

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



Deliverable C.2.2 :

Initial state

Reporting date

V1	June 2019
V2	January 2026



Auteur.e.s : Juliette Faburé, Isabelle Lamy, Nathalie Cheviron, Virginie Grondin, Françoise Poiroux, Claire-Sophie Haudin, Marjolaine Deschamps, Amélie Trouvé, Jean-Pierre Petraud, Sébastien Breuil, Véronique Etiévant, Olivier Crouzet



Résumé

Les travaux décrits ici s'inscrivent dans l'action C.2 « Evaluation de l'impact environnemental », coordonné par EcoSys.

Plus précisément, ils sont relatifs à la sous-action C.2.2, dont l'objectif est l'évaluation de l'état initial du site d'implantation du filtre planté de roseaux. Par conséquent, des prélèvements de sols, au droit du site et au pourtour, ainsi que des échantillonnages de faune du sol, ont été réalisés afin de caractériser les propriétés des sols et la diversité écologique. Les paramètres seront suivis tout au long du projet afin d'en mesurer l'évolution temporelle, et l'impact de la construction des ouvrages de filtration sur ceux-ci comme indication de la qualité environnementale du site. Les campagnes de terrain se sont déroulées en juillet 2018 pour la phase d'échantillonnage du sol et substrats, et en novembre 2018 pour les prélèvements de faune du sol. La phase de traitement des échantillons a eu lieu conséquemment et a impliqué des acteurs appartenant à différentes institutions, en fonction de leur expertise. De plus, les analyses ont porté sur la caractérisation pédologique, chimique et biologique des sols et des eaux. Ces travaux ont permis de caractériser l'état initial du sol au droit du site, dans le Bois de Boulogne. Sol sableux remanié, les caractéristiques pédologiques traduisent l'origine artificielle du site, avec des remblais retrouvés à environ 60 cm de profondeur. Au niveau de la zone boisée, on trouve sans surprise des propriétés un peu différentes avec le pH du sol un peu plus acide, une densité apparente plus faible et les activités enzymatiques du sol plus élevée. Les niveaux de contaminations du sol en éléments traces métalliques et en hydrocarbures aromatiques polycycliques correspondent à une pollution diffuse typique de milieux urbains, avec notamment des concentrations plus fortes dans le sol à proximité de la route, avec un trafic automobile assez dense. En termes de biodiversité dans les sols, les abondances et richesses spécifiques des annélides, traduisent un sol plutôt dégradé. Cette caractérisation initiale montre un sol urbain remanié, présentant une pollution diffuse modérée, et une biodiversité du sol sans spécificité majeure

Summary

The work described here falls under Action C.2, "Environmental Impact Assessment," coordinated by EcoSys.

More specifically, it relates to sub-action C.2.2, which aims to assess the initial state of the site for the reed bed filter. Consequently, soil samples were taken at and around the site, along with soil fauna sampling, to characterize soil properties and ecological diversity. These parameters will be monitored throughout the project to measure their evolution over time and the impact of the construction of the filtration structures on them, as an indicator of the site's environmental quality. Fieldwork was conducted in July 2018 for the soil and substrate sampling phase, and in November 2018 for the soil fauna sampling. The sample processing phase followed, involving stakeholders from various institutions, based on their expertise. Furthermore, the analyses focused on the pedological, chemical, and biological characterization of the soils and water. This work allowed for the characterization of the initial soil state at the site, in the Bois de Boulogne. The soil, a disturbed sandy soil, reflects the site's artificial origin, with fill material found at a depth of approximately 60 cm. Within the wooded area, unsurprisingly, slightly different properties were observed, with a slightly more acidic soil pH, lower bulk density, and higher soil enzymatic activity. Soil contamination levels of trace metals and polycyclic aromatic hydrocarbons correspond to diffuse pollution typical of urban environments, with particularly high concentrations in the soil near the road, where there is relatively heavy traffic. In terms of soil biodiversity, the abundance and species richness of annelids indicate a rather degraded soil. This initial characterization shows a reworked urban soil, exhibiting moderate diffuse pollution, and soil biodiversity without major specificities.

Table des matières

Résumé	1
Summary	2
I. Introduction	4
II. Méthodologie	4
1. Zonage	4
2. Échantillonnages	5
3. Analyses	5
III. Stratégie de prélèvements.....	6
1. Analyse du plan de l'ouvrage.....	6
2. Prélèvements exploratoires.....	6
3. Plan définitif d'échantillonnage	8
a. Prélèvements des sols pour analyse des paramètres physico-chimiques.....	8
b. Prélèvements des organismes : les oligochètes	9
4. Analyses des sols.....	10
IV. Résultats : Caractéristiques du site.....	11
1. Phase exploratoire	11
2. Caractérisation abiotique du site de l'état initial	3
a. Densité apparente et pH des échantillons.....	3
b. Texture et physico-chimie des échantillons de sol.....	4
c. Teneurs en contaminants inorganiques : les éléments trace.....	5
d. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	7
3. Caractérisation biotique du site à l'état initial	8
a. Caractérisation des activités enzymatiques du sol.....	8
b. Caractérisation de la diversité en oligochètes du sol	10
c. Caractérisation de la diversité faunistique et floristique.....	2
V. Discussions - Conclusion	6
VI. Annexes	7

I. Introduction

Ce livrable s'inscrit dans l'action C.2 « Evaluation de l'impact environnemental » dont l'objectif est d'évaluer l'impact de l'implantation du filtre et de son fonctionnement sur les écosystèmes environnants du site. Le bénéfice global apporté par la construction de l'ouvrage de filtration ne peut être estimé que si l'on considère d'une part l'efficacité de l'ouvrage au regard de l'objectif visé, mais aussi d'autre part, l'impact de sa mise en œuvre sur l'environnement existant. Cela peut se faire en utilisant différents indicateurs de qualité des milieux, tout en ayant un regard critique sur les outils méthodologiques. Dans ce livrable, nous proposons de caractériser l'état initial du milieu où sera implanté le filtre. Cet état initial sera l'état de référence auquel nous nous référerons dans les prochaines phases du projet pour évaluer l'impact du chantier lié à la construction de l'ouvrage et ensuite l'impact de l'ouvrage en fonctionnement sur l'environnement. L'état initial correspond donc bien à la caractérisation de l'état du milieu avant la mise en chantier, tandis que le t-zéro correspondra à l'état du milieu lors de la mise en service du filtre.

OBJECTIF DE LA SOUS-ACTION C.2.2

La caractérisation de la qualité initiale des milieux correspondra au point témoin servant à la fois à l'évaluation de l'impact du chantier et à l'évaluation de l'impact de l'ouvrage sur l'environnement développées dans les sous-actions C.2.3 et C.2.4. L'état initial servira de référence à laquelle seront comparés les paramètres suivis dans les deux autres sous-actions.

L'objet de cette sous-action C.2.2. est (i) de caractériser les différentes propriétés physico-chimiques et biologiques du sol et (ii) de décrire la biodiversité sur le site tant du point de vue de sa structure que de sa fonctionnalité.

Ainsi, l'état initial du site correspond à :

- La définition de zones du site appelées ou non à être perturbées par le futur chantier,
- La quantification des paramètres pédologiques et édaphiques de ces zones, ainsi que la quantification des niveaux des contaminants et de la disponibilité de ceux-ci
- La caractérisation du fonctionnement biochimique des sols du site,
- La caractérisation de la densité et de la diversité des populations d'oligochètes des sols (vers de terre et enchytréides),
- La réalisation d'un inventaire faunistique et floristique aux alentours du site. Celui-ci a été effectué en 2015, au préalable du démarrage du projet LIFE-ADSORB. Les résultats sont donnés à la suite de la caractérisation initiale des sols du site effectuée en 2018 dès le début du projet.

II. Méthodologie

1. Zonage

Pour effectuer l'état initial, nous avons subdivisé en juillet 2018 le site du Bois de Boulogne en 3 zones par rapport à l'endroit où devait être mis en place le filtre planté (Figure 1) :

- Une zone au droit du filtre qui sera construit, appelée "Zone filtre" (F) ; cette zone a été par la suite subdivisée en deux compte tenu que deux compartiments constitueront le filtre, avec ou sans Rainclean (respectivement FR et FS)

- Une zone correspondant au sol à proximité du filtre sur laquelle circuleront les engins de chantier, appelée "Zone chantier" (C)
- Une zone correspondant au sol jouxtant le chantier mais éloignée du filtre, appelée "zone hors chantier, ou référence" et notée témoin (T).

Ces zones géoréférencées pour la caractérisation initiale du milieu seront conservées en C.2.3 et C.2.4.

2. Échantillonnages

Les différents prélèvements pour les analyses physico-chimiques et biochimiques ont été réalisés simultanément en juillet 2018 afin de permettre une analyse transversale des données obtenues, le chantier du filtre étant prévu avant l'automne 2018. Cependant, pour des raisons de sécheresse prolongée cet été 2018, nous n'avons pas pu effectuer les prélèvements biologiques. Ces derniers ont dû être reportés à la suite des premières pluies qui n'ont été observées que fin novembre, avec des prélèvements début décembre 2018 afin d'attendre que la faune du sol se remette en place.

3. Analyses

Les paramètres pédologiques analysés pour caractériser les sols incluent la texture, la teneur en carbone organique, le rapport carbone/azote, la capacité d'échange cationique, les ions majeurs et le pH ainsi que la densité apparente. Les mesures de la contamination initiale du sol ont concerné le dosage des concentrations en polluants organiques et inorganiques traces, tels que ceux suivis tout au long de l'étude (comme indiqué dans la sous-action C.1.1.4). Les données obtenues ont été comparées avec des valeurs de référence connues par ailleurs pour le site ou le type de sol. Ces analyses ont été réalisées par le laboratoire d'analyse des sols (LAS-INRA centre d'Arras) sauf le pH et la densité apparente des échantillons mesurés au laboratoire d'écotoxicologie de l'UMR Ecosys de l'INRA.

La caractérisation du fonctionnement du sol a porté sur les mesures biochimiques d'activités d'enzymes impliquées dans les cycles du carbone, de l'azote, du phosphore et du soufre des prélèvements de surface des échantillons. Ces analyses ont été réalisées par la plateforme Biochem-Env d'INRA (<https://www.biochemenv.fr/>).

Les populations d'oligochètes ont été caractérisées par des indices d'abondance spécifique et de diversité par prélèvements *in situ* des vers de terre et des enchytréides, et leur identification en laboratoire. Pour les enchytréides, l'identification a été réalisée par Dr. Rüdiger Schmelz (expert en enchytréides), et pour les vers de terre par l'équipe Ecotoxicologie de l'UMR Ecosys, INRA.

Pour l'inventaire faunistique et floristique, l'état initial est basé sur les relevés effectués par la société DiversCités en juillet 2015, dans le cadre du diagnostic écologique réalisé sur un cycle annuel, pour le projet de construction du filtre.

Les méthodologies employées pour l'inventaire de la flore et celui de la faune (oiseaux, mammifères, poissons, reptiles et batraciens, et insectes), de même que le zonage de l'étude, sont décrites en Annexe 1. Dans la suite du projet, c'est l'Agence pour la Biodiversité de la Ville de Paris qui mènera l'inventaire, d'après une méthodologie développée par le Muséum National d'Histoires Naturelles de Paris, et adaptée au site d'étude. Cet inventaire permettra de produire par la suite un indicateur de qualité écologique qui sera décrit dans le prochain livrable.

III. Stratégie de prélèvements

1. Analyse du plan de l'ouvrage

Le plan du futur ouvrage et son implantation prévisionnelle sur le site ont conditionné la stratégie d'échantillonnage. Celle-ci s'est effectuée en deux temps : une première sortie terrain permettant de mieux appréhender le site et son éventuelle hétérogénéité, en suivant un plan prédéfini à l'avance, et une deuxième sortie terrain pour effectuer les prélèvements d'échantillons pour analyses après examen des premiers résultats.

Les 3 zones F, C et T citées devaient couvrir l'ensemble de ce qui est initialement une pelouse, aux pourtours arborés à l'est, contigu à la rivière Saint-James à l'ouest et aux routes de l'Etoile et de la Muette respectivement au sud et au nord (Photo 1 et Photo 2).



Photo 1 : Pelouse initiale, vue du Sud vers le Nord (partie boisée à l'est)- Campagne d'échantillonnage Juillet 2018
© I. Lamy



Photo 2 : La rivière Saint-James bordant la parcelle du site du Bois de Boulogne à l'Ouest - Juillet 2018. © I. Lamy

2. Prélèvements exploratoires

Pour définir le plan d'échantillonnage, une première phase exploratoire a été réalisée afin de déterminer l'homogénéité spatiale du sol dans les zones prédéfinies et sur l'ensemble de la pelouse. Ainsi, des carottes de sol ont été réalisées à l'aide d'une tarière sur des profondeurs allant jusqu'à 100 cm lorsque c'était possible aux points de prélèvements. Ces derniers sont indiqués sur le plan (cf. Figure 1) : 14 carottes de sol, dont 6 dans la zone du futur filtre ont ainsi été prélevées.

Les carottes ont été d'abord stockées dans des gouttières en plastique, photographiées, puis un petit aliquote est prélevé et placé dans une boîte appelée "pédo-comparateur" (Photo 3 et Photo 4Photo 2) avant de reboucher le trou sur le terrain avec le sol prélevé horizon par horizon. Le pédo-comparateur est une boîte où sont stockés les échantillons de 5 cm en 5 cm ou de 10 en 10 cm en fonction de la profondeur dans des cases, permettant de retour au laboratoire une analyse comparative des profils de sol ex-situ aux différentes profondeurs, ici : 0-5cm, 5-10cm, 10-15cm, 15-20cm, 20-30cm, 30-40cm, 40-50cm, 50-60cm, 60-70cm, 70-80cm, 80-90cm, 90-100cm.

