplexeur - SDM8X50 – CAMPBELL SCIENTIFIC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Température de fonctionnement : 25° à +50 °C 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 dans l'armoire située au milieu du chemin périphérique du filtre • 2 dans l'armoire située dans la première partie du chemin périphérique du filtre
 <p>Sonde de teneur en eau - CS610 – CAMPBELL SCIENTIFIC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plage de mesure : 0 à 100% • Précision : ? 	<p><u>Compartiments F1 et F2:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 profils à l'entrée • 1 profil au milieu • 1 profil à la sortie <p><u>Chaque profil du compartiment F1 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 sonde à 5 cm (sable fin) • 1 sonde à 20 cm (sable fin) • 1 sonde à 35 cm (sable fin) <p><u>Chaque profil du compartiment F2:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 sonde à 5 cm (sable fin) • 1 sonde à 20 cm (Rain Clean) • 1 sonde à 35 cm (sable fin)

 <p>Capteur piézométrique - Unik 5000 0-1m - BAKER HUGUES GE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plage de mesure : 0-1m • Précision : 0,2% de la plage de mesure soit : 2mm • Plage de compensation en température : -10°C à +50°C 	<p><u>Compartiments F1 et F2 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 ouvrage de dispersion
 <p>Capteur piézométrique - Unik 5000 0-2m - BAKER HUGUES GE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plage de mesure : 0-2m • Précision : 0,2% de la plage de mesure soit : 4mm • Plage de compensation en température : -10°C à +50°C 	<p><u>Compartiments F1 et F2:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 dans la partie amont des compartiments • 1 en milieu de compartiment • 1 dans la partie aval du compartiment • 2 dans la bonde de sortie du compartiment

Les partenaires ont échangé avec l'entreprise titulaire du marché et son sous-traitant pour définir un protocole satisfaisant (résultant d'un compromis entre les besoins des partenaires et de la faisabilité tant technique et financière du titulaire du marché et de son sous-traitant) afin de calibrer les sondes de teneur en eau. Le protocole de calibration retenu est annexé au présent document. Deux courbes de calibration des sondes de teneur en eau définies pour chaque type de sol (le sable fin et le Rain Clean) ont été fournies par l'entreprise. Ces courbes sont présentées sur les Figure 4 et Figure 5. Les coefficients des formules linéaires ont été intégrés dans le programme de la CR800.

Les partenaires ont assisté à la mise en place des premières sondes de teneur en eau les 08 et 09 juillet 2019.

La mise en œuvre des sondes piézométriques a été réalisée exclusivement sous le contrôle de la Ville de Paris. Les partenaires ont été sollicités pour participer à l'agrément des fiches associées aux capteurs. Ils ont notamment demandé la mise en place de capteurs piézométriques plus précis mais le surcoût engendré a été jugé trop important.

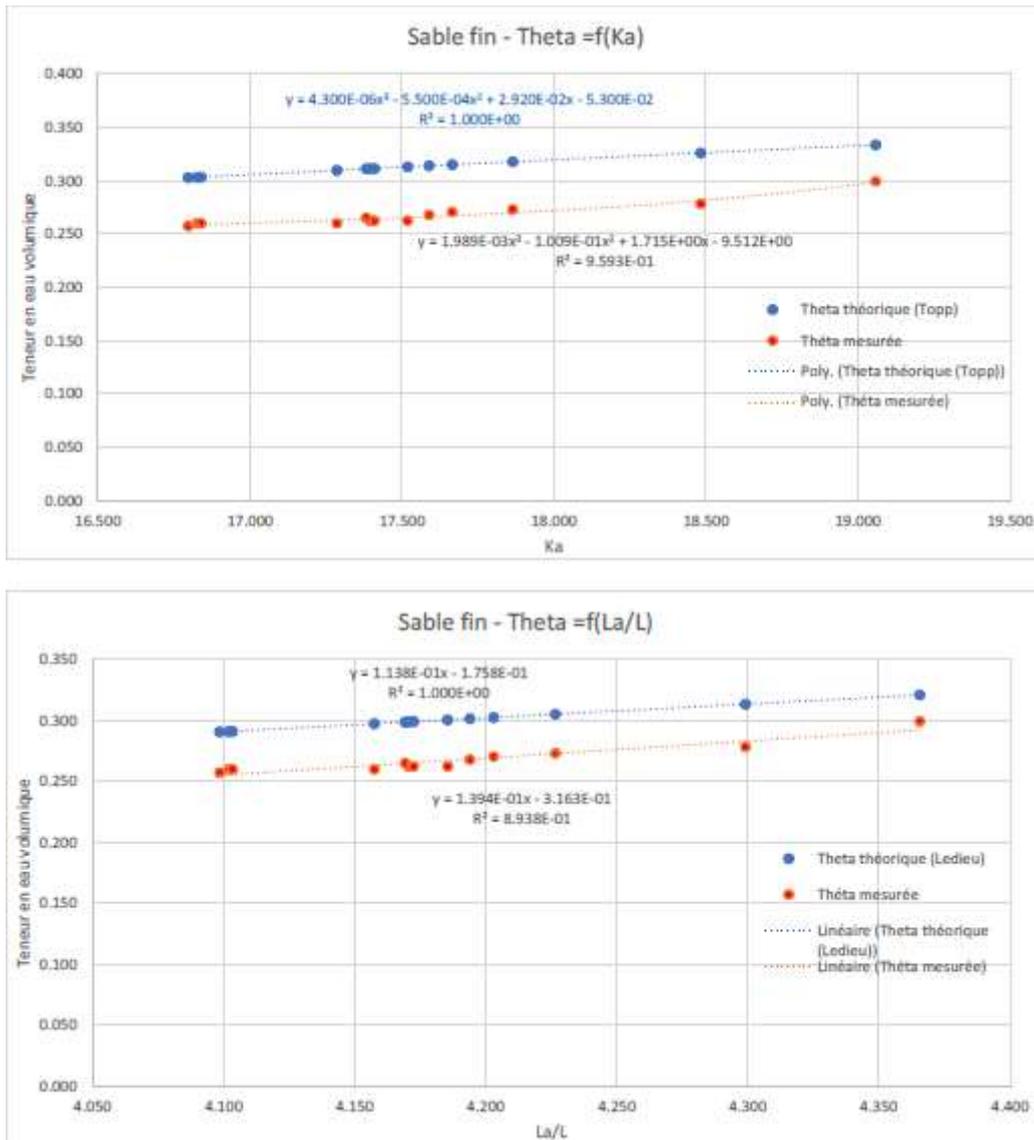


Figure 4 : courbe de calibration des sondes pour le sable fin.

