



TERRITOIRE

AMÉNAGEMENT

INGÉNIERIE

## EPA Sénart

# SAINT PIERRE DU PERRY (91) : Aménagement ZAC de Villeray

## Diagnostic agropédologique préalable (étude d'impact)



Siège social  
8bis, boulevard Dubreuil  
91400 ORSAY  
FRANCE

Tél. +33 1 60 10 77 00  
Fax +33 1 60 10 77 88

[contact@solpaysage.fr](mailto:contact@solpaysage.fr)

[www.solpaysage.fr](http://www.solpaysage.fr)

Rédaction : Antoine Marionneau

Validation : Xavier Marié

Date : 07/11/2017

Version : 17-065\_ETU01\_v1.0



# TABLE DES MATIERES

---

<b>1</b>	<b>SITUATION ET CONTEXTE</b>	<b>5</b>
1.1	SITUATION GEOGRAPHIQUE	5
1.2	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE	5
1.3	OCCUPATION DU SOL	7
<b>2</b>	<b>METHODOLOGIE</b>	<b>9</b>
2.1	LOCALISATION DES OBSERVATIONS	9
2.2	ECHANTILLONNAGE	10
<b>3</b>	<b>SYNTHESE DES OBSERVATIONS</b>	<b>11</b>
3.1	CARTE DES PROFILS	11
3.2	TYPOLOGIE DES MATERIAUX	12
3.2.1	<i>TV : Terre végétale</i>	12
3.2.2	<i>SC et SCg : Matériaux de sous-couche</i>	13
3.2.3	<i>HPg : Matériaux profonds</i>	14
3.2.4	<i>MG : Matériaux graveleux</i>	15
3.3	CARTE SYNTHETIQUE DES SOLS	16
3.4	TYPOLOGIE DES SOLS	17
3.4.1	<i>Sol A : Luvisol rédoxique</i>	17
3.4.2	<i>Sol B : Rédoxisol luvique</i>	18
<b>4</b>	<b>RESULTATS D'ANALYSES</b>	<b>19</b>
4.1	GRANULOMETRIE FINE	19
4.2	CAPACITES DE RETENTION EN EAU ET EN AIR	19
4.3	PH, CONDUCTIVITE ET RAPPORT C/N	20
4.4	ELEMENTS FERTILISANTS	21
4.5	ANALYSES DE POLLUANTS	21
4.5.1	<i>Eléments Traces Métalliques</i>	21
4.5.2	<i>Hydrocarbures totaux, HAP et PCB</i>	22
4.6	BIODIVERSITE	24
4.6.1	<i>Dynamique microbienne</i>	24
4.6.1	<i>Nématodes</i>	26
<b>5</b>	<b>SYNTHESE SUR LES SOLS EN PLACE A L'ETAT INITIAL</b>	<b>27</b>

## Introduction

---

Le présent rapport restitue le diagnostic agropédologique issu des observations pédologiques réalisées le 21/09/17 par Sol Paysage sur le périmètre de la future ZAC de Villeray, commune de Saint Pierre du Perray (91).

Il correspond à la mission de diagnostic agropédologique pour le compte de l'EPA Sénart dans le cadre de l'étude d'impact du projet. L'objectif est de fournir un état des lieux initial des sols de l'emprise en complément de l'étude d'impact du projet d'aménagement. Les sols et leurs matériaux constitutifs sont caractérisés, cartographiés et leurs qualités agronomiques sont évaluées.

Ce document rappelle le contexte d'étude et la méthodologie. Il propose une description synthétique des principaux sols rencontrés et une interprétation des résultats d'analyses de laboratoire.

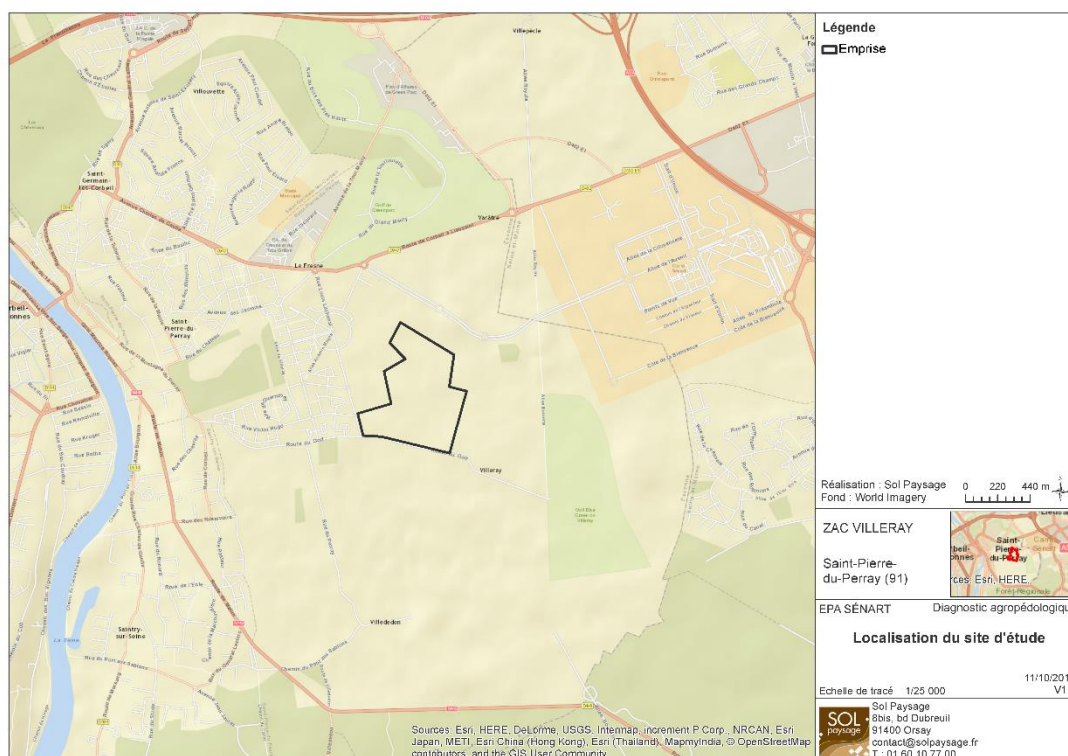
Les données complètes d'observations sont proposées en annexe sous forme de tableaux et planches photographiques pour chaque profil et sondage, ainsi que les bulletins complets d'analyses.

# 1 Situation et contexte

## 1.1 Situation géographique

La zone d'étude d'une surface d'environ 36 hectares, correspond au périmètre d'aménagement de la future ZAC de Villeray sur la commune de Saint Pierre du Perray (91).

Ce secteur d'aménagement est délimité au Sud par la Route du Golf de Villeray et à l'Ouest par l'Avenue Louis Lechenal, au Nord-Ouest par l'enceinte du Parc des Sports et au Nord-Est par un fossé de drainage.



