



Un dispositif innovant de dépollution des eaux pluviales de voirie par un filtre planté de roseaux

Pascale Neveu, Cheffe de projet LIFE ADSORB – STEA – Ville de Paris

Paul Kennouche, Responsable du pôle grand cycle et qualité de l'eau – STEA – Ville de Paris



Plan de la présentation

01 Genèse du projet
LIFE Adsorb

02 Principe de
fonctionnement

03 Construction du
démonstrateur

04 Aspects
réglementaires

05 Objectifs et
résultats
scientifiques et
techniques

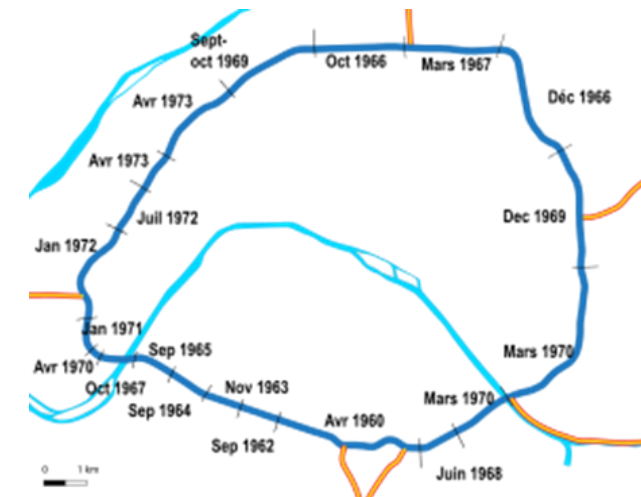
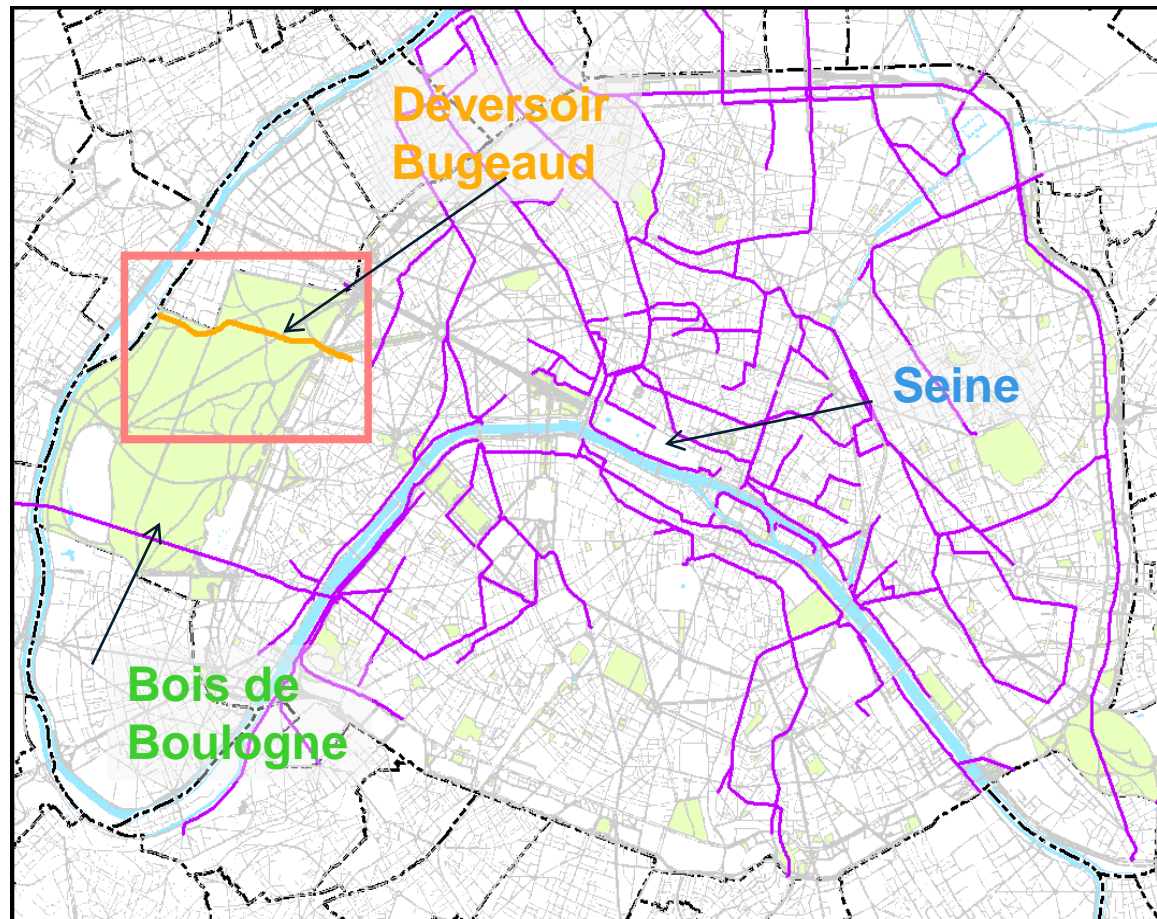
06 Perspectives

01

Genèse du projet LIFE Adsorb

Le déversoir d'orage Bugeaud

Historiquement, un exutoire des eaux pluviales du périphérique et Nord Est du Bois vers le la Seine



Boulevard périphérique (BP)
180 000-250 000 véhicules / jour

Le déversoir d'orage Bugeaud

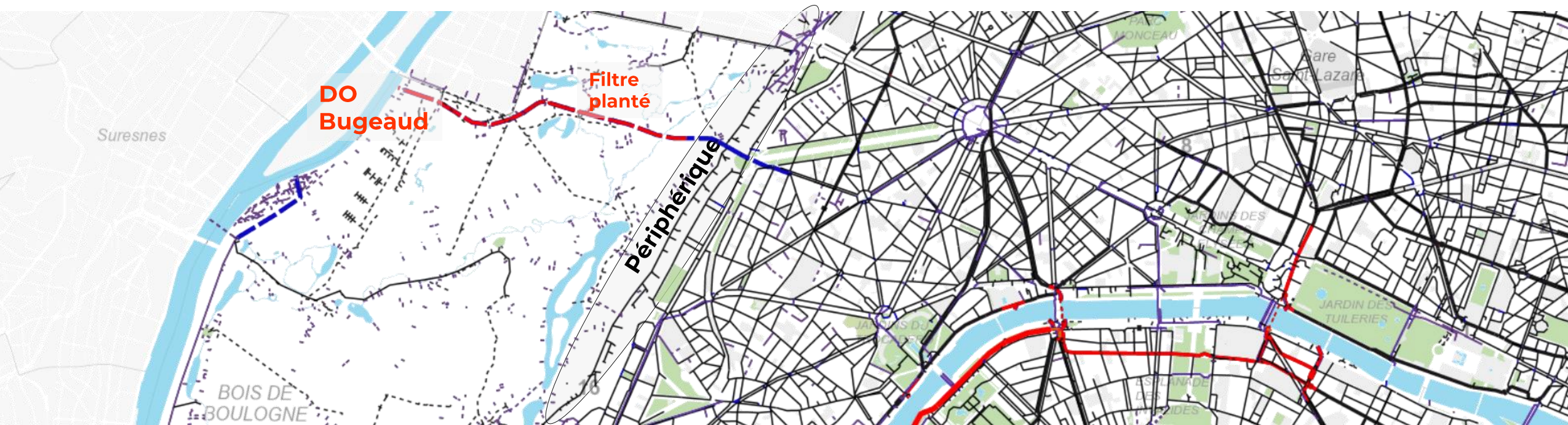
Historiquement, un exutoire des eaux pluviales du périphérique et Nord-Est du Bois vers le la Seine



Source: logiciel TIGRE de cartographie du réseau d'assainissement parisien

Le déversoir d'orage Bugeaud

Historiquement, un exutoire des eaux pluviales du périphérique et Nord-Est du Bois vers le la Seine

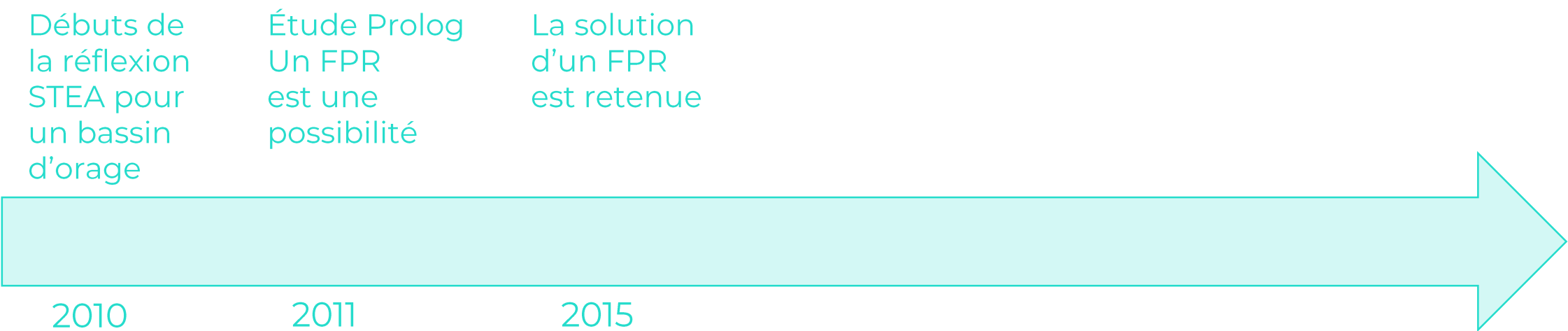


Source: logiciel TIGRE de cartographie du réseau d'assainissement parisien

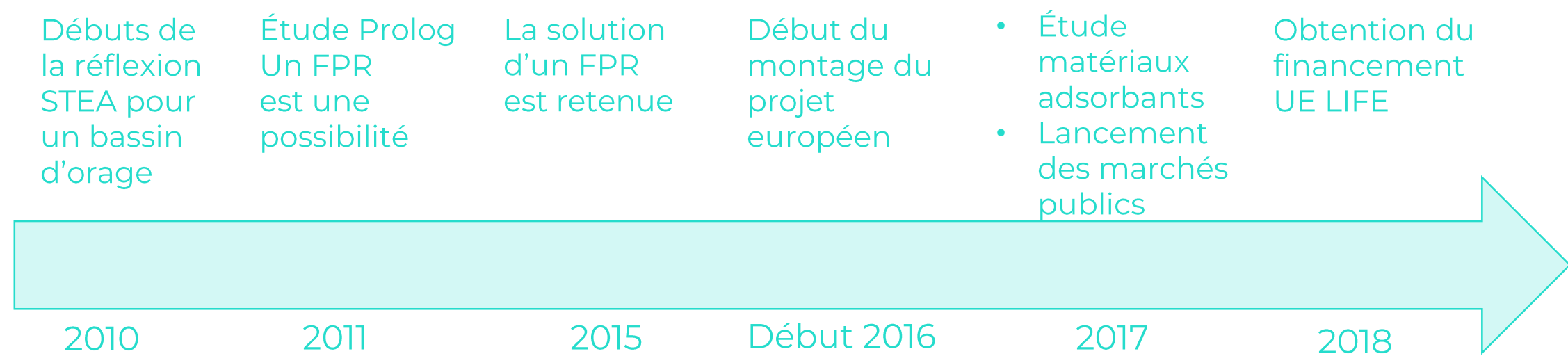
Les objectifs opérationnels de l'opération Bugeaud :

- Réduire de 95 % la charge polluante rejetée annuellement en Seine,
- Tester un système innovant de traitement des eaux pluviales de voiries,
- Intégrer ce système de traitement dans un site naturel classé et augmenter la biodiversité.

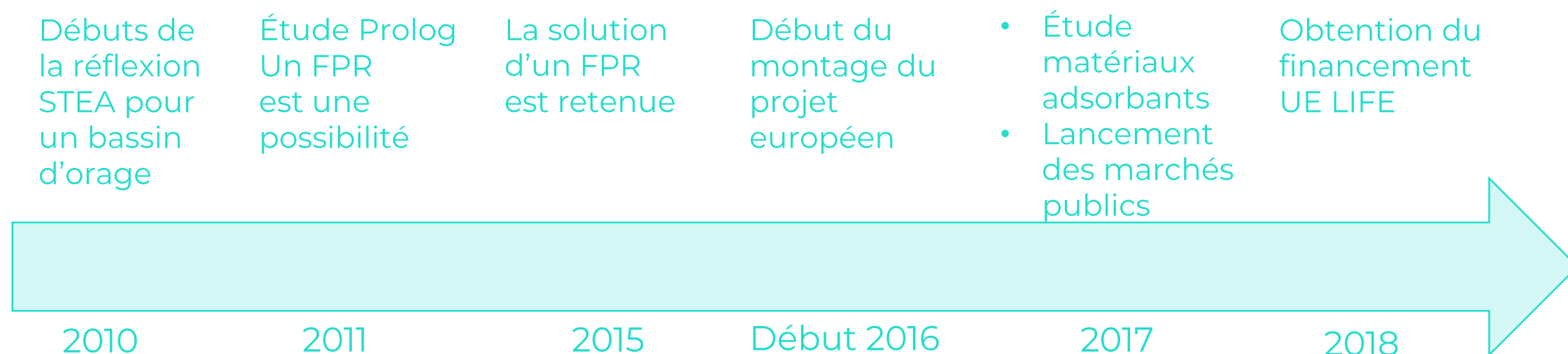
Chronologie du projet



Chronologie du projet



Chronologie du projet



- des objectifs opérationnels pour la Ville
- des objectifs techniques et scientifiques pour les 6 partenaires
- des objectifs de transférabilité pour la Commission européenne

Projet européen LIFE ADSORB autour du démonstrateur BUGEAUD



- De **juin 2018 à juin 2023** → prolongation prévue **2023- 2025** (en cours de validation)
- **6 partenaires externes autour du STEA** (service technique de l'eau et de l'assainissement de la Ville de Paris)
 - LEESU –ENPC Marie-Christine Gromaire (matériaux, sociologie, analyses des micropolluants)
 - LEESU UPEC Nouredine Boussérrhine (devenir des polluants dans les substrats)
 - CEREMA Philippe Branchu (campagnes d'analyses , cycle de vie)
 - INRAE Isabelle Lamy (Ecotoxicité)
 - AgroParis Tech Juliette Faburé (Ecotoxicité)
 - ECOBIRD –SYNTHEA (bureau d'étude) Stéphane Troesch (modélisation avec INRAE)
- **2 partenaires Ville de Paris**
 - Agence de l'écologie urbaine
 - Division du Bois de Boulogne

Une thèse et 3 post-doctorants

Financements

Le projet Life Adsorb a été retenu dans le cadre du programme LIFE pour l'environnement et le climat de la Commission européenne.

Les travaux ont également été subventionnés par la Métropole du Grand Paris et l'Agence de l'Eau Seine Normandie.