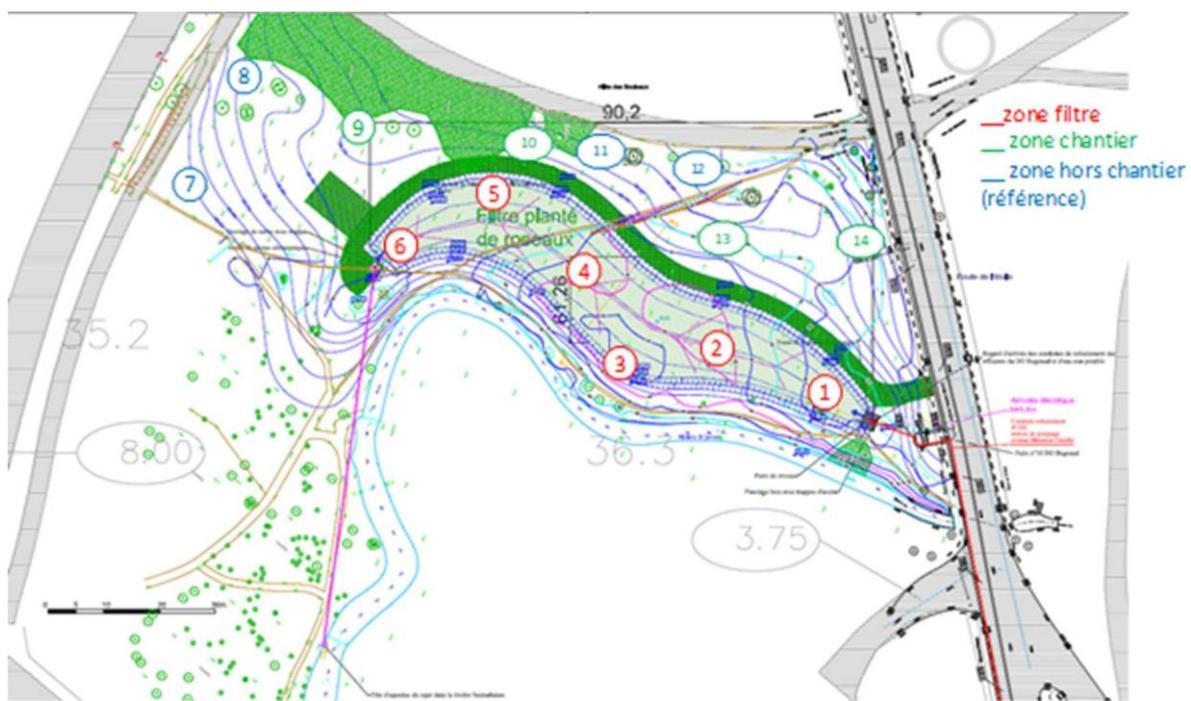
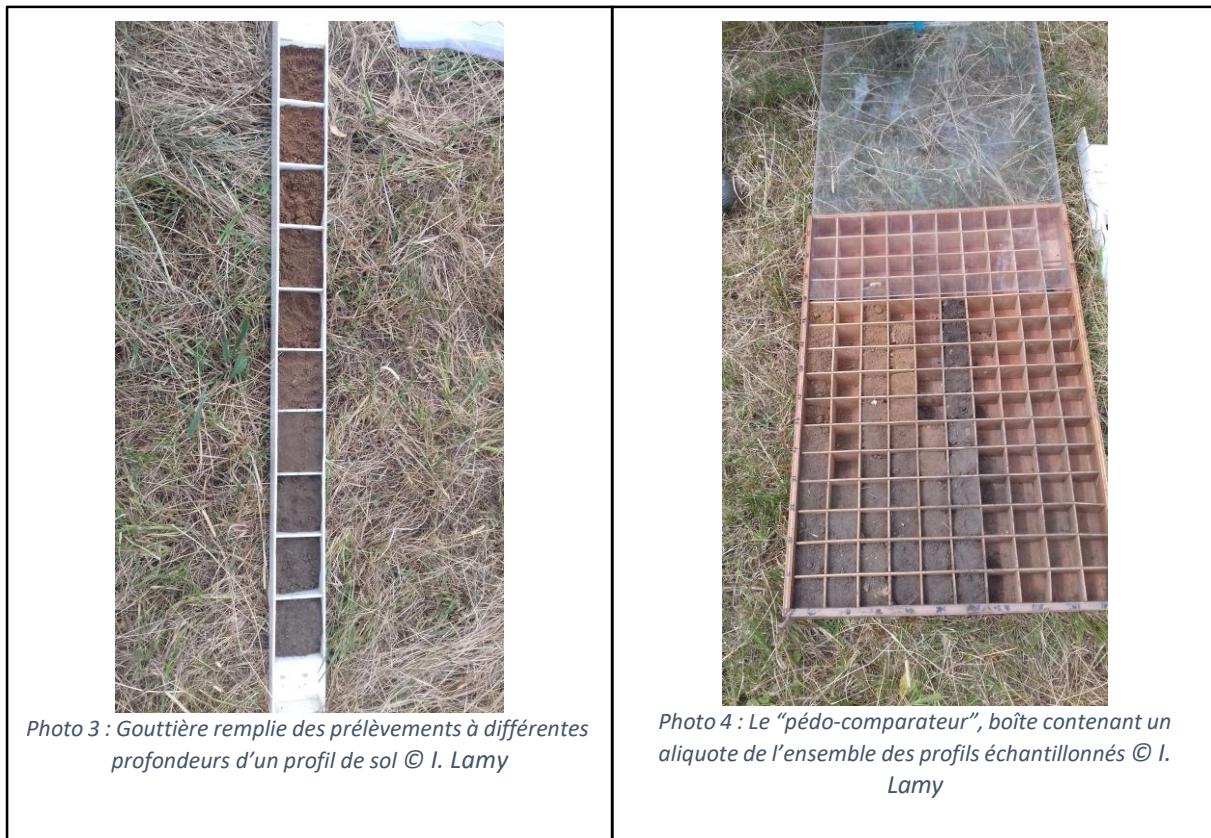


Figure 1 : Plan de prélèvement exploratoire pour la caractérisation de la variabilité spatiale des sols du site

3. Plan définitif d'échantillonnage

Suite à l'analyse de l'homogénéité spatiale du site, le plan d'échantillonnage pour la caractérisation de l'état initial du site a été défini de sorte que :

- Les 3 zones préalablement identifiées (T : zone témoin ; C : zone du chantier ; F : zone d'implantation du filtre) présentent un nombre de points suffisant pour couvrir la surface qu'elles représentent, permettant un traitement statistique des données ;
- La zone du filtre correspond à ce qui va être programmé pour le chantier : elle a donc été subdivisée en 2 parties : l'une correspond à la partie du filtre dans laquelle sera placé le matériau filtrant RainClean© (FR), et l'autre correspond à la partie sans ajout du matériau filtrant (FS).

Au total, ce sont 20 points prédéfinis qui ont été répartis sur tout le site, soit 5 par zone, sur une carte et prélevés en juillet 2018 suite à une deuxième sortie terrain (*cf. Figure 2*).

a. Prélèvements des sols pour analyse des paramètres physico-chimiques

Les sols ont été prélevés aux 20 points identifiés (5FS, 5FR, 5T et 5C), à la tarière hélicoïdale sur deux profondeurs de 0-10 et 10-20 cm (soit 40 échantillons au final). Ces profondeurs sont les plus à même de renseigner sur une contamination exogène par dépôts atmosphériques et sont également celles explorées par les oligochètes .

Pour un point de prélèvement et pour chaque profondeur, 5 prélèvements sont réalisés dans un rayon de 1m puis poolés pour collecter une quantité de sol suffisante pour la réalisation de toutes les analyses. Cet échantillon est ensuite traité comme suit :

- 1 000 g sont tamisés sur site à 2 mm puis répartis en :
 - o 2 x 100 g en piluliers qui ont été stockés à -20°C dès le retour au laboratoire (1 pour les analyses HAP, l'autre pour la pédothèque) ;
 - o 200 g en sac de prélèvement qui seront utilisés pour les mesures d'activités enzymatiques dès le retour laboratoire
 - o 700 g en sac de prélèvement qui seront séchés puis utilisés d'une part pour les analyses des paramètres pédologiques et des éléments majeurs et trace au LAS, et d'autre part pour les tests écotoxicologiques sur enchytréides.
- 500 g ont été gardés non tamisés et conservés en sac de prélèvement après séchage, pour stockage en pédothèque.

Pour un point de prélèvement, l'échantillonnage a ainsi aboutit à 5 flacons, répétés sur 40 points (2 profondeurs et 20 points), soit 200 conditionnements pour cette campagne de l'état initial des sols du site.

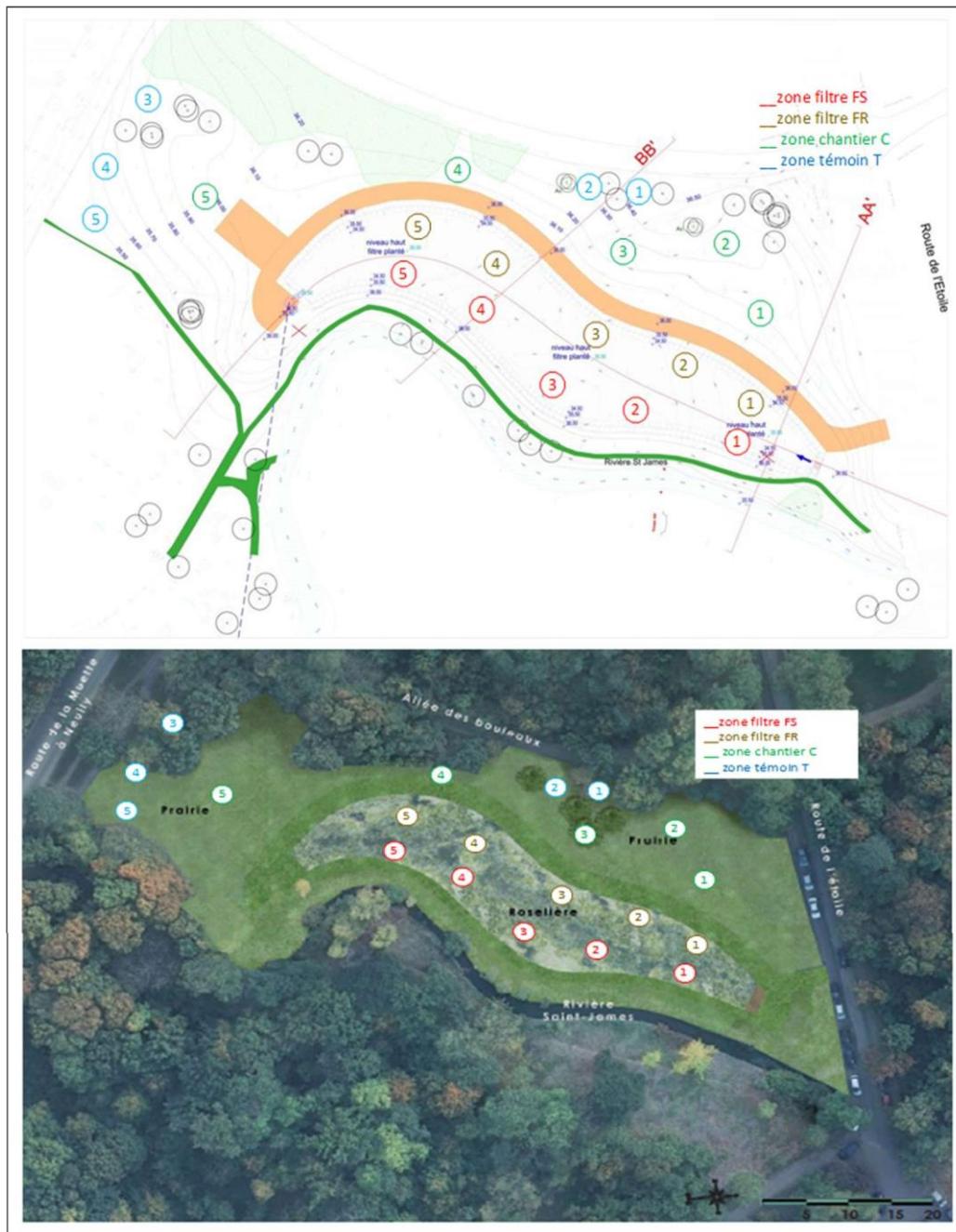


Figure 2 : Plan final de prélèvement des échantillons de sols et des oligochètes

b. Prélèvements des organismes : les oligochètes

Les vers de terre et les enchytréides constituent les principales familles d’oligochètes présents dans le sol. Leur différence de taille (quelques centimètres pour les vers de terre, quelques millimètres pour les enchytréides) nécessite des techniques de prélèvement différentes.

- Les vers de terre ont été prélevés par une méthode non destructrice, qui évite de dégrader la structure du sol. Il s’agit de faire passer un courant électrique dans le sol via des fiches plantées à 15 cm de profondeur et disposées de sorte qu’elles forment un cercle d’1 m² (Photo 5). Un générateur relié aux fiches envoie un courant électrique qui augmente progressivement de 12V à 60V toutes les 4 min. Ainsi, l’extraction des vers de terre sur chaque point dure 20 min.

Les vers de terre qui sortent du sol, sont stockés dans une solution formolée (4%) pour permettre la conservation des vers de terre en vue de leur détermination.



Photo 5 : Méthode électrique de prélèvement des vers de terre (échantillonnage de Décembre 2018) © J. Faburé

- Les enchytréides sont prélevés au moyen d'une tarière pleine, d'un diamètre de 7 cm. Le sol est extrait sur 2 profondeurs pour chaque point de prélèvement : à 0-5cm et 5-10 cm. Ces échantillons de sol sont placés dans un sac de prélèvement et conservés à 4°C jusqu'à l'extraction des enchytréides par une méthode type Berlèze, et leur détermination.

4. Analyses des sols

Les caractéristiques pédologiques des sols et leurs paramètres physico-chimiques ont été analysés suivant les protocoles normés précisés en annexe 1 : les teneurs en éléments majeurs et en éléments traces dans les échantillons de sols ont été mesurées par ICP/AES ou ICP/MS, les teneurs en HAP ont été mesurées par HPLC-UV Fluo.

Les activités Phosphatase (PHOS), Arylsulfatase (ARS), β -Glucosidase (β GLU), Uréase (URE) et Arylamidase (ARN), phosphatase alcaline (PAK), sont mesurées selon la norme ISO 20130 :2018, issues de modifications des protocoles respectifs de : Tabatabai et Bremner (1970), Dick et al (1996), Tabatabai et Bremner (1972), Sinsabaugh et al (2000) et Acosta-Martinez et Tabatabai (2000a).

Environ exactement 4 g de sol sont pesés (en triplicat) pour chaque échantillon, et 25 ml d'eau sont ajoutés avant agitation 10 min à 250 rpm. Trois essais et un témoin sont réalisés pour chaque triplicat. Respectivement, les substrats utilisés sont le 4-nitrophénylphosphate, 4-nitrophénylsulfate, le 4-nitrophényl glucopyranoside, l'urée et le L-leucine β -naphthylamide hydrochloride dans les puits essais afin de mesurer les activités PHOS, ARYLS et β GLU, URE et ARN.