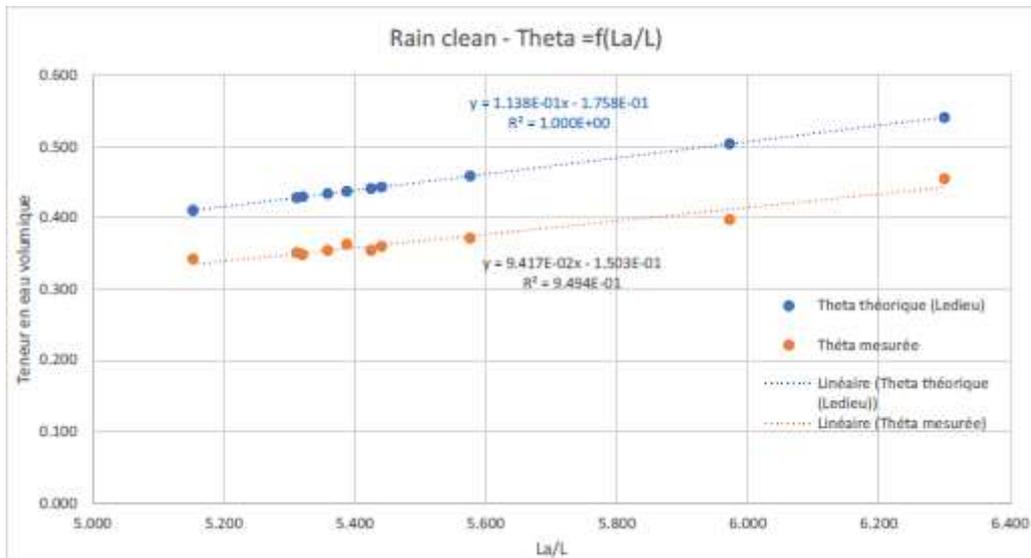
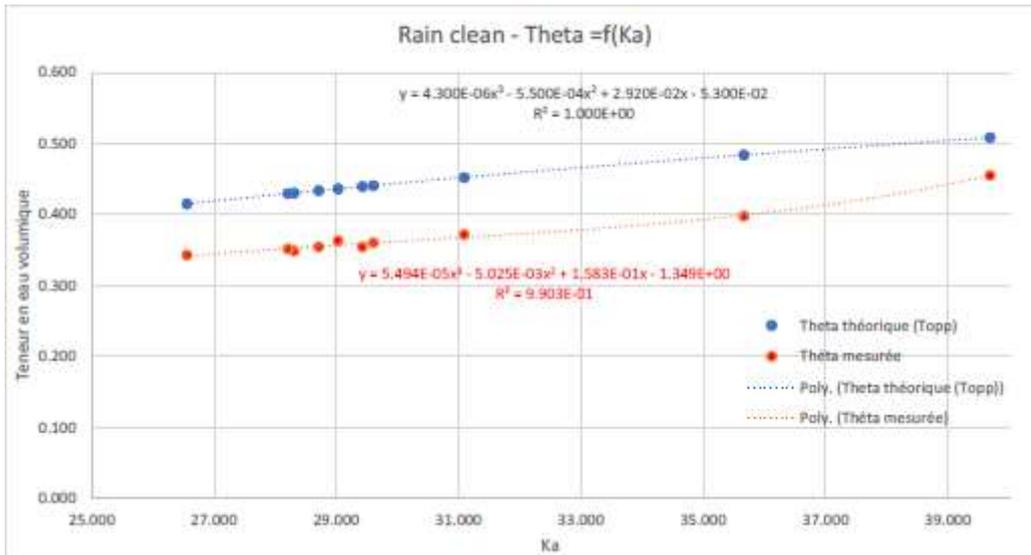


Figure 5 : courbe de calibration des sondes pour le rainclean.

De même, l'entreprise a fourni la relation hauteur/débit permettant de calculer les débits des orifices des compartiments à partir des mesures des capteurs piézométriques situés dans les bondes de sortie. Cette courbe est présentée sur la Figure 6. Cette courbe devait initialement faire l'objet d'une validation sur site qui n'a pour l'instant pas été réalisée.

$$Q_{\text{écoulé}} = 0,6 * \pi * \frac{D_{\text{orifice}}^2}{4} * \sqrt{2 * g * (Z_{\text{bonde}} - 35,13 + \frac{D_{\text{orifice}}}{2})}$$

Avec :

- $D_{\text{orifice}} = 0,11\text{m}$
- Z_{bonde} = niveau d'eau dans la bonde de sortie (à exprimer en mNGF)
- 35,13 mNGF correspond au fil d'eau de l'orifice calibré de rejet en sortie de filtre
- $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

Unité de Q écoulé : m³/s.

Figure 6 : relation hauteur/débit des orifices.

La position des capteurs de suivi hydraulique des deux compartiments du filtre planté est précisée sur la Figure 7.

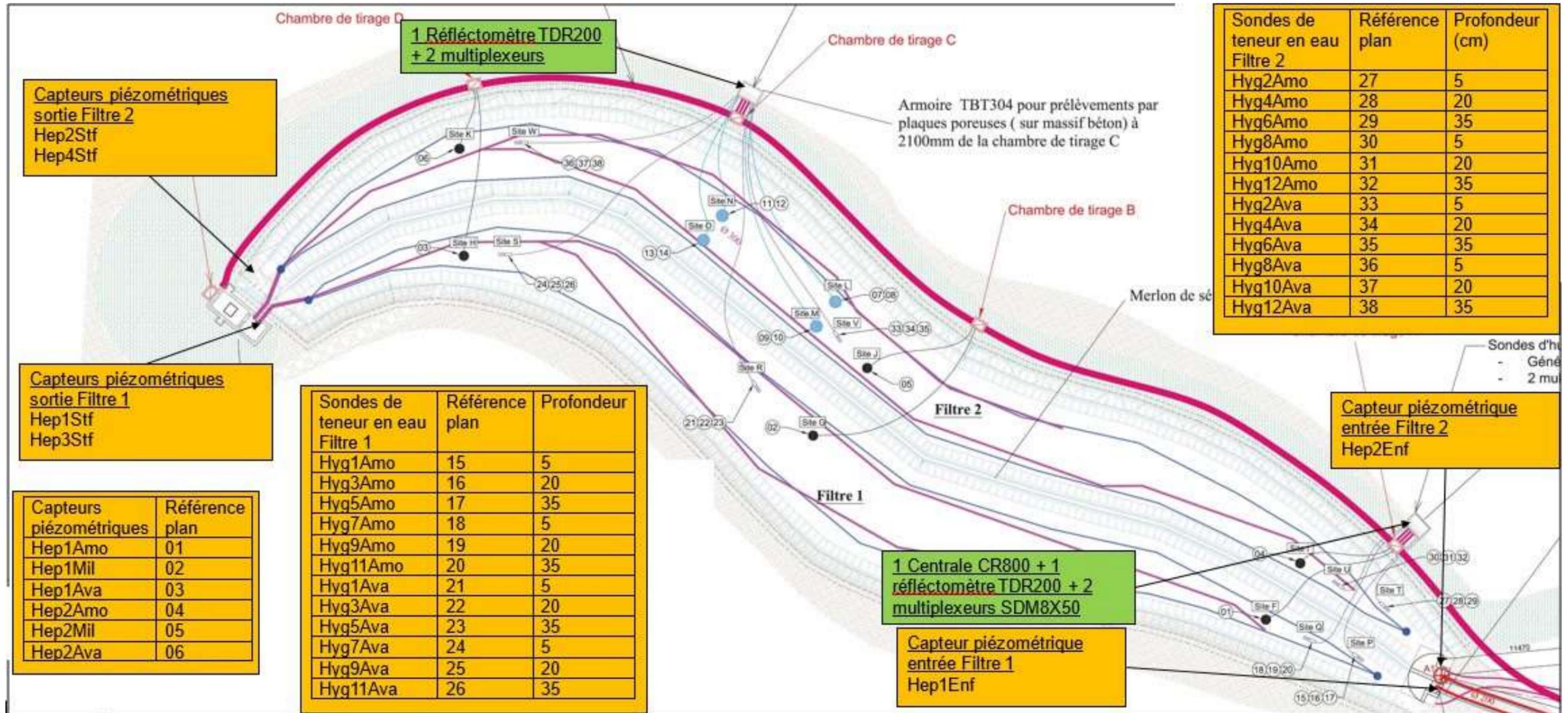


Figure 7 : implantation des capteurs (identifiés selon les références figurant dans l'analyse fonctionnelle) de mesures hydrauliques du filtre planté.

