

## **C. Etude pédologique et plan de gestion des sols**



## FONDATION DE LA PALLANTERIE

### PDZIA PALLANTERIE-SUD

#### ETUDE PÉDOLOGIQUE ET PLAN DE GESTION DES SOLS

Genève, le 27 janvier 2016  
GE01316.600

**CSD INGENIEURS SA**

Avenue Industrielle 12

CH-1227 Carouge

t +41 22 308 89 00

f +41 22 308 89 11

e [geneve@csd.ch](mailto:geneve@csd.ch)

[www.csd.ch](http://www.csd.ch)





## TABLE DES MATIÈRES

|           |                                                                       |           |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUCTION</b>                                                   | <b>3</b>  |
| <b>2.</b> | <b>DÉFINITIONS ET BASES LÉGALES</b>                                   | <b>5</b>  |
| 2.1       | Définitions                                                           | 5         |
| 2.2       | Bases légales et normes                                               | 5         |
| <b>3.</b> | <b>RAPPORT PÉDOLOGIQUE</b>                                            | <b>6</b>  |
| 3.1       | Périmètre d'étude                                                     | 6         |
| 3.2       | Méthodologie                                                          | 7         |
| 3.3       | Cartographie des sols                                                 | 8         |
| 3.4       | Description des sols                                                  | 10        |
| 3.4.1     | Cartographie des sols                                                 | 10        |
| 3.4.2     | Typologie des sols                                                    | 10        |
| 3.5       | Sensibilité à la compaction                                           | 12        |
| 3.6       | Volumes des matériaux terreux                                         | 13        |
| 3.7       | Pollution des sols                                                    | 15        |
| <b>4.</b> | <b>PLAN DE GESTION DES SOLS</b>                                       | <b>17</b> |
| 4.1       | Planification générale de l'équipement et de l'aménagement de la zone | 18        |
| 4.2       | Conception des différents projets                                     | 18        |
| 4.3       | Préparation, réalisation et réception des travaux                     | 19        |
| 4.3.1     | Organisation et suivi des travaux                                     | 19        |
| 4.3.2     | Mesures d'humidité relative du sol                                    | 19        |
| 4.3.3     | Engins                                                                | 20        |
| 4.3.4     | Période de réalisation des travaux                                    | 20        |
| 4.3.5     | Préparation préalable des terrains avant décapage                     | 20        |
| 4.3.6     | Conditions de décapage                                                | 20        |
| 4.3.7     | Conditions de stockage temporaire                                     | 21        |
| 4.3.8     | Conditions de remise en état des sols                                 | 22        |
| <b>5.</b> | <b>CONCLUSION</b>                                                     | <b>23</b> |

## ANNEXES

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| ANNEXE SOL 1 : Epaisseur indicative de l'horizon A  | 24 |
| ANNEXE SOL 2 : Epaisseur indicative de l'horizon B  | 26 |
| ANNEXE SOL 3 : analyses physiques selon Sol Conseil | 28 |
| ANNEXE SOL 4 : analyses EN POLLUANT SELON WESSLING  | 35 |

## **PRÉAMBULE**

CSD confirme par la présente avoir exécuté son mandat avec la diligence requise. Les résultats et conclusions sont basés sur l'état actuel des connaissances tel qu'exposé dans le rapport et ont été obtenus conformément aux règles reconnues de la branche.

CSD se fonde sur les prémisses que :

- le mandant ou les tiers désignés par lui ont fourni des informations et des documents exacts et complets en vue de l'exécution du mandat,
- les résultats de son travail ne seront pas utilisés de manière partielle,
- sans avoir été réexaminés, les résultats de son travail ne seront pas utilisés pour un but autre que celui convenu ou pour un autre objet ni transposés à des circonstances modifiées.

Dans la mesure où ces conditions ne sont pas remplies, CSD décline toute responsabilité envers le mandant pour les dommages qui pourraient en résulter.

Si un tiers utilise les résultats du travail ou s'il fonde des décisions sur ceux-ci, CSD décline toute responsabilité pour les dommages directs et indirects qui pourraient en résulter.

## 1. Introduction

Le présent rapport constitue l'étude pédologique et le concept de gestion des sols établi dans le cadre du Plan directeur de Zone industrielle et artisanale (PDZIA) « Pallanterie Sud » relatif à l'extension de la zone industrielle de La Pallanterie sur le territoire des communes de Collonge-Bellerive et de Meinier.

Le projet de PDZIA, établi à l'initiative de la Fondation Intercommunale pour les terrains industriels et artisanaux de la Pallanterie (FITIAP) a fait l'objet d'un dossier déposé auprès de l'administration cantonale en janvier 2015.