*Carte de localisation*

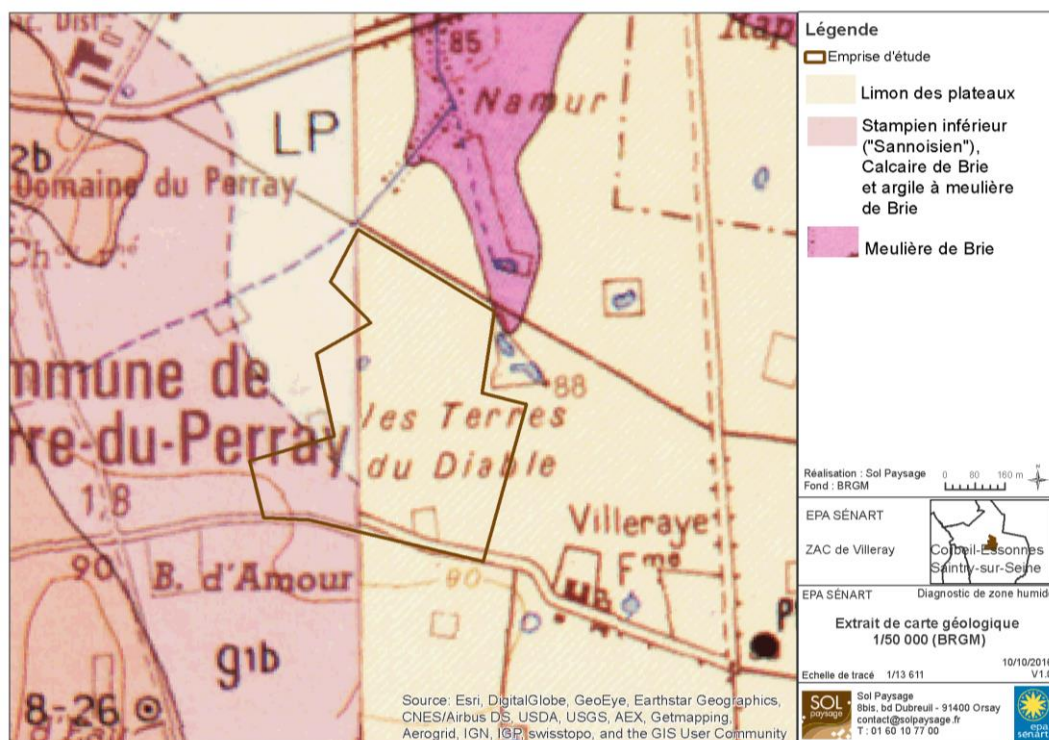
## 1.2 Contexte géologique et pédologique

La carte géologique indique que l'emprise du projet est constituée de deux lithologies :

- Des limons des plateaux pour la majeure partie
- Des meulière de Brie dans une petite partie, au Sud-Ouest de l'emprise

On peut donc s'attendre à trouver majoritairement des sols limoneux et assez profond avec une tendance caillouteuse localisée.

La carte des sols confirme cette hypothèse puisque l'ensemble de l'emprise se trouve au sein de l'unité des sols limoneux épais.



Extrait de carte géologique 1/50000<sup>ème</sup>, Infoterre BRGM



Extrait du Référentiel Pédologique d'Ile-de-France 1/250000<sup>ème</sup>, INRA

## 1.3 Occupation du sol

D'après les cartes aériennes historiques et actuelles, l'emprise du projet est en culture depuis de nombreuses années. Les deux bosquets en bordure ainsi que le bosquet inondé (mare) semblent exister depuis au moins aussi longtemps que les grandes cultures.



Lors de la campagne de sondages, les parcelles présentaient un sol nu entre 2 cultures. Le sol apparaissait travaillé assez finement. Des débris de paille et de petites repousses étaient présents. L'ensemble de l'emprise est affectée par de grandes flaques. Deux mares sont présentes, l'une au centre de l'emprise, au milieu une mare ancienne est associée à une végétation de type hygrophile, l'autre tout à l'est est plus récente, vraisemblablement issue de fouilles archéologiques.

L'étude zone humide menée par Sol Paysage en octobre 2016 concluait, sur la base d'investigation pédologique et d'un relevé d'habitats écologiques, à la présence de 885m<sup>2</sup> de zone humide au sens de l'arrêté du 24/06/08 modifié 01/10/09. Cette superficie est partagée entre la mare au centre avec sa végétation hygrophile et une petite dépression au Sud-Ouest.



*Grande parcelle cultivée*



*Terres cultivées – Détail de surface du sol nu*



*Est de l'emprise – Bosquet en limite du périmètre*



*Est de l'emprise – tranchée archéologique inondée*



*Sud de l'emprise – Exemple de grande flaque*



*Centre de l'emprise – Bosquet inondé*

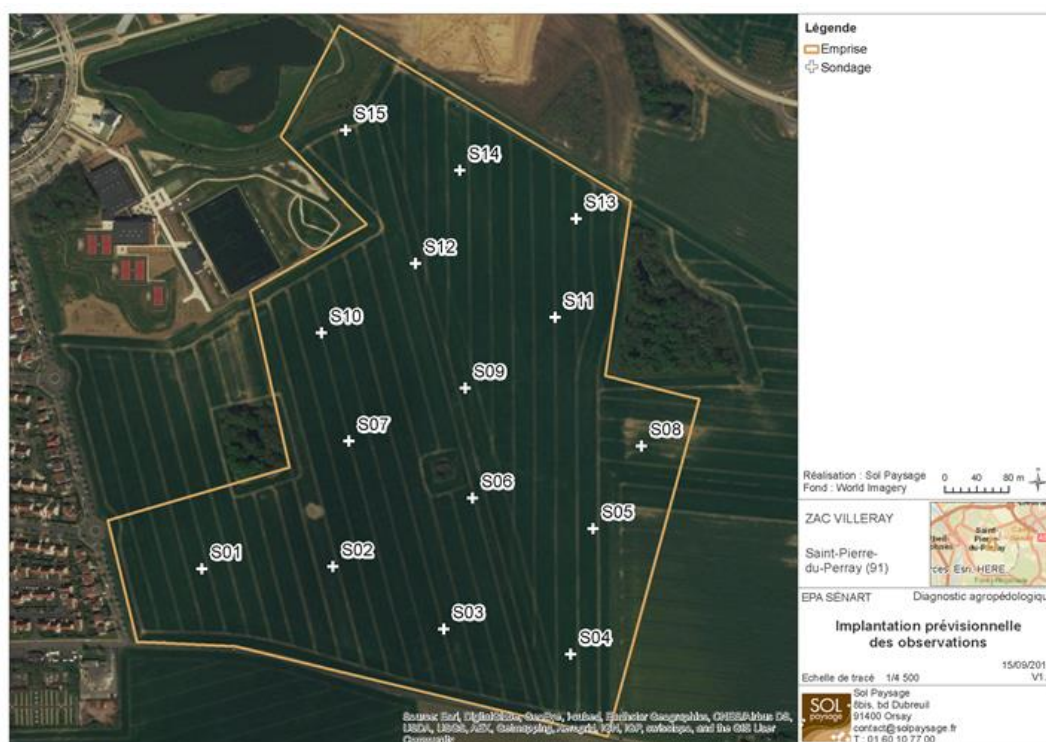


## 2 Méthodologie

### 2.1 Localisation des observations

15 sondages ont été réalisés le 27/09/2017 à la tarière pédologique manuelle, sur une profondeur de 1 m maximum en fonction de l'état de compacité et de la proportion d'éléments grossiers.