La concentration de produit libéré est rapportée soit à une gamme de para-nitrophénol (Sigma) pour les activités PHOS, ARYLS et β GLU soit à une gamme de NH4Cl (Sigma) pour l'URE et le naphtylamide pour l'ARN. Les mesures sont effectuées sur microplaques 96 trous (PS, Nunc, VWR) avec un lecteur Infinite 200 (Técan).

Les activités enzymatiques du sol sont exprimées en mU (équivalent µmole de produit libéré par minute) par gramme de sol sec.

IV. Résultats : Caractéristiques du site

1. Phase exploratoire

L'exploitation de la phase exploratoire, est donnée ci-dessous, pour les trois zones pré-identifiées. Les carottes de sol prélevées sur le site montrent des disparités quant à la profondeur des sols rencontrés. La texture des sols est d'une façon générale très sableuse, et on observe de façon plus ou moins nette deux à trois horizons sur les profils examinés (figures 3, 4 et 5) depuis la surface où les horizons présentent une couleur brune caractéristique de la présence de matière organique jusqu'en profondeur où différentes couleurs ocres matérialisent les horizons sous-jacents. Au retour au laboratoire et après séchage des sols, le pédo-comparateur permet de bien visualiser les différentes profondeurs de sol et les différents horizons (photo ci-dessous).

Dans la “zone filtre” (Figure 3), les profils de sol sont observables jusqu'à environ 1m, présentant un horizon de surface organique sur environ 0-20 cm, puis un horizon de transition sur 20-30 cm et enfin un horizon sous-jacent de couleur ocre foncé qui devient de plus en plus caillouteux avec la profondeur. Les points 2, 4 et 5 sont situés proches d'un chemin traversant la pelouse alors que les points 1, 3 et 6 sont proches de la rivière Saint James. On remarque que pour ces trois derniers points nous avons pu échantillonner jusqu'à 1m de profondeur, tandis que pour les points situés dans la zone plus tassée proche du chemin nous n'avons pas pu échantillonner au-delà de 30 ou 40 cm.

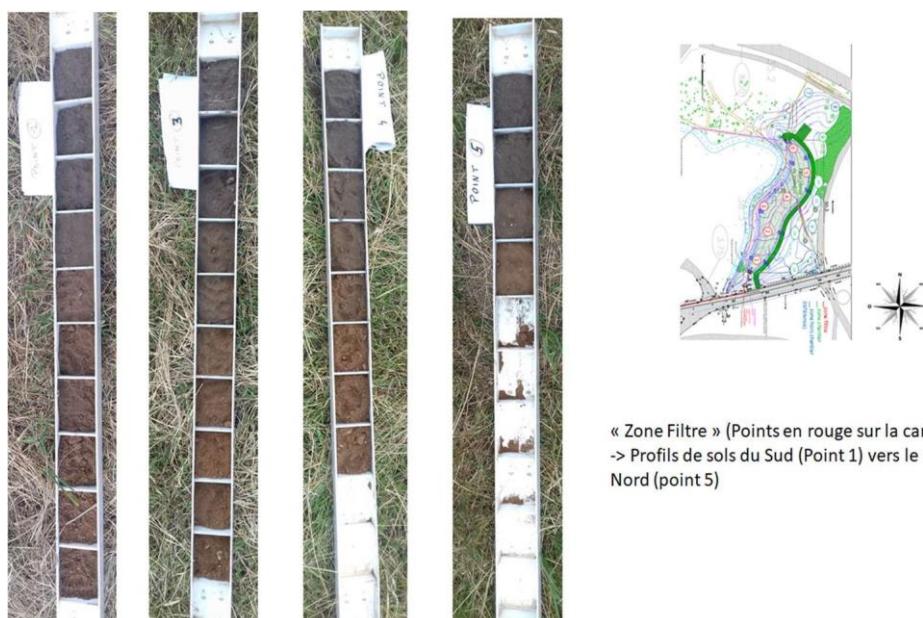


Figure 3 : Profils de sols prélevés dans la “zone Filtre” positionnés dans les gouttières pour examen visuel : chaque case représente une profondeur du haut vers le bas : 0-5cm, 5-10cm, 10-15cm, 15-20cm, 20-30cm, 30-40cm, 40-50cm, 50-60cm, 60-70cm, 70-80cm, 80-90cm, 90-100cm.

Dans la “zone témoin” (Figure 4), les points 7 et 8 les plus proches de la route de la Muette ne présentent pas un profil de sol classique mais plutôt une suite continue de matériaux identiques, faisant penser à des remblais ou du sol remanié (par la construction de la route au Nord). Par contre les deux autres points 11

et 12, localisés proche de la partie arborée de la pelouse présentent un profil de sol plus classique avec un horizon organique jusqu'à 30-40 cm.



Figure 4 : Profils des 4 sols prélevés dans la “zone Témoin”, points 7 et 8 au Nord, et points 11 et 12 à l’Ouest, positionnés dans les gouttières pour examen visuel. Chaque case représente une profondeur du haut vers le bas : 0-5cm, 5-10cm, 10-15cm, 15-20cm, 20-30cm, 30-40cm, 40-50cm, 50-60cm, 60-70cm, 70-80cm, 80-90cm, 90-100cm.

Dans la “zone chantier” (Figure 5), les points 9 et 10 au Nord-Ouest présentent un profil de sol classique, assez profond, avec un horizon de surface bien délimité par sa couleur brune indiquant la richesse en matière organique par rapport aux horizons sous-jacents. Nous retrouvons avec les points 13 et 14 la problématique de la proximité du chemin piétonnier déjà observée pour la zone du filtre : cette zone étant très tassée, nous n'avons pas pu, dans les conditions du prélèvement, aller plus loin que 30 à 40cm soit l'horizon organique de surface.

Au final, cette première phase exploratoire de terrain nous a permis i) de vérifier la relative homogénéité du site en termes de sol et de substrats sous-jacents et ii) sur la base des plans affinés par cette première reconnaissance *in situ* de positionner les points pour les trois zones anticipées comme faisant partie du futur filtre, d'une zone qui sera effectivement très probablement impactée par les engins de chantier, et enfin une zone “témoin” qui sera la moins impactée par les travaux du filtre , comprenant une zone à proximité de la partie boisée, et une zone plutôt localisée vers la route de la Muette. Ces zones et les points choisis sont positionnés en Figure 2.

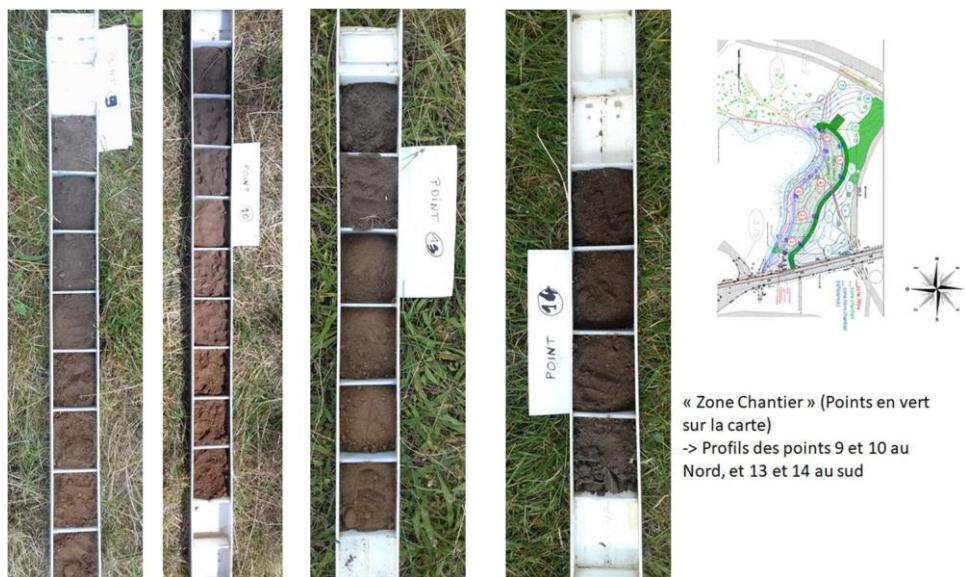


Figure 5 : Profils des sols prélevés dans la “zone Chantier”, points 9 et 10 au Nord-Ouest, et points 13 et 14 au Sud-Ouest, positionnés dans les gouttières pour examen visuel. Chaque case représente une profondeur du haut vers le bas : 0-5cm, 5-10cm, 10-15cm, 15-20cm, 20-30cm, 30-40cm, 40-50cm, 50-60cm, 60-70cm, 70-80cm, 80-90cm, 90-100cm.

Pour une meilleure vision d’ensemble, la Photo 6 illustre l’ensemble des prélèvements de sol réalisés dans la phase exploratoire, présentés dans un pédo-comparateur. Les différentes couleurs du sol ainsi que les profondeurs qui ont pu être explorées sont facilement observables.

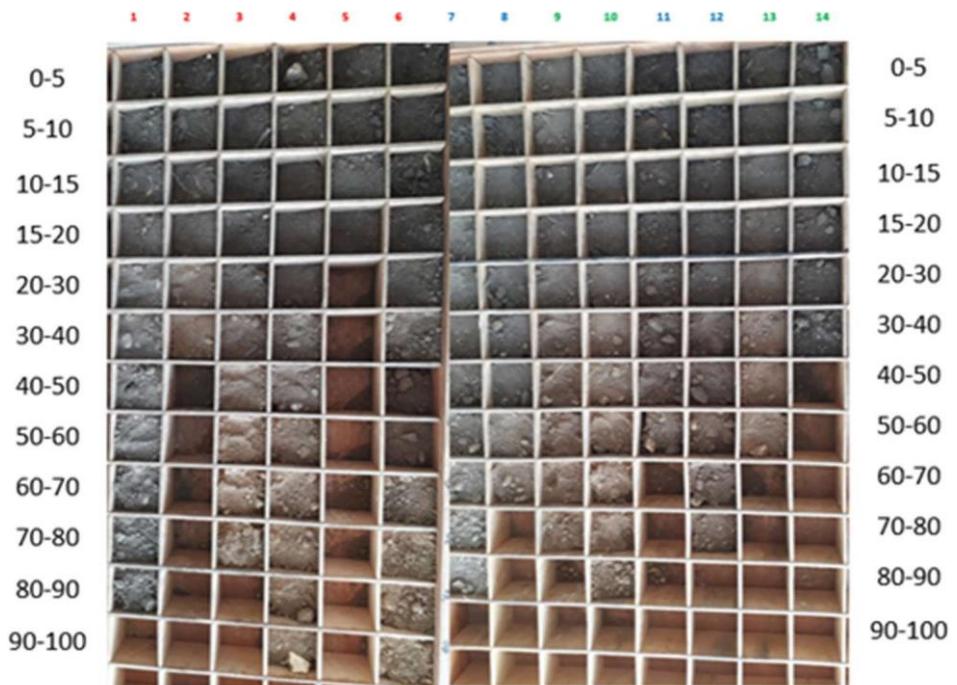


Photo 6 : Pédo-comparateur comprenant les 14 carottes de sol prélevées sur le site en juillet 2018 - horizon de surface en haut (Photo J. Faburé). Les prélèvements sont positionnés dans chaque case, permettant de retour au laboratoire une analyse des profils de sol ex situ

2. Caractérisation abiotique du site de l'état initial

a. Densité apparente et pH des échantillons

Les mesures de densité apparente ont été réalisées en même temps que les échantillonnages d'oligochètes. En raison des conditions météorologiques (expliquées au paragraphe III.c), seuls 6 points de prélèvements avaient pu être réalisés.

Les mesures permettent de constater une variabilité de la densité apparente en cohérence avec les zones échantillonnées, en particulier :

- Le point C2 (du côté de la route de l'Etoile) correspond à la zone de passage piéton traversant la pelouse, ce qui se traduit par une densité apparente du sol (1,4 à 1,5) plus élevée que la moyenne ($=1,2\text{ g/cm}^3$) en raison du tassement du sol et de la raréfaction de la pelouse ;
- Les points T4 et surtout T3 (du côté de la route de la Muette) correspondent à des sols prélevés sous litière de feuilles proche ou dans la zone boisée ; leurs plus faibles densités apparentes (respectivement 0,9 et 0,7) traduisent la spécificité de ces points de prélèvement.

Le pH des sols du site est donné en Annexe 3. D'une façon générale, le pH des échantillons de sol est neutre à basique ($\text{pH} = 7,71 \pm 0,33$ en moyenne pour les horizons de surface) et assez homogène sur l'ensemble du site. Le minimum observé est $\text{pH} = 6,55$ pour l'échantillon de surface prélevé sous boisement (T3), et le maximum observé est à $\text{pH} = 7,94$ pour l'horizon de surface du point FS5, qui présentait un tassement important. Le pH tend à augmenter avec la profondeur (Annexe 3), en cohérence avec le processus d'acidification dû à la présence de la pelouse et de l'activité microbienne des sols en surface (0-10 cm) par rapport aux horizons sous-jacents (10-20 et 20-30 cm) (Figure 6). Enfin en considérant zone par zone on observe une tendance pour un gradient de pH : le pH des échantillons de surface tend à diminuer légèrement depuis la "zone du filtre" proche de la rivière Saint James à l'ouest (en moyenne $\text{pH} 7,87 \pm 0,17$), en remontant vers la "zone Chantier" ($\text{pH} 7,77 \pm 0,10$) et vers la "zone témoin" à l'est ($\text{pH moyen } 7,57 \pm 0,57$ en considérant tous les points).