Coûts / Financement	Montants (€)
Coût total projet	9 631 425
Éligible Life	4 644 113
Subvention Life	2 568 400
Éligible MGP et AESN (travaux exclusivement)	6 486 289
Subvention MGP	1 000 000
Subvention AESN	1 203 185

Un projet s'inscrivant dans une continuité scientifique et technique

- Projet danois **LIFE TREASURE (2006-2009)**
- **SEGTEUP (2011- 2014)** guidance document « Gestion des filtres plantés à écoulement vertical pour la gestion des rejets urbains de temps de pluie (réseaux séparatifs et unitaires) »
<http://www.graie.org/segteup/spip.php?article45>
- **ADEPTE (2014-2019)** aide au dimensionnement pour la gestion des eaux pluviales par traitement extensif dont filtres plantés à écoulement vertical –traitement des macro polluants, <http://adepte-pluvial.org>

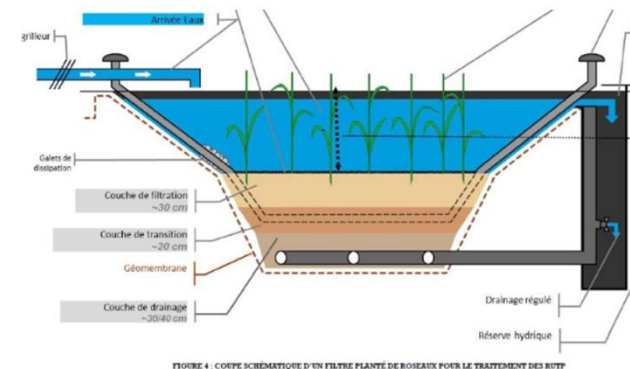


FIGURE 4 : COUPE SCHEMATIQUE D'UN FILTRE PLANTÉ DE ROSEAUX POUR LE TRAITEMENT DES RUTP



02

Principe général de fonctionnement du démonstrateur

Différents bassins versants concernés par le projet des eaux pluviales mais aussi des eaux unitaires

Dépollués par le filtre :

BV pluvial périphérique :

21,1 Ha

50 000 à 180 000 m³

BV unitaire :

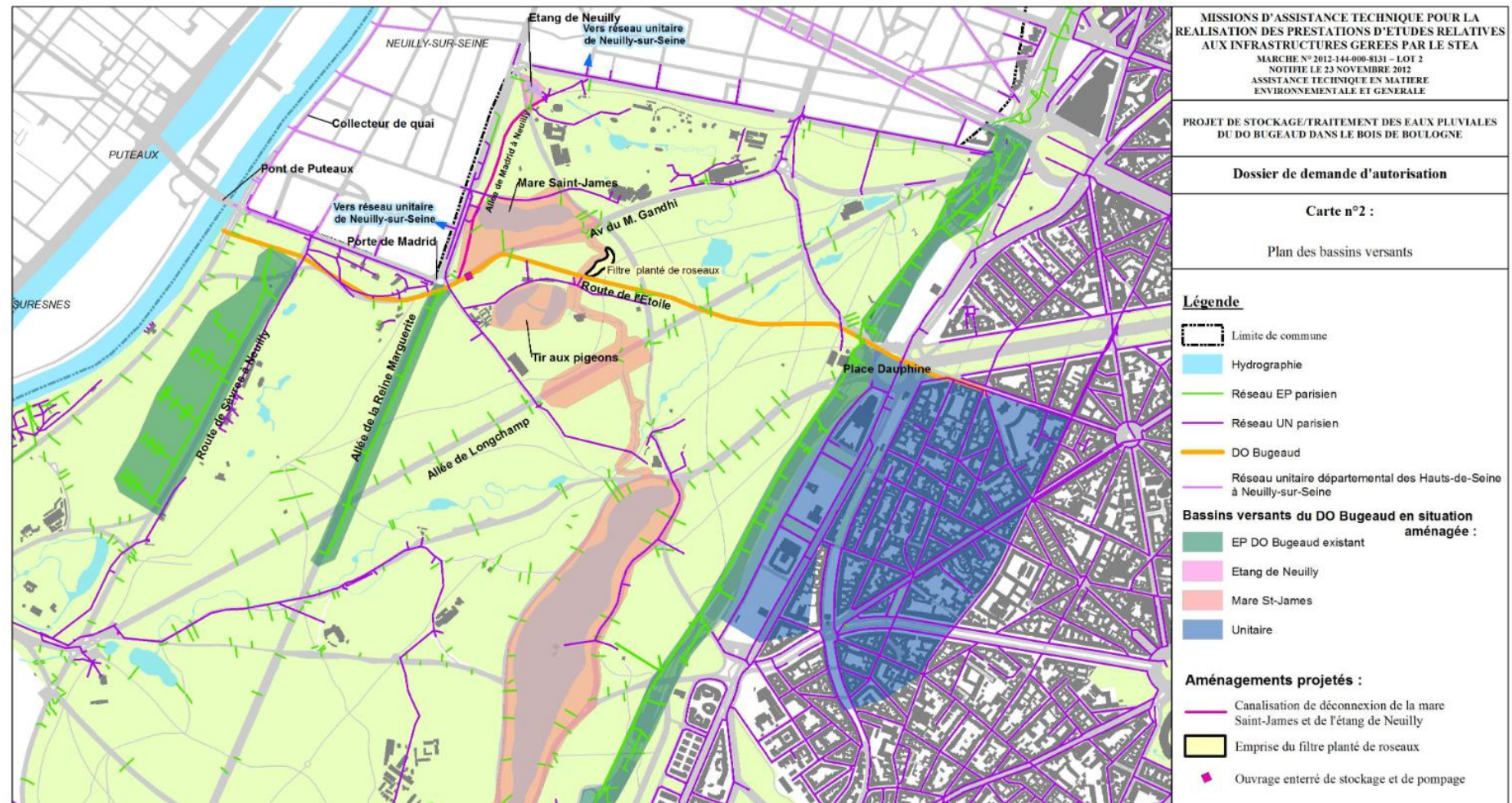
72 Ha

1 500 à 5 400 m³ (~5%)

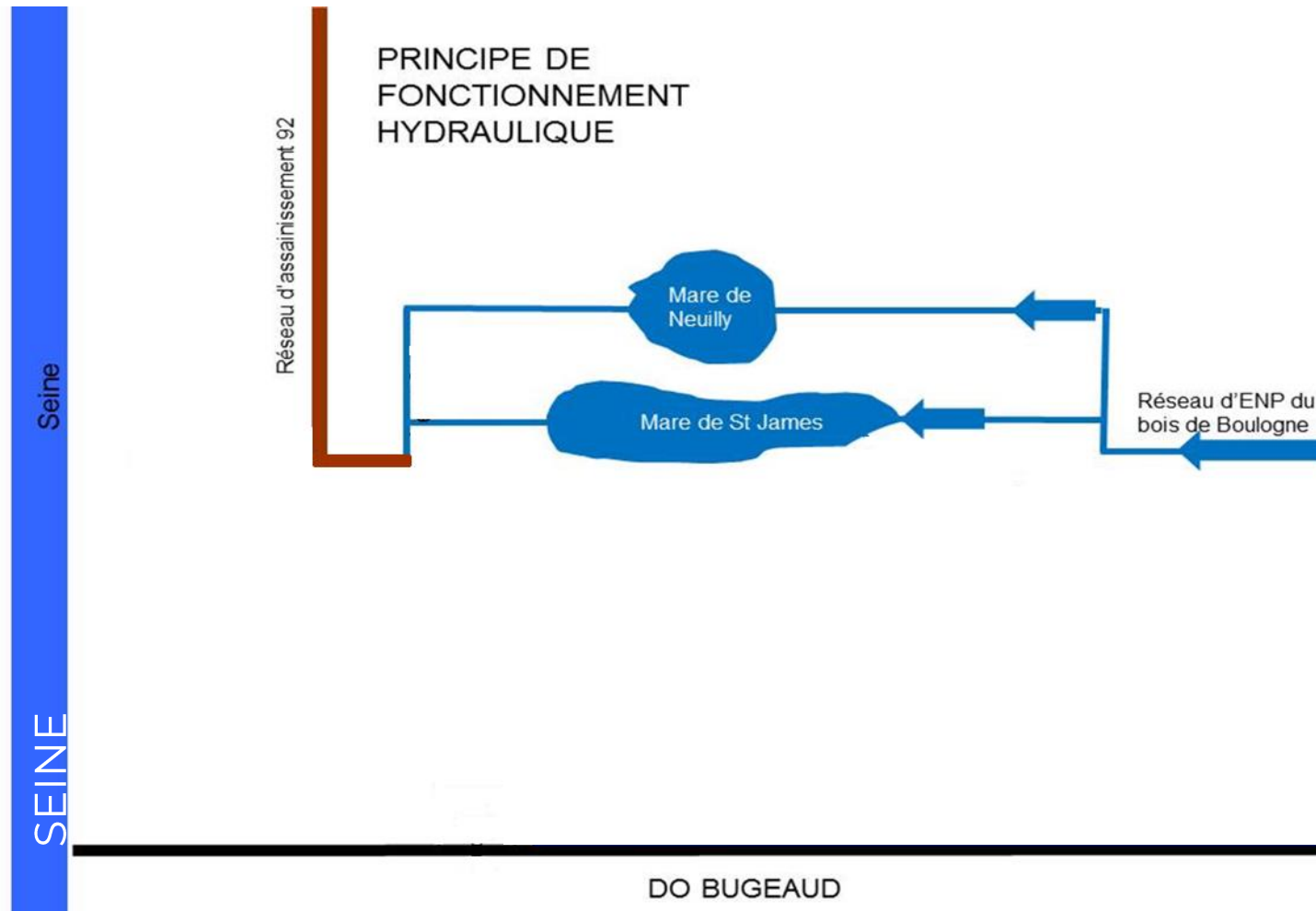
Eaux claires de la nappe alluviale

BV déconnectés du réseau d'assainissement du 92 :