Ce dossier a fait l'objet d'un préavis du Service de l'environnement et des risques majeurs (SERMA) daté du 13 mai 2015 qui demandait à ce qu'un complément relatif à la protection des sols soit établi dans le cadre du PDZIA, portant sur les 3 points suivants :

- établissement d'une étude pédologique ;
- réaliser une analyse selon l'OSol de la teneur en polluants du sol pour les surfaces inscrites au cadastre viticole et au cadastre des sites pollués;
- élaborer un plan de gestion des sols.

La FITIAP a mandaté le bureau CSD Ingénieurs SA en septembre 2015 pour réaliser l'étude complémentaire demandée dont les résultats sont synthétisés dans le présent rapport.

Cette étude porte sur l'ensemble de l'emprise de l'extension de la zone industrielle « Pallanterie Sud » planifiée, qui porte sur une surface d'environ 5.8 hectares représentée à la figure 1 ci-dessous.

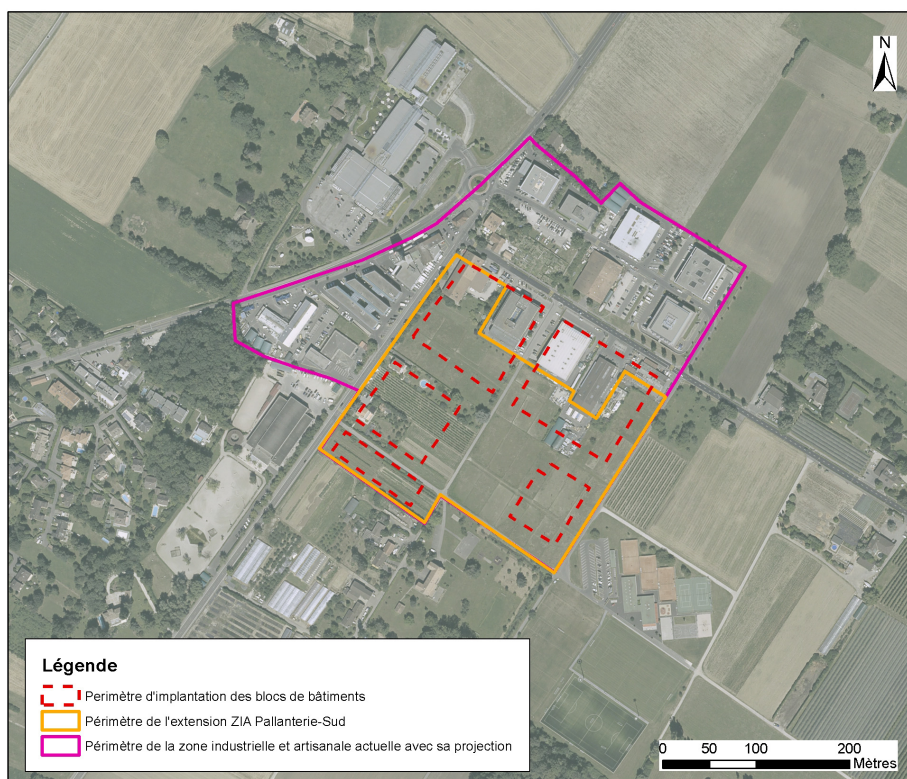


Figure 1 : Plan de situation de l'extension de la ZDIA et de la vue d'ensemble de la future ZDIA de la Pallanterie

Le Plan de gestion des sols établi à ce stade du PDZI permet de définir une vue d'ensemble et les principes de gestion des sols qui devront être précisés au stade des différents projets successifs, qui détermineront les emprises effectives à décaper à chaque étape, et dont la réalisation pourra s'étendre sur une période globale de 10 à 15 ans. Ce rapport a fait l'objet d'une première version du 1<sup>er</sup> décembre 2015 préavisé favorablement par le SERMA le 18 janvier 2016. La présente version actualisée a été complétée en fonction des remarques ponctuelles formulées.

## 2. Définitions et bases légales

### 2.1 Définitions

**Sol** : couche biologiquement active du sol où l'on trouve des racines. Le sol comprend en principe une couche supérieure organo-minérale riche en organismes et en nutriments, dite terre végétale ou horizon A, d'une épaisseur variant entre 15 à 35 cm environ, et une couche inférieure, de l'ordre de 30 à 80 cm, appelée sous couche arable ou horizon B.

D'une façon générale, les couches minérales plus profondes appelées roche mère, remblai ou horizon C, qui constituent le matériau parental du sol ne sont pas considérées dans ce rapport. Ces couches constituent les matériaux d'excavation.

**Matériaux terreux** : l'excavation d'un terrain commence par le décapage de la terre végétale et de la sous-couche arable située dans la couche supérieure du terrain. Ces matériaux sont regroupés sous le terme de matériaux terreux.