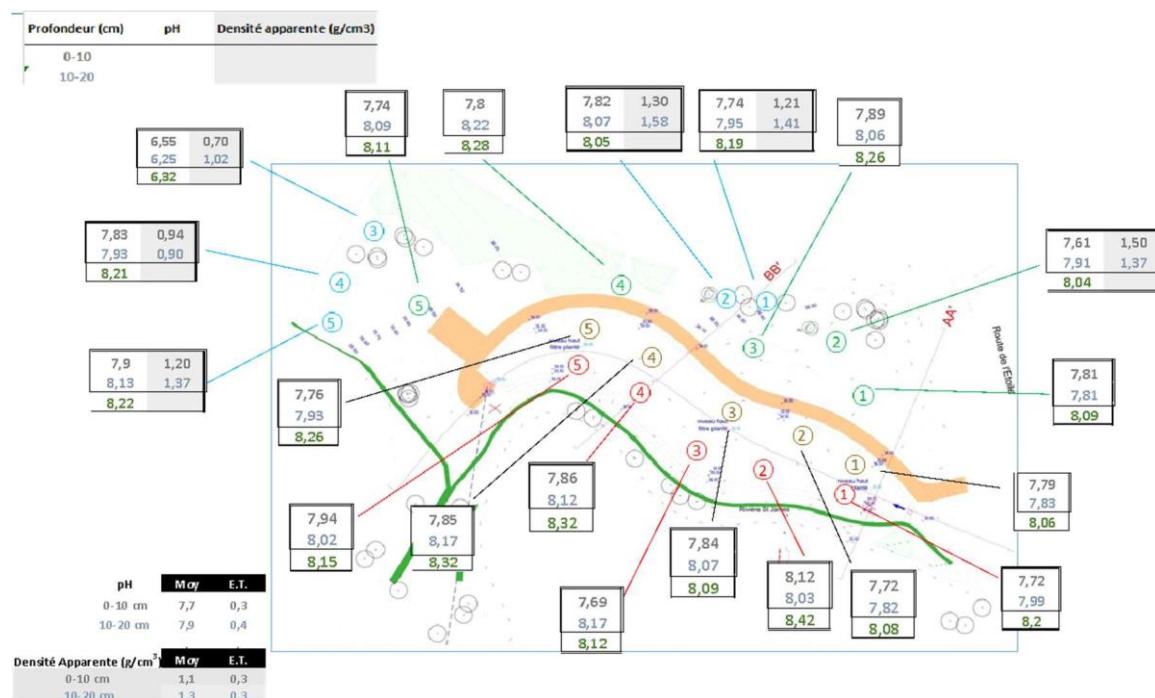


Figure 6 : pH et densité apparente des sols à l'état initial (mesurés respectivement en juillet et décembre 2018)

b. Texture et physico-chimie des échantillons de sol

Les paramètres physico-chimiques des sols (cf. Tableau 1) présentent une variabilité qu'il convient d'analyser par zone d'étude. Ainsi la Figure 7 présente les valeurs pour les différents paramètres pour les 3 zones du site : la zone du filtre, la zone « chantier » et la zone « témoin ».

Bien que la plupart des paramètres oscillent dans des valeurs proches, certains éléments diffèrent suivant les zones d'étude :

- les teneurs en matière organique sont plus faibles dans la zone Chantier ;
- la teneur en calcaire décroît depuis la zone témoin jusqu'à la zone du filtre. Cette teneur est particulièrement plus élevée dans la zone témoin, mais les données sont très variables dans cette zone (écart-type 75,7 pour une moyenne de 132.3 g.kg⁻¹) car la zone "témoin" est constituée de zones non boisées et boisées, compte tenu que la référence pour cette étude est définie par le fait que ce sont des zones qui ne seront pas perturbées par le chantier ;
- la capacité d'échange cationique (CEC) est plus élevée dans la zone témoin, en cohérence avec la teneur plus élevée en matière organique de cette zone.

	Corg (g/kg)	N total (g/kg)	CaCO ₃ total (g/kg)	Mat. Org (g/kg)	C/N	CEC (cmol+/kg)
min	8,82	0,64	67,43	15,25	1,32	3,09
med	34,60	2,85	46,50	59,90	12,70	16,30
max	52,40	3,80	230,00	90,60	16,50	23,20

	Ca (cmol+/kg)	Mg (cmol+/kg)	Na (cmol+/kg)	K (cmol+/kg)	Mn (cmol+/kg)
min	3,14	0,20	0,01	0,10	0,01
med	16,40	0,47	0,02	0,27	0,04
max	22,80	1,00	0,09	0,56	0,05

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques des sols prélevés

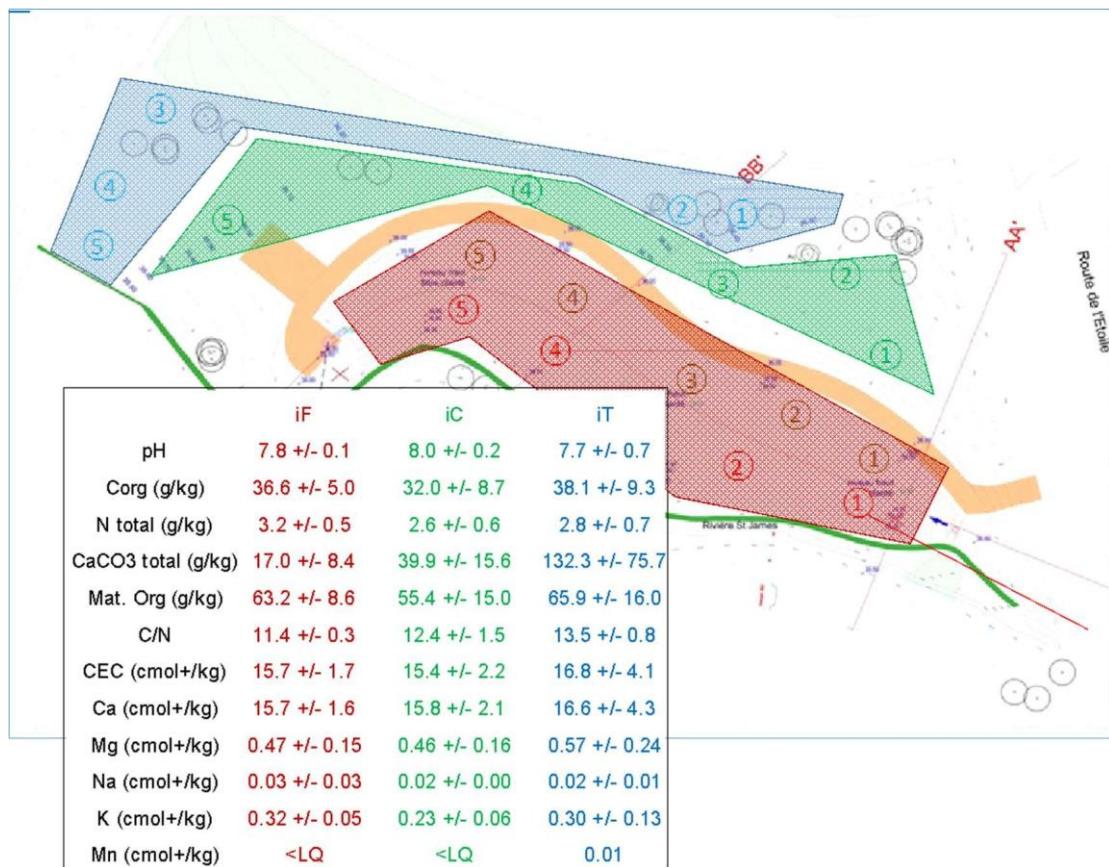


Figure 7 : Paramètres physico-chimiques des sols par zone d'étude (Moyenne +/- écart-type ; zone filtre - n=5, zones chantier et témoin - n =15 (5 points, 3 profondeurs)

Compte tenu de l'hétérogénéité des valeurs mesurées pour certains paramètres, l'analyse des sols et de leur évolution au cours de l'étude nécessitera de considérer à la fois l'usage des sols (filtre, chantier, témoin) mais également leur répartition spatiale sur la zone d'étude.

c. Teneurs en contaminants inorganiques : les éléments trace

Pour comprendre la contamination sur le site, nous avons analysé les données d'une façon générale, mais aussi en particulier les teneurs en éléments trace des horizons de surface par zones. Celles-ci sont données en détail dans l'annexe 3.

Les teneurs moyennes en éléments trace Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn des horizons de surface du site sont données dans le tableau 2, ainsi que les valeurs minimum et maximum observées. La richesse en contaminants a été appréciée par rapport aux valeurs du fond pédogéochimique moyen classiquement rencontré dans les sols (d'après Baize : <http://denis-baize.fr/etm/index.html> et les résultats du programme Aspitet). Ces données sont reportées dans la dernière ligne du Tableau 2 pour des valeurs "ordinaires" généralement rencontrées dans les sols non contaminés : elles sont données sous forme d'une gamme, car les teneurs dépendent de la roche-mère dont est issu le sol et de sa richesse intrinsèque en éléments trace. Les sols sableux sont connus pour avoir les plus faibles teneurs en éléments trace du fond pédogéochimique car les éléments trace géogènes se retrouvent surtout dans les minéraux primaires et secondaires tels que les argiles.

Il n'existe pas de normes, ou de valeurs universellement reconnues pour définir un seuil caractérisant un sol contaminé. Pour apprécier une contamination, il faut se référer aux valeurs du fond pédogéochimique

du lieu de prélèvement si elles peuvent être connues. Dans le cas du site du Bois de Boulogne, on voit Tableau 2 que si on considère les teneurs moyennes sur le site, seules les teneurs en Pb apparaissent comme des valeurs anormales supérieures aux gammes ordinaires généralement rencontrées, ainsi que dans une moindre mesure les teneurs en Cu et Zn.

Cette analyse révèle cependant des disparités mises en évidence avec les valeurs min et max : certains points peuvent être considérés comme non contaminés, tandis que d'autres points révèlent bien une contamination effective en Cu, Pb et Zn avec des valeurs de deux à trois fois la valeur maximale "ordinaire" et dans une moindre mesure pour Cd.

mg/kg	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
moyenne ± ecart-type	0.34 ± 0.07	24.0 ± 4.1	21.9 ± 13.1	11.9 ± 2.4	85.4 ± 39.2	104.5 ± 44.8
Min	0.26	17.5	11.4	9.7	47.9	65.9
Max	0.50	30.6	48.2	18.3	181	196
Gamme de valeurs "ordinaires" (moyenne)	0.05-0.45 (0.4)	10 - 90 (41.6)	2 - 20 (17.4)	2 - 60 (24.1)	9 - 50 (30.4)	10 - 100 (68)

Tableau 2 : Teneurs en éléments traces des horizons de surface des prélèvements de Juillet 2018, toutes zones confondues. Ces valeurs pour le site du projet LIFE-ADSORB du Bois de Boulogne sont comparées avec la gamme de valeurs généralement rencontrée pour des sols non contaminés (d'après Baize : <http://denis-baize.fr/etm/index.html> et les résultats du programme Aspitet)

Les données du tableau Annexe 4 nous montrent que pour la "zone du filtre", les teneurs en Cu, Pb et Zn des échantillons de surface sont en moyenne respectivement de 15.4 ± 2.6 mgCu/kg; 63.1 ± 8.6 mgPb/kg et 82.8 ± 10 mgZn/kg, ainsi seul le Pb apparaît encore comme un contaminant mineur si on se réfère à la limite supérieure de la valeur "ordinaire".

Pour la "zone du chantier", les teneurs en Cu, Pb et Zn des échantillons de surface sont en moyenne respectivement de 22.0 ± 15.0 mgCu/kg; 78.4 ± 30.6 mgPb/kg et 102.5 ± 53.5 mgZn/kg. Les grands écarts-type observés sont dus au point C3 dont les valeurs sont nettement anormales (cf. Annexe 4) et tirent vers le haut les valeurs, qui restent en moyenne à la limite supérieure de la gamme de valeurs "ordinaires".

Pour la "zone témoin" par contre, les teneurs en Cu, Pb et Zn des échantillons de surface sont en moyenne respectivement de 28.2 ± 16.2 mgCu/kg; 114.5 ± 51.3 mgPb/kg et 128.2 ± 52.8 mgZn/kg. On observe ici aussi de grands écarts-type dus aux différentes zones couvertes : partie boisée pour les points T1, 2 et 3, et partie prairie pour les points 4 et 5, sachant que les points T3, T4 et T5 jouxtent la route de la Muette. On voit ici l'importance de la couverture du sol : ce sont les points T4 et T5 sous prairie et proche de la route qui sont les plus contaminés en Pb, Zn et Cu et qui présentent les teneurs les plus fortes en Cd, pour une contamination d'origine très probablement anthropique liée aux dépôts atmosphériques en raison de la proximité de la route.

Ainsi, la répartition spatiale de la contamination en éléments trace des sols en surface est liée au paysage du site du futur filtre : au Nord, une partie prairie qui ne sera pas touchée par le futur chantier, mais qui présente une contamination notable en Pb, Zn et Cu due à la route de la Muette très passante, à l'est une partie arborée qui ne sera également pas touchée par le futur chantier, mais dont la contamination reste marquée bien que moindre, en raison du captage de la pollution atmosphérique par les feuilles et le dépôt

et l’incorporation de celles-ci dans le sol, et enfin au sud et à l’ouest une partie prairie qui constitueront la futur zone du filtre et du passage des engins de chantier, et qui ne présente pas de traces de contamination marquées, sauf pour le point C3 dont on n’explique pas le “hot spot” de contamination.

On peut donc faire l’hypothèse que le déplacement des terres lors du chantier dans la zone du filtre ne sera pas à même de contaminer les sols adjacents par les poussières ou les mouvements de sol.

d. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

La Figure 8 présente les teneurs en hydrocarbures aromatiques polycycliques (somme des 16 HAP) pour les 20 sols prélevés, et les concentrations des 3 HAP pour lesquels il existe une valeur réglementaire dans le cadre de l’épandage de boues d’épuration : le phénanthrène, le fluoranthène et le benzo[a]pyrène.

Comme pour les éléments trace, on remarque une hétérogénéité spatiale des concentrations en HAP dans les sols, les résultats peuvent être classés en 3 groupes :

- T4 et T5 pour lesquels la somme des 16 HAP est supérieure à $17 \mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ de matière sèche (MS)
- T3 et C5 pour lesquels la somme est autour de $6 \mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ MS (ces 4 points étant situés dans la même zone géographique, le long de la route de la Muette)
- Les autres prélèvements pour lesquels les concentrations cumulées sont inférieures à $2.8 \mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ MS (sauf C1 qui est à 3.9).

Les teneurs en HAP dans les sols sont liées aux activités anthropiques, et en particulier aux dépôts atmosphériques qui s’accumulent. Ainsi, comme pour les éléments trace, la proximité avec la route de la Muette est facteur déterminant pour décrire l’hétérogénéité spatiale des teneurs en HAP dans les sols, de par l’importance du trafic routier à l’origine probable de rejets dans l’atmosphère de HAP, et de leur dépôt sur le sol avoisinant.

La description détaillée des concentrations des 16 HAP est présentées en Annexe 5. D’une manière générale, il y a peu de HAP à 2 et 3 cycles aromatiques (naphtalène, acénaphtylène, acénaphtène, fluorène, phénanthrène, anthracène) qui représentent environ 10% des teneurs totales en HAP. Le reste (la majorité) se répartit de manière assez équivalente entre les HAP à 4 cycles (chrysène, fluoranthène, pyrène, benzo[a]anthracène) et ceux à 5-6 cycles (benzo[a]pyrène, benzo[b]fluoranthène, dibenzo[ah]anthracène, benzo[k]fluoranthène, benzo[ghi]pérylène, indeno[1,2,3-cd]pyrène).