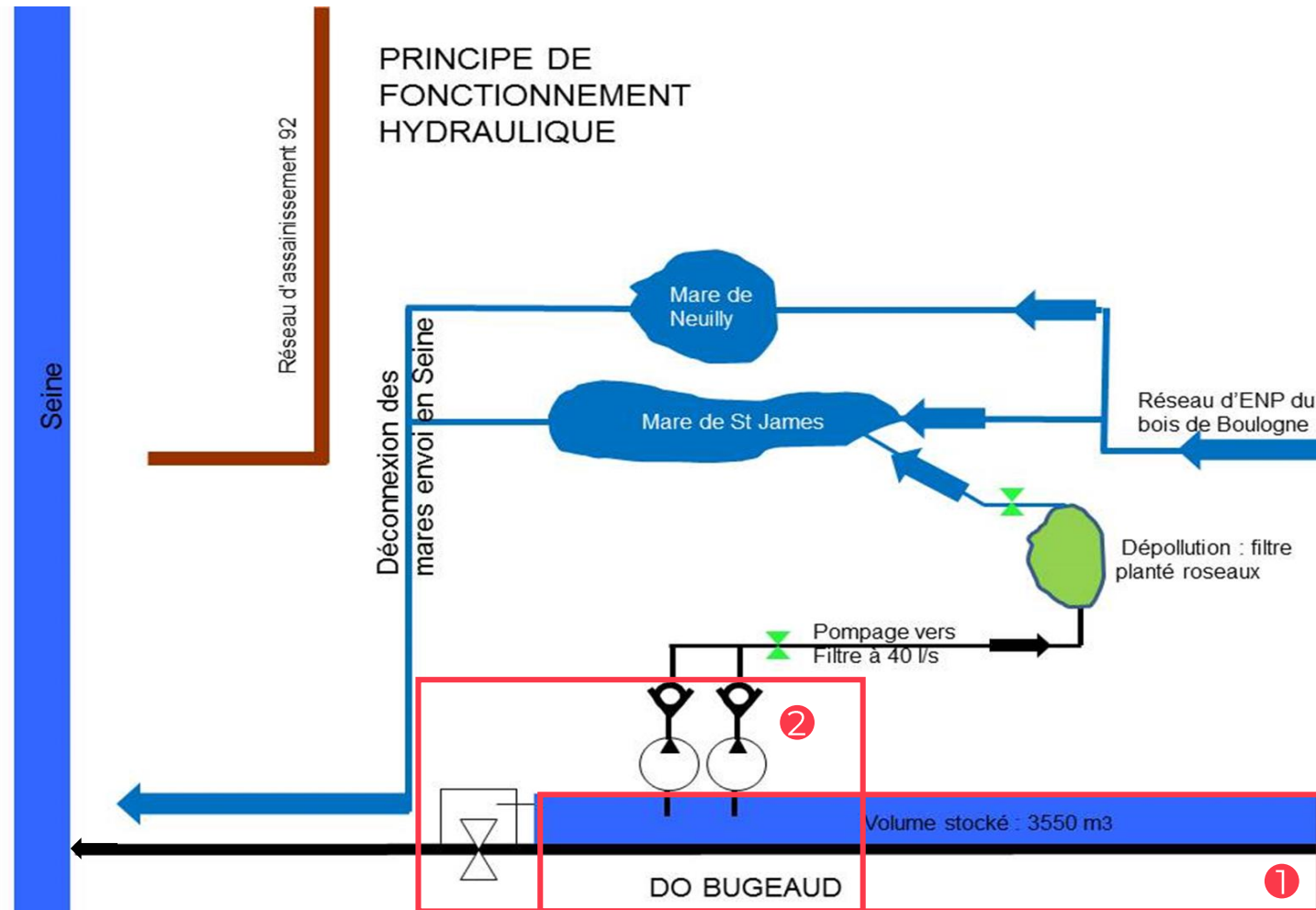
61 Ha



Fonctionnement hydraulique - avant

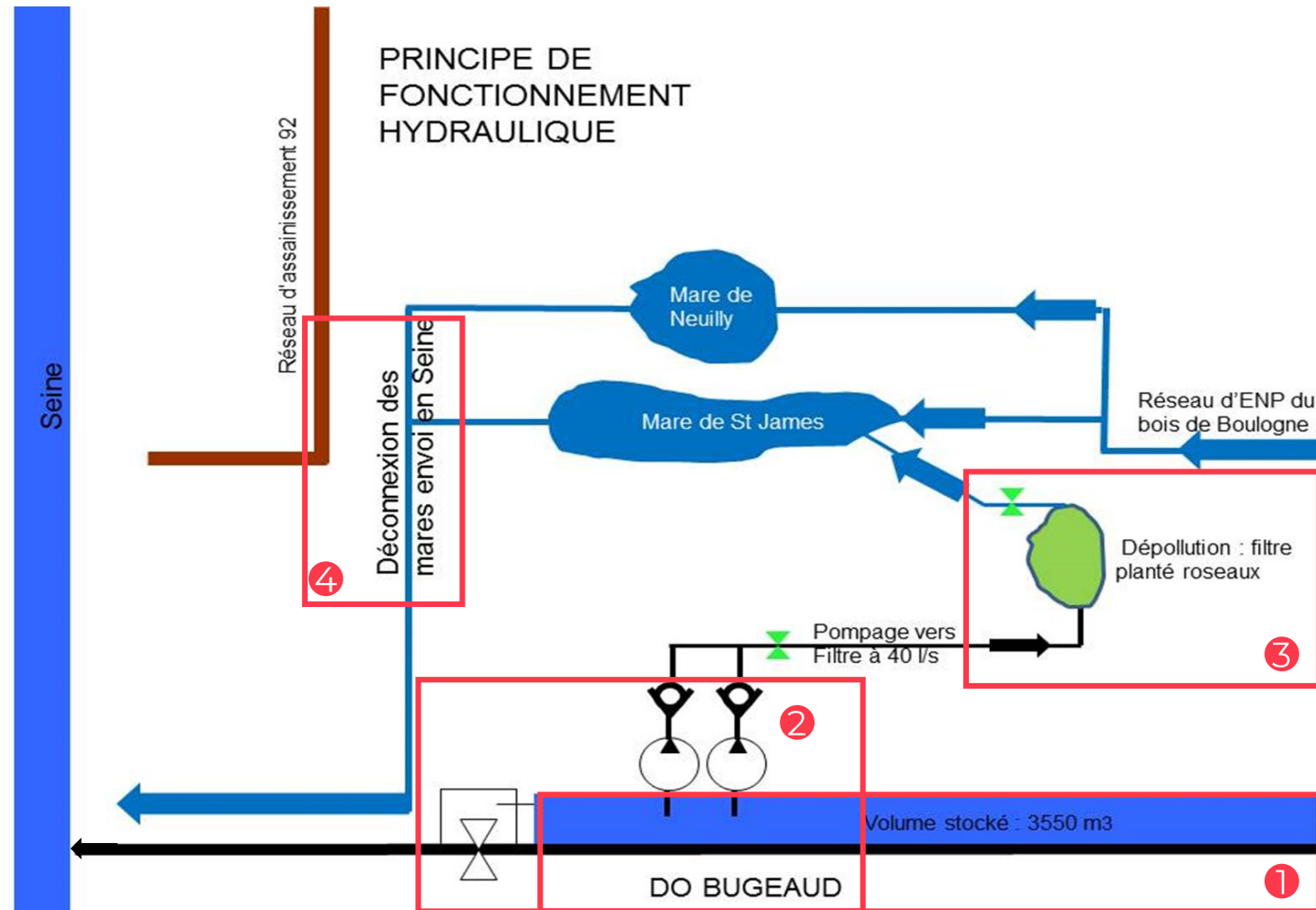


Fonctionnement hydraulique - après



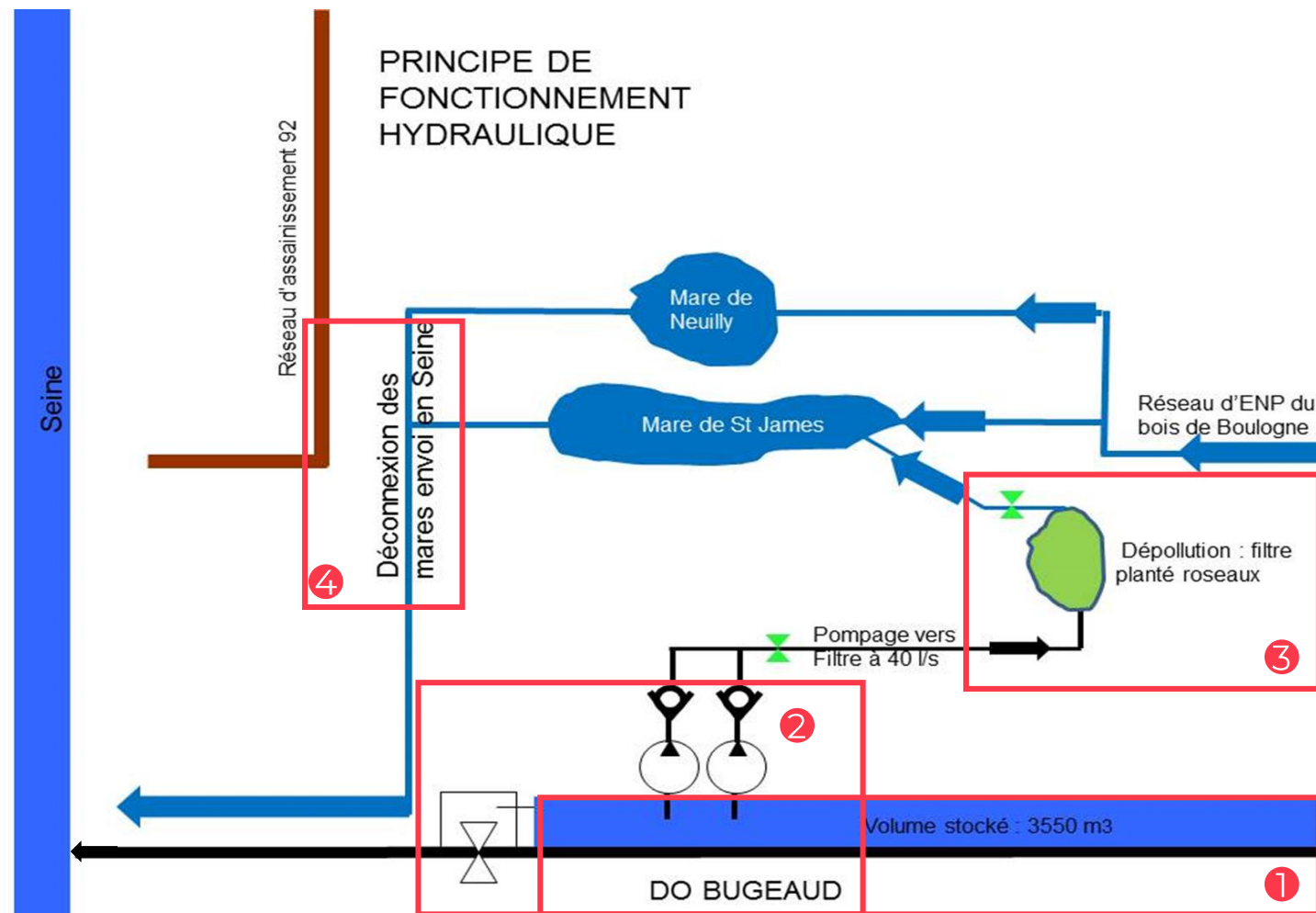
- 1 Stockage
- 2 Vannes et pompes

Fonctionnement hydraulique - après



- ① Stockage
- ② Vannes et pompes
- ③ Filtre planté de roseaux
- ④ Déconnexion du réseau hydrologique du Bois de Boulogne

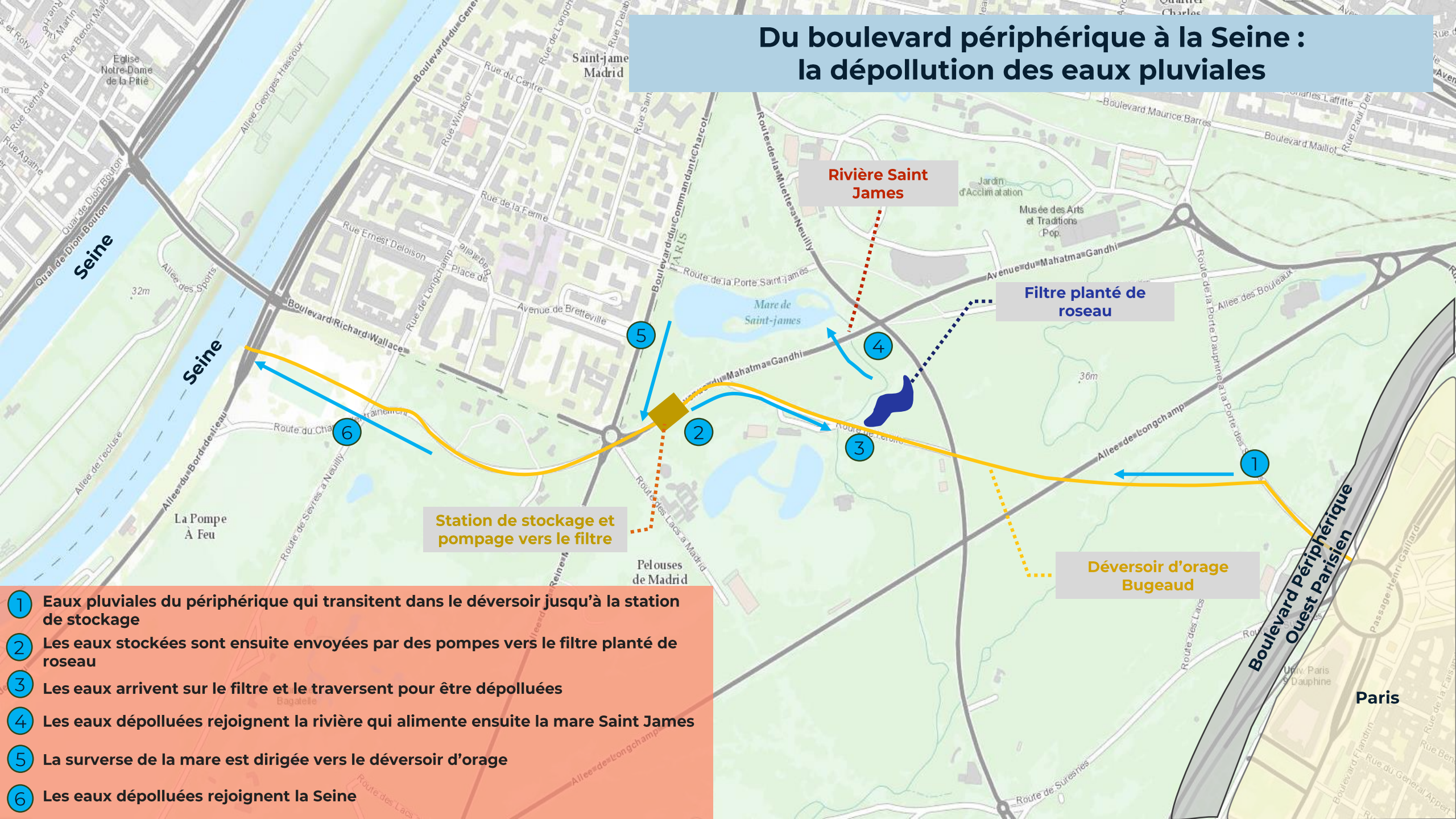
Fonctionnement hydraulique - après



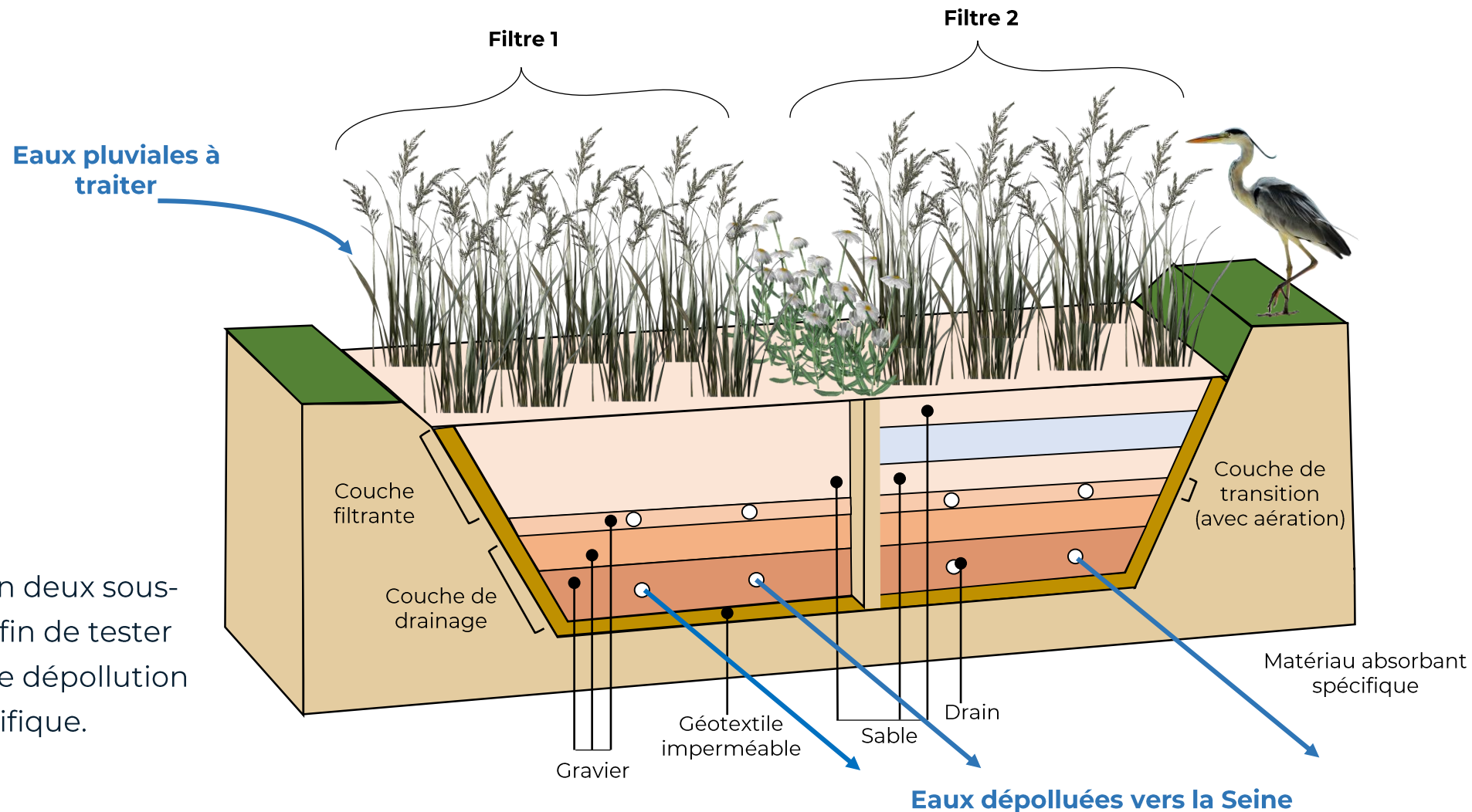
- ① Stockage
- ② Vannes et pompes
- ③ Filtre planté de roseaux
- ④ Déconnexion du réseau hydrologique du Bois de Boulogne

La partie déconnexion des mares ne fait pas partie du projet LIFE ADSORB

Du boulevard périphérique à la Seine : la dépollution des eaux pluviales



Fonctionnement dépolluant du filtre planté

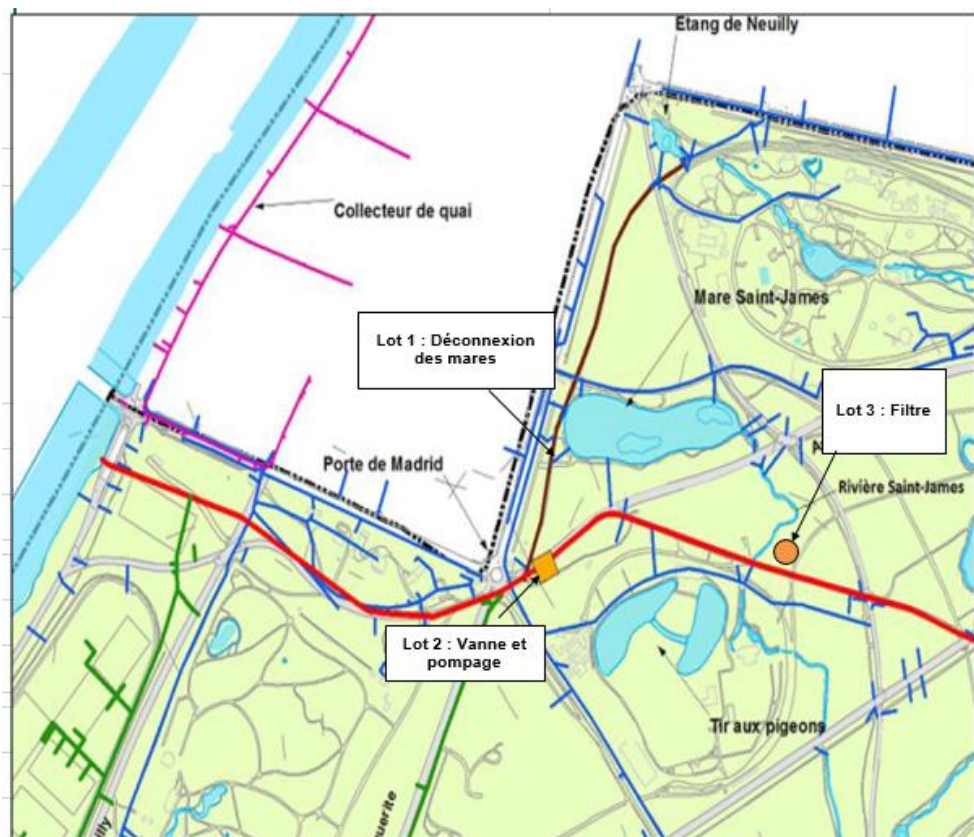


Un filtre découpé en deux sous-ensembles (F1,F2) afin de tester les performances de dépollution d'un matériau spécifique.