### 2.2 Bases légales et normes

Le domaine de la protection des sols est principalement régi par l'Ordonnance fédérale sur les atteintes portées aux sols (OSol, 1er juillet 1998). Les documents suivants définissent les principales dispositions légales en rapport à la protection des sols et guident leur mise en pratique :

- Loi fédérale du 7 octobre 1983 (état le 1er août 2010) sur la protection de l'environnement (LPE) ;
- Ordonnance fédérale du 1 juillet 1998 (état le 1 juil. 2008) sur les atteintes portées aux sols (OSol) ;
- Ordonnance fédérale du 4 décembre 2015 (état le 1 janv. 2016) sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED) ;
- Loi cantonale sur les gravières et exploitations assimilées (LGEA) du 28 octobre 1999 (L 3 10) ;
- Règlement cantonal sur la protection des sols du 16 janv. 2008 (K 1 70.13) ;
- Ordonnance fédérale du 26 août 1998 (état le 1 janv. 2009) sur les sites contaminés (OSites) ;
- Ordonnance fédérale du 30 novembre 1992 (état le 1 oct. 2008) sur les forêts (OFo) ;
- Ordonnance du 10 septembre 2008 (état le 1 oct. 2008) sur l'utilisation d'organismes dans l'environnement (Ordonnance sur la dissémination dans l'environnement, ODE) ;
- Ordonnance fédérale du 18 mai 2005 (état le 1 fév. 2009) sur la protection contre les substances et les préparations dangereuses pour l'environnement (Ordonnance sur les produits chimiques, OChim) ;
- Normes VSS Terrassement 640581a, 640582 et 640583.
- Normes VSS « Terrassement, sol » 640 581a, 640 582, 640 583, 1998 ;
- Construire en préservant les sols, OFEV, 2001.

- Instructions sur l'évaluation et l'utilisation de matériaux terreux, OFEV, 2001 ;
- Directives sur la protection des sols lors de la création de conduites souterraines de transport (Directives pour la protection des sols). Berne, 2001.
- Directives de l'association suisse des sables et graviers (ASG)<sup>1</sup> Directive pour la remise en état des sites/Directive pour une manipulation appropriée des sols.

### 3. Rapport pédologique

#### 3.1 Périmètre d'étude

Le présent chapitre fait état des caractéristiques structurales, de l'épaisseur et de la profondeur des différents horizons pédologiques du terrain en place. Cette évaluation permet de définir la sensibilité des sols à la compaction.

Des analyses des teneurs en polluants des emprises inscrites au cadastre viticole représentées à la figure ci-dessous ont été effectuées.



Figure 2 : Cadastre viticole

L'ensemble des sols naturels a été décrit, que ce soit des sols non remaniés ou remaniés à l'intérieur de l'extension de la zone industrielle planifiée, qui concerne une surface totale de sols naturels d'environ 5 ha. L'affectation des sols naturels présents sur le périmètre, représentée ci-dessous, peut être résumée comme suit :

- Pâturages et parcs à chevaux : environ 3 ha

<sup>1</sup> Association suisse des Sables et Gravieres désormais ASGB – Association Suisse de l'Industrie des Gravieres et du Béton





L'étude pédologique du périmètre d'exploitation comprend une description des sols basée sur les observations faites sur 17 sondages pédologiques à la tarière Edelman, accompagnés d'une fosse pédologique creusée à la pelle manuelle, des analyses physiques effectuées sur des échantillons composites par type de sols rencontrés sur terre végétale et sur la sous-couche (prélevé à la tarière). Les données disponibles (cartes pédologiques, topographie, géologie, sites pollués, végétation, données analytiques existantes) ont également été prises en compte afin d'établir la cartographie des sols.

Une analyse des polluants a été effectuée sur les parcelles inscrites dans le cadastre viticole, une évaluation préalable du potentiel de pollution d'autres emprises a été effectuée afin de donner des orientations pour les projets d'aménagement futurs. A noter que les parcelles n° 5'182, 5'183 et 5'185, représentées sur la figure 3, n'ont pas pu faire l'objet de sondages, en raison de l'absence d'autorisation des propriétaires concernés. Par conséquent, les caractéristiques des sols de ces parcelles ont été extrapolées à ce stade à partir des données acquises sur les emprises voisines. Toutefois, des sondages complémentaires sont à prévoir sur ces parcelles, préalablement aux projets d'aménagement qui s'y implanteront afin de préciser leurs caractéristiques.

### 3.3 Cartographie des sols

Dix-sept sondages géologiques à la tarière effectués le 19 octobre 2015 ont permis de mesurer les épaisseurs des horizons de matériaux terreux. Une fosse pédologique complémentaire à la pelle manuelle effectuée le 16 novembre 2015 a permis de compléter les informations sur les épaisseurs des différents horizons (A et B) mais surtout d'affiner la description des sols présents dans le périmètre. La localisation des sondages et de la fosse est présentée à la figure 4 ci-après.