La répartition des sondages a été définie selon un maillage régulier pour rendre compte de l'ensemble de l'emprise.



*Carte de localisation des sondages*

Chaque sondage manuel a fait l'objet d'une caractérisation visuelle selon les critères suivants :

- Etat de surface : structure, humidité, éléments grossiers
- Végétation à proximité : densité, diversité, développement
- Identification des horizons pédologiques
- Profondeur de chaque horizon
- Texture : dominante argileuse, limoneuse ou sableuse
- Degré d'humidité
- Couleur Münsell
- Degré d'hydromorphie et caractéristiques : tâches d'oxydation et/ou de réduction, nodules de concrétion ferro-manganique
- Test HCl : caractère calcaire
- Présence et caractéristiques des éléments grossiers (cailloux et débris divers)

- Caractère organique
- Nature / origine de l'horizon : horizon naturel, anthropisé, remblayé, etc.
- Compacité

## 2.2 Echantillonnage

Des prélèvements ont été effectués pour analyses de laboratoire : 2 échantillons moyens de références, issus de prélèvements représentatifs au sens de la norme NF X 31-100 ont été obtenues.

*Tableau récapitulatif des échantillons*

ECHANTILLON	OBSERVATIONS	PROF (CM)	ANALYSES	MATERIAU	DESCRIPTIF
E1	Toutes	0-30	Agronomique Rétention Pollution	TVL	Horizon organique de surface
E2	Toutes sauf H6	30-60	Biologique	MLA + MAL	Matériau de sous-couche
Nem	toutes	0-15	Dénombrement des nématodes	TVL	Partie superficielle de l'horizon de surface

Les analyses suivantes ont été effectuées par un laboratoire accrédité COFRAC selon les termes du cahier des charges et selon les normes en vigueur (SADEF, pôle d'Aspach) :

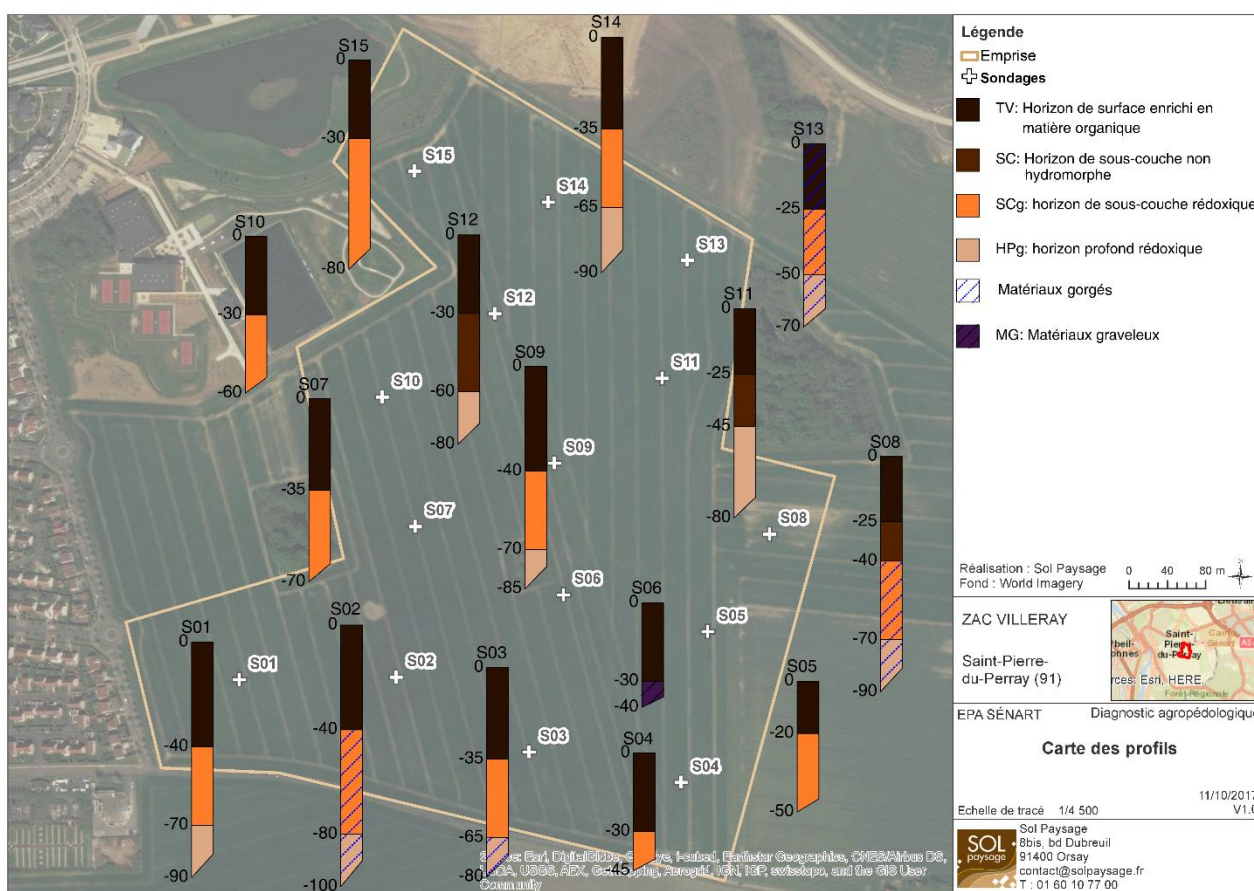
- pH eau et pH KCl
- Granulométrie 5 fractions avec décarbonatation
- Calcaire total CaCO<sub>3</sub>
- Matières organiques et carbone organique
- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable, méthode Olsen
- K<sub>2</sub>O, CaO et MgO échangeables
- C.E.C., méthode Metson
- Refus à 2mm
- Azote élémentaire total (méthode DUMAS), Rapport C/N
- Conductivité (après extraction aqueuse)
- Porosité, masse volumique apparente sèche et capacité de rétention en eau et en air à pF<sub>1</sub>, pF<sub>1,7</sub>, pF<sub>2</sub>, pF<sub>2,3</sub>, pF<sub>2,7</sub>, pF<sub>3</sub> et pF<sub>4,2</sub>
- Concentration en hydrocarbures totaux, teneurs en 7 HAP et 3 PCB usuels.
- Eléments traces métalliques : As, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Pb, Zn

## 3 Synthèse des observations

### 3.1 Carte des profils

La carte suivante représente les schémas de profils de sol issus des observations sur sondages. Ils rendent compte de la diversité et la répartition des différents matériaux rencontrés. Ces matériaux se distinguent par leur profondeur d'apparition (surface : TV / sous-face / SC ; profond : HP), leur degré d'hydromorphie (non hydromorphe / rédoxique : g) et leur état d'engorgement.