03

Construction du démonstrateur

Trois lots livrés par différentes entreprises et co-financés



Maître d'œuvre :

SECTION DE L'ASSAINISSEMENT DE PARIS
DIVISION DES GRANDS TRAVAUX

Coordination SPS : CONPAS COORDINATION

AMO: PROLOG INGENIERIE / ARTELIA Ville et Transport

Entreprises :

Lot 1: Déconnexion des mares

Groupeement URBAINE DE TRAVAUX/ DARRAS ET JOUANIN

Montant : 2 849 646,44 € HT

Lot 2: Station de vannage / pompage

Groupeement URBAINE DE TRAVAUX / ADEN France / ACTEMIUM PARIS

Montant : 2 967 791,23 € HT

Lot 3: Filtre planté de roseaux

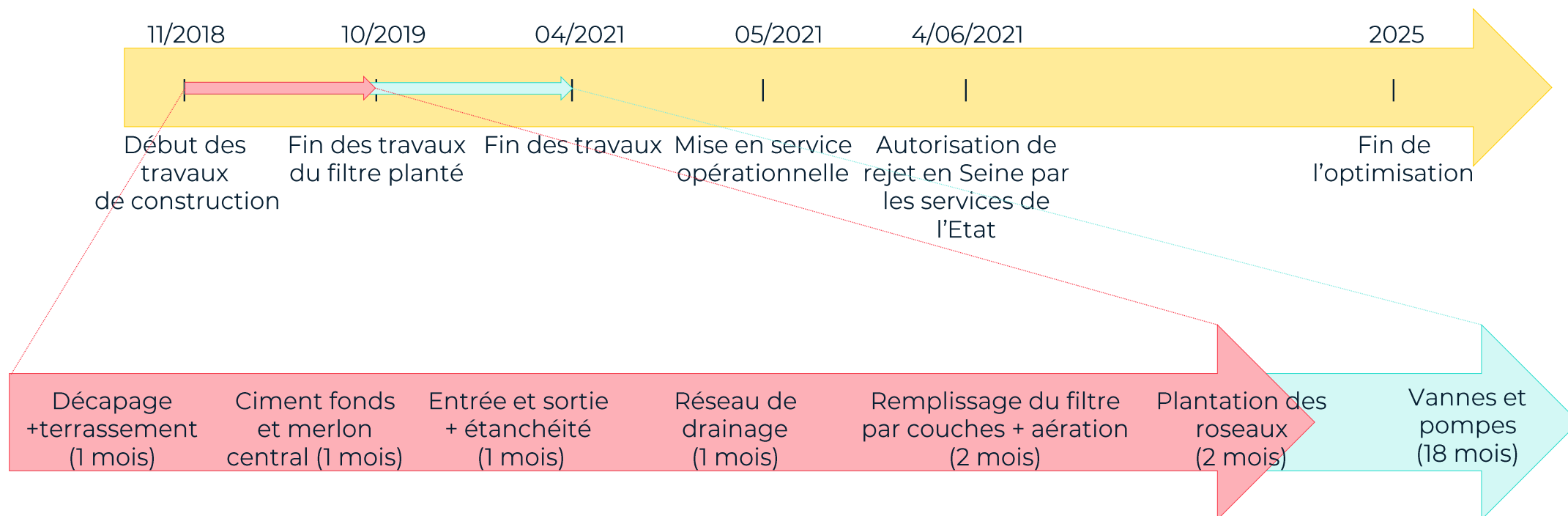
Groupeement SEGEX SAS / ATELIER REEB SCOP ARL

Montant : 709 522,90 € HT

MAIRIE DE PARIS



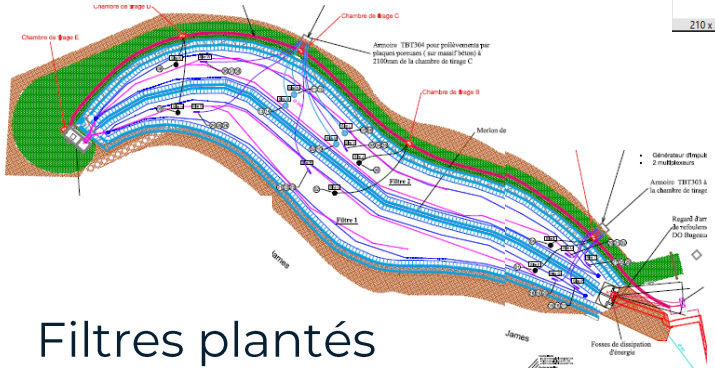
Chronologie des travaux



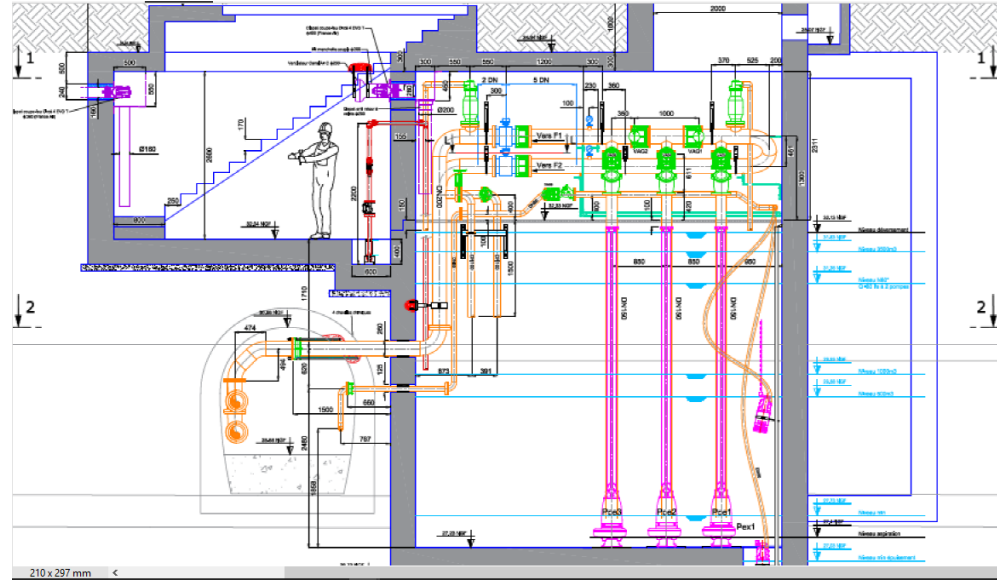
Timelapse de la construction du filtre planté



2 filtres plantés + un ouvrage industriel enterré + automatismes



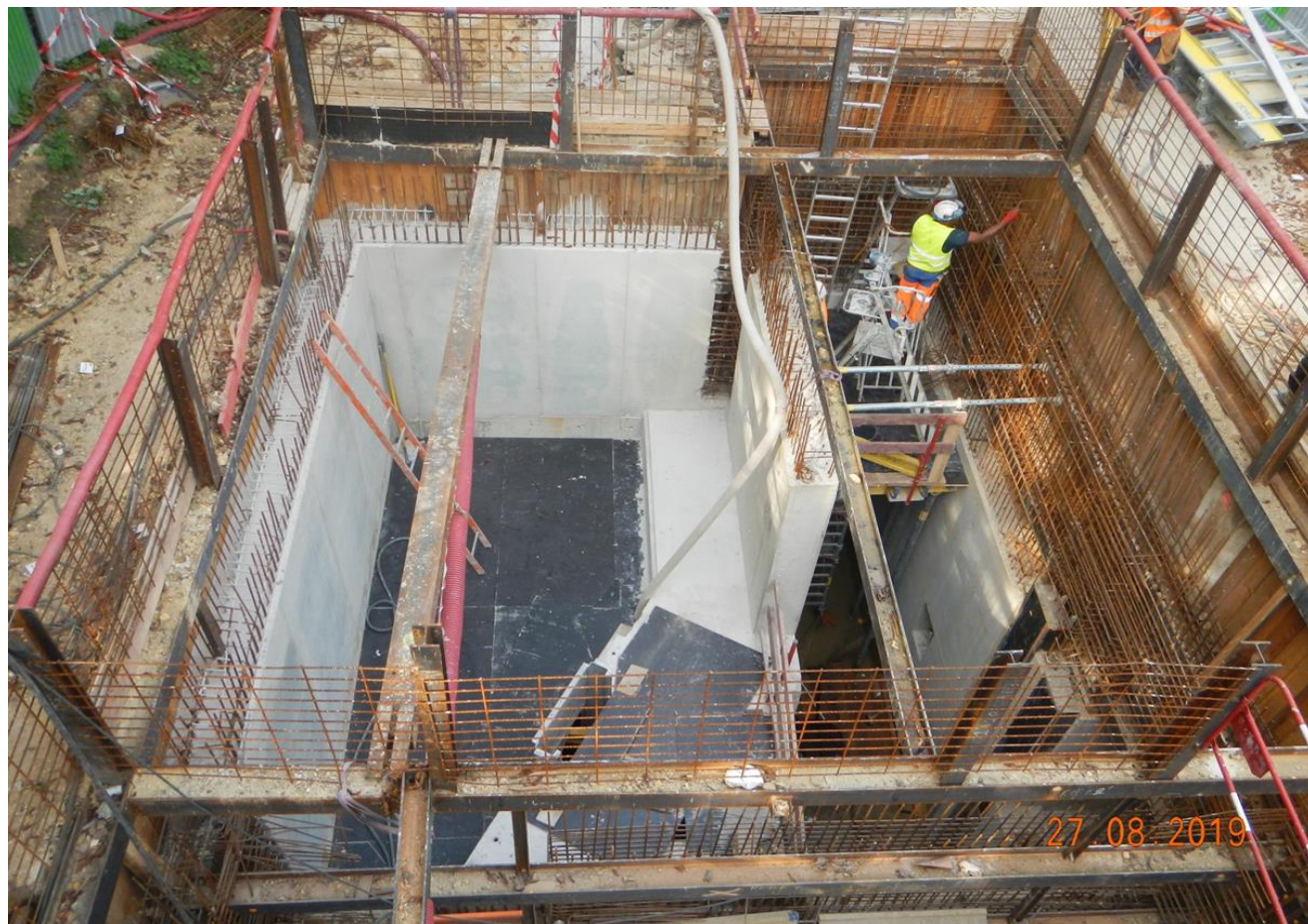
Filtres plantés



Dégrilleur dans l'ouvrage
enterré situé au-dessus de la
bâche de stockage



Construction de l'ouvrage bête et vanne et pompes



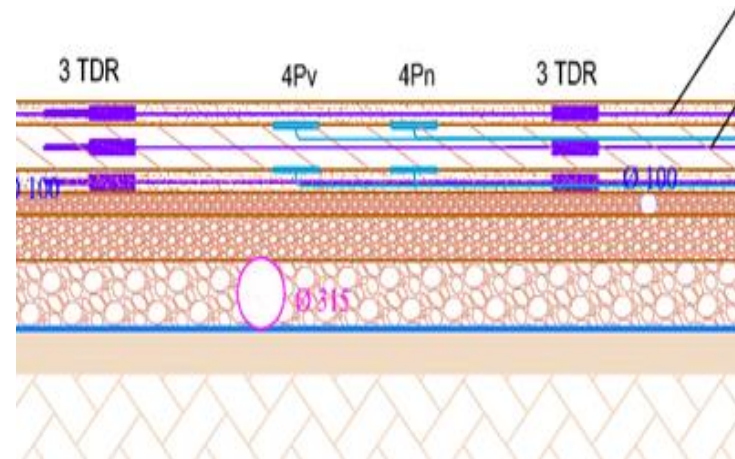


Démonstrateur : Mise en place des capteurs et préleveurs

Hauteurs d'eau (US)
Sondes d'humidité (TDR)
Sondes piézométriques
Sondes multi paramètres
Sonde hydrocarbures dans la bâche



Préleveurs automatiques d'eau
Plaques poreuses avec système de prélèvement



Armoire avec les flacons de collecte des plaques poreuses

Plan d'installation des équipements enterrés du filtre planté

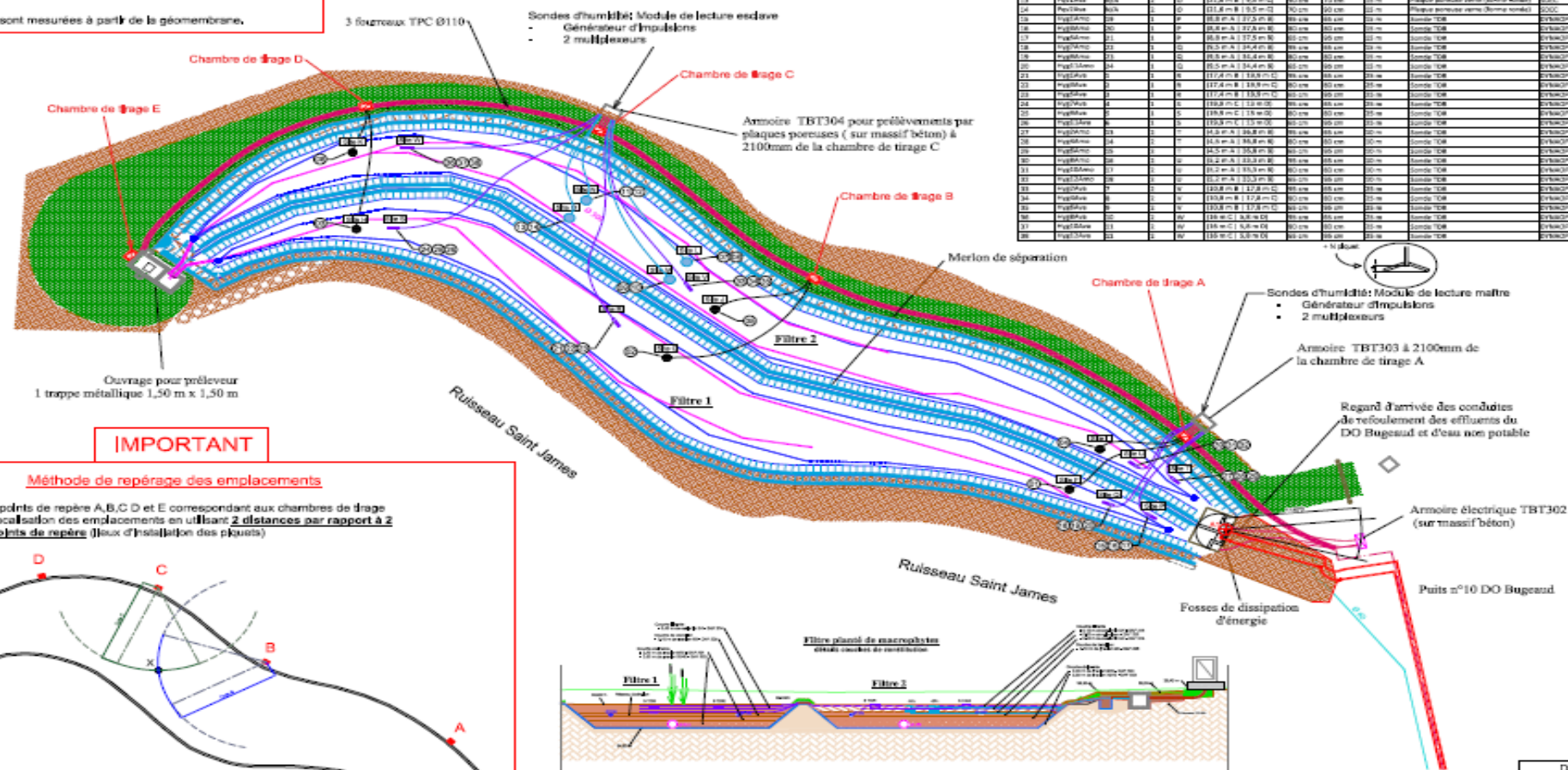
Distances (à vol d'oiseau) entre les chambres de tirage

À partir de la chambre de tirage E:

- E - D = 28 m
- D - C = 21 m
- C - B = 24 m
- B - A = 36 m
- A - A1 = 11 m (voir le plan d'implantation pour le point A1)

REMARQUES IMPORTANTES

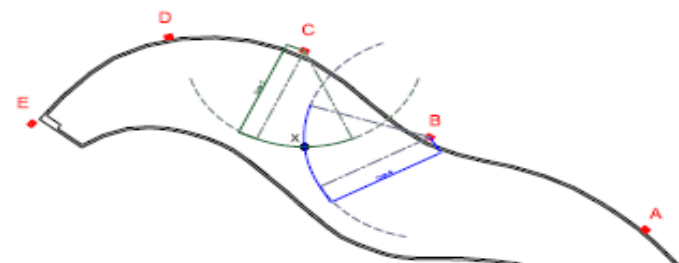
- Un site correspond à l'installation d'un piquet de repérage, et donc à un ou plusieurs équipements à différentes profondeurs.
- Les niveaux sont mesurés à partir de la géomembrane.