Aucun des HAP ne présente de teneurs singulièrement différentes des autres. Ainsi, lorsqu’on trouve une teneur élevée pour un composé, les autres composés sont aussi en teneurs plus élevées. Et inversement, lorsqu’un HAP présente une concentration faible dans un sol, il en est souvent de même pour les autres HAP.

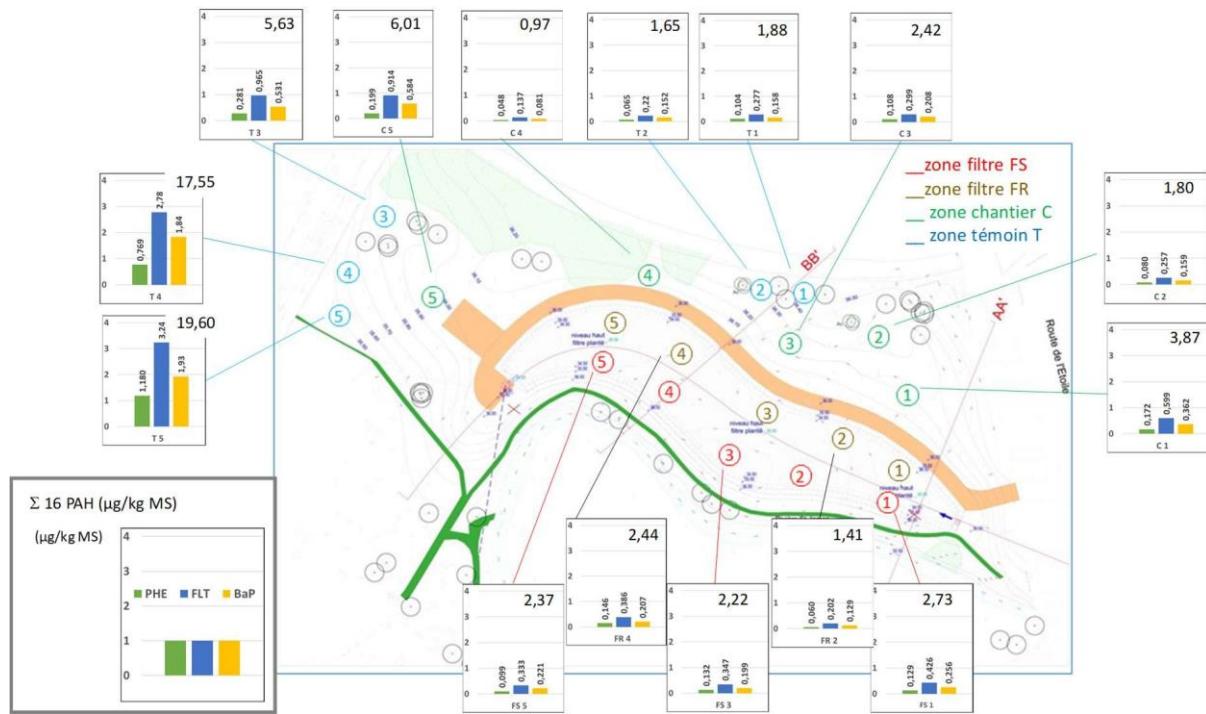


Figure 8 : Répartition spatiale des 16 HAP (somme des concentrations - $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$ matière sèche - valeur en haut à droite de chaque graphique)

3. Caractérisation biotique du site à l'état initial

La caractérisation biologique des sols est réalisée au travers de :

- l'analyse des activités d'enzymes du sol impliquées dans les cycles du carbone, du soufre, de l'azote et du phosphore,
- l'étude de la densité et diversité d'organismes oligochètes édaphiques, représentatifs de la mésofaune et de la macrofaune : les enchytréides et les vers de terre,
- l'inventaire faunistique et floristique réalisé dans le cadre du diagnostic écologique nécessaire au projet d'aménagement du filtre, réalisé en juillet 2015.

a. Caractérisation des activités enzymatiques du sol

Les prélèvements ont été réalisés sur les 4 zones et à 3 profondeurs : 0-10 cm (1), 10-20 cm (2), 20-30 cm (3). L'Analyse en Composante Principale (cf. Figure 9) regroupe chacun des 15 échantillons de chaque modalité (5 réplicats et 3 profondeurs), tout horizon confondu pour les 5 activités enzymatiques. Elle met en avant une grande variabilité de réponse dans la zone témoin, et des activités globalement plus importantes dans cette zone témoin que dans les 3 autres zones.

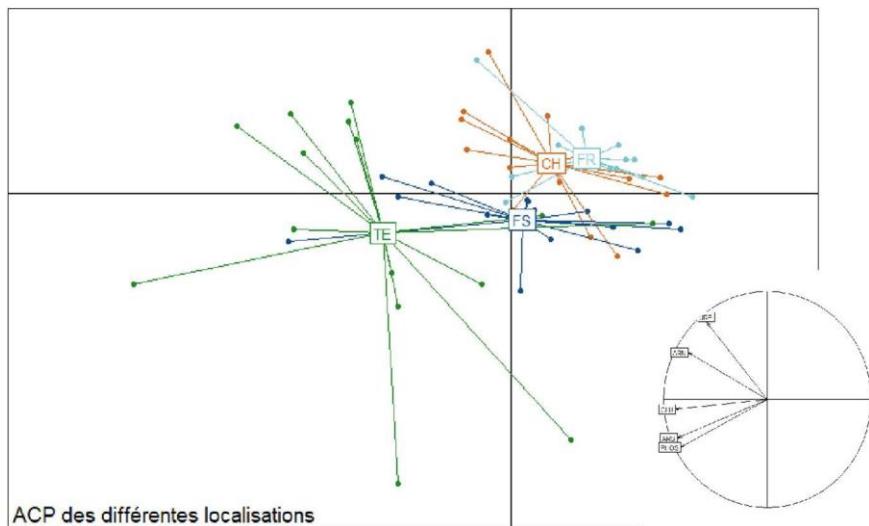


Figure 9 : Analyse en Composantes Principales des activités enzymatiques agrégées par zone des différents échantillons prélevés à différentes profondeurs (n=15/zone) - zone chantier (CH), zone témoin (TE), 2 zones filtre (FR, FS)

Dans le détail, les figures 10 à 14 présentent les activités moyenne de chaque enzyme en fonction de la zone échantillonnée.

Les activités arylsulfatase, b-glucosidase et phosphatase sont significativement supérieures dans la zone témoin aux trois autres zones. Les activités de l'uréase et de l'arylamidase ne présentent aucune différence significative en fonction des zones sondées.

Il est à noter que les activités enzymatiques de b-glucosidase et phosphatase de la zone filtre sans Rainclean (FS) sont significativement supérieures à celles de la zone filtre avec Rainclean (FR), alors même qu'aucun aménagement n'a été initié.

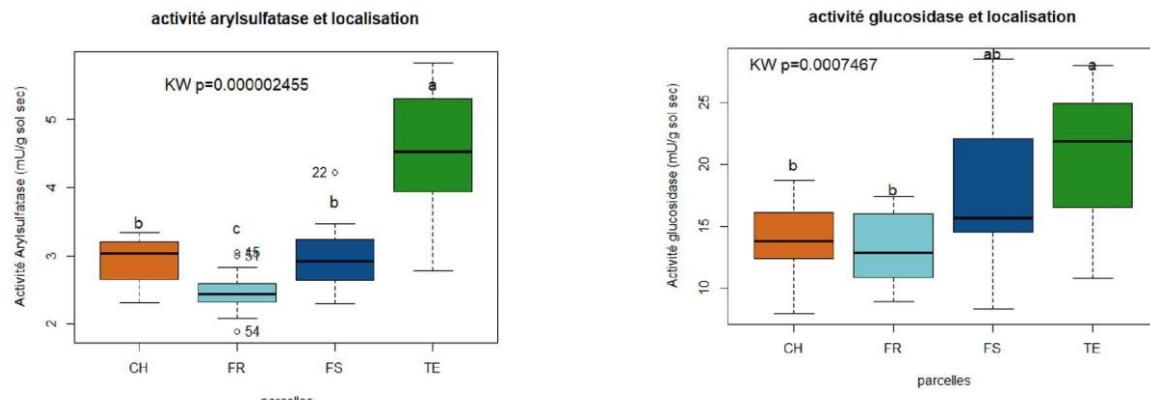


Figure 10 : Activité arylsulfatase ($mU.g^{-1}$ sol sec)

Figure 11: Activité b-glucosidase ($mU.g^{-1}$ sol sec)

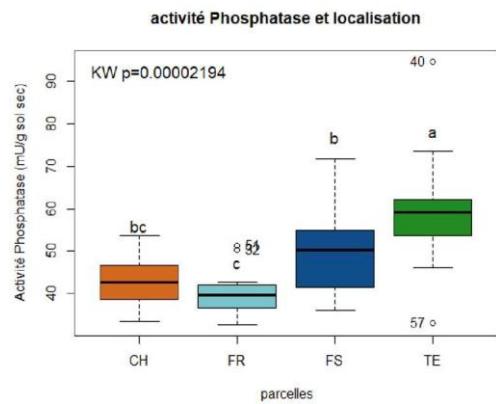


Figure 12 : Activité phosphatase ($mU.g^{-1}$ sol sec)

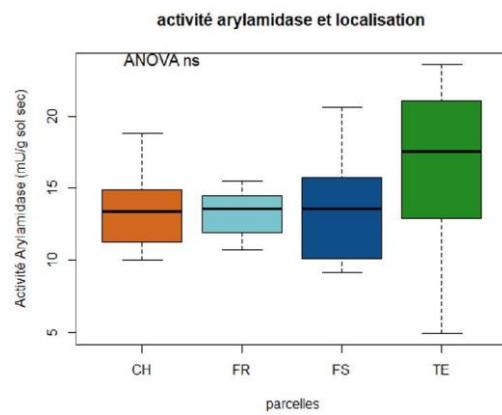


Figure 14 : Activité arylamidase ($mU.g^{-1}$ sol sec)

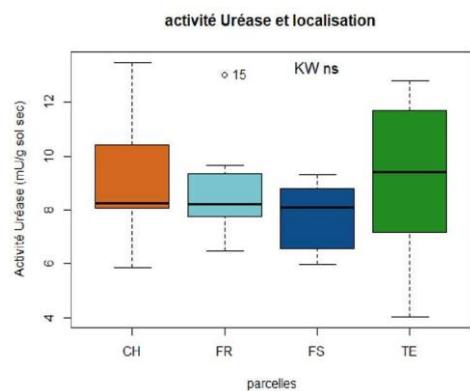


Figure 13 : Activité uréase ($mU.g^{-1}$ sol sec)

L'Annexe 6 montre qu'il existe peu de variabilités des activités enzymatiques en fonction de la profondeur, excepté pour la zone témoin dans laquelle la plupart des activités sont plus élevées dans les 20 premiers centimètres du sol, en particulier pour les activités b-glucosidase et uréase.

b. Caractérisation de la diversité en oligochètes du sol

i. Mésofaune : les enchytréides

L'identification des espèces d'enchytréides dans les échantillons prélevés à 6 points du site est retranscrite dans la Figure 15Figure 1. Au total, 11 espèces différentes ont été identifiées, la plupart des individus ont été trouvés dans les 5 premiers centimètres du sol. A noter, une espèce rarement décrite a été identifiée une fois sur le site : *Marionina hoffbaueri* (1^{ère} description en France).

Genre	espèce	Auteur	Point prélèvement											
			iT1		iT2		iT3		iT4		iT5		iC2	
			0 - 5	5 - 10	0 - 5	5 - 10	0 - 5	5 - 10	0 - 5	5 - 10	0 - 5	5 - 10	0 - 5	5 - 10
<i>Achaeta</i>	<i>eiseni</i>	Vejdovský			1	1	3	3						
<i>Achaeta</i>	<i>pannonica</i>	Graefe							1	1			1	
<i>Buchholzia</i>	<i>appendiculata</i>	(Buchholz)	6				2					1		
<i>Enchytraeus</i>	<i>buchholzi</i>	Vejdovský	4	2	1	1			2	1				
<i>Enchytraeus</i>	sp. 1 ("GRAN")													
<i>Enchytronia</i>	<i>minor</i>	Möller	2		4	1	1				7	1	1	1
<i>Fridericia</i>	<i>paroniana</i>	Issel	1		7				2				3	
<i>Fridericia</i>	<i>christeri</i>	Rota & Healy					1	2					1	
<i>Fridericia</i>	sp.													
<i>Marionina</i>	<i>communis</i>	Niels. & Christ.	1											
<i>Marionina</i>	<i>hoffbaueri</i>	Möller											1	6
Total / profondeur			14	2	13	4	8	3	5	2	7	2	6	8
Total / point prélèvement			16		17		11		7		9		14	

Figure 15 : Nombre d'individus et liste des espèces d'enchytréides identifiés lors de la phase de caractérisation de l'état initial. (T : zone « témoin » ; C : « zone chantier »). En rouge, espèce assez rare d'enchytréide

L'abondance d'enchytréides (ou densité) varie entre 3500 et 8500 individus / m² (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), sans différence marquée entre les différents points de prélèvement.

Description des populations d'enchytréides	iT1	iT2	iT3	iT4	iT5	iC2
Densité au m ² (nbr/m ²)	8160	8670	5610	3570	4590	7140
Diversité (nbr d'espèces)	5	5	4	3	2	5
Proportion dans les 5 premiers cm	88%	76%	73%	71%	78%	43%

Figure 16 : Caractérisation de la richesse spécifique et de la densité (ou abondance) d'enchytréides dans la zone "témoin" et un point de la zone "chantier" à l'état initial

Au regard de la littérature scientifique décrivant les populations d'enchytréides en herbes piétinées et pelouses de parcs (Römbke et al., 2013), la richesse spécifique se situe dans la moyenne (15 espèces +/- 4) observée dans le même type de sol (en Allemagne).

Par contre l'abondance de 3500 à 8500 individus / m² est un peu faible (environ 2 fois inférieure aux abondances moyennes). Habituellement, cette abondance est plutôt de l'ordre de 10 à 20 000 individus / m² (jusqu'à 60 000 / m²) dans les sols de pelouses de parcs. Néanmoins, ce paramètre est très sensible aux fluctuations saisonnières, et cela peut expliquer la faible abondance observée lors de cette caractérisation initiale, puisque les prélèvements ont été effectués suite à une longue période de sécheresse (environ 6 mois avec très peu de précipitations).