Les variables enregistrées par les différents capteurs, nécessaires au suivi hydrique des compartiments du filtre, sont précisées dans le Tableau 6.

Tableau 6 : liste des données enregistrées nécessaires au suivi hydraulique du filtre planté. Les références « capteur » sont celles indiquées dans l'analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR (la correspondance entre le modèle de capteur et le nom du capteur est précisé sur la Figure 7).

Nom du capteur	Grandeur mesurée (unité)	Variable	Pas de temps d'acquisition	Utilisation
Hyg1Amo	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Am1_Niv	variable	Teneur en eau (TE) aval ouvrage de dispersion F1 à – 5 cm
Hyg3Amo	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Am3_Niv	variable	TE aval ouvrage de dispersion F1 à – 20 cm
Hyg5Amo	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Am5_Niv	variable	TE aval ouvrage de dispersion F1 à – 35 cm
Hyg7Amo	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Am7_Niv	variable	TE amont F1 à – 5 cm
Hyg9Amo	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Am9_Niv	variable	TE amont F1 à – 20 cm
Hyg11Amo	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_AmB_Niv	variable	TE amont F1 à – 35 cm
Hyg1Ava	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Av1_Niv	variable	TE milieu F1 à – 5 cm
Hyg3Ava	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Av3_Niv	variable	TE milieu F1 à – 20 cm
Hyg5Ava	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Av5_Niv	variable	TE milieu F1 à – 35 cm
Hyg7Ava	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Av7_Niv	variable	TE aval F1 à – 5 cm
Hyg9Ava	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Av9_Niv	variable	TE aval F1 à – 20 cm
Hyg11Ava	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_AvB_Niv	variable	TE aval F1 à – 35 cm
Hyg2Amo	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Am2_Niv	variable	TE aval ouvrage de dispersion F2 à – 5 cm
Hyg4Amo	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Am4_Niv	variable	TE aval ouvrage de dispersion F2 à – 20 cm

Hyg6Amo	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Am6_Niv	variable	TE aval ouvrage de dispersion F2 à – 35 cm
Hyg8Amo	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Am8_Niv	variable	TE amont F2 à – 5 cm
Hyg10Amo	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_AmA_Niv	variable	TE amont F2 à – 20 cm
Hyg12Amo	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_AmC_Niv	variable	TE amont F2 à – 35 cm
Hyg2Ava	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Av2_Niv	variable	TE milieu F2 à – 5 cm
Hyg4Ava	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Av4_Niv	variable	TE milieu F2 à – 20 cm
Hyg6Ava	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Av6_Niv	variable	TE milieu F2 à – 35 cm
Hyg8Ava	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_Av8_Niv	variable	TE aval F2 à – 5 cm
Hyg10Ava	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_AvA_Niv	variable	TE aval F2 à – 20 cm
Hyg12Ava	Teneur en eau (%)	D-Bug_Loc_Hyg1_AvC_Niv	variable	TE aval F2 à – 35 cm
Hep1Enf	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Enf_Hep1_Mes_Niv	variable	Détection remplissage F1
Hep2Enf	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Enf_Hep2_Mes_Niv	variable	Détection remplissage F2
Hep1Amo	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Amo_Hep1_Mes_Niv	variable	Calcul hauteur de charge amont F1
Hep1Mil	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Mil_Hep1_Mes_Niv	variable	Calcul hauteur de charge milieu F1
Hep1Ava	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Ava_Hep1_Mes_Niv	variable	Calcul hauteur de charge aval F1
Hep2Amo	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Amo_Hep2_Mes_Niv	variable	Calcul hauteur de charge amont F2
Hep2Mil	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Mil_Hep2_Mes_Niv	variable	Calcul hauteur de charge milieu F2
Hep2Ava	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Ava_Hep2_Mes_Niv	variable	Calcul hauteur de charge aval F2

Hep1Stf	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Stf_Hep1_Mes_Niv	variable	Calcul débit orifice F1
Hep3Stf	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Stf_Hep3_Mes_Niv	variable	Calcul débit orifice F1
Hep2Stf	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Stf_Hep2_Mes_Niv	variable	Calcul débit orifice F2
Hep4Stf	Hauteur d'eau (cm)	D-Bug_Stf_Hep4_Mes_Niv	variable	Calcul débit orifice F2

3.1.2 Mesures qualitatives

3.1.2.1 Réseau amont P115

Aucune instrumentation dédiée à la mesure qualitative en continu n'est prévue en ce point.

3.1.2.2 Déversoir Bugeaud et station de pompage

Lors de l'étude initiale, il était préconisé par les partenaires Life Adsorb la mise en place :

- de sondes multiparamètres (turbidité, pH, conductivité électrique, potentiel redox...) afin de caractériser la qualité des eaux alimentant les compartiments F1 et F2 ;
- d'une sonde de turbidité afin de permettre de séparer les eaux de temps sec et de temps de pluie et de pouvoir les orienter vers le compartiment dédié (ECP ou F1 et/ou F2).

Ces éléments ont été repris au CCTP. Un détecteur d'hydrocarbure a également été ajouté au CCTP.

L'ensemble des sondes a été mis en place lors de la phase travaux.

Les principales caractéristiques du matériel retenu sont rappelées dans le Tableau 7.

Tableau 7 : caractéristiques du matériel de suivi qualitatif implanté à la station de pompage.

Modèle du matériel	Caractéristiques	Localisation
 <p>Centrale de mesure - Liquiline CM448 – ENDRESS HAUSER</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 6 entrées capteurs + 2 sorties TOR pour pilotage des nettoyeurs ultrasons • Température de stockage : -40 à +80°C • Humidité relative : 10 à 95% 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 dans la bache de pompage

 <p>Sonde PH et Redox - Memosens CPS16D - ENDRESS HAUSER</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gamme de mesure : <ul style="list-style-type: none"> ○ 1-12 (PH) ○ -1500-1500mV (redox) ○ -15 à 80°C (température) 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 sur la conduite de refoulement vers F1 • 1 sur la conduite de refoulement vers F2
 <p>Sonde conductivité - Memosens CLS82D – ENDRESS HAUSER</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gamme de mesure : <ul style="list-style-type: none"> ○ 1μS/cm à 500mS/cm (conductivité) ○ -5 à 120 °C (température) • Erreur de mesure maximale : <4% 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 sur la conduite de refoulement vers F1 • 1 sur la conduite de refoulement vers F2

 <p>Sonde de turbidité - Memosens CUS52D – ENDRESS HAUSER</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gamme de mesure : <ul style="list-style-type: none"> ○ 0 à 4000 NTU (turbidité) ○ -20 à +85 °C (température) • Erreur de mesure : 2% ± 0,001 NTU 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 sur la conduite de refoulement vers F1 • 1 sur la conduite de refoulement vers F2
 <p>Transmetteur d'analyses DIQ/S 282 – EF pour capteurs IQ</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2 Entrées capteurs IQ 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 dans la bêche de pompage
 <p>Sonde de turbidité – WTW VISIOTURB 700 IQ (à gauche)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gamme de mesure : <ul style="list-style-type: none"> ○ 0.05 à 4000 FNU (FNU) (turbidité) ○ 0 à +60 °C (température) • Erreur de mesure : < 1% (jusqu'à 2000 FNU) 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 dans la bêche de pompage

 <p>Détecteur optique d'hydrocarbure – LDI ROW - COMETEC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilité : film > 1µm 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 en amont du dégrilleur
---	---	--

Le contrôle de l'instrumentation du filtre planté a été fait exclusivement par la Ville de Paris. Les partenaires se sont prononcés sur les fiches d'agrément des capteurs.