IMPORTANT

Méthode de repérage des emplacements

- 5 points de repère A, B, C, D et E correspondant aux chambres de tirage
- Localisation des emplacements en utilisant 2 distances par rapport à 2 points de repère (lieux d'installation des piquets)



Par exemple, le point X est repéré de la manière suivante:

X (8,0 m B | 7,0 m C)

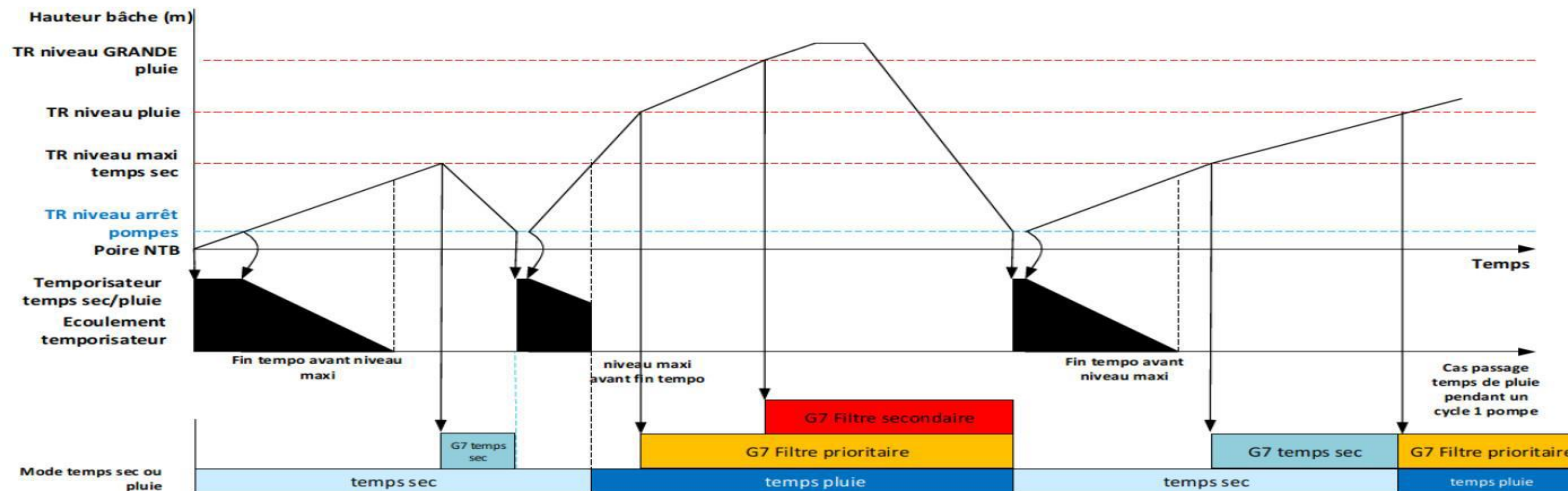
Profil	Repère	Repère	Repère	Site	Localisation	Hauteur	Profondeur	Longueur	Déclinaison	Remarque	Nombre
1	Repère	Repère	Repère	1	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
2	Repère	Repère	Repère	2	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
3	Repère	Repère	Repère	3	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
4	Repère	Repère	Repère	4	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
5	Repère	Repère	Repère	5	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
6	Repère	Repère	Repère	6	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
7	Repère	Repère	Repère	7	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
8	Repère	Repère	Repère	8	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
9	Repère	Repère	Repère	9	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
10	Repère	Repère	Repère	10	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
11	Repère	Repère	Repère	11	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
12	Repère	Repère	Repère	12	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
13	Repère	Repère	Repère	13	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
14	Repère	Repère	Repère	14	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
15	Repère	Repère	Repère	15	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
16	Repère	Repère	Repère	16	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
17	Repère	Repère	Repère	17	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
18	Repère	Repère	Repère	18	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
19	Repère	Repère	Repère	19	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
20	Repère	Repère	Repère	20	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
21	Repère	Repère	Repère	21	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
22	Repère	Repère	Repère	22	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
23	Repère	Repère	Repère	23	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
24	Repère	Repère	Repère	24	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
25	Repère	Repère	Repère	25	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
26	Repère	Repère	Repère	26	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
27	Repère	Repère	Repère	27	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
28	Repère	Repère	Repère	28	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
29	Repère	Repère	Repère	29	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
30	Repère	Repère	Repère	30	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
31	Repère	Repère	Repère	31	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
32	Repère	Repère	Repère	32	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
33	Repère	Repère	Repère	33	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
34	Repère	Repère	Repère	34	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
35	Repère	Repère	Repère	35	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
36	Repère	Repère	Repère	36	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
37	Repère	Repère	Repère	37	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
38	Repère	Repère	Repère	38	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
39	Repère	Repère	Repère	39	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
40	Repère	Repère	Repère	40	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
41	Repère	Repère	Repère	41	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
42	Repère	Repère	Repère	42	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
43	Repère	Repère	Repère	43	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
44	Repère	Repère	Repère	44	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
45	Repère	Repère	Repère	45	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
46	Repère	Repère	Repère	46	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
47	Repère	Repère	Repère	47	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
48	Repère	Repère	Repère	48	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
49	Repère	Repère	Repère	49	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m
50	Repère	Repère	Repère	50	(11,2 m B 10,8 m C)	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m	10,8 m

PLAN D'INSTALLATION DES ÉQUIPEMENTS ENTERRÉS AU FILTRE PLANTÉ

DATE
20/06/2019
ECHELLE
1:125

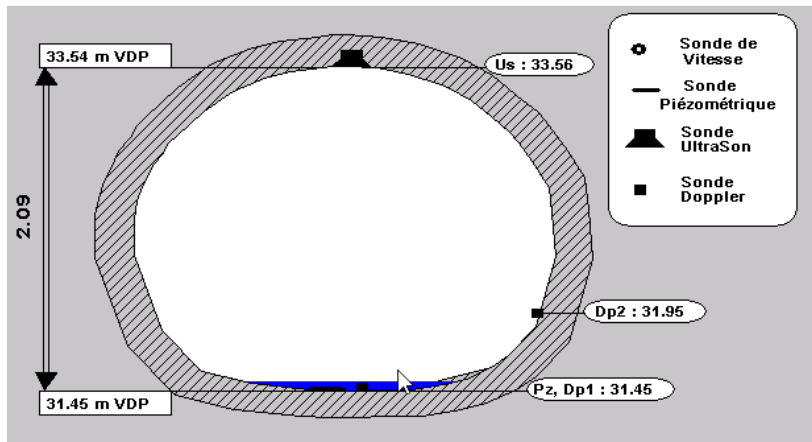
Réglage de l'automatisation et de la gestion à distance

Principe de gestion hydraulique

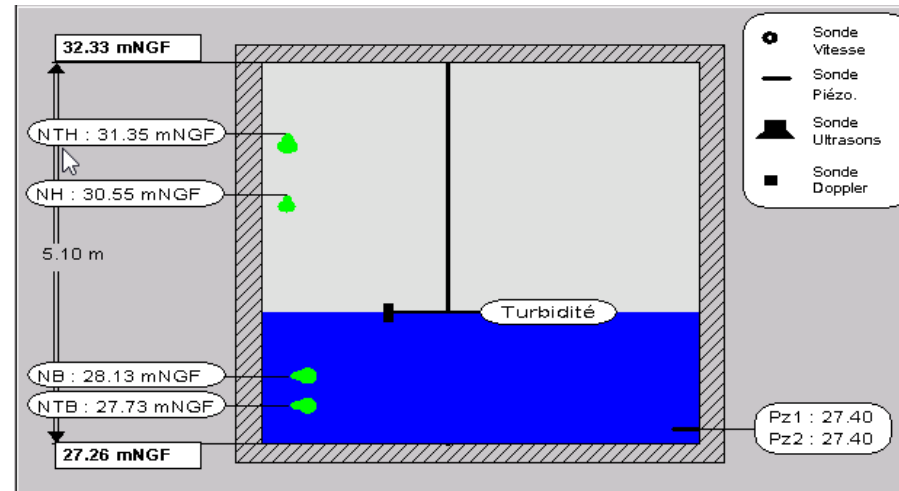


Deux cas de fonctionnement sont à distinguer : le **temps sec** et le **temps de pluie**. La bache peut se remplir d'eau en temps sec comme en temps de pluie. Quand le niveau d'arrêt des pompes est atteint, une temporisation est lancée. Si Le niveau de la bache dépasse le **niveau maxi temps sec** avant la fin de la temporisation, alors le mode temps de pluie est déclenché et le mode temps sec est arrêté. Le temps sec n'est ensuite déclenché que lorsque le niveau dans la bache atteint le niveau d'arrêt des pompes.

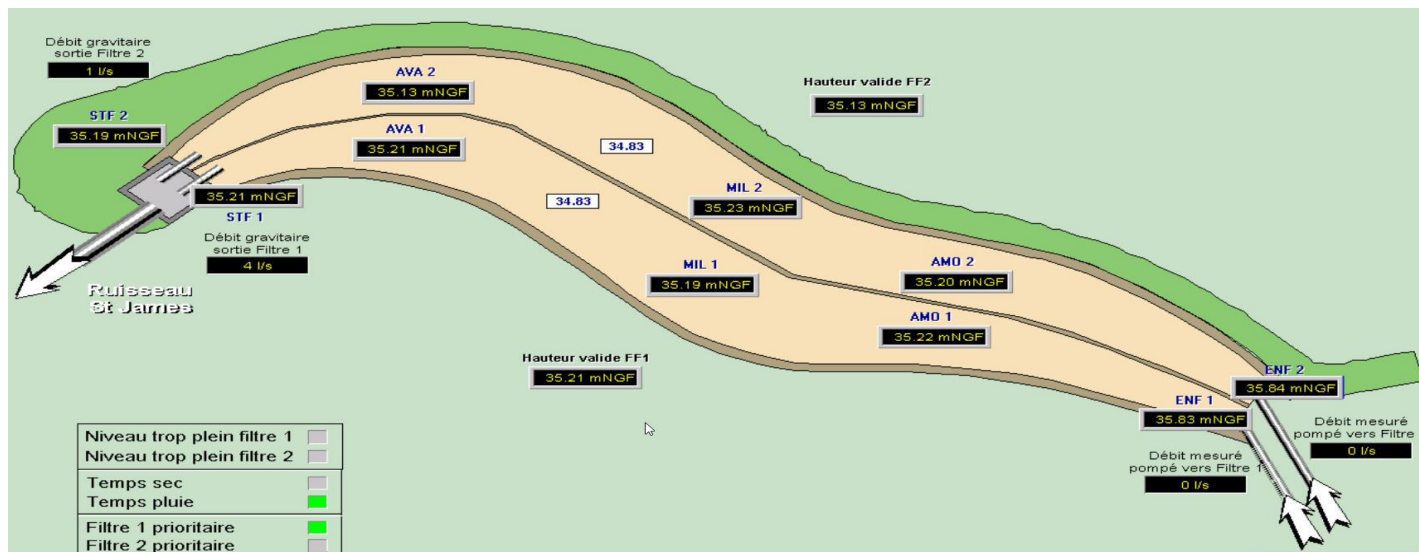
Automatisation et gestion à distance : logiciel GAASPAR