La faible abondance pourrait aussi expliquer le fait que sur chaque point de prélèvement, seules 2 à 5 espèces sont identifiées.

ii. Macrofaune : les vers de terre

L'analyse des vers de terre prélevés révèle une diversité et une abondance relativement faibles (cf. Figure 17). Dans un sol sain, l'abondance de vers de terre est comprise entre 400 et 500 individus / m², et la diversité peut atteindre 15 espèces. Dans un sol dégradé, on retrouve généralement 2-3 espèces, et une abondance inférieure à 100 individus / m². Sur le site d'étude, nous sommes a priori dans le second cas de figure.

Deux espèces ont été identifiées quasi systématiquement dans les 6 prélèvements : une espèce endogée – *Allolobophora chlorotica*, et une espèce anécique – *Aporrectodea longa*. Une troisième espèce a été identifiée une seule fois, il s'agit d'un ver de terre du genre *Lumbricus* sp. L'identification n'a pas pu aboutir à l'espèce car l'individu était juvénile et n'avait pas encore développé les caractères nécessaires à cette identification complète.

Description des populations de vers de terre	iT1	iT2	iT3	iT4	iT5	iC2
Diversité (nbr d'espèces)	3	2	1	2	2	2
Proportion de juvéniles	60%	78%	50%	70%	88%	69%
Densité au m ² (nbr/m ²)	45	23	2	23	33	29
Densité (g/m ²)	225	18	0	15	42	70
Biomasse moyenne endogés adultes (g/ind)	2,6	1,1	0,4	1,4	0,2	1,2
Biomasse moyenne anéciques adultes (g/ind)	19,2	0,9	0,0	2,6	5,4	10,8

Figure 17 : Caractérisation de la richesse spécifique et de la densité (ou abondance) de vers de terre dans la zone "témoin" et un point de la zone "chantier" à l'état initial

D'une manière générale, l'interprétation est à considérer avec précaution puisque la majorité des vers de terre prélevés était des juvéniles, aussi il n'a pas été possible de les déterminer, toutefois les critères morphologiques reconnaissables étaient semblables à ceux des 2 espèces identifiées.

Comme pour les enchytréides, la longue période de sécheresse qui a précédé les prélèvements de vers de terre peut altérer la représentativité de ces échantillonnages, en particulier l'abondance d'individus pourrait avoir été affectée par ces conditions environnementales.

c. Caractérisation de la diversité faunistique et floristique

i. Caractérisation des habitats

La zone de projet est constituée de plusieurs types de végétation :

- une végétation aquatique caractéristique des eaux de la rivière Saint-James ;
- une végétation de pelouse/prairie ;
- l'ourlet et les boisements associés.



Figure 18 : Carte de la végétation

Aucun habitat d'intérêt remarquable n'a été mis en évidence.

ii. Inventaire de la flore

Les habitats de la zone de projet et de la zone périphérique proche sont composés de 127 espèces végétales (cf. Figure 19) répartis en trois strates :

- la strate arborescente avec 8 espèces ;
- la strate arbustive avec 8 espèces ;
- la strate herbacée avec 111 espèces.

Très très commune	Très commune	Commune	Assez commune	Peu commune	Assez rare	Rare	Très rare	Très très rare	Indéterminé
76	25	13	8	0	1	2	0	1	1

Figure 19 : Table de répartition des statuts de vulnérabilité régionale (Île-de-France) des espèces présentes dans la zone de projet et sa périphérie proche

Parmi les huit espèces très communes à assez communes, quatre espèces ont été plantées : le Chêne pubescent, le Chêne sessile, le Peuplier noir d'Italie et le Pin noir. Si les deux premières correspondent aux espèces spontanées, les deux autres essences sont étrangères au type d'habitat. Les espèces plantées ne se reproduisent pas sur place.

Les espèces, très très communes à assez communes, représentent 122 espèces soit 96% de la flore structurante. Quatre espèces présentent un intérêt patrimonial. Il s'agit de :

Pour les espèces arbustive et arborescente :

- Saule des vanniers (*Salix viminalis*) une espèce rare mais qui a été plantée dans le cadre de l'aménagement de la rivière Saint-james. Le statut ne correspond pas ici à sa pleine valeur en tant que plantation.

Pour les espèces herbacées :

- Dactyle d'Ascherson (*Dactylis glomerata subsp. lobata*), une sous-espèce très-très rare (RRR) du Dactyle aggloméré qui se situe exclusivement en sous-bois. Ce fut probablement une espèce utilisée comme espèce fourragère forestière avec une origine non indigène.
- Balsamine à petites fleurs (*Impatiens parviflora*). Cette plante rare se développe dans les lisières ombragées sur des substrats riches en nutriments. Elle est assez fréquente en lisière des boisements des grands parcs en région parisienne et notamment au Bois de Boulogne.
- Oseille (*Rumex pulcher*), une espèce anthropophile rare principalement présente dans l'agglomération parisienne et notamment dans les gazons urbains,

Toutes ces plantes plutôt rares ne présentent aucun signe de vulnérabilité. La pelouse est identifiée au code Corine comme une pelouse de parc [Corine 85.12]. Les groupements identifiés sont rattachables aux prairies de fourrage de plaine : l'arrhenathéraie (Cor. 38.2). Le boisement périphérique est identifié comme grand parc [Cor.85.1] et caractérisée comme une chênaie charmaie dégradée (41.2). L'ourlet présente une structure floristique incomplète en raison de la forte pression humaine. Pour ces raisons, l'habitat qui le décrit ne peut être éligible au groupement mature référencé à l'annexe 1 la Directive habitat.

Une espèce exotique envahissante évaluée par le Conservatoire botanique du Bassin parisien comme menaçantes pour les écosystèmes franciliens (cotations 2 à 5) a été inventoriée sur le site (*Robinia pseudoacacia L.*).

En conclusion sur la flore inventoriée, aucune espèce protégée n'est recensée. Aucune espèce ne figure sur la liste rouge aux niveaux national et régional. La forte pression humaine (parc de loisirs essentiellement) conditionne des dégradations permanentes sur le sol ne permettant aux habitats floristiques d'évoluer vers une maturité optimale.

Les éléments du Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) de la région Ile-de-France permettent de faire ressortir les éléments suivants que la zone d'étude est répertoriée comme un réservoir de biodiversité. Aucun corridor biologique ne tangente ni ne traverse la zone de projet.

iii. Inventaire de la faune

Parmi les trois groupes taxonomiques d'insectes : Lépidoptères -Rhopalocères, Odonates et Orthoptères, 26 espèces ont été observées. Il n'y a pas d'enjeu sur les Rhopalocères observés (10 espèces observées, espèces ubiquistes, aucune espèce menacée). Il n'y a pas d'enjeu sur le peuplement d'Odonates recensés (10 espèces observées, espèces très communes à communes). Il n'y a pas d'enjeu sur le peuplement d'Orthoptères recensés (6 espèces observées, espèces communes et ubiquistes affectionnant les habitats très anthropisés).

Parmi les décapodes, seule une espèce a été identifiée : *Procambarus clarkii*, ou Ecrevisse de Louisiane. Il n'y a pas d'enjeu pour le décapode recensé (espèce invasive).

Parmi les poissons, trois espèces communes ont été identifiées. Il n'y a pas d'enjeu sur le peuplement de poissons (espèces non protégées et non menacées).

Parmi les reptiles et batraciens, une seule espèce a été mise en évidence (*Pelophylax kl. esculentus*, ou grenouille verte). Aucun crapaud ou triton n'a été observé. Aucun reptile, comme les lézards, n'a été observé en lisière thermophile des boisements. Les enjeux sont très faibles pour les amphibiens et sont nuls pour les reptiles.

Parmi les oiseaux, 24 espèces ont été observées, aucun ne niche sur le site mais plutôt dans les boisements périphériques. La forte fréquentation du site en fait un lieu inadapté à la reproduction de ces oiseaux. Neuf espèces d'oiseaux n'ont été vues ou entendues qu'une seule fois, ce qui montre que le site doit probablement être attractif pour le gagnage. 15 des espèces identifiées sont sur la liste des espèces protégées en France (cf. Tableau 3), mais toutes sont communes en Ile-de-France et ne présente pas de vulnérabilité. Les enjeux sont faibles sur le peuplement d'oiseaux (aucune espèce sur la liste de l'annexe 1 de la Directive Oiseaux).

Accenteur Mouchet	Grimpereau des jardins	Pinson des arbres
Bouvreuil pivoine	Héron cendré	Pouillot véloce
Chardonneret élégant	Mésange à longue queue	Rougegorge familier
Fauvette à tête noire	Mésange charbonnière	Troglodyte mignon
Fauvette grisette	Pic vert	Verdier d'Europe

Tableau 3 : Espèces protégées en France et recensées sur le site d'étude

Enfin, parmi les mammifères, 4 espèces ont été observées. Elles sont toutes les 4 très communes et anthropophiles. Deux d'entre elles sont protégées : l'Ecureuil (*Sciurus vulgaris*) et la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*). D'autres espèces recensées sur la fiche ZNIEFF du Bois de Boulogne doivent probablement venir au gagnage dans la prairie et la lisière des boisements (en particulier les chauves-souris). D'autres espèces, non observées, fréquentent probablement le site et ses abords immédiats : Hérisson (*Erinaceus europaeus*), Fouine (*Martes foina*), et micromammifères. L'enjeu sur le peuplement de mammifères reste faible.

En conclusion sur la faune inventoriée, la zone présente assez peu d'enjeux. Les seuls intérêts notés concernent les oiseaux avec la présence de 15 espèces et les mammifères avec 2 espèces protégées. La zone d'étude est définie dans le Schéma Régional de Cohérence Ecologique comme réservoir de biodiversité à préserver.

Le Tableau 4 synthétise le statut réglementaire des espèces identifiées dans l'inventaire flore et faune.

Groupes taxonomiques	Nombre d'espèces	Liste rouge Ile de France		Statut de rareté		Statut de protection					Déterminant ZNIEFF	Arrêté de 2008
		Ile de France	France (IUCN)	en Ile-de-France	à Paris	Protection en Ile de France	Protection en France	Directive Habitat (Annexes II et IV)	Directive Oiseaux Annexe 1			
Flore	127	0	0	1 sous-espèce RRR (<i>Dactylis glomerata</i> subsp. <i>lobata</i>)	?	0	0	0	0	0	0	
Poissons	3	0	0	-	?	0	0	0	0	0	-	
Insectes dont les groupes taxonomiques sont soumis à réglementation	25	0	0	Assez commun à Très commun	?	0	0	0	0	1	-	
Décapodes	1	0	0	-	?	0	0	0	0	0	-	
Reptiles	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0	-	
Amphibiens	1	0	0	CC	?	0	0	0	0	0	-	
Oiseaux	24	0	0	Abondant à Commun	?	0	15	0	0	0	-	
Mammifères	4	0	0	Abondant à Commun	?	0	2 (Pipistrelle et Ecureuil)	1 Annexe IV (Pipistrelle)	0	0	-	

Tableau 4 : Synthèse du statut réglementaire des espèces identifiées sur le site d'étude

V. Discussions - Conclusion

A l'issue de cette phase de caractérisation de l'état initial du site, plusieurs informations collectées seront à considérer dans les prochaines étapes pour l'interprétation de l'impact de la construction du filtre et de son fonctionnement sur l'écosystème.

D'une part, il est à noter que la prairie présente les caractéristiques d'un sol remanié, et une certaine hétérogénéité du fait du boisement qui borde la zone d'étude. La zone considérée comme témoin présente des caractéristiques édaphiques qui varient suivant le couvert végétal. Cette variabilité spatiale sera à prendre en compte dans l'interprétation de l'évolution de ces paramètres suite à l'aménagement du filtre.

La proximité du site avec des axes routiers fréquentés est également à considérer puisqu'elle est à l'origine de dépôts de contaminants métalliques et organiques, en particulier dans la zone témoin qui longe la route de la Muette. Les concentrations en métaux et HAP dans les sols sont hétérogènes, ce qui va rendre nécessaire la prise en compte de la variabilité spatiale de ces éléments pour caractériser l'impact du filtre sur l'environnement, en plus de la comparaison par zone (témoin, chantier, filtre avec ou sans Rainclean).

D'autre part, les caractéristiques biologiques du sol révèlent également une hétérogénéité déjà l'état initial. En effet, les activités enzymatiques du sol s'avèrent supérieures dans la zone témoin, en particulier à proximité de la zone boisée. Si cette donnée n'est pas surprenante, elle pourrait rendre difficile l'interprétation des analyses effectuées lors du suivi du site lorsque le filtre sera implanté et en fonctionnement. Comme pour les données de contamination du sol, il faudra intégrer la variabilité spatiale pour interpréter plus justement l'évolution de la qualité des milieux.

Du point de vue de la biodiversité, des contraintes environnementales n'ont pas permis de caractériser les communautés d'oligochètes sur l'ensemble des quatre zones. Néanmoins la diversité des habitats explorés dans la zone témoin peut nous laisser penser que les espèces identifiées dans les échantillons prélevés sont représentatives de l'ensemble du site. L'influence des conditions météorologiques rencontrées au cours de la phase de caractérisation de l'état initial pourra être vérifiée lors de la phase de caractérisation de l'état zéro.

Enfin, de l'inventaire floristique et faunistique réalisé en 2015 nous retiendrons que (i) le site présente peu d'enjeux de biodiversité, la plupart des espèces inventoriées étant communes en Ile de France, et (ii) le site constitue surtout une zone de gagnage pour de nombreuses espèces nichant aux abords du site. L'impact global de l'implantation du filtre planté de roseaux sur la biodiversité pourra être évalué à la fin du projet, mais il est possible que la diversification des habitats liée à la création du filtre amène de nouvelles espèces. Le nouvel équilibre entre les différentes espèces pourrait prendre plusieurs années à s'instaurer, c'est pourquoi l'évaluation de l'impact sur la biodiversité sera partielle à l'issue du projet et nécessitera un suivi sur le long terme.