Les différents matériaux sont détaillés par la suite.



Carte des profils / sondages

## 3.2 Typologie des matériaux

### 3.2.1 TV : Terre végétale

Ce matériau est présent en surface sur toute l'emprise, il s'agit de l'horizon de labour (horizon pédologique LA) et son épaisseur est comprise entre 20 et 40cm.

Cet horizon de surface brun est enrichi en matière organique au cours du temps en raison du développement végétal et des pratiques agricoles (enfouissement des chaumes, amendements organiques). Toutefois les méthodes de grande culture en cours sur l'emprise limitent l'enrichissement en surface par une faible restitution organique au sol.

Il présente une texture limoneuse argileuse à limono-argileuse, est peu compact, non hydromorphe, non caillouteux, non calcaire. L'état d'humidité de ce matériau lors des observations était globalement frais à humide sur la majorité des sondages avec 1 sondage présentant un engorgement important (S13).

La fertilité de ce matériau est bonne grâce à son taux de matière organique, sa texture fine et sa faible pierrosité offrant de bonnes capacités de rétention en eau et en éléments nutritifs.

Un degré d'humidité important peut être une contrainte pour sa manipulation avec un risque de destructuration néfaste à sa fertilité.



*Sondage S01 : TV*



*Sondage S13 : TV gorgé (TV)*

### 3.2.2SC et SCg : Matériaux de sous-couche

Ces matériaux sont situés en sous-face de l'horizon de surface TV (horizon pédologique Eg / BT). Ils présentent des épaisseurs variables de 15 cm à 35 cm avec en moyenne une épaisseur de 30 cm. Ils sont présents en général entre 35 cm et 60 cm de profondeur.

Ces matériaux présentent une teneur en matière organique assez faible (< 1%). Cette faible teneur s'explique par la profondeur moyenne et lui confère une couleur plus claire que la surface. Leur texture est limono-argileuse à argileuse avec une faible pierrosité et une faible compacité.

Une première variabilité apparaît en ce qui concerne l'hydromorphie :

- Sur les sondages S08, S11 et 13, le matériau de sous-couche est non-hydromorphe (matériau noté SC) en raison d'un moindre engorgement saisonnier
- Sur les autres sondages, le matériau de sous-couche est hydromorphe (matériau noté SCg). La présence de traces d'oxydation indiquent un engorgement saisonnier de ces matériaux au cours de l'année, ce qui peut contraindre le développement racinaire.

Une seconde variabilité concerne l'état d'engorgement. En effet le matériau est frais à humide voire très humide sur la plupart des sondages lors des observations, il est gorgé sur 3 sondages (S2, S8 et S13).

**A noter que des refus (blocage de la tarière lors de la prospection) ont été obtenus dans ce matériau, pouvant indiquer la présence ponctuelle d'éléments grossiers de plus grosses tailles (notamment au Sud-Est : S4 et S5 ont été stoppés vers 45cm de profondeur). Ces refus peuvent être lié à la présence d'un horizon riche en concrétion, voir le paragraphe concernant le matériau « MG ».**

Le potentiel agronomique de ce matériau est intéressant grâce à sa capacité de rétention en eau en lien avec les teneurs en argiles. Il peut donc constituer un horizon de sous-face de sol de plantation. En contrepartie, cette teneur en argile et cette teneur en eau entraîne une faible perméabilité et une tendance à l'engorgement et à l'hydromorphie, ce qui peut être défavorable à la croissance racinaire (des essences adaptées sont nécessaires). De plus la manipulation de ces matériaux en phase chantier doit se faire avec précaution afin de limiter les impacts sur la compacité et l'hydromorphie.



Sondage S7 : matériau SC



Sondage S15 : matériau SCg



Sondage S13 : matériau SCg gorgé

### 3.2.3HPg : Matériaux profonds

Ces matériaux ont été observés sur la plupart des sondages à partir de 45 à 80cm de profondeur (horizon pédologique Sg). Cette variation dans la profondeur d'apparition fait que sur certains sondages pas assez profonds (S4, S5, S6, S7, S10 et S15), ce types de matériaux n'a pas été observé. Ils sont vraisemblablement présents en profondeur sur l'ensemble de l'emprise. Leur limite inférieure n'est pas atteinte (>100cm).

Il s'agit d'un matériau argileux ou argilo-limoneux, non caillouteux, assez compact à peu compact et non calcaire. Le caractère hydromorphe est très marqué avec la présence systématique de tâche d'oxydation, résultats d'un engorgement en eau saisonnier (traces de couleur rouille).

Un engorgement réel est constaté sur les sondages S2, S3, S8 et S13 lors des observations en pourtour de la parcelle.

Le potentiel agronomique de ces matériaux est limité par les fortes teneurs en argile qui le rende sensible à la compaction et à l'engorgement et limite fortement l'infiltration de l'eau et la croissance racinaire. La manipulation de ces matériaux en phase chantier doit se faire avec précaution afin de limiter les impacts sur la compacité et l'hydromorphie.



*Sondage S14 : matériau HPg*



*Sondage S8 : matériau HPg*



*Sondage S13 : matériau HPg gorgé*

### 3.2.4MG : Matériaux graveleux

Ce matériau est présent uniquement au niveau du sondage S06 à partir de 30cm de profondeur. Sa limite inférieure n'est pas atteinte en raison d'un refus de tarière.

Ce matériau se caractérise par de très nombreux éléments grossiers de types concrétions ferro-manganiques qui résultent de la zone de battement de la nappe temporaire. La densité de ces concrétions au niveau de ce sondage résulte d'un battement assez intense et localisé. Il est vraisemblable que ce type d'horizon soit présents ponctuellement à d'autres niveaux de l'emprise. Cette présence peut notamment expliquer les refus de tarières à différentes profondeurs. Une faible épaisseur est attendue.

Ce matériau ne présente pas de contrainte particulière compte tenu de sa faible épaisseur. Il peut être géré conjointement avec les matériaux de sous-couche.