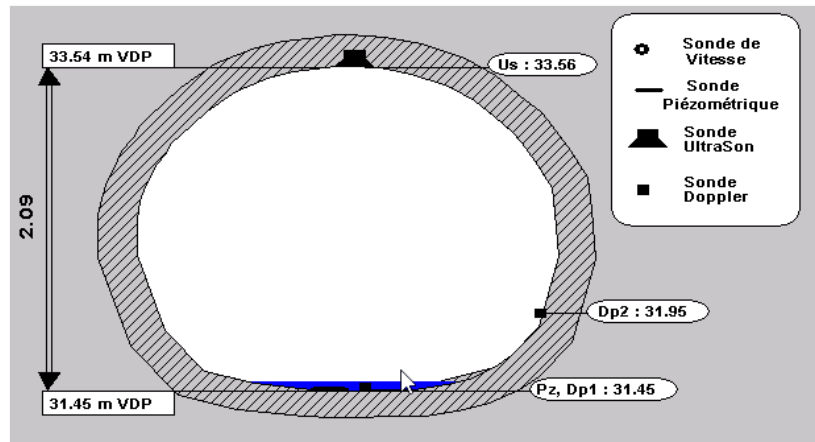
Amont du déversoir



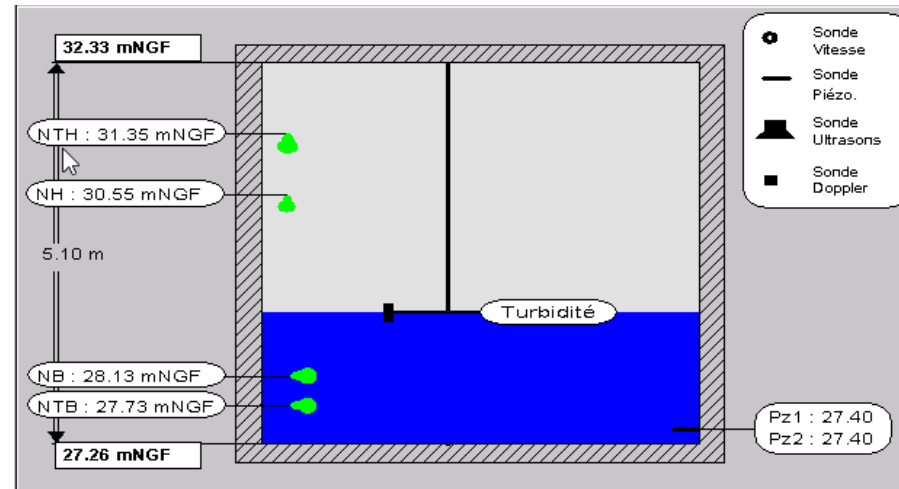
Bâche de
stockage



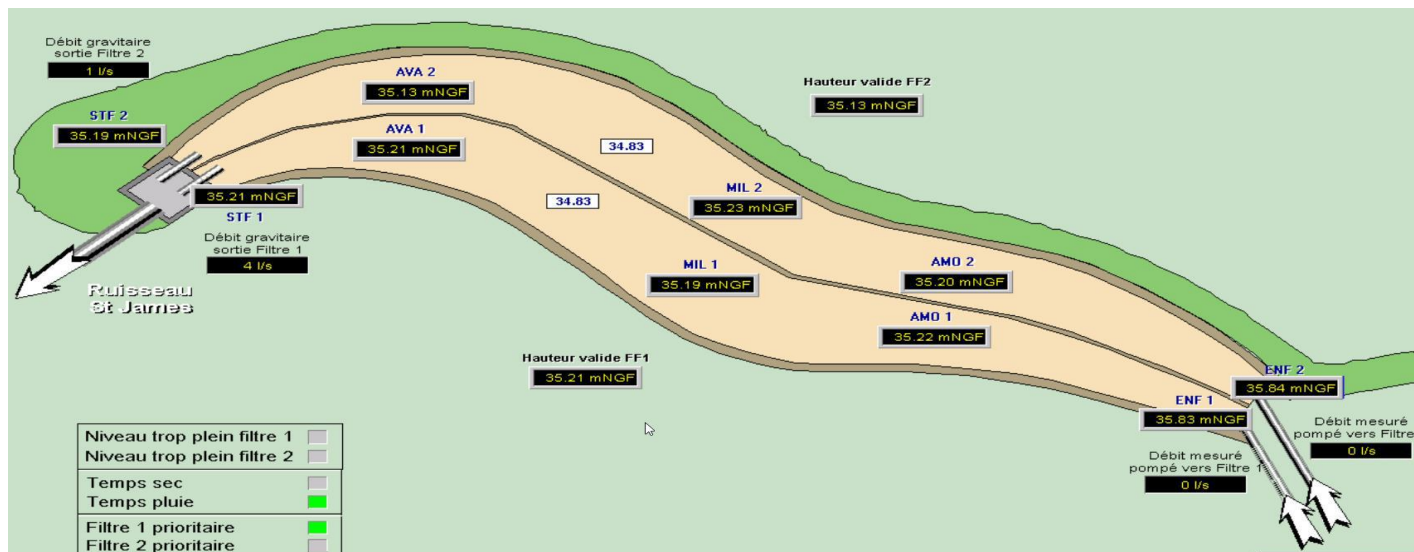
Automatisation et gestion à distance : logiciel GAASPAR



Amont du déversoir



Bâche de stockage



La phase de mise en œuvre de l'automatisation et de la gestion à distance ont été complexes et perturbées par la crise Covid

04

Aspects réglementaires

Obligations relatives à la qualité de l'eau

Situation initiale

Un arrêté préfectoral a été pris en 2017 autorisant les travaux et le rejet en Seine des surverses de la mare St-James (+ filtre planté) et de l'étang de Neuilly sous condition d'un curage de la Mare.

⇒ Pas de déversements en Seine des eaux des mares jusqu'en 2021,

⇒ Campagnes de prélèvements menées de 2015 à 2020 sur le réseau d'ENP mais aussi de l'eau et des sédiments des mares/étangs démontrant la qualité suffisante de l'eau pour un rejet en Seine.

Obligations relatives à la qualité de l'eau

Situation actuelle

Suite aux campagnes d'analyses et échanges avec la DRIEAT, un arrêté complémentaire a été pris en 2021 :

- plus besoin de curer la mare,
- autorisation de la déconnexion des mares du réseau d'assainissement du 92,
- une nouvelle campagne d'analyse sur les eaux de la mare Saint-James et de l'étang de Neuilly à prévoir pendant 3 jours en 2022,
- puis à partir de 2023, des analyses semestrielles sur 1 journée à transmettre à la DRIEAT avec le rapport annuel du suivi qualité de l'eau du réseau d'ENP parisien,
- en fonction des résultats et après suffisamment de recul, ce suivi pourra être arrêté (DRIEAT).

Obligations relatives à la qualité de l'eau

Détail des campagnes

Campagne sur les surverses de la **mare Saint-James** et de **l'étang de Neuilly** et les **apports en ENP**.

Les paramètres analysés, sont les paramètres globaux (MES, phosphore, orthophosphates, NH_4 , NO_3 , NTK) et les métaux cuivre, zinc et plomb. Les métaux sont réalisés en triplicat.

A partir de 2023, des analyses semestrielles (1 journée) sont réalisées selon cette même méthodologie (mêmes paramètres) et les résultats transmis à la DRIEAT. Suite aux résultats de 2022, la DRIEAT a donné son accord pour limiter les prélèvements à un point (sortie du filtre planté, avant rejet dans la rivière Saint-James).

Obligations relatives à l'exploitation

En cas de **détection d'hydrocarbures**, les pompes de refoulement sont **mises à l'arrêt** et la pollution est stockée temporairement dans l'ouvrage en vue de son évacuation vers une filière adaptée.

Le bénéficiaire de l'autorisation assure le contrôle et l'entretien des équipements selon les fréquences minimales suivantes :

❑ **mensuelle pour l'entretien des équipements métrologiques et du grilleur automatique,**

❑ **trimestrielle pour la vérification des dispositifs de pompage et de la vanne de stockage.**

Le bénéficiaire de l'autorisation met en œuvre **un suivi des performances de traitement du filtre** sur huit à dix événements pluvieux chaque année pour les paramètres suivants: MES, DBO5, DCO, NTK, phosphore, hydrocarbures totaux, hydrocarbures aromatiques polycycliques, métaux (zinc, plomb, chrome, cuivre, nickel) et bactéries indicatrices de contamination fécale.

Les modifications apportées au fonctionnement du déversoir d'orage Bugeaud font l'objet d'une **mise à jour du manuel d'auto surveillance** de la Mairie de Paris. Cette mise à jour précise les modalités de mesure des débits excédentaires déversés directement en Seine en période de fortes pluies au niveau de l'ouvrage de vannage et de pompage.

Obligations relatives à l'exploitation

Suivi des performances LIFE ADSORB versus arrêté d'autorisation

	ENSEMBLE DU PROJET		2021		2022		2023	
	Temps sec	Temps de pluie	Temps sec	Temps de pluie	Temps sec	Temps de pluie	Temps sec	Temps de pluie
TOTAL CAMPAGNES DE PRELEVEMENTS F1	6	15	2	5	2	5	2	5
TOTAL CAMPAGNES DE PRELEVEMENTS F2	6	15	2	5	2	5	2	5

Suivi des performances de traitement du filtre FREQUENCE ANNUELLE DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENTS ET D'ANALYSES EN TEMPS DE PLUIE SUR ENTREE/SORTIE DU FILTRE

	Paramètres globaux MES,DBO5,DCO, NTK, Phosphore	métaux (zinc, plomb, chrome, cuivre,nickel) HT, HAP	BIF
LIFE ADSORB	10 (5 sur F1 + 5 sur F2)	8 (4 sur F1 + 4 sur F2)	6
Prescriptions ARRETE PREFECTORAL	8 à 10	8 à 10	8 à 10

En pratique les campagnes d'analyses d'eau ont pris beaucoup de retard et le projet devrait être prolongé pour 2 ans (juin 2023-juin 2025)

05

Objectifs et résultats scientifiques et techniques

Objectifs scientifiques du projet LIFE ADSORB

optimisation du fonctionnement du démonstrateur Bugeaud

- Abattement de 95 % de la pollution sur les **paramètres habituels**
- **Mais aussi abattement des micropolluants (innovation)**
- Évaluer la performance de dépollution de 2 filtres plantés verticaux dont l'un sert de référence et l'autre contient un **matériau adsorbant spécifique des micropolluants** minéraux (métaux) et organiques (HAP, Alkylphénols nonylphénols et Bisphénol A)

Comprendre les principaux processus en jeu qui conditionnent cette **performance épuratoire** (adsorption, rôle des bactéries...)

Comprendre notamment les **interactions** entre **l'hydrodynamique du filtre** et le **transfert de polluants**.

Répondre aux questions :

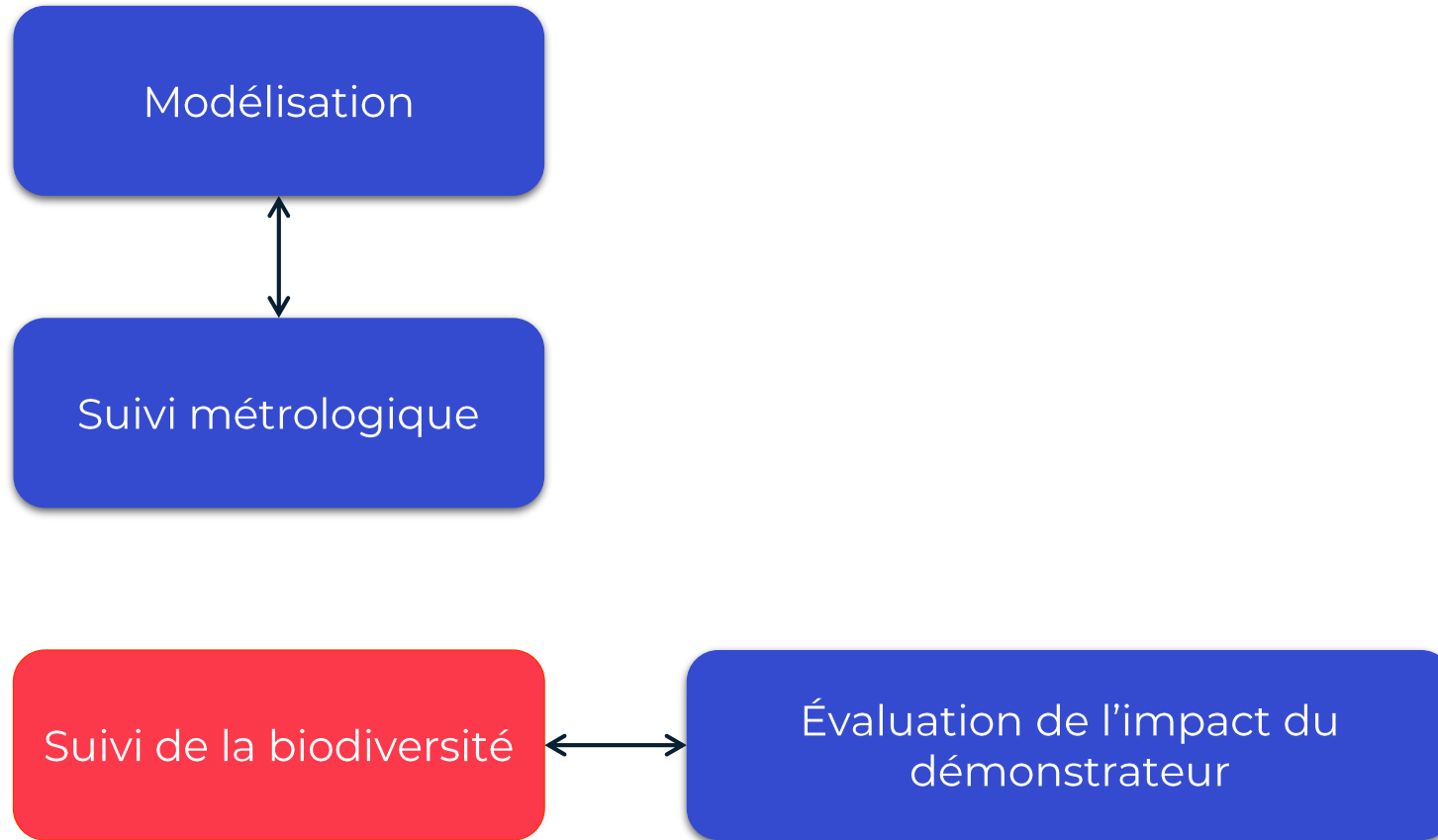
- Où et comment sont séquestrés les micropolluants ?
- Quel est le risque de relargage à moyen et à long terme ?
- Quels sont les micro-organismes participant à la transformation, à la séquestration, et à l'inactivation des micropolluants dans le filtre ?
- Comment évolue la biodiversité autour et dans le substrat du filtre planté ?
- Quelle acceptation vis-à-vis des exploitants, des visiteurs du Bois de Boulogne