L'implantation des capteurs de suivi hydraulique de la station de pompage est précisée sur la Figure 8.

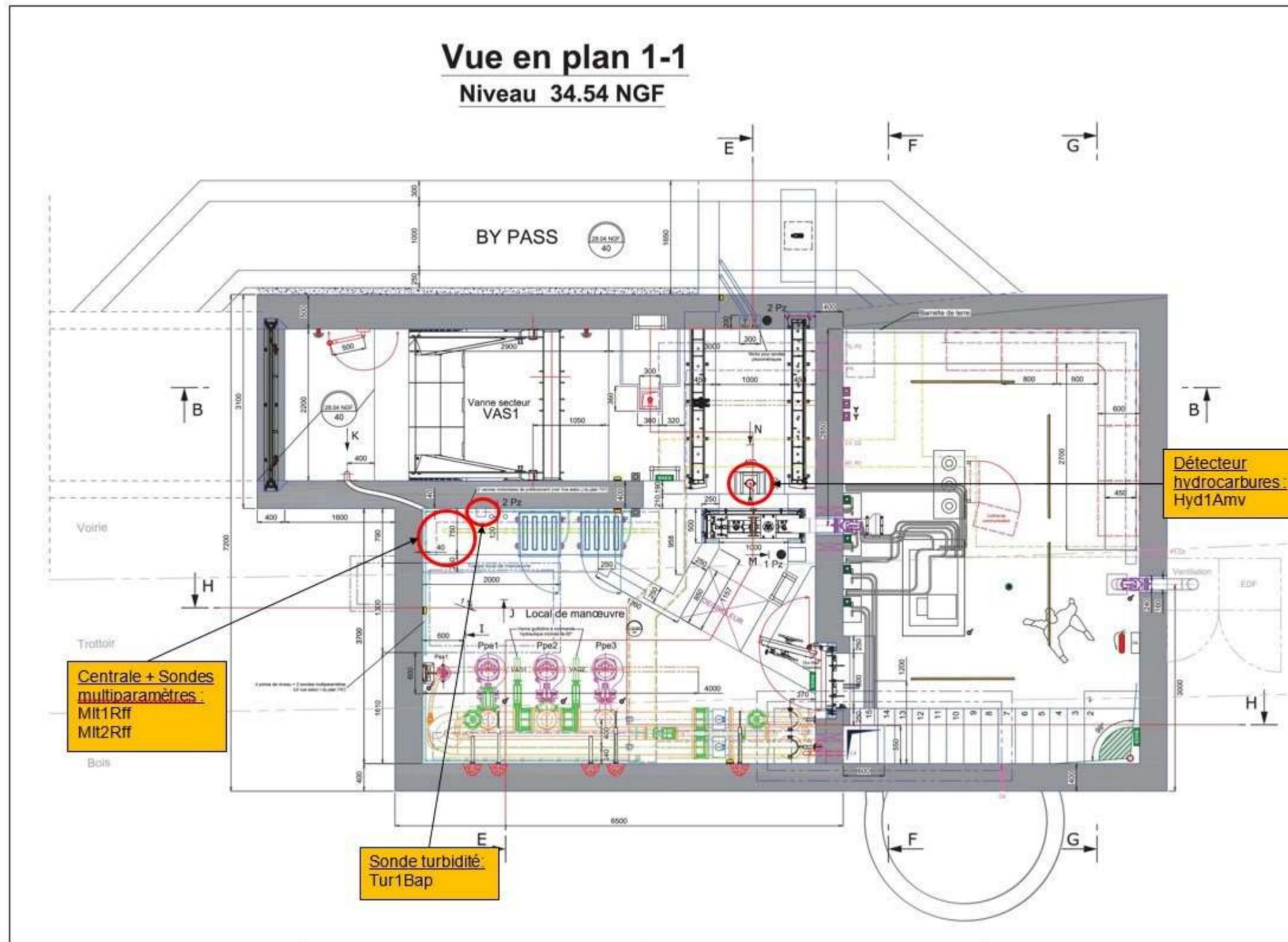


Figure 8 : implantation du matériel de mesures qualitatives de la station de pompage.

Tableau 8 : liste des données enregistrées nécessaires au suivi qualitatif de la station de pompage. Les références « capteur » sont celles indiquées dans l'analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR (la correspondance entre le modèle de capteur et le nom du capteur est précisé sur la Figure 9).

Nom du Capteur	Etat/Grandeur mesurée (unité)	Variable	Pas de temps d'acquisition	Utilisation
Mlt1Rff	pH	D-Bug_Rff_Fil1_PhM_Niv	Variable	pH eau amont F1
Mlt1Rff	Potentiel Redox (mV)	D-Bug_Rff_Fil1_Rox_Niv	Variable	Potentiel Redox eau amont F1
Mlt1Rff	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	D-Bug_Rff_Fil1_Cnd_Niv	Variable	Conductivité eau amont F1
Mlt1Rff	Turbidité (NTU)	D-Bug_Rff_Fil1_Tur_Niv	Variable	Turbidité eau amont F1
Mlt2Rff	Ph	D-Bug_Rff_Fil2_PhM_Niv	Variable	Ph eau amont F2
Mlt2Rff	Potentiel Redox (mV)	D-Bug_Rff_Fil2_Rox_Niv	Variable	Potentiel Redox eau amont F2
Mlt2Rff	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	D-Bug_Rff_Fil2_Cnd_Niv	Variable	Conductivité eau amont F2
Mlt2Rff	Turbidité (NTU)	D-Bug_Rff_Fil2_Tur_Niv	Variable	Turbidité eau amont F2
Hyd1Amv	Concentration hydrocarbures (ppm)	D-Bug_Amv_Hyd1_Mes_Niv	Variable	Détecter la présence d'hydrocarbures
Tur1Bap	Turbidité (NTU)	D-Bug_Bap_Tur1_Mes_Niv	Variable	Turbidité dans la bache de pompage

3.1.2.3 Filtre planté

Lors de l'étude initiale, les partenaires avaient recommandé le matériel suivant :

- des sondes multiparamètres (turbidité, pH, conductivité électrique, potentiel redox...) dans la bonde de sortie de chaque compartiment.

L'ensemble de ces éléments a été défini dans le CTPP puis mis en place lors de la phase travaux.

Le Tableau 9 présente les caractéristiques du matériel retenu.

Tableau 9 : caractéristiques du matériel de suivi qualitatif implanté dans le filtre planté.

Modèle du matériel	Caractéristiques	Localisation
	<ul style="list-style-type: none"> 6 entrées capteurs + 2 sorties TOR pour pilotage des nettoyeurs ultrasons Température de stockage : -40 à 	<ul style="list-style-type: none"> 1 dans l'ouvrage de sortie du filtre

 <p>Centrale de mesure - Liquiline CM448 – ENDRESS HAUSER</p>	<p>+80°C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humidité relative : 10 à 95% 	
 <p>Sonde PH et Redox - Memosens CPS16D - ENDRESS HAUSER</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gamme de mesure : <ul style="list-style-type: none"> ○ 1-12 PH ○ -1500-1500mV redox ○ -15 à 80°C température 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 dans la bonde de sortie du compartiment F1 • 1 dans la bonde de sortie du compartiment F2
	<ul style="list-style-type: none"> • Gamme de mesure : <ul style="list-style-type: none"> ○ 1µS/cm à 500mS/cm (conductivité) ○ -5 à 120 °C (température) • Erreur de mesure maximale : <4% 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 dans la bonde de sortie du compartiment F1 • 1 dans la bonde de sortie du compartiment F2

 <p>Sonde conductivité - Memosens CLS82D – ENDRESS HAUSER</p>		
 <p>Sonde de turbidité type Memosens CUS52D – ENDRESS HAUSER</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gamme de mesure : <ul style="list-style-type: none"> ○ 0 à 4000 NTU (turbidité) ○ -20 à +85 (température) • Erreur de mesure : 2% ±0,001 NTU 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 dans la bonde de sortie du compartiment F1 • 1 dans la bonde de sortie du compartiment F2

La mise en place des capteurs a été fait sous le contrôle de la Ville de Paris. Les partenaires ont validé les différentes fiches d'agrément.