VI. Annexes

ANNEXE 1 : METHODOLOGIE ET ZONAGE POUR L'INVENTAIRE FLORISTIQUE ET FAUNISTIQUE INITIAL EFFECTUE PAR DIVERSITES EN JUILLET 2015 DANS LE CADRE DU DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE	28
ANNEXE 2 : METHODES D'ANALYSE DES PARAMETRES DES SOLS - LAS INRA ARRAS	31
ANNEXE 3 : VALEURS DE PH DES HORIZONS 0-10, 10-20 ET 20-30 CM DES SOLS PRELEVES EN JUILLET 2018 POUR CARACTERISER L'ETAT INITIAL DU SITE	32
ANNEXE 4 : TENEURS EN ELEMENTS TRACE DES HORIZONS 0-10 CM DES SOLS PRELEVES EN JUILLET 2018 POUR CARACTERISER L'ETAT INITIAL DU SITE	33
ANNEXE 5 : TENEURS EN $\mu\text{G.KG}^{-1}$ DE MATIERE SECHE POUR LES 16 HAP (A 2 ET 3 CYCLES AROMATIQUES (NAPHTALENE, ACENAPHTYLENE, ACENAPHTENE, FLUORENE, PHENANTHRENE, ANTHRACENE) ; A 4 CYCLES (CHRYSENE, FLUORANTHENE, PYRENE, BENZO[A]ANTHRACENE) ; A 5-6 CYCLES (BENZO[A]PYRENE, BENZO[B]FLUORANTHENE, DIBENZO[AH]ANTHRACENE, BENZO[K]FLUORANTHENE, BENZO[GHI]PERYLENE, INDENO[1,2,3-CD]PYRENE) DANS LES SOLS DE CHACUNE DES 4 ZONES D'ETUDE : T – TEMOIN, C – CHANTIER, FS – FILTRE SANS RAINCLEAN, FR – FILTRE AVEC RAINCLEAN	35
ANNEXE 6 : ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES DES ACTIVITES ENZYMATIQUES AGREGES POUR LES ECHANTILLONS D'UNE MEME ZONE ET D'UNE MEME PROFONDEUR (N=5)	36
ANNEXE 7 : ACTIVITES ENZYMATIQUES (MU.G-1 SOL SEC) POUR CHAQUE POINT DE PRELEVEMENT (PROFONDEURS A – B – C : 0-10CM, 10-20CM, 20-30CM ; ZONES T – C – FS – FR : TEMOIN, CHANTIER, FILTRE SANS RAINCLEAN, FILTRE AVEC RAINCLEAN)	39

METHODES UTILISEES POUR LA FLORE ET LA VEGETATION

La flore est analysée au moyen d'un inventaire botanique classique qui consiste à parcourir la zone d'étude tout en relevant les espèces visibles d'une manière la plus exhaustive possible. Les espèces dites « patrimoniales » sont définies à partir des référentiels régionaux. Les résultats bruts des observations sont consignés en annexe.

L'analyse typologique des habitats est établie selon la phytosociologie sigmatiste. Les relevés phytosociologiques consistent à établir la liste des plantes présentes dans un échantillon représentatif et homogène du tapis végétal, et en opérant strate par strate. Les espèces définies sont affectées d'un coefficient d'abondance-dominance (1 à 5). Nous utilisons pour la caractérisation des habitats les référentiels suivants :

- LOUVEL, J., GAUDILLAT, V. 1 L., PONCET, 2013. – EUNIS, European, Nature Information System, Système d'information européen sur la nature. Classification des habitats. Traduction française. Habitats terrestres et d'eau douce. MNHN-DIREV-SPN, MEDDE, Paris, 289p.
- Cahiers d'habitats du MNHN.

Les relevés ainsi dressés aident à définir les types de groupements végétaux appartenant au synsystème (catalogue des associations végétales) et à les référencer au catalogue EUNIS.

METHODES UTILISEES POUR LA FAUNE

- Méthode utilisée pour les oiseaux

La méthode utilisée est empruntée aux méthodes relatives mieux adaptées dans le cadre de cette étude, notamment celle de l'Indice Ponctuel d'Abondance (IPA) qui apporte des résultats standardisés au cours d'une période réduite. La méthode consiste en un recensement ponctuel d'oiseaux vu ou entendus en un point donné et pendant une durée définie.

La durée d'observation par point est d'environ 20 min. Tous les habitats sont systématiquement prospectés à chaque visite. Les périodes d'observation ont lieu, alternativement, le matin et le soir afin d'avoir des informations sur une journée complète pour une zone donnée.

L'avantage de cette méthode est de pouvoir mettre en relation la structure et le fonctionnement du peuplement d'oiseaux au sein de la zone étudiée, de définir par conséquent des zones sensibles et de pouvoir par la suite mieux estimer les impacts et les mesures réductrices et compensatoires à prendre.

Compte tenu de la faible surface de la zone de projet. Deux points d'écoute ont suffi pour identifier les oiseaux de la zone de projet et de sa périphérie.

- Méthode utilisée pour les mammifères

Les observations des petits mammifères portent sur l'observation directe à vue et surtout sur la recherche d'indices (traces, laissées, individus morts et écrasés...). La méthode est simple et se pratique simultanément aux autres observations (surtout flore et végétation). C'est une prospection de parcours, suffisante pour démontrer la présence de mammifères.

Pour les chauves-souris :

- La période d'écoute est définie d'après les critères météorologiques. Les écoutes sont interrompues pour une température inférieure à +12°C.

- L'approche acoustique est complétée d'une approche visuelle crépusculaire à l'oeil nu, aux jumelles à vision nocturne.

Deux points fixes d'écoute ont été répartis sur l'ensemble de la zone de projet en fonction de la taille respective des secteurs à inventorier, ainsi que de la diversité des milieux qu'ils abritent. A chacun de ces points, des écoutes de six minutes ont été réalisées. Les espèces non déterminables directement sur site ont été enregistrées.

- Méthode pour les poissons

La méthode utilisée est celle du filet et de l'observation visuelle. Elle vise surtout à montrer la présence de poissons dans la rivière Saint-James.

- Méthode pour les reptiles et les batraciens

Les observations sur les amphibiens sont pratiquées au troubleau sur toute la zone dès la première observation de printemps. Pour les reptiles, toute la saison est mise à profit pour rechercher les indices de présence.

- Méthode pour les insectes

Sont étudiés, les biotopes hébergeant les individus appartenant aux espèces protégées figurant sur la liste de l'arrêté du 21 avril 2007 fixant la liste des insectes protégés sur le territoire national, sur celle de l'arrêté d'Ile-de-France et celles des listes des annexes de la Directive Habitat susceptibles d'être présentes sur le site. Cette étude est menée simultanément aux observations botaniques et à celles de la faune vertébrée. Sur les listes réglementaires, le nombre d'espèces susceptibles de se développer dans la zone d'étude est faible compte tenu des types très modifiés des habitats présents.

Les observations sont faites à vue au moyen d'un filet à papillon. La capture et l'identification à vue ou différée constituent la méthode la mieux adaptée pour répondre correctement dans les délais impartis.

DEFINITION DE LA ZONE D'ETUDE

La limite de la zone d'étude a été définie sur les linéaires présents : les sentiers (l'allée des bouleaux et un sentier à l'ouest non nommé) et les deux axes routiers que sont, la route de la Muette à Neuilly et la route de l'Etoile (cf. figure ci-après).



Annexe 1 : Méthodologie et zonage pour l'inventaire floristique et faunistique initial effectué par DiversCités en juillet 2015 dans le cadre du diagnostic écologique

Granulométrie 5 fractions sans décarbonatation (NF X 31-107) - g/kg
Calcaire (CaCO ₃) total, Carbone (C) organique, Azote (N) total (NF ISO 10693, NF ISO 10694 OU NF ISO 14235, NF ISO 13878) - g/kg
Extraction au chlorure de cobaltihexammine (NF ISO 23470)
Capacité d'échange cationique cobaltihexammine (spectrocolorimétrie) (NF ISO 23470) - cmol+/kg
Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Al échangeables à la cobaltihexammine (ICP-AES/EAF) (NF ISO 23470) - cmol+/kg
SOL-1001 Mise en solution totale par HF, manuelle ou automatisée (NF X 31-147 ou Méth INRA MO-079)
ICP1-Eléments traces totaux HF : Cr, Cu, Ni, Zn, Co (ICP-AES) (NF X 31-147/NF ISO 22036) - mg/kg
ICP2-Eléments traces totaux HF : Pb, Cd, Tl, Mo (ICP-MS) (NF X 31-147/selon NF EN ISO 17294-2) - mg/kg
ICP3-Eléments totaux HF : Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P ₂ O ₅ (ICP-AES) (NF X 31-147/NF ISO 22036)
ICP4-Eléments traces totaux HF : Bi, In, Sb, Sn (ICP-MS) (NF X 31-147/selon NF EN ISO 17294-2) - mg/kg
16 HAP (HPLC-UV-FLUO) (XP X 33-012) - mg/kg
Extraction à l'EDTA - méthode BCR (méth. INRA)
ICP5-éléments extraits à l'EDTA (BCR) : Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Cr (ICP-AES) (méth. INRA) - mg/kg

Annexe 2 : Méthodes d'analyse des paramètres des sols - LAS INRA Arras

i = prélèvement initial, F = zone du futur filtre, S = partie sans Rainclean, R = partie avec Rainclean, T = zone témoin, C = zone Chantier, les lettres a, b et c correspondent respectivement aux trois profondeurs de prélèvement 0-10, 10-20 et 20-30 et le numéro au point de prélèvement sur la carte (figure 2)

ZONE	FILTRE SANS Rainclean		FILTRE AVEC Rainclean		TEMOIN		CHANTIER	
Profondeur (cm)	Echantillon	pH	Echantillon	pH	Echantillon	pH	Echantillon	pH
0-10	i FS 1a	7.72	i FR 1a	7.79	i T 1a	7.74	i C 1a	7.81
10-20	i FS 1b	7.99	i FR 1b	7.83	i T 1b	7.95	i C 1b	7.81
20-30	i FS 1c	8.2	i FR 1c	8.06	i T 1c	8.19	i C 1c	8.09
0-10	i FS 2a	8.12	i FR 2a	7.72	i T 2a	7.82	i C 2a	7.61
10-20	i FS 2b	8.03	i FR 2b	7.82	i T 2b	8.07	i C 2b	7.91
20-30	i FS 2c	8.42	i FR 2c	8.08	i T 2c	8.05	i C 2c	8.04
0-10	i FS 3a	7.69	i FR 3a	7.84	i T 3a	6.55	i C 3a	7.89
10-20	i FS 3b	8.17	i FR 3b	8.07	i T 3b	6.25	i C 3b	8.06
20-30	i FS 3c	8.12	i FR 3c	8.09	i T 3c	6.32	i C 3c	8.26
0-10	i FS 4a	7.86	i FR 4a	7.85	i T 4a	7.83	i C 4a	7.8
10-20	i FS 4b	8.12	i FR 4b	8.17	i T 4b	7.93	i C 4b	8.22
20-30	i FS 4c	8.32	i FR 4c	8.32	i T 4c	8.21	i C 4c	8.28
0-10	i FS 5b	7.94	i FR 5a	7.76	i T 5a	7.9	i C 5a	7.74
10-20	i FS 5b	8.02	i FR 5b	7.93	i T 5b	8.13	i C 5b	8.09
20-30	i FS 5c	8.15	i FR 5c	8.26	i T 5c	8.22	i C 5c	8.11

Annexe 3 : Valeurs de pH des horizons 0-10, 10-20 et 20-30 cm des sols prélevés en Juillet 2018 pour caractériser l'état initial du site

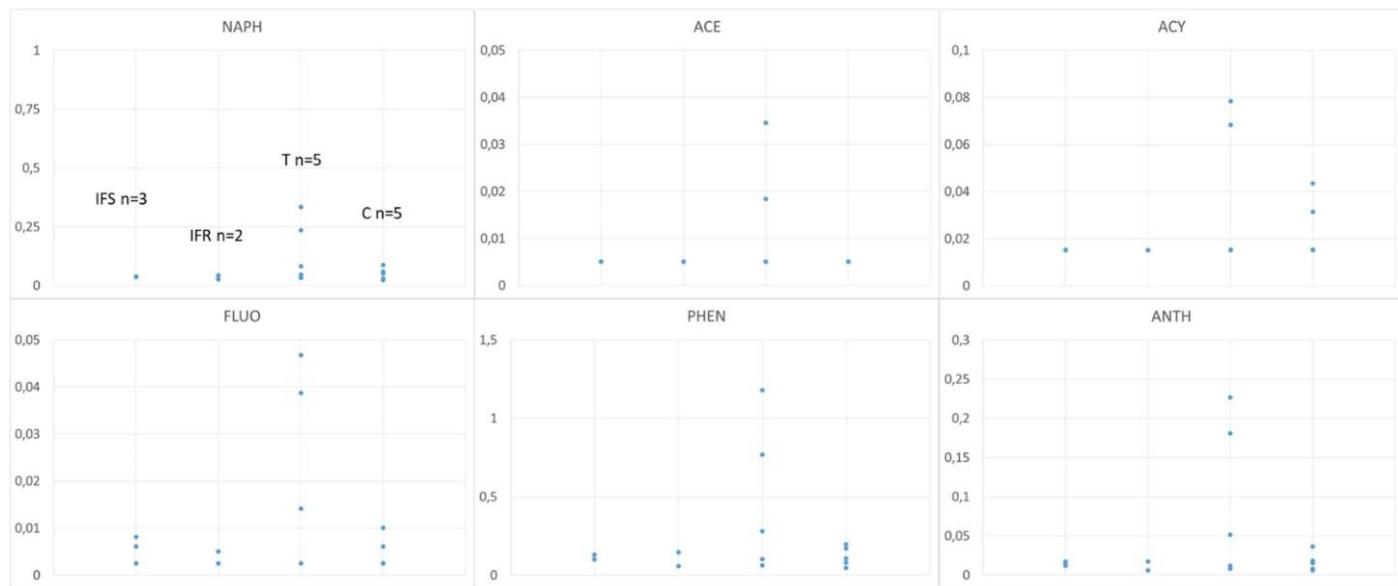
LIFE17ENV/000398 LIFE-ADSORB – Action C.2.2 État initial du site

i = prélèvement initial, F = zone du futur filtre, S = partie sans Rainclean, R = partie avec Rainclean, T = zone témoin, C = zone Chantier, la lettre a correspond à la profondeur de prélèvement 0-10cm et le numéro au point de prélèvement sur la carte (figure 2)