Objectifs du démonstrateur Bugeaud

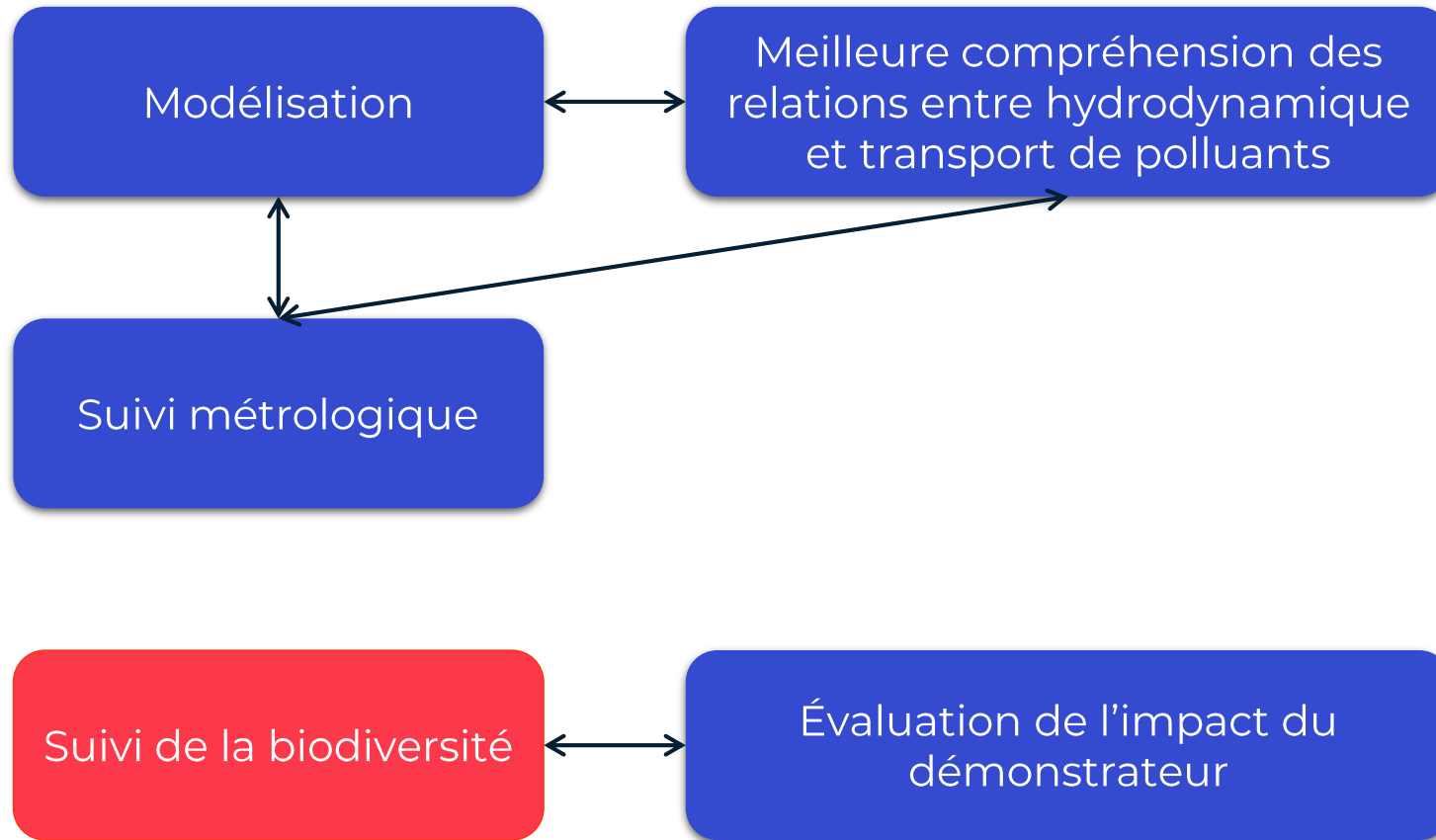
Suivi métrologique

Suivi de la biodiversité

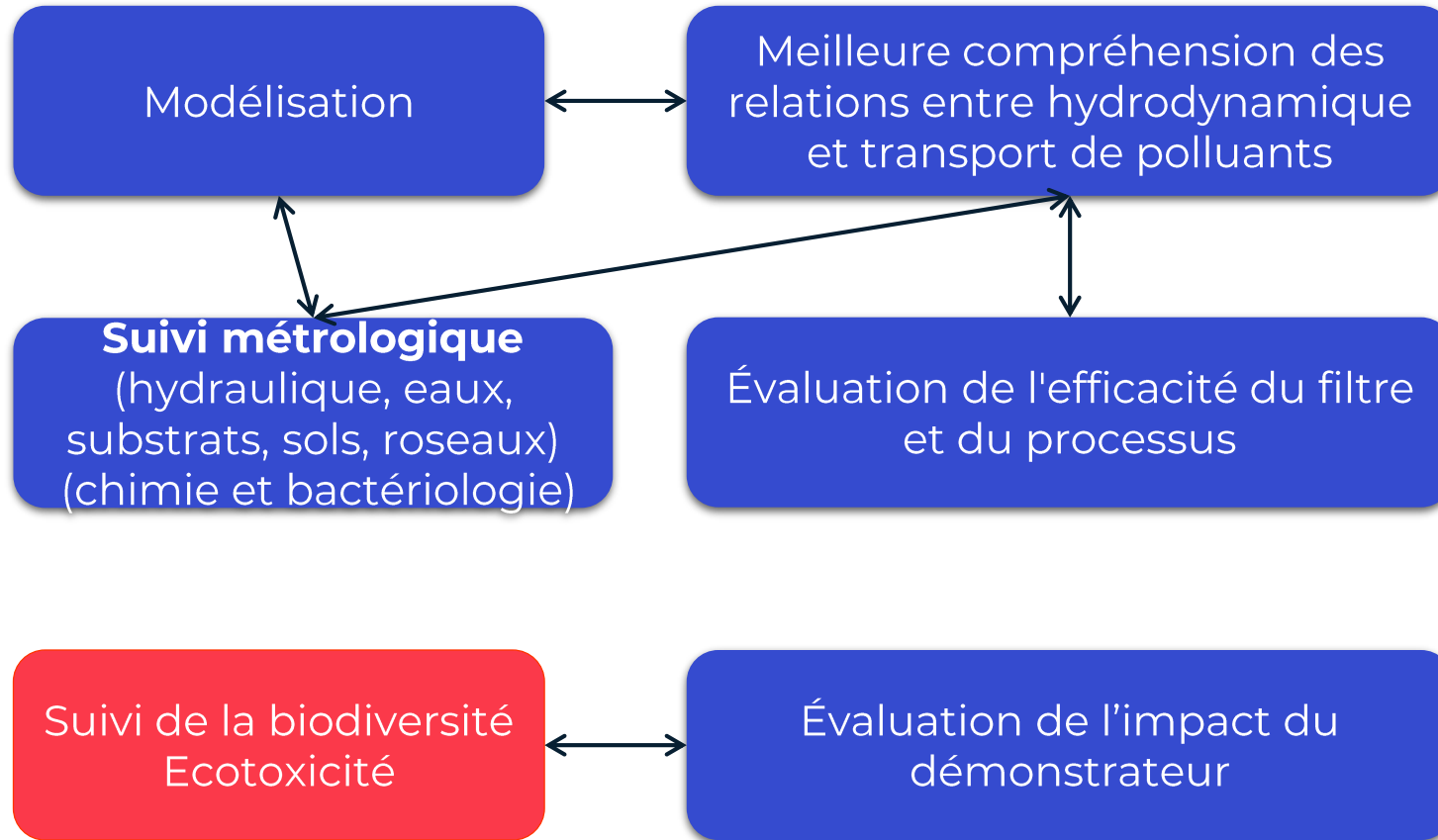
Objectifs du démonstrateur Bugeaud



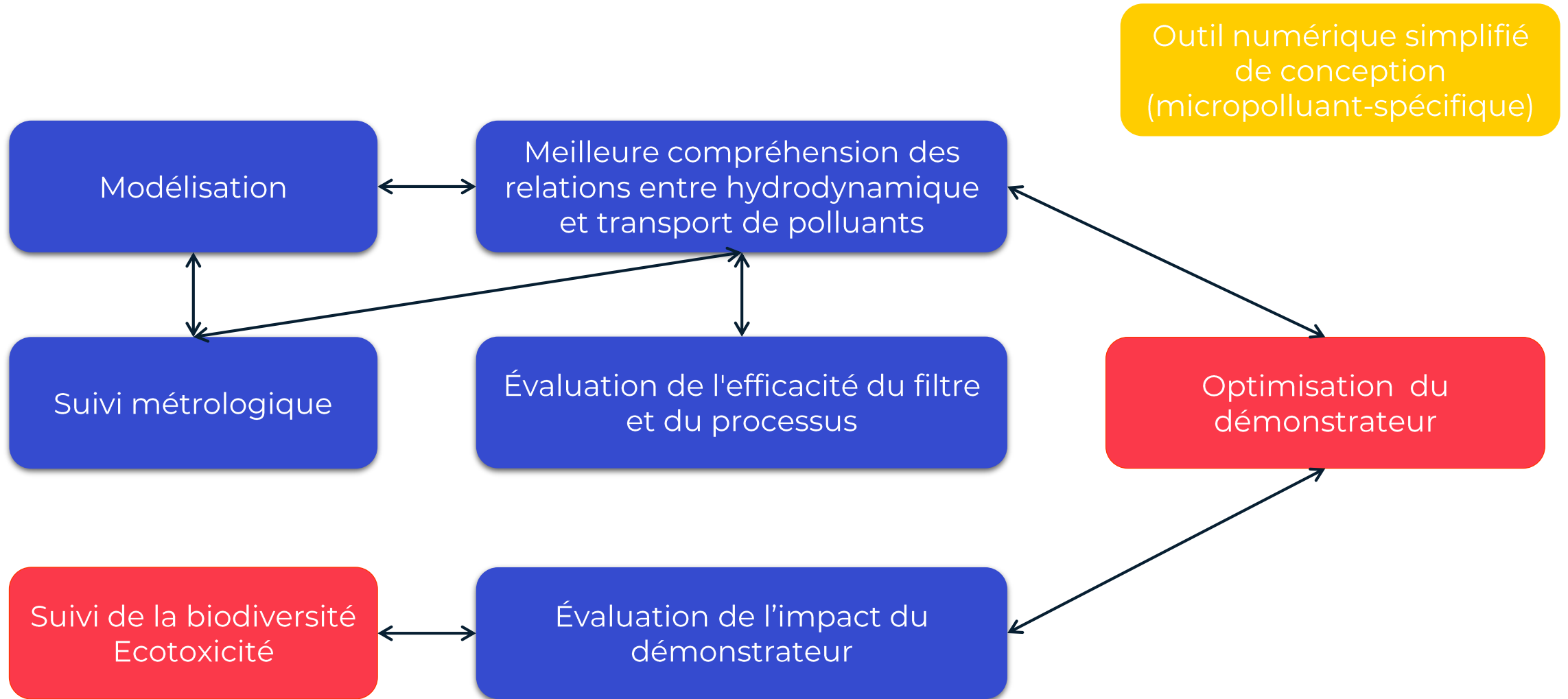
Objectifs du démonstrateur Bugeaud



Objectifs du démonstrateur Bugeaud



Objectifs du démonstrateur Bugeaud



Instrumentation

- **6 Préleveurs automatiques (verre et polyéthylène) sur secteur**
2 en amont , 2 en sortie de bâche, 2 en sortie de filtre
- **8 plaques poreuses**
pour prélèvement d'eau directement dans les couches
du filtre 2 (Rainclean)
- **24 sondes TDR**
Mesure d'humidité pour la modélisation

Plaque d'accès
aux préleveurs automatiques
en sortie de filtre



Armoire avec les flacons
de collecte des plaques poreuses

Fonctionnement du filtre planté vertical

Quelle pollution dans les eaux pluviales ?

La pollution des eaux pluviales provient de différentes sources : circulation automobile, industrie, déchets solides produits par les activités urbaines, chantiers et érosion des sols, végétation, animaux, matériaux de construction. **La pollution par la voirie est la principale cible ici.**

Quelle pollution traite-t-on ?

La filtration et l'infiltration sont des modes d'épuration très efficaces. En effet, dans les rejets de temps de pluie, les polluants sont principalement fixés aux **particules solides (pollution particulaire)** qui sont retenues dans les couches de sable constituant les filtres.

De manière innovante, dans le filtre 2, un matériau adsorbant spécifique est inclus afin de traiter également la **pollution dissoute** non fixée aux particules solides.

Enfin le temps et les bactéries permettent également de détruire cette pollution.

Fonctionnement du filtre

Comment fonctionne un filtre planté de roseaux ?

Un filtre planté de roseaux est un procédé d'épuration initialement conçu pour le traitement des eaux usées domestiques, aujourd'hui de plus en plus utilisé pour traiter les eaux de pluie.

Il consiste à **infiltrer des eaux au travers d'un massif constitué de sable et de gravier dans lequel des bactéries se développent.**

Les matières solides sont séparées de l'eau par filtration. Les polluants dissous sont traités biologiquement, par les bactéries et adsorbés par un matériau spécifique dans le filtre F2.



Le rôle des roseaux

Les roseaux, « *Phragmites australis* », sont des végétaux aquatiques qui se développent par un système de rhizomes.

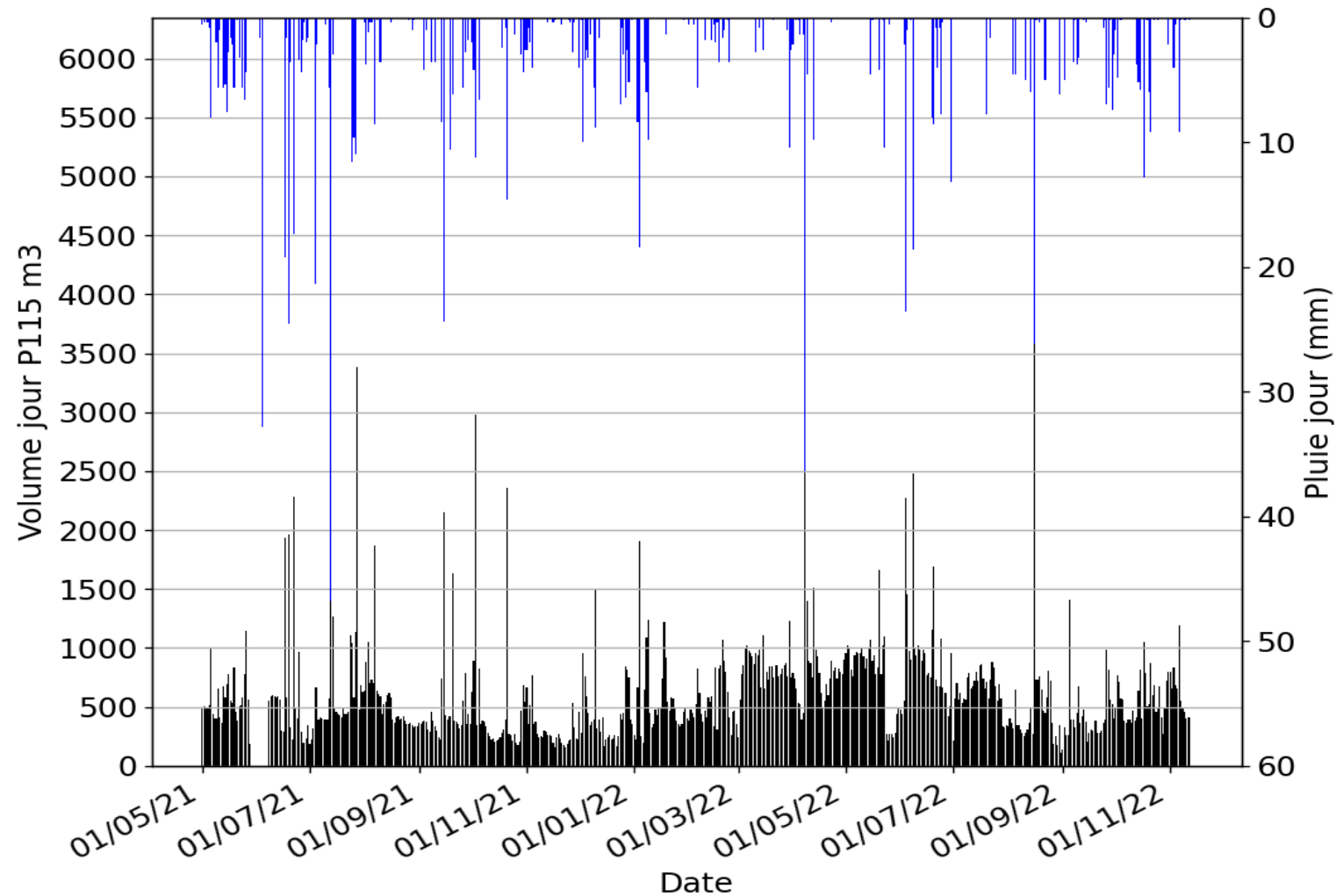
Ils créent un environnement favorable au traitement des eaux :

- les **roseaux ont un rôle physique** permettant d'éviter le colmatage du filtre par l'effet du vent et des rhizomes
- ils ont aussi un **rôle biologique** par la création d'une zone propice au développement des bactéries dans le système racinaire

Fonctionnement du filtre hydraulique

- Chaque filtre est alimenté alternativement : pas de temps mensuel
- En cas de forte pluie les 2 filtres sont alimentés simultanément
- L'enregistrement des données hydrauliques est continu 24h/24
- Les données hydrauliques sont exploitées
 - Pour l'optimisation directe
Exemple : réglage des seuil de déclenchement du temps de pluie ou du temps sec)
 - Comme données de terrain pour le calage de la modélisation