La localisation des capteurs de mesures qualitatives décrits ci-avant est présentée sur la Figure 9.

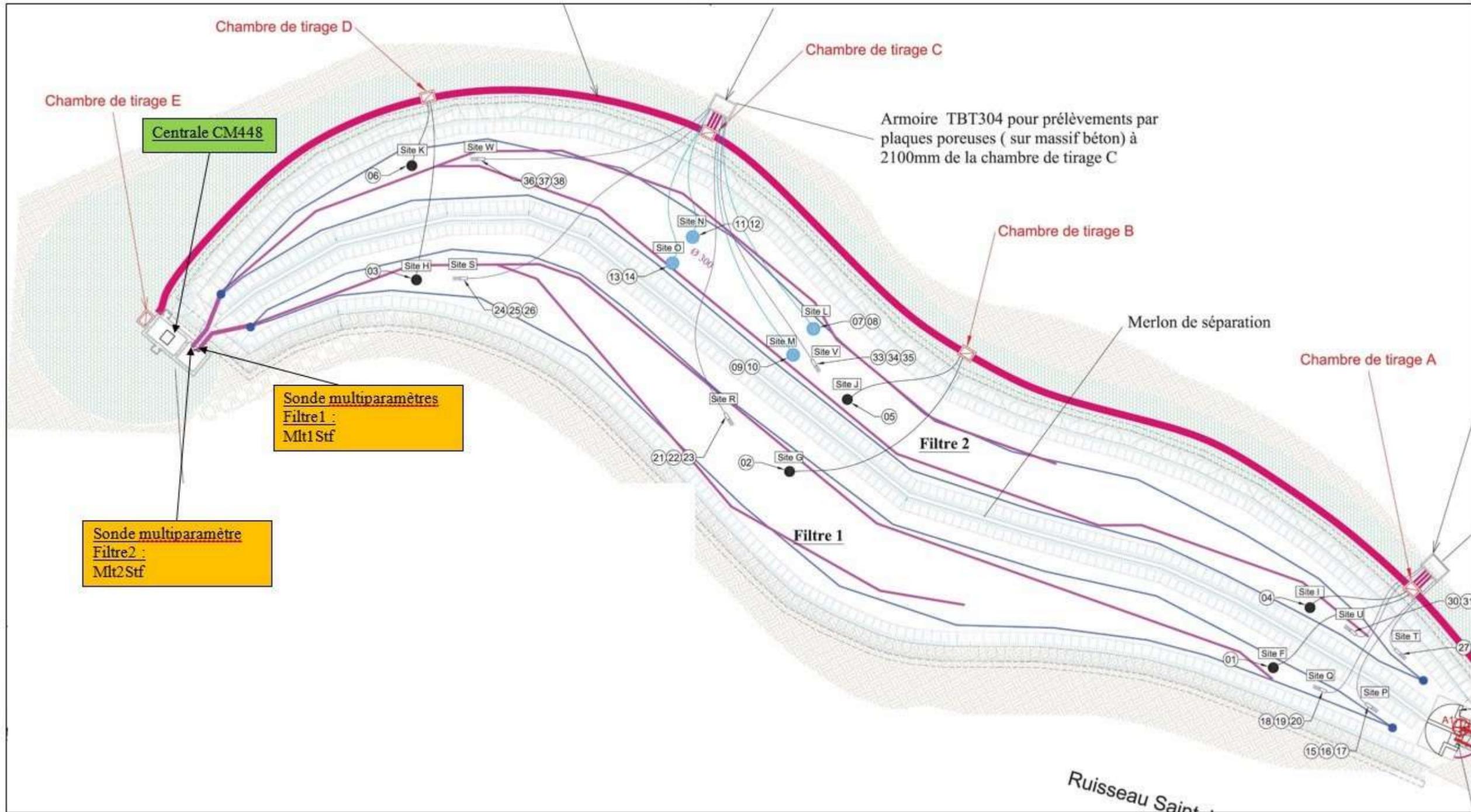


Figure 9 : implantation des capteurs de mesures qualitatives du filtre planté.

Les variables enregistrées par les différents capteurs de mesures qualitatives du filtre planté sont précisées dans le Tableau 10.

Tableau 10 : liste des données enregistrées nécessaires au suivi qualitatif du filtre planté. Les références « capteur » sont celles indiquées dans l'analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR.

Nom du capteur	Etat/Grandeur mesurée (unité)	Variable	Pas de temps d'acquisition	Utilisation de la variable
Mlt1Stf	pH	Mlt1StfAcdM	Variable	pH eau amont F1
Mlt1Stf	Potentiel Redox (mV)	Mlt1StfRoxM	Variable	Potentiel Redox eau amont F1
Mlt1Stf	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Mlt1StfCndM	Variable	Conductivité eau amont F1
Mlt1Stf	Turbidité (NTU)	Mlt1StfTurM	Variable	Turbidité eau amont F1
Mlt2Stf	pH	Mlt2StfAcdM	Variable	pH eau amont F2
Mlt2Stf	Potentiel Redox (mV)	Mlt2StfRoxM	Variable	Potentiel Redox eau amont F2
Mlt2Stf	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Mlt2StfCndM	Variable	Conductivité eau amont F2
Mlt2Stf	Turbidité (NTU)	Mlt2StfTurM	Variable	Turbidité eau amont F2

3.2 Matériel de prélèvement

3.2.1 Réseau amont P115

Lors de l'étude initiale, il était préconisé par les partenaires Life, la mise en place d'un dispositif de prélèvement composé de deux préleveurs portables. Un équipé d'un flacon en verre dédié aux micropolluants organiques et un autre équipé d'un flacon en plastique dédié aux paramètres globaux et aux micropolluants métalliques. Les tuyaux de prélèvements recommandés étaient en téflon.

Bien que le CCTP n'indiquait le besoin que d'un seul préleveur, suite aux échanges avec les partenaires les préconisations initiales ont été reprises.

Les principales caractéristiques du matériel retenu sont rappelées dans le Tableau 11.

Tableau 11 : caractéristiques du matériel de suivi qualitatif implanté au P115.

Modèle de préleveur	Caractéristiques	Localisation
 <p>Préleveur portable réfrigéré monoflacon - SIGMA AS950 – HACH-LANGE</p>	<p>Système de prélèvement par pompe péristaltique AS950</p> <p>Réfrigéré avec alimentation 230V CA</p> <p>1 x entrée TOR de top prélèvement</p> <p>Volume d'échantillon réglable 10 – 10000 ml</p> <p>Prise USB permettant de programmer ou de récupérer les données</p> <p>Tuyau d'aspiration : polyéthylène revêtu de téflon/vinyle</p> <p>2 x flacon 25 L PE + 2 x flacon 19L verre</p>	<p>2 dans le regard du P115</p>

Le contrôle de l'instrumentation de ce point de mesure amont a été fait par la Ville de Paris. Les partenaires se sont prononcés sur la fiche d'agrément des préleveurs. L'instrumentation de ce point est conforme aux préconisations des partenaires et n'apportent pas de remarques particulières.