*Sondage S6 : battement de nappe entre 30 et 40cm.      Détail du matériau MG gorgé avec concrétions*

### 3.3 Carte synthétique des sols

La carte suivante présente la répartition spatiale au sein de l'emprise des 2 grands types de sols identifiés :

- Des luvisols rédoxiques
- Des rédoxisols luviques

Les secteurs de sols engorgés lors des observations fin septembre (via les observations sur sondage et d'environnement par la présence de flaques) sont également retranscrits :

- Des sols engorgés en surface
- Des sols engorgés en sous-face



Carte des sols (observations le 27/09/2017)



## 3.4 Typologie des sols

### 3.4.1 Sol A : Luvisol rédoxique

Les profils concernés par le sol A sont les suivants : S11 et S12, formant une bande dans le quart Nord de l'emprise.

Il se caractérise :

- D'une part par un enrichissement en argile et en fer depuis la surface vers la profondeur : caractère luvique
- D'autre part par une hydromorphie débutant entre 50 et 80 cm de profondeur qui se prolonge en surface : caractère rédoxique modéré

La texture des matériaux est limoneux argileux en surface à argilo-limoneux puis argileux en profondeur. Le sol est épais, non calcaire et non caillouteux. Les traces d'hydromorphie de type oxydation (tâches rouilles) apparaissant en profondeur indiquent un engorgement saisonnier au cours de l'année.

La qualité agronomique de ces sols est élevée grâce à un horizon de surface enrichi en matière organique, une épaisseur importante et une texture fine offrant une bonne réserve en eau pour les plantes. L'hydromorphie modérée indique une tendance à l'engorgement en profondeur qui peut limiter la profondeur d'enracinement d'essences végétales non adaptées. De plus la tendance à l'engorgement rend le sol très sensible à la compaction.



*Sol A : sondage S11*



*Détail horizon de sous face non hydromorphe (en haut) et horizon profond rédoxique (en bas)*

### 3.4.2 Sol B : Rédoxisol luvique

Les profils concernés par le sol A sont les suivants : S01 à S10 et S13 à S14 représentant une majorité de l'emprise.

Il se caractérise :

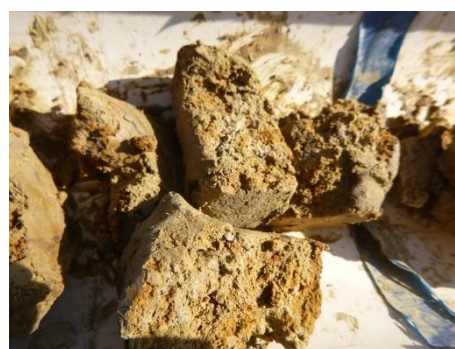
- D'une part par un enrichissement en argile et en fer depuis la surface vers la profondeur : caractère luvique
- D'autre part par une hydromorphie débutant avant 50cm cm de profondeur qui se prolonge en surface : caractère rédoxique fort

La texture des matériaux est limoneux argileux en surface à argilo-limoneux puis argileux en profondeur. Le sol est épais, non calcaire et non caillouteux. Les traces d'hydromorphie de type oxydation (tâches rouilles) apparaissant à faible profondeur indiquent un engorgement saisonnier important au cours de l'année.

La qualité agronomique de ces sols est assez élevée grâce à un horizon de surface enrichi en matière organique, une épaisseur importante et une texture fine offrant une bonne réserve en eau pour les plantes. En revanche l'hydromorphie assez forte indique une tendance à l'engorgement à faible profondeur qui peut limiter fortement la profondeur d'enracinement d'essences végétales non adaptées. De plus la tendance à l'engorgement rend le sol très sensible à la compaction.



*Sol B : sondage S01*



*Détail horizon de sous face rédoxique (en haut)  
et horizon profond réductique (en bas)*

## 4 Résultats d'analyses

### 4.1 Granulométrie fine

Le tableau suivant présente les différentes fractions granulométriques inférieures à 2 mm, de la plus fine (argile, < 2  $\mu$ m) à la plus grossière (sable grossier, 0,5 à 2 mm), ainsi que les teneurs en calcaire total et en matières organiques.

L'échantillon de surface présente une texture de type limon argilo-sableux avec une forte dominance de limons. L'échantillon de sous-face possède une teneur en argile assez importante qui le rend sensible à l'engorgement et à la compaction.

L'échantillon de surface présente des teneurs en matières organiques supérieures à l'échantillon de sous-face par l'enrichissement d'un couvert végétale temporaire (culture). La pratique agricole (exportation de la biomasse) entraîne des teneurs modérées en matière organique.

Les échantillons ne sont pas calcaires.

Référence	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier	Matière organique	Calcaire total	Indice de battance	
Unité	%	%	%	%	%	%	%	/	
E01	surface	20,91	25,47	40,53	5,45	5,59	1,95	0,01	1,70
E02	sous-face	27,22	26,93	39,16	3,61	2,4	0,58	0,01	2,11
<b>Seuils</b>	< 20% : peu argileux > 30% : très argileux					<1% : faible 1 à 3% : modérée >3% : élevée	10 à 25 : caclaire 25 à 50 : fortement calcaire > 50 : très fortement calcaire	<1,4 : non battant >1,8 : battant	
<b>Interprétations</b>	Limon argilo sableux à argilo limoneux					satisfaisant en surface à faible en sous-face	sol non calcaire	matériaux sensibles à la battance	

*Parts des différentes fractions granulométriques, calcaire total et matière organique*