Les données existantes sur SITG donnent des informations sur la parcelle de vigne et sur un sondage de texture. Ces données, cohérentes avec les observations effectuées, ont été intégrées à la description effectuée.

Les analyses physiques effectuées par le laboratoire Sol-Conseil à Changins, agréé OSol, portent sur dix échantillons composites prélevés sur la terre végétale et la sous-couche correspondant aux sols rencontrés sur l'entier du périmètre (cf. annexe Sol 3). Elles fournissent des données concernant le pourcentage de matière organique, le pH, la teneur en carbonates, la granulométrie de la terre fine, affinant ainsi l'analyse des sols en place rencontrés.



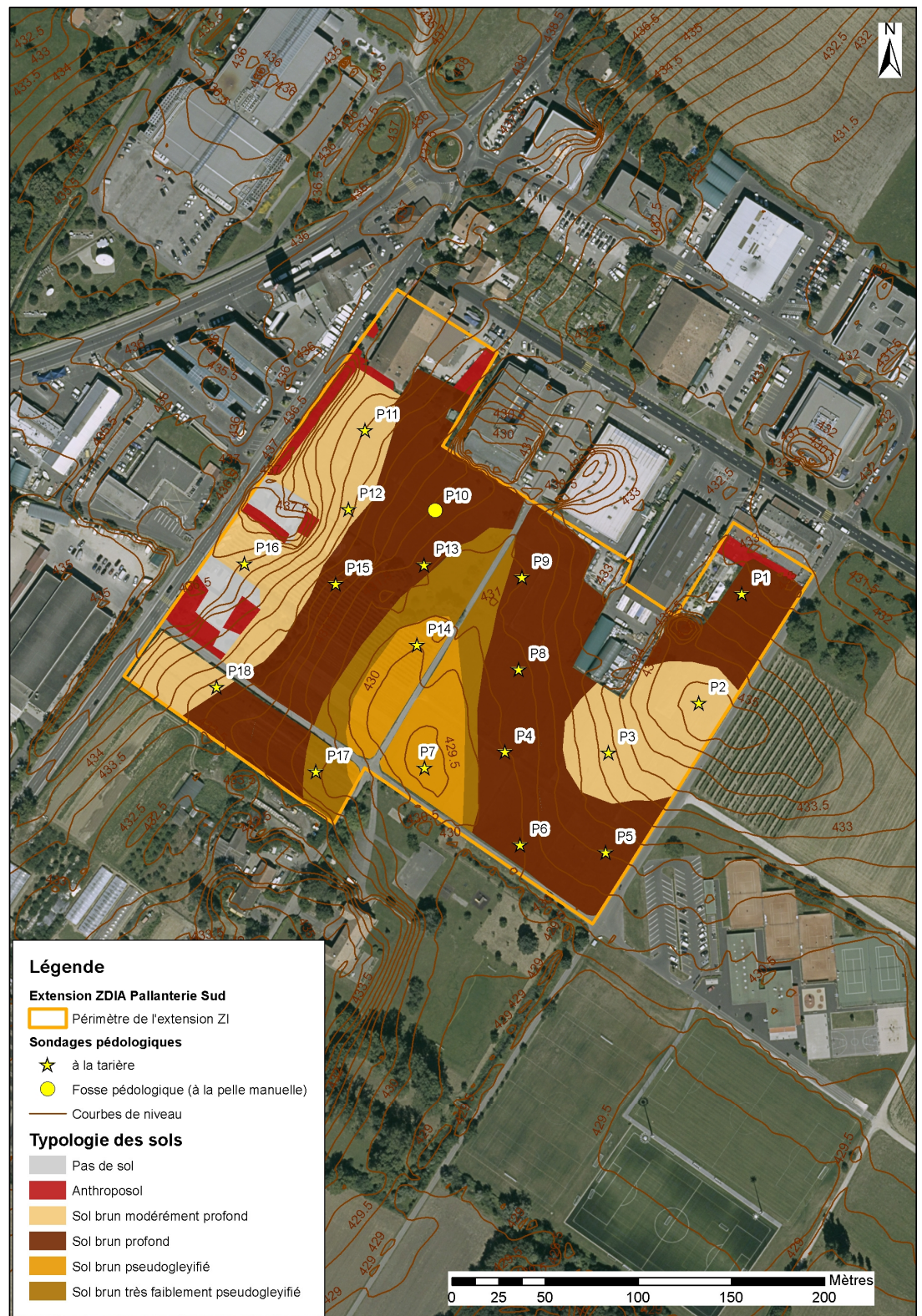


Figure 4 : Plan de situation de la typologie des sols

## 3.