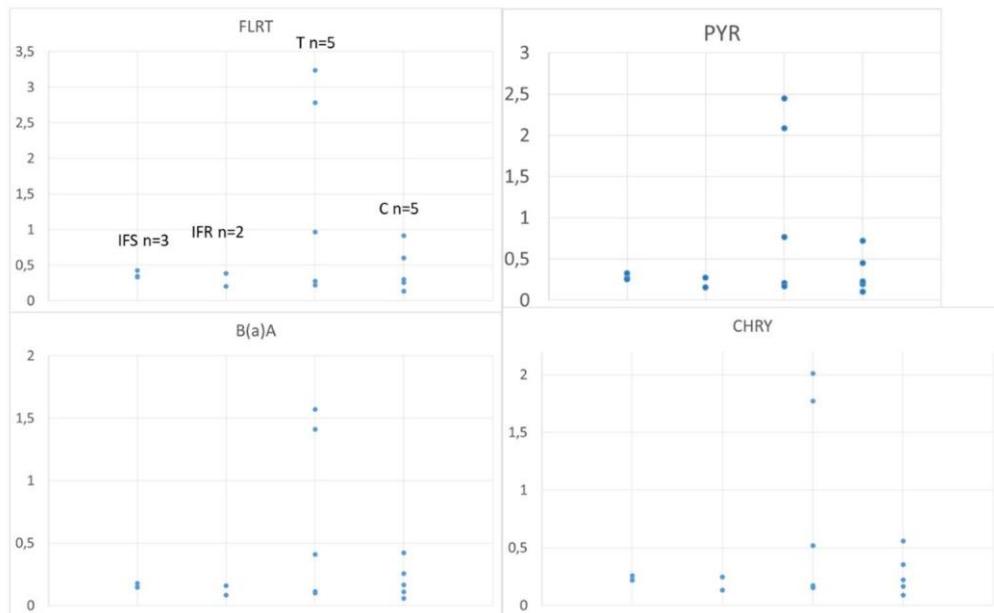
Code terrain	Chrome (Cr) mg/kg	Cuivre (Cu) mg/kg	Nickel (Ni) mg/kg	Zinc (Zn) mg/kg	Cobalt (Co) mg/kg	Plomb (Pb) mg/kg	Cadmium (Cd) mg/kg
i FS 1a	22.8	12.4	10.5	75.1	3.73	52.9	0.311
i FS 3a	22.7	14.5	10.1	72.3	3.94	60	0.27
i FS 5b	21.6	18.1	11.7	96.8	4.24	75.1	0.407
i FR 2a	25.3	14	12.1	81.2	4.6	59.5	0.315
i FR 4a	25.1	18.2	12.1	88.4	4.37	68.2	0.334
i T 1a	22	16.5	11.2	90.7	3.72	79.9	0.348
i T 2a	22	16	10.8	96.9	3.91	73.8	0.322
i T 3a	17.5	16.8	9.67	82.2	3.54	78.7	0.337
i T 4a	27.4	46.8	12.9	180	4.4	159	0.437
i T 5a	30.1	45.1	14.8	191	5.07	181	0.502
i C 1a	20.7	13.3	9.78	74.1	3.68	59.3	0.27
i C 2a	23.2	11.4	10.6	65.9	4.05	47.9	0.255
i C 3a	30.6	48.2	18.3	196	6.69	127	0.343
i C 4a	30.4	20.2	14.1	96.1	5.17	85.3	0.306
i C 5a	18.6	17.1	9.77	80.2	3.66	72.7	0.296

Annexe 4 : Teneurs en éléments trace des horizons 0-10 cm des sols prélevés en Juillet 2018 pour caractériser l'état initial du site

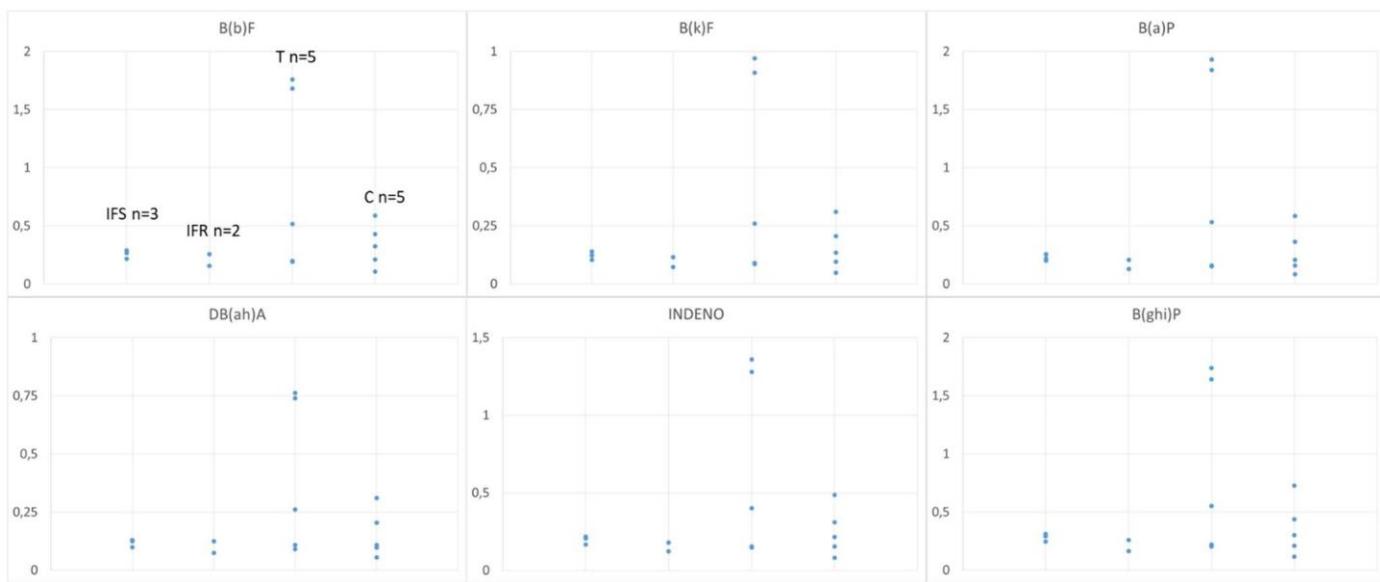
HAP à 2 et 3 cycles



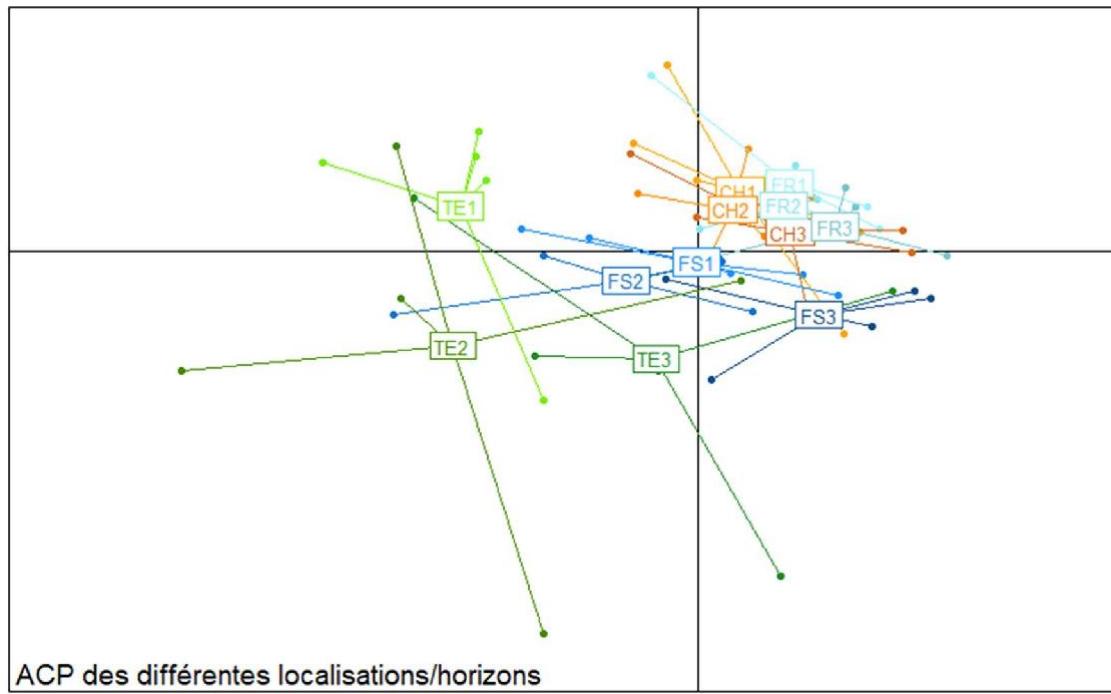
HAP à 4 cycles



HAP à 5 et 6 cycles



Annexe 5 : Teneurs en $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ de matière sèche pour les 16 HAP (à 2 et 3 cycles aromatiques (naphtalène, acénaphthylène, acénaphthène, fluorène, phénanthrène, anthracène) ; à 4 cycles (chrysène, fluoranthène, pyrène, benzo[a]anthracène) ; à 5-6 cycles (benzo[a]pyrène, benzo[b]fluoranthène, dibenzo[ah]anthracène, benzo[k]fluoranthène, benzo[ghi]pérylène, indeno[1,2,3-cd]pyrène) dans les sols de chacune des 4 zones d'étude : T – témoin, C – Chantier, FS – filtre sans Rainclean, FR – filtre avec Rainclean



Annexe 6 : Analyse en Composantes Principales des activités enzymatiques agrégées pour les échantillons d'une même zone et d'une même profondeur ($n=5$)

LIFE17ENV/000398 LIFE-ADSORB – Action C.2.2 État initial du site

ECH	ZONE	POINT	HORIZON	PHOS	GLU	ARS	URE	ARN
BCE18 - 1101	FS	1	a	51,12	28,53	3,43	9,30	17,94
BCE18 - 1104		2		55,01	24,60	2,79	8,95	16,79
BCE18 - 1107		3		40,32	18,69	2,50	8,08	9,19
BCE18 - 1110		4		42,38	20,21	2,92	7,73	12,73
BCE18 - 1113		5		42,48	14,22	2,33	6,42	11,95
BCE18 - 1116		1		38,34	14,65	2,92	5,87	10,70
BCE18 - 1119		2		33,32	13,78	2,54	8,20	10,02
BCE18 - 1122		3		42,73	18,74	3,34	10,94	16,37
BCE18 - 1125		4		43,78	15,54	3,15	10,10	14,73
BCE18 - 1128		5		38,83	16,91	3,10	13,49	13,41
BCE18 - 1131	FR	1	a	38,10	17,39	2,62	9,65	11,98
BCE18 - 1134		2		32,54	14,19	2,17	8,19	10,94
BCE18 - 1137		3		33,32	12,86	2,07	6,71	13,33
BCE18 - 1140		4		36,92	15,70	2,55	7,76	14,30
BCE18 - 1143		5		41,70	17,13	3,05	13,02	14,69
BCE18 - 1146	T	1	a	54,56	21,88	3,92	12,33	19,58
BCE18 - 1149		2		52,97	25,49	3,94	11,51	17,55
BCE18 - 1152		3		60,18	24,78	4,91	9,42	8,59
BCE18 - 1155		4		47,96	24,23	4,15	10,39	22,13
BCE18 - 1158		5		54,80	27,94	5,29	11,88	23,61
BCE18 - 1102	FS	1	b	59,60	23,97	3,29	9,29	17,17
BCE18 - 1105		2		71,83	27,40	4,22	8,87	20,62
BCE18 - 1108		3		51,04	15,64	2,97	8,12	10,33
BCE18 - 1111		4		45,98	15,33	3,19	7,95	14,72
BCE18 - 1114		5		50,36	15,26	2,91	8,35	13,97
BCE18 - 1117	C	1	b	49,33	16,73	3,18	8,23	13,92

BCE18 - 1120	C	2	b	39,45	12,25	2,58	9,35	11,76
BCE18 - 1123	C	3	b	48,27	16,91	3,21	9,01	18,84
BCE18 - 1126	C	4	b	42,79	12,52	3,04	8,10	14,59
BCE18 - 1129	C	5	b	41,94	13,55	2,70	10,73	13,28
BCE18 - 1132	FR	1	b	42,22	16,04	2,56	8,68	13,57
BCE18 - 1135	FR	2	b	50,32	15,92	2,83	8,92	14,97
BCE18 - 1138	FR	3	b	38,45	10,33	2,31	7,01	15,51
BCE18 - 1141	FR	4	b	42,64	11,48	2,34	9,25	11,97
BCE18 - 1144	FR	5	b	39,75	12,22	2,43	9,58	13,53
BCE18 - 1147	T	1	b	61,01	21,53	4,65	12,82	21,19
BCE18 - 1150	T	2	b	45,99	14,86	3,12	7,26	14,64
BCE18 - 1153	T	3	b	73,53	24,23	5,72	5,28	6,48
BCE18 - 1156	T	4	b	59,58	25,04	5,33	9,04	20,91
BCE18 - 1159	T	5	b	94,77	26,93	5,83	10,62	22,82
BCE18 - 1103	FS	1	c	54,75	18,42	3,09	8,71	13,59
BCE18 - 1106	FS	2	c	56,28	14,91	3,47	5,98	13,93
BCE18 - 1109	FS	3	c	40,57	11,24	2,84	6,51	9,39
BCE18 - 1112	FS	4	c	36,05	8,36	2,49	6,17	9,98
BCE18 - 1115	FS	5	c	38,56	9,73	2,30	6,60	9,75
BCE18 - 1118	C	1	c	47,09	11,86	2,82	6,87	12,22
BCE18 - 1121	C	2	c	36,06	9,08	2,31	8,01	10,19
BCE18 - 1124	C	3	c	46,38	13,00	3,28	8,24	18,05
BCE18 - 1127	C	4	c	33,76	7,94	2,61	7,16	10,85
BCE18 - 1130	C	5	c	53,77	14,20	3,29	11,93	15,14
BCE18 - 1133	FR	1	c	51,21	16,92	3,00	8,22	14,94
BCE18 - 1136	FR	2	c	39,57	11,50	2,35	7,75	13,69
BCE18 - 1139	FR	3	c	36,36	8,93	2,51	7,74	14,11

LIFE17ENV/000398 LIFE-ADSORB – Action C.2.2 État initial du site

BCE18 - 1142	FR	4	c	34,79	8,94	1,88	6,47	10,76
BCE18 - 1145	FR	5	c	39,77	9,37	2,40	9,44	11,42
BCE18 - 1148	T	1	c	59,16	19,48	5,42	12,55	18,69
BCE18 - 1151	T	2	c	32,99	10,80	2,78	5,92	11,77
BCE18 - 1154	T	3	c	56,74	15,10	4,53	4,01	4,95
BCE18 - 1157	T	4	c	63,35	15,48	3,53	7,06	14,08
BCE18 - 1160	T	5	c	67,14	17,65	4,44	8,03	17,02

Annexe 7 : Activités enzymatiques ($mU.g^{-1}$ sol sec) pour chaque point de prélèvement (profondeurs a – b – c : 0-10cm, 10-20cm, 20-30cm ; zones T – C – FS – FR : témoin, Chantier, Filtre sans Rainclean, Filtre avec Rainclean)