Les variables enregistrées par le préleveur et nécessaires au suivi qualitatif du réseau amont P115 sont précisées dans le Tableau 12.

Tableau 12 : liste des données enregistrées nécessaires au suivi qualitatif du P115. Les références « capteur » ont été désignées arbitrairement car non disponibles dans l'analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR.

Nom du préleveur	Grandeur mesurée (unité)	Variable	Informations transmises	Destination
Pr11P115	Nombre de prélèvements réalisés	P-115_Loc_Prl1_Fct_Nbr	Etat préleveur à vidanger quand variable de vidange indiquant la fin de pluie ou le flacon plein passe à 1	Cumul des prélèvements verre

Prl2P115	Nombre de prélèvements réalisés	P-115_Loc_Prl2_Fct_Nbr	Etat préleveur à vidanger quand variable de vidange indiquant la fin de pluie ou le flacon plein passe à 1	Cumul des prélèvements plastique
----------	---------------------------------	------------------------	--	----------------------------------

3.2.2 Déversoir d'orage Bugeaud et station de pompage

Lors de l'étude initiale, il était préconisé par les partenaires Life Adsorb la mise en place d'un dispositif de prélèvement composé de deux préleveurs fixes capables de prélever sous pression. Un équipé d'un flacon en verre dédié aux micropolluants organiques et un autre équipé d'un flacon en plastique dédié aux paramètres globaux et aux micropolluants métalliques. Les tuyaux de prélèvements recommandés étaient en téflon. Les préleveurs seraient asservis aux capteurs débitmétriques et de manière alternative pourraient l'être à partir du temps de fonctionnement des pompes.

Ces éléments ont été repris au CCTP.

Tous les préleveurs ont été mis en place lors de la phase travaux. Seuls les tuyaux ne sont pas en téflon mais en PVC. Cependant la longueur du tuyau est très courte entre le système de bypass/vase de prélèvement.

Les principales caractéristiques du matériel retenu sont rappelées dans le Tableau 13.

Tableau 13 : caractéristiques du matériel de prélèvement implanté à la station de pompage.

Modèle de préleveur	Caractéristiques	Localisation
 <p>Préleveur fixe réfrigéré monoflacon - BU4011 - HACH-LANGE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Système de prélèvement by-pass pour conduite en hauteur ou sous pression (débit d'éch 4-20 L/min) sur impulsion contact sec • Réfrigéré et thermostaté groupe protégé époxy anti-corrosion • Temp 4°C réglable et ajustable • Avec tuyau d'aspiration 7,5 m (PVC, ID 12mm) • Prise RS 232 • 1 ETOR top prélèvement • 1 STOR synthèse défaut • Volume de prélèvement réglable 20 - 250 ml • 2 x flacon 25 L PE + 2 x flacon 20L verre 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 dans la station de pompage.

Le suivi de l'instrumentation de ce point de mesure sur le site a été fait par la Ville de Paris. Les partenaires se sont prononcés sur les fiches d'agrément des préleveurs et du matériel associé.

La localisation des capteurs et des préleveurs décrit ci-avant est présentée sur la Figure 10.

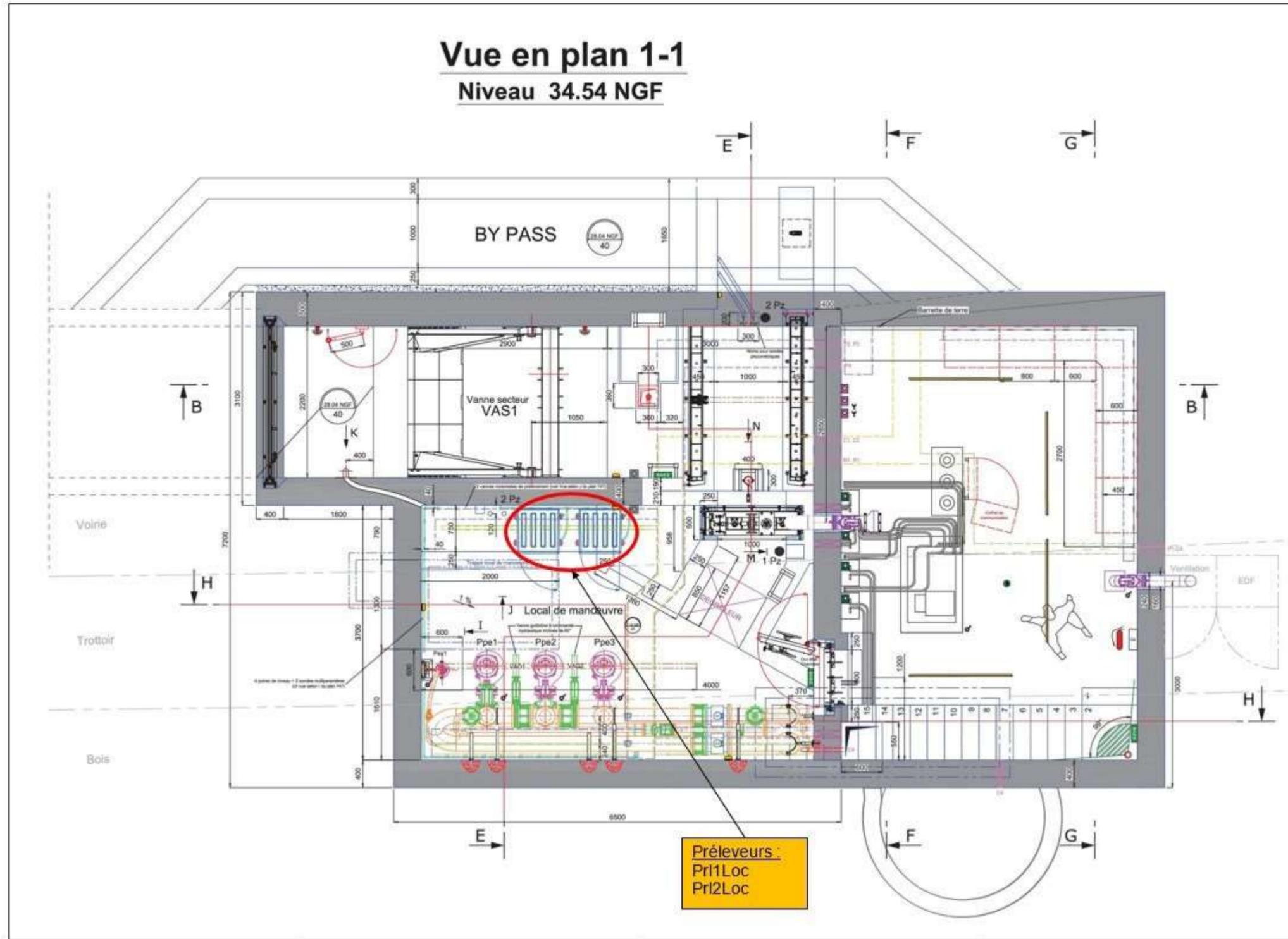


Figure 10 : implantation des préleveurs de la station de pompage.

Les variables enregistrées par les différents capteurs et préleveurs et nécessaires au suivi qualitatif de la station de pompage sont précisées dans le Tableau 14 : liste des données enregistrées nécessaires au prélèvement des eaux en sortie de la station de pompage. Les références « capteur » sont celles indiquées dans l'analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR (la correspondance entre le modèle de capteur et le nom du capteur est précisé sur la Figure 10).