Fonctionnement du filtre hydraulique : collecte des données



Fonctionnement du filtre hydraulique : exemple d'optimisation

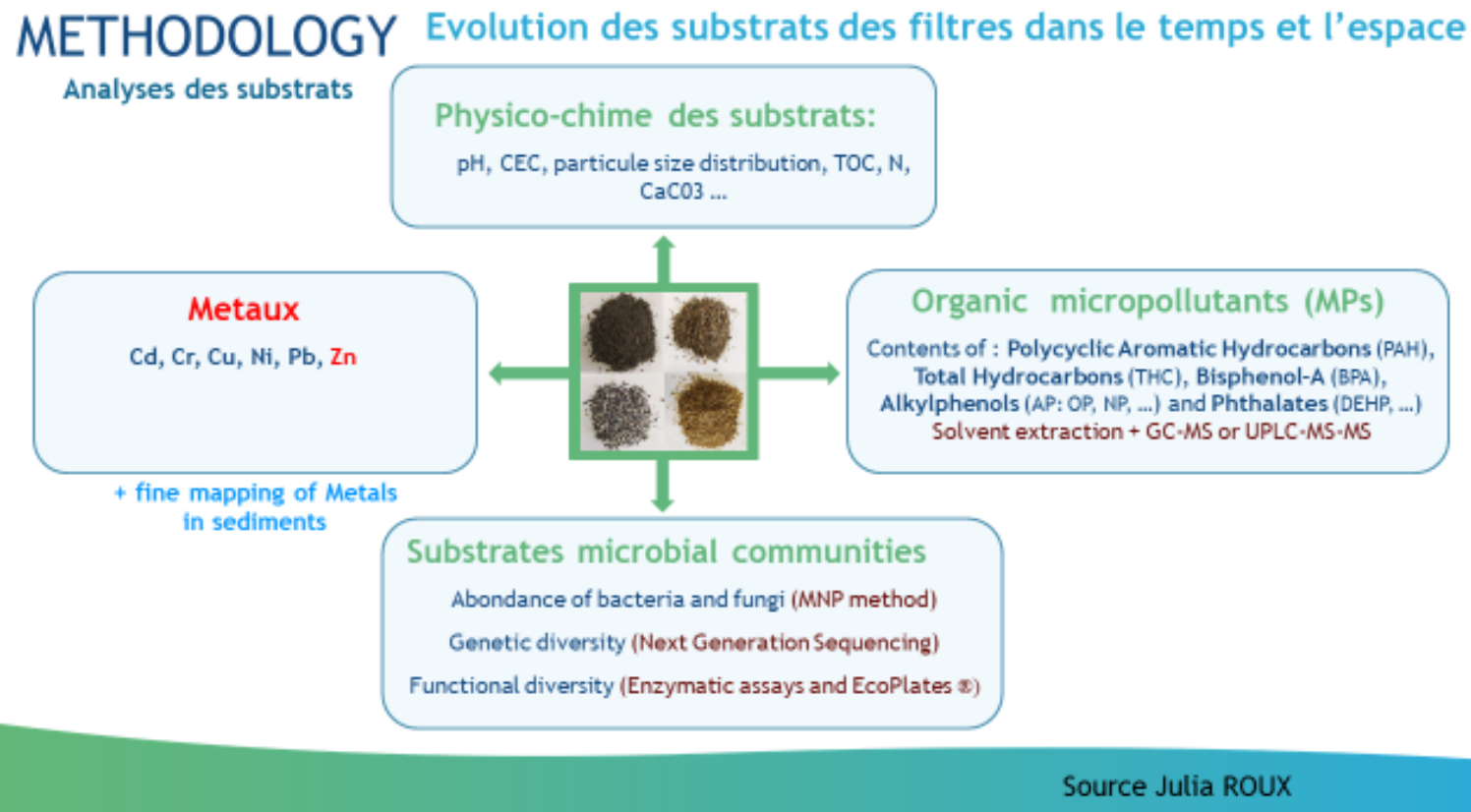
161 évènements pluvieux en 1 an et demi (juin 2021- novembre 2022)

- 30 passages inopinés en mode temps de pluie suite à l'augmentation du débit P 115 essentiellement au premier trimestre 2022
- Deux modifications apportées pour éviter ces déclenchements inopinés
 - modification du débit de pompage de 20 l/s à 40 l/s (05 04 2022)
 - diminution de la temporisation « maxi temps sec » (11 05 2022)

Aucun dysfonctionnement constaté depuis les modifications

Fonctionnement du filtre (dépollution)

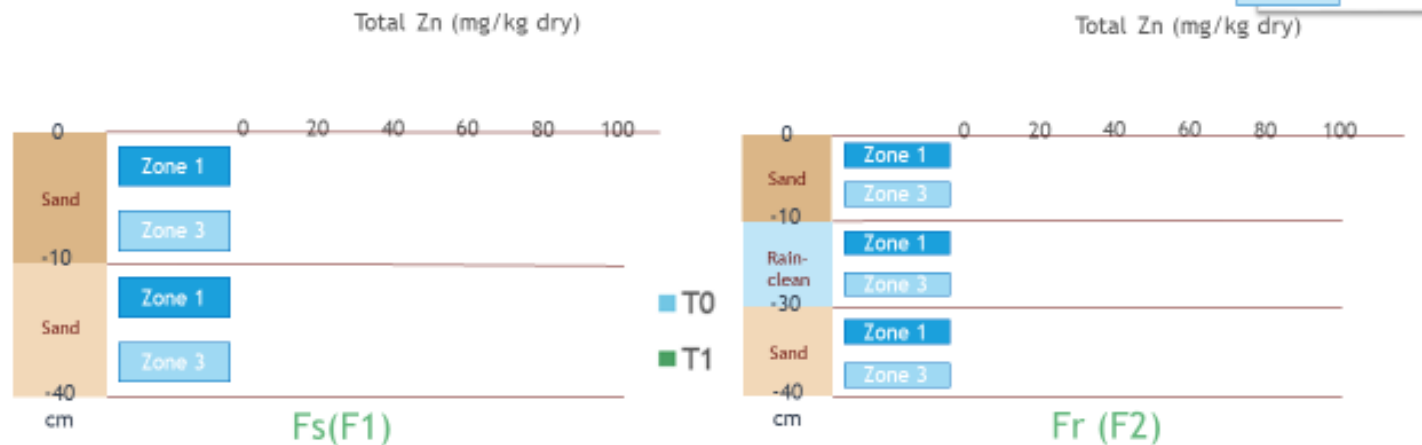
thèse de Julia Roux sur le devenir des polluants dans les substrats des filtres (soutenance prévue en décembre 2023)



Fonctionnement du filtre (dépollution)
thèse de Julia Roux sur le devenir des polluants dans les substrats des
filtres (soutenance prévue en décembre 2023)

RESULTS 2) Space-time evolution of Metals

► Vertical profile of Zinc content in F1 and F2 between T0/T1 and zone 1/3 (n=1)



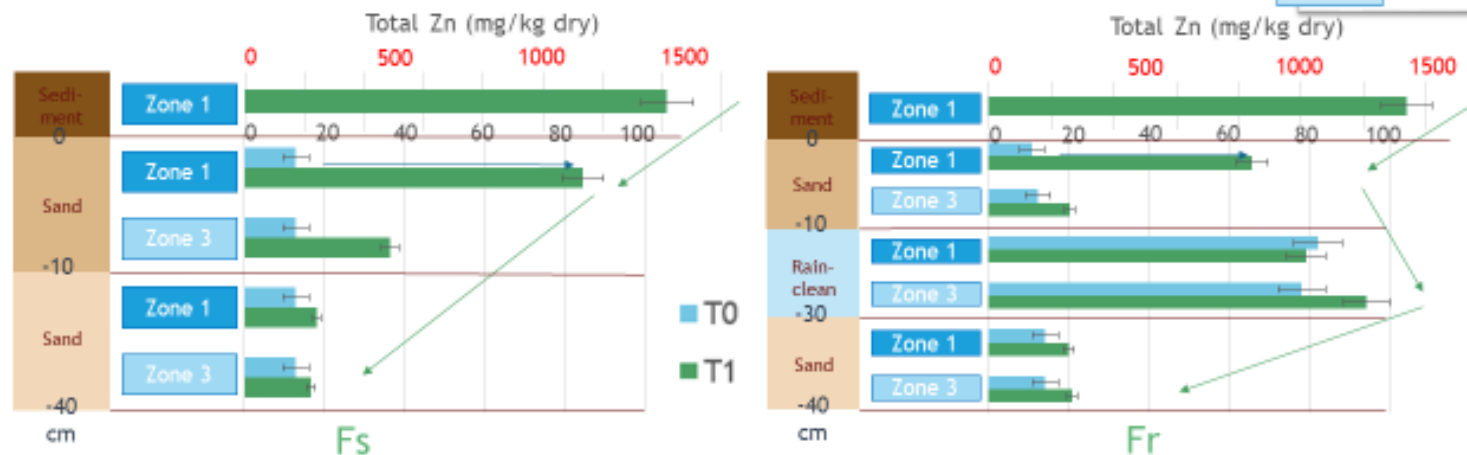
Source Julia ROUX

Fonctionnement du filtre (dépollution)

thèse de Julia Roux sur le devenir des polluants dans les substrats des filtres (soutenance prévue en décembre 2023)

RESULTS 2) Space-time evolution of Metals

► Vertical profile of Zinc content in Fs and Fr between T0/T1 and zone 1/3 (n=1)



T0 < T1

Horizontal: Contents zone 1 > zone 3

Vertical: Surface content > Deep content

Few increase in Adsorbing substrate

Sediment : majority of metals

→ 17 to 20 time more than surface sand

Source Julia ROUX

Fonctionnement du filtre (dépollution)

thèse de Julia Roux sur le devenir des polluants dans les substrats des filtres (soutenance prévue en décembre 2023)



Commentaires des graphiques

Profil vertical du Zinc retrouvé dans F1 and F2 entre T0/T1 et zone 1/3

On voit que les teneurs en Zinc augmentent d'une année sur l'autre

Pour ce qui est de la distribution spatiale, les résultats montrent qu'après une année la majorité du zinc est retenue dans la zone 1 proche du point d'alimentation en eau dans les deux filtres

Pour la distribution verticale, dans le filtre de référence on observe une décroissance rapide après les premiers 10 cm de profondeur

Dans le filtre innovant, bien que la concentration en Zn était plus haute initialement que dans le sable de surface, après un an les teneurs s'approchent de celles retrouvées dans le filtre de référence. Cela semble indiquer que ce métal est essentiellement retenu dans le sable de surface

Mais surtout on constate à ce stade que les teneurs les plus élevées se retrouvent dans le sédiment de surface, ce qui est cohérent avec le fait, identifié depuis assez longtemps, que les métaux sont fortement adsorbés sur les matières en suspension; les matières en suspension étant retenues par la première couche de sable

Modélisation

Évaluer le fonctionnement de l'ouvrage, analyser les processus en jeu et adapter les conditions d'exploitation afin d'atteindre un fonctionnement optimal

(bon compromis entre répartition des eaux en surface, vitesse d'infiltration, disponibilité du stockage, minimum de décantation avant filtre)

Le modèle sera employé pour tester différents scénarios d'exploitation (modulation des volumes de stockage, seuils de déclenchement des pompes, débits de pompage) et proposer une optimisation des règles de gestion en temps réel.

Simuler l'évolution de l'ouvrage au-delà de la durée du projet (chroniques de pluie plus longues), en tenant compte du Vieillissement

Simuler le comportement de l'ouvrage dans d'autres conditions

- Caractéristiques d'évènements pluvieux différentes de celles de la période de monitoring (pluies exceptionnelles), ou contextes météorologiques différents.
- Simuler l'effet de scénarios alternatifs de structure filtrantes (surface de filtration, débit de fuite, nature et épaisseur des couches filtrantes).

Orienter le développement de l'outil d'aide au dimensionnement

Outil de dimensionnement

Logiciel ORAGE (Ecobird-INRAE) de dimensionnement d'un FPR pour traiter les micropolluants

Phases de développement de l'outil – module micropolluants:

- Description simplifiée des processus de dégradation et adsorption des micropolluants sur matériaux spécifiques - paramétrisation des équations
- Calage sur la base des expérimentations en taille réelle (prototype)
- Définition et implémentation du module micropolluants dans ORAGE
- Utilisation de l'outil par l'ensemble des partenaires pour identifier d'éventuels besoins d'entrée ou de sortie spécifiques pour l'aide au dimensionnement
- Rédaction d'un manuel utilisateur (Anglais et Français)

Suivi biodiversité

2022 IQE Indice de qualité environnementale

Résultats synthétiques de l'IQE

DIVERSITE	Habitats naturels	4 habitats
	Avifaune	29 espèces d'oiseaux
FONCTIONNALITE	Non-artificialisation	60% du site non artificialisé
	Espèces Exotiques Envahissantes	A
	Perméabilité	B
	Potentiel d'accueil	B
	Réseaux écologiques	B
PATRIMONIALITE	Habitats patrimoniaux	0 % du site en habitats patrimoniaux
	Espèces à trois niveaux d'enjeux	0 espèces
	Espèces à deux niveaux d'enjeux	0 espèces
	Espèces à un niveau d'enjeux	1 espèce



L'IQE est un outil de suivi de la biodiversité développé par le MNHN pour des espaces d'au moins 10 hectares. Le site BICEAUD ne couvre que 4 hectares.

Suivi socio-éco

- Quels sont les **changements de pratiques professionnelles induits par le prototype** pour les services en charge de son entretien et de sa maintenance ?
- **Comment faire en sorte que les usagers du parc s'approprient cet objet de nature** sans compromettre son bon fonctionnement ?

Il s'agit d'analyser et de caractériser les réseaux d'acteurs qui doivent contribuer au bon fonctionnement du démonstrateur pour **anticiper les possibles blocages** organisationnels ou cognitifs

06

Perspectives

Transférabilité et communication

Les livrables du projet

- Un **nouveau prototype** combinant techniques « grises » et techniques « vertes » **d'ingénierie écologique** avec des recommandations pour un **fonctionnement optimisé** (issues des **simulations de fonctionnement à partir du modèle**)
- Un **document de synthèse** issu des résultats pour la **diffusion du savoir faire** à d'autres territoires ou d'autres secteurs d'activité
- Un **outil informatique (ORAGE) d'aide au dimensionnement FPR** vis-à-vis des micropolluants, complémentaire à celui développé dans le projet ADEPTE
- Un **site internet** permettant l'accès aux livrables
- **Organisation de workshop** autour des résultats d'optimisation
- La **conformité réglementaire** vis-à-vis de la DCE
- La production de 200 000 m³/an **d'eau traitée « réutilisable »**

After LIFE

Le site restera en exploitation après 2025

- Entretien horticole du filtre dont faucardage annuel,
- Entretien de la bâche, des équipements de mesure et de la GAD (Gestion Automatisée à Distance),
- Campagne d'analyses de sortie de filtre conformément à l'arrêté d'autorisation,
- Hébergement du site internet.



Merci

Annexes

Bugeau

Bassin versant	Horizon	Surface (ha)
Boulevard Périphérique	Actuel et futur	21,1
Allée de la Reine Marguerite	Actuel et futur	5,7
Route de Sèvres à Neuilly	Actuel et futur	16,2
Mare Saint-James	Futur	60,3
Etang de Neuilly	Futur	0,6
Total		103,9