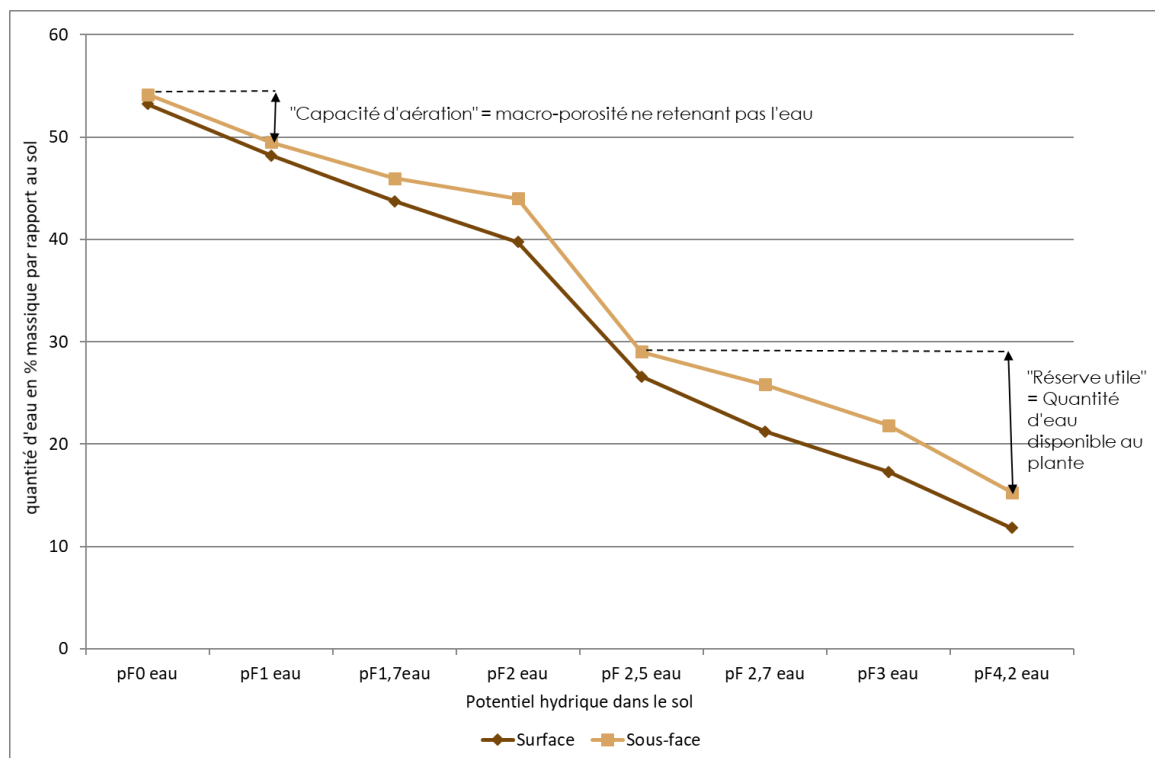
### 4.2 Capacités de rétention en eau et en air

Les mesures de teneurs en eau à différents potentiels hydriques dans le sol permet de définir 1) la réserve utile (RU) en eau dans le sol qui renseigne sur la capacité du sol à fournir une ressource en eau disponible au plante et 2) la capacité d'aération du sol qui renseigne sur la capacité du sol à maintenir une certaine oxygénation du milieu (voir figure page suivante).

Les résultats sont présentés ci-dessous. Les matériaux de surface et sous-face montrent une porosité satisfaisante supérieure à 50%. La réserve utile en eau est correcte avec une meilleure valeur en sous-face en lien avec une plus grande teneur en argile. La capacité d'aération est modérée mais reste satisfaisante dans le cadre de terre agricole et devait s'améliorer grâce à la présence d'un couvert végétal permanent.

Paramètre	Surface	Sous-face
porosité	53%	54%
RU (pF2,7-pF4,2)	9%	11%
RU (mm/m)	94	106
Air à pF1	6%	5%

*Capacité de rétention en eau et en air*



### 4.3 pH, conductivité et rapport C/N

Le pH des échantillons est légèrement basique à basique en sous-face. C'est un pH favorable à la majorité des plantes. Un certain risque d'acidification du sol est présent et pourra être surveillé.

Ces sols ne présentent pas de problème de salinité : l'ensemble des échantillons présente une faible conductivité, très largement inférieure au seuil de 2,5 mS/cm au-delà duquel des risques de toxicité pour les plantes peuvent apparaître.

L'échantillon de surface organique possède un rapport C/N de 9,3 indiquant une bonne capacité de minéralisation de la matière organique. L'échantillon de sous-face possède des teneurs en matière organique faibles qui rendent le rapport C/N peu significatif.

Référence	pH eau	pH KCl	Conductivité	Rapport C/N	
Unité	/	/	mS/cm	/	
E01	surface	7,37	0,85	0,07	9,3
E02	sous-face	8,1	0,92	0,1	6,0
Seuils	< 6,5 : acide > 7,5 : basique	[pH KCl - pH eau] > 0,5 : risque d'acidification	< 1 : Faible	< 8 : minéralisation rapide > 12 : minéralisation lente	
Interprétations	basique	risque d'acidification	pas de problème de salinité	Satisfaisant en surface, peu significatif en sous-face car peu organique	

*pH, conductivités et rapport C/N*

## 4.4 Eléments fertilisants

La Capacité d'Echange Cationique (CEC) représente la capacité maximale de cations échangeables qu'un sol peut retenir à un pH donné. Elles sont élevées pour les échantillons, supérieures au seuil de 10 méq/100g, ce qui s'explique par les teneurs en argiles et en matières organiques, qui forment le complexe argilo-humique fixant les cations échangeables (calcium, potassium, magnésium).

L'échantillon de surface présente une teneur en azote total modérée, inférieure à la valeur seuil indicative utilisée en contexte agronomique (0,14%) tandis que les échantillon de sous-face possède une valeur assez faible.

A noter que les matériaux de surface présentent des valeurs plus élevées que les matériaux intermédiaires en lien avec un enrichissement en matières organiques.

Les teneurs en éléments fertilisants : K<sub>2</sub>O, MgO et CaO sont élevées et favorables agronomiquement. Les teneurs en phosphore sont faibles, des amendements spécifiques peuvent être envisagés. Les teneurs en Na<sub>2</sub>O sont faibles ce qui est plutôt favorable et confirme l'absence de problème de salinité.

Référence		CEC (au pH du sol)	Azote total	P2O5 (Dyer)	K2O	MgO	CaO	Na2O
Unité		mé/kg	g/kg	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
E01	surface	15,34	1,2	57	237	163	4695	17
E02	sous-face	14,66	0,6	16	169	203	5842	26
<b>Seuils</b>		< 10 : faible >15 : élevée	> 1,4 : élevée	optimum : ~100	optimum : ~100	optimum : ~100	optimum : ~2790	-
<b>Interprétations</b>		Bonne capacité de rétention des éléments nutritifs	modéré sous culture, élevé sous bois	faible	satisfaisant	satisfaisant	élevé	-

*Capacités d'Echange Cationique, azote total et éléments fertilisants*

## 4.5 Analyses de polluants

### 4.5.1 Eléments Traces Métalliques

Le tableau suivant présente les teneurs en 8 éléments traces métalliques : Mercure (Hg), Arsenic (As), Plomb (Pb), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Nickel (Ni) et Zinc (Zn), en mg/kg de matière sèche (ppm). Elles sont comparées à deux types de valeurs :

- Les valeurs seuils de la norme NF-U44-551 sur les supports de culture (arrêté du 08/01/1998), qui correspond à la norme de référence de commercialisation des terres végétales ;
- Les gammes de valeurs du programme ASPITET (Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Traces. INRA, D.Baize) concernant l'ensemble du territoire français et sur horizons de surface et profonds :

- Gammes de valeurs couramment observées dans les sols ordinaires de toutes granulométries
- Gammes de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées
- Gammes de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles

### Résultats d'analyses de contamination en ETM <sup>1</sup>

matériau :	E1	E2	Valeur seuil (NF-U44-551 ou arrêté du 28/10/10)	Gammes de valeurs ASPITET			
	Echantillon :	Mixte 0-30cm		Mixte 30-60cm	Sols ordinaires	Anomalies faibles	Anomalies modérées
Paramètres	mg/kg MS	mg/kg MS					
Arsenic	11	14	-	1 à 25	25 à 30	30 à 60	-
Cadmium	<0.50	<0.50	2	0,05 à 0,45	0,45 à 0,7	0,7 à 2	-
Chrome	32	36	150	10 à 90	-	90 à 150	-
Cuivre	16	13	100	2 à 20	-	20 à 62	62 à 100
Nickel	16	24	50	2 à 60	-	60 à 130	-
Plomb	26	24	100	9 à 50	50 à 60	60 à 90	90 à 100
Zinc	57	54	300	10 à 100	-	100 à 250	250 à 300
Mercuré	<0.10	<0.10	1	0,02 à 0,1	-	-	-

Aucun échantillon ne présente d'anomalie en métaux lourds par rapport au bruit de fond géochimique naturel.

L'élément trace métallique le plus concentré dans les échantillons est le Nickel. Il reste cependant jusqu'à quatre fois inférieur à la valeur seuil fixé par la norme NF-U44-551 sur les terres végétales.

Le Cadmium et le Mercure n'ont pas pu être dosé précisément car leurs concentrations étaient négligeables et donc non quantifiables.

Les matériaux de surface et de sous-face satisfont aux critères de la norme NF U44-551 relatifs aux supports de cultures et ne présentent pas de contamination significative en éléments traces métalliques.

## 4.5.2 Hydrocarbures totaux, HAP et PCB

Les tableaux suivant indiquent les teneurs en hydrocarbures totaux (somme de 4 classes), Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (somme de 16 HAP), Polychlorobiphényles (somme de 7 PCB), en mg/kg de matière sèche (ppm).

Les valeurs sont comparées aux valeurs seuils de l'arrêté du 28 octobre 2010 relatif aux installations de stockage de déchets inertes (classe III).

<sup>1</sup> Des valeurs ASPITET n'existant pas pour Hg, il est considéré comme anomalie modérée une teneur entre 0,1 et 1 mg/kg et comme anomalie forte une teneur supérieure à 1 mg/kg.

Les teneurs sont toutes inférieures aux seuils de quantification du laboratoire.

Aucun échantillon ne présente de contamination en hydrocarbures, HAP ou PCB.

Résultats d'analyses de contaminations organiques :

Résultats d'analyses de contaminations aux hydrocarbures C10-C40 :

matériau :	E1	E2	Valeur seuil (NF-U44-551 ou arrêté du 28/10/10)	Gammes de valeurs ASPITET			
Echantillon :	Mixte 0-30cm	Mixte 30-60cm		Sols ordinaires	Anomalies faibles	Anomalies modérées	Anomalies fortes
Paramètres	mg/kg MS	mg/kg MS					
Indice Hydrocarbures (C10-C40)	<20	<20	500	-	-	-	-
HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	<0.05	<0.05		-	-	-	-
HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	<0.05	<0.05		-	-	-	-
HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	<0.05	<0.05		-	-	-	-
HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	<0.05	<0.05		-	-	-	-

Résultats d'analyses de contaminations aux HAP :

matériau :	E1	E2	Valeur seuil (NF-U44-551 ou arrêté du 28/10/10)	Gammes de valeurs ASPITET			
Echantillon :	Mixte 0-30cm	Mixte 30-60cm		Sols ordinaires	Anomalies faibles	Anomalies modérées	Anomalies fortes
Paramètres	mg/kg MS	mg/kg MS					
Naphtalène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Acénaphthylène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Acénaphtène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Fluorène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Phénanthrène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Anthracène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Fluoranthène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Pyrène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Benzo(a)anthracène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Chrysène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Dibenzo(a,h)anthracène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Benzo(ghi)Pérylène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	<0.05	<0.05		-	-	-	-
Somme des HAP	<0.05	<0.05	50	-	-	-	-

Résultats d'analyses de contaminations aux PCB :

matériau :	E1	E2	Valeur seuil (NF-U44-551 ou arrêté du 28/10/10)	Gammes de valeurs ASPITET			
Echantillon :	Mixte 0-30cm	Mixte 30-60cm		Sols ordinaires	Anomalies faibles	Anomalies modérées	Anomalies fortes
Paramètres	mg/kg MS	mg/kg MS					
PCB 28	<0.01	<0.01		-	-	-	-
PCB 52	<0.01	<0.01		-	-	-	-
PCB 101	<0.01	<0.01		-	-	-	-
PCB 118	<0.01	<0.01		-	-	-	-
PCB 138	<0.01	<0.01		-	-	-	-
PCB 153	<0.01	<0.01		-	-	-	-
PCB 180	<0.01	<0.01		-	-	-	-
SOMME PCB (7)	<0.05	<0.05	1	-	-	-	-

## 4.6 Biodiversité

Des mesures de biodiversité du compartiment sol ont été menées afin de rendre compte de l'état dans lequel se trouve les sols de l'emprise vis-à-vis de ce compartiment du sol.

Ces mesures apparaissent en effet comme des indicateurs intéressants du bon fonctionnement du sol.

A noter que des dénombrements de vers de terre n'ont pu être réalisés en raison du calendrier d'intervention ne permettant pas de se trouver dans des conditions favorables à leur observation.

### 4.6.1 Dynamique microbienne

#### 4.6.1.1 Biomasse microbienne

Le tableau suivant présente les résultats de biomasse microbienne, en relation avec la matière organique dans les sols. Cette valeur permet de mesurer la taille du réservoir microbien dans le sol. C'est un bon indicateur de l'activité biologique dans car ce paramètre est sensible aux variations (de pratiques culturales par exemple).

Les résultats montrent que l'échantillons de surface possède un potentiel d'activité biologique satisfaisant.

En sous-face, le taux de matière organique est faible (0.6%) mais la biomasse microbienne est satisfaisante (2.4%). Le potentiel d'activité biologique de ce matériau est donc potentiellement satisfaisant.

Critère	Unité	Seuil	Surface	Sous-face
Matière minérale	% sol sec	-	98,0	99,4
Matière organique	% sol sec	<1% : faible >3% : élevé	1,9	0,6
Biomasse microbienne	% Corg	<2% : faible >4% : élevé	2,73	2,4

*Résultats de la biomasse microbienne*

#### 4.6.1.2 Fractionnement de la matière organique

Le tableau suivant présente les résultats du fractionnement de la matière organique. Ceux-ci permettent d'évaluer la dynamique de dégradation de la matière organique dans le sol :

- La fraction humifiée est stable et participe à la structure du sol ainsi qu'à la rétention des éléments nutritifs au sein du complexe argilo-humique.



- La fraction labile est la matière organique en cours de dégradation et qui minéralise sous forme de dioxyde de carbone et d'azote minérale utile à la plante, libérant par la même des minéraux essentiels.
- Le C/N indique la vitesse de minéralisation de la MO et est donc surtout intéressant à analyser concernant la MO labile qui se minéralise.

En surface comme en sous-face, la proportion de MO humifiée est élevée ce qui signifie que la disponibilité nutritive à court termes est limitée. La MO labile, quant à elle, présente en revanche un C/N très élevé qui indique une minéralisation lente, limitant encore la disponibilité nutritive à court terme. Le pourcentage d'azote labile très faible confirme cette observation. **L'amélioration de cet état passe par une augmentation de la restitution organique au sol que fournira un couvert végétal permanent ou un amendement organique.**

Critère	Unité	Seuil	surface	sous-face
MO : fraction humifiée	% MO	<60% : faible >80% : élevé	90,6	94,3
C/N MO humifiée	-	<8 : faible >12 : élevé	8,7	5,6
MO : fraction labile	% MO	-	9,4	5,7
C/N MO labile	-	<8 : faible >12 : élevé	23,6	21,6
N humifié	% N total	-	96,4	98,4
N labile	% N total	<15% : faible >30% : élevé	3,6	1,6

*Résultats du fractionnement de la matière organique*

#### 4.6.1.3 Minéralisation du carbone et de l'azote

Le tableau suivant présente le taux de carbone organique minéralisé annuellement pour chaque horizon. Cette valeur renseigne sur l'activité microbienne réelle (comparativement au potentiel d'activité microbienne renseigné par la biomasse microbienne).

Les résultats montrent une valeur faible en surface, malgré le taux de biomasse microbienne et le taux de MO correcte. Ceci peut s'expliquer par des problèmes de compacités ou d'hydromorphie. L'engorgement des sols au moment des prélèvements peut également expliquer ce résultat.

La valeur en sous-face est meilleure et pourrait s'expliquer par une moindre exposition au tassement

**La mise en place dans le temps d'un couvert permanent favorisera une restitution organique vers le sol. Il permettra en outre d'améliorer la structure du sol et devrait permettre d'améliorer l'activité biologique.**

Critère	Unité	Seuil	surface	sous-face
C minéralisé annuellement	% C org	<1,3% : faible >2% : élevé	0,74	1,37

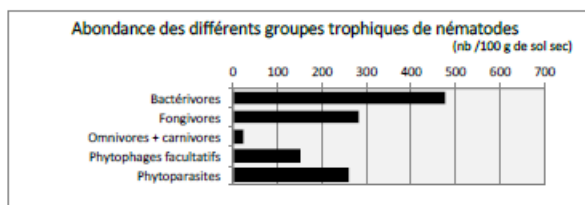
### Résultats de minéralisation du carbone

## 4.6.1 Nématodes

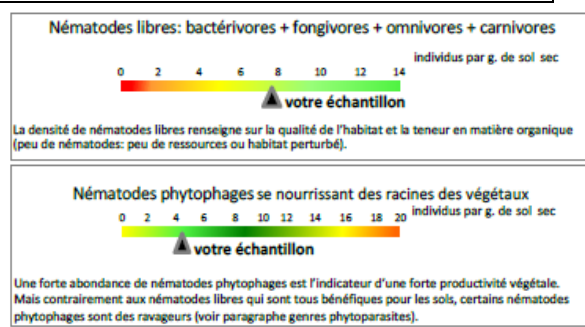
Les analyses menées sur les nématodes montrent les principales conclusions suivantes (voir annexes) :

- Une bonne diversité des communautés de nématodes avec tous les groupes trophiques\* représentés en bons nombres (tab 1) :
  - **L'activité biologique sur sol est satisfaisante et montre un bon équilibre**
- Un nombre moyen de nématodes libres (Tab 2a) et un nombre assez faibles de nématodes phytophages (tab 2b) :
  - **Le sol apparaît modérément riche, offrant des ressources modérées aux nématodes, notamment en raison de l'absence de couvert végétal permanent**

Au regard de cet indicateur, le sol présente une bonne fertilité. La mise en place d'un couvert végétal permanent permettrait l'augmentation du taux de matière organique dans le sol et ainsi augmenterait l'abondance et l'activité des nématodes.



Tab 1 : diversité trophique\*



Tab 2a : Nématode Libre (en haut)

Tab 2b : Nématodes Phytophages (en bas)

\* Un groupe trophique englobe toutes les espèces de nématodes qui se nourrissent de la même manière (par exemple un phytophage se nourrit des racines des végétaux). Si un groupe particuliers est significativement plus présents que les autres, cela témoigne d'un déséquilibre dans l'écosystème qui s'en trouve affaibli.

## 5 Synthèse sur les sols en place à l'état initial

L'emprise d'étude est entièrement occupée par des sols naturels cultivés épais de type luvisol rédoxisol.

Ces sols présentent globalement des qualités agronomiques satisfaisantes grâce à :

- un horizon de surface homogène, enrichi en matière organique, azote et éléments fertilisants ainsi qu'un potentiel d'activité biologique correcte qui induisent une fertilité satisfaisante.

**Ce matériau pourra être valorisé au sein des sols de plantation reconstitués ou bien au travers de plantations sur sol en place, dans le cadre des aménagements de la ZAC, ou pour d'autres besoins en matériaux fertiles.**

- Une forte épaisseur totale et une texture fine offrant un large volume de sol prospectable par les racines et une forte capacité de rétention en eau
- Une absence de contamination des matériaux de surface et de sous-face en ETM, hydrocarbures, HAP, PCB, qui satisfont notamment les critères en la matière dans le cadre de la norme NF U44-551 sur les supports de cultures.

Des contraintes agronomiques apparaissent cependant et doivent être prises en compte dans la gestion des sols et les aménagements :

- Une tendance prononcée à l'hydromorphie et à l'engorgement causé par une faible perméabilité du sol à tendance argileuse, qui peut limiter la croissance racinaire (asphyxie) et limite l'activité biologique.

**Une bonne adaptation des essences plantées à la tendance hydromorphe est nécessaire pour la pérennité des plantations.**

- Un caractère argileux important qui rend les matériaux très sensibles à la compaction lors des opérations de travail du sol ou terrassements.

**Des précautions durant les travaux de sol devront être définies (matériels et itinéraires techniques adaptés).**

La répartition géographique de ces sols sur l'emprise a pu être délimitée et l'épaisseur de chaque matériau a été évaluée, permettant d'optimiser la prise en compte des sols dans le projet d'aménagement.

La prise en compte de la qualité agronomique des sols en place dans le cadre du projet d'aménagement s'attachera à valoriser les sols en place non impactés pour les besoins des futurs espaces végétalisés, ou à défaut de favoriser le réemploi des matériaux fertiles issus des terrassements pour assurer les besoins de reconstitution de sols fertiles fonctionnels, en maîtrisant les conditions de préservation de la qualité des terres.