Tableau 14 : liste des données enregistrées nécessaires au prélèvement des eaux en sortie de la station de pompage. Les références « capteur » sont celles indiquées dans l'analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR (la correspondance entre le modèle de capteur et le nom du capteur est précisé sur la Figure 10).

Nom du préleveur	Etat/Grandeur mesurée (unité)	Variable	Pas de temps d'acquisition	Utilisation
Pr1Loc	Vanne ouvert oui/non	D_Bug_Rff_Vpr1_Fct_Ouv	Quand Pr1LocMarS passe à 1	Savoir si vanne F1 ouvert (sinon vanne F2 ouvert par défaut)
Pr1Loc	Cumul prélèvement	D_Bug_Rff_Plv1_Fct_Nbr	Quand Pr1VidS passe à 1	Calcul volume dans le flacon en verre
Pr2Loc	Vanne ouvert oui/non	D_Bug_Rff_Vpr2_Fct_Ouv	Quand Pr2LocMarS passe à 1	Savoir si vanne F2 ouvert (sinon vanne F1 ouvert par défaut)
Pr2Loc	Cumul prélèvement	D_Bug_Rff_Plv2_Fct_Nbr	Quand Pr2VidS passe à 1	Calcul volume dans le flacon en plastique

Pr1LocMarS et Pr2LocMarS : variables indiquant l'état de marche/arrêt du préleveur.

Pr1LocVidS et Pr2LocVidS : téléalarmes indiquant que le préleveur est à vidanger (fin de la pluie ou flacon plein)

3.2.3 Filtre planté

Lors de l'étude initiale, les partenaires avaient recommandé le matériel suivant :

- 8 plaques poreuses reliées à une pompe à vide. 4 en verre pour les micropolluants organiques et 4 en plastique pour les éléments traces métalliques. Ces plaques ne seront installées que dans le filtre avec le Rainclean (filtre 2). La pompe pourrait être asservie aux mesures d'humidité ou au fonctionnement de la pompe d'alimentation du filtre ;
- un dispositif de prélèvement composé de deux préleveurs fixes en sortie de filtre. Un équipé d'un flacon en verre dédié aux micropolluants organiques et un autre équipé d'un flacon en plastique dédié aux paramètres globaux et aux micropolluants métalliques. Les tuyaux de prélèvements seront recommandés en téflon. Les préleveurs seraient asservis aux capteurs débitmétriques et de manière alternative pourraient l'être à partir du temps de fonctionnement des pompes ;
- des sondes multiparamètres (turbidité, pH, conductivité électrique, potentiel redox...) dans la bonde de sortie de chaque compartiment.

L'ensemble de ces éléments a été défini dans le CTTTP puis mis en place lors de la phase travaux. Le Tableau 15 présente les caractéristiques du matériel retenu.

Tableau 15 : caractéristiques du matériel de prélèvement des eaux implanté dans le filtre planté et en sortie du filtre.

Modèle du matériel	Caractéristiques	Localisation
 <p>Pompe à vide - ZA 12 - DVP</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pompe à piston oscillant • Pression finale : 250 mbar • Pression maximale : 1 bar • Alimentation : 230 VAC, 0.9 A • Puissance moteur : 80 W 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 dans l'armoire situé au milieu du filtre sur le chemin périphérique.
 <p>Plaque poreuse - diaphragme en polyamide – ECOTECH</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Porosité 0.45 μm • Surface de mesure 210*210mm 	<p><u>Compartiment F2 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 à 10 cm • 2 à 30 cm

 <p>Plaque poreuse - diaphragme en verre borosilicate - ECOTECH</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Porosité 1 μm • Surface de mesure diamètre 100mm 	<p><u>Compartiment F2 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 à 10 cm • 2 à 30 cm
 <p>Préleveur portable réfrigéré monoflacon - SIGMA AS950 – HACH-LANGE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Système de prélèvement par pompe péristaltique AS950 • Réfrigéré avec alimentation 230V CA • 1 x entrée TOR de top prélèvement • Tuyau d'aspiration : polyéthylène revêtu de téflon/vinyle • Volume d'échantillon réglable 10 – 10000 ml • Prise USB permettant de programmer ou de récupérer les données • - 2 x flacon 25 L PE + 2 x flacon 19L verre 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 dans l'ouvrage de sortie du filtre

Le suivi de l'instrumentation de ce point de mesure sur le site a été fait par la Ville de Paris. Les partenaires se sont prononcés sur les fiches d'agrément des préleveurs, des plaques poreuses et du matériel associé.

A la demande des partenaires, les plaques ont été nettoyées selon la procédure recommandée par le constructeur afin d'éviter une pollution liée aux résidus de fabrication. Les partenaires ont assisté à leur mise en place le 03/09/2020.

La localisation des capteurs et des préleveurs décrit ci-avant est présentée sur la Figure 11.

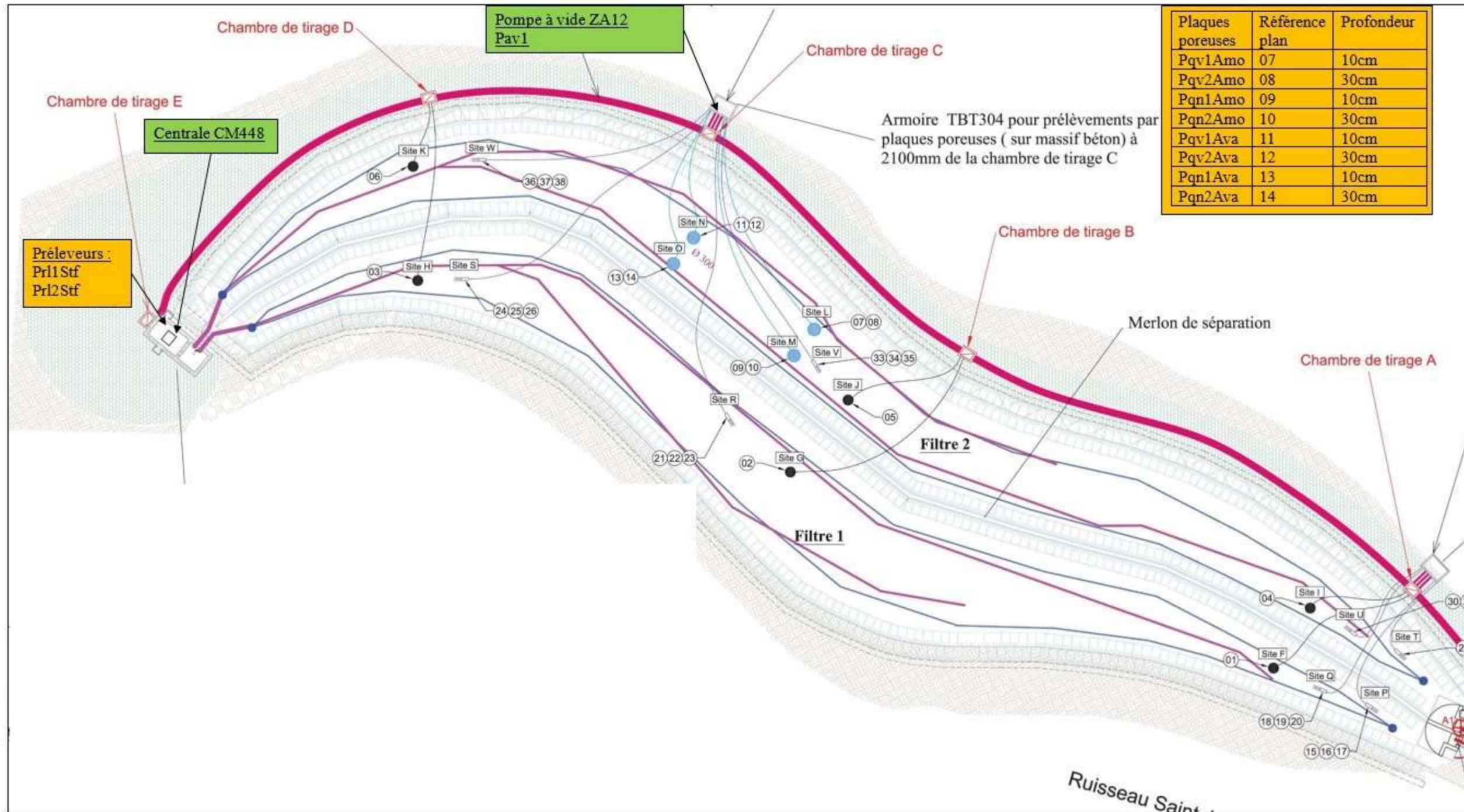


Figure 11 : implantation des préleveurs et des capteurs du filtre planté.

Les variables enregistrées par les différents capteurs et préleveurs et nécessaires au suivi qualitatif du filtre planté sont précisées dans le Tableau 16.

Tableau 16 : liste des données enregistrées nécessaires au prélèvement des eaux dans le filtre et en sortie du filtre planté. Les références capteur et variable sont celles indiquées dans l'analyse fonctionnelle (la correspondance entre le modèle de capteur et le nom du capteur est précisé sur la Figure 11).

Nom préleveur	Etat/Grandeur mesurée (unité)	Variable	Pas de temps d'acquisition	Utilisation de la variable
Pav1	Nombre de prélèvements	Pav1NbrPreM	Quand Pav1VFIDefS passe à 1	Calcul volumes des flacons
Pr11Stf	Vanne ouvert oui/non	Pr11StfVousS	Quand Pr11StfMarS passe à 1	Savoir si vanne F1 ouvert (sinon vanne F2 ouvert par défaut)
Pr11Stf	Cumul prélèvement	Pr11StfNprM	Quand Pr11StfVidS passe à 1	Calcul volume dans le flacon en verre
Pr12Stf	Vanne ouvert oui/non	Pr12StfVousS	Quand Pr12StfMarS passe à 1	Savoir si vanne F2 ouvert (sinon vanne F1 ouvert par défaut)
Pr12Stf	Cumul prélèvement	Pr12StfNprM	Quand Pr12StfVidS passe à 1	Calcul volume dans le flacon en plastique

Pr11StfMarS et Pr12StfMarS : variables indiquant l'état de marche/arrêt du préleveur.

Pav1VFIDefS, Pr11StfVidS et Pr12StfVidS : téléalarmes indiquant que le préleveur est à vidanger (fin de la pluie ou flacon plein)

4 CONCLUSION

Le présent document vise à renseigner sur l'instrumentation du démonstrateur nécessaire, au suivi du fonctionnement du filtre, à la modélisation et à l'optimisation du fonctionnement de son fonctionnement et à l'évaluation de son efficacité de dépollution.

La méthodologie présentée permet de voir les différentes étapes de la définition des besoins en instrumentation jusqu'à sa mise en place sur le site.

L'instrumentation finalement mise en place correspond en grande partie à ce qui était prévue par le CCTP. Des ajustements ont dû être réalisés par rapport à ce dernier pour des raisons de faisabilité et de coût sans que cela ne remette en cause le suivi des volumes et de la qualité de l'eau en amont, et en entrée et sortie du filtre.

L'ensemble de l'installation a été réalisé sous le contrôle de la ville de Paris après validation par les partenaires des choix techniques du matériel.

Au total 65 grandeurs sont mesurées pour suivre le comportement hydraulique du filtre et 14 points de prélèvement (6 préleveurs automatiques et 8 plaques poreuses) ont été installés.

L'ensemble des données est géré par GAASPAR, le système de gestion des données de la ville de Paris.

5 ANNEXES

5.1 Table des illustrations

5.1.1 Tableaux

Tableau 1 : caractéristiques du matériel implanté dans le regard P115. 10

Tableau 2 : liste des données enregistrées nécessaires au suivi hydraulique du P115. Les références « capteur » ont été désignées arbitrairement car non disponibles dans l’analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR 10

Tableau 3 : caractéristiques du matériel implanté dans la station de pompage 12

Tableau 4 : liste des capteurs et des données enregistrées nécessaires au suivi hydraulique de la station de pompage. Les références « capteur » sont celles indiquées dans l’analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR (la correspondance entre le modèle de capteur et le nom du capteur est précisé sur la Figure 3) 15

Tableau 5 : caractéristiques du matériel implanté dans les compartiments du filtre planté 16

Tableau 6 : liste des données enregistrées nécessaires au suivi hydraulique du filtre planté. Les références « capteur » sont celles indiquées dans l’analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR (la correspondance entre le modèle de capteur et le nom du capteur est précisé sur la Figure 7) 22

Tableau 7 : caractéristiques du matériel de suivi qualitatif implanté à la station de pompage 24

Tableau 8 : liste des données enregistrées nécessaires au suivi qualitatif de la station de pompage. Les références « capteur » sont celles indiquées dans l’analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR (la correspondance entre le modèle de capteur et le nom du capteur est précisé sur la Figure 9) 29

Tableau 9 : caractéristiques du matériel de suivi qualitatif implanté dans le filtre planté 29

Tableau 10 : liste des données enregistrées nécessaires au suivi qualitatif du filtre planté. Les références « capteur » sont celles indiquées dans l’analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR 33

Tableau 11 : caractéristiques du matériel de suivi qualitatif implanté au P115 34

Tableau 12 : liste des données enregistrées nécessaires au suivi qualitatif du P115. Les références « capteur » ont été désignées arbitrairement car non disponibles dans l’analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR 34

Tableau 13 : caractéristiques du matériel de prélèvement implanté à la station de pompage 36

Tableau 14 : liste des données enregistrées nécessaires au prélèvement des eaux en sortie de la station de pompage. Les références « capteur » sont celles indiquées dans l’analyse fonctionnelle. Les références « variable » correspondent à celles mentionnées dans GAASPAR (la correspondance entre le modèle de capteur et le nom du capteur est précisé sur la Figure 10) 38

Tableau 15 : caractéristiques du matériel de prélèvement des eaux implanté dans le filtre planté et en sortie du filtre. 39

Tableau 16 : liste des données enregistrées nécessaires au prélèvement des eaux dans le filtre et en sortie du filtre planté. Les références capteur et variable sont celles indiquées dans l’analyse fonctionnelle (la correspondance entre le modèle de capteur et le nom du capteur est précisé sur la Figure 11) 43

5.1.2 Figures

Figure 1 : schéma de principe du système étudié. 6

Figure 2 : localisation des trois ouvrages du système étudié.	9
Figure 3 : implantation des capteurs de mesures hydrauliques de la station de pompage.	14
Figure 4 : courbe de calibration des sondes pour le sable fin.....	19
Figure 5 : courbe de calibration des sondes pour le rainclean.	20
Figure 6 : relation hauteur/débit des orifices	20
Figure 7 : implantation des capteurs (identifiés selon les références figurant dans l’analyse fonctionnelle) de mesures hydrauliques du filtre planté.	21
Figure 8 : implantation du matériel de mesures qualitatives de la station de pompage	28
Figure 9 : implantation des capteurs de mesures qualitatives du filtre planté.	32
Figure 10 : implantation des préleveurs de la station de pompage.....	37
Figure 11 : implantation des préleveurs et des capteurs du filtre planté.....	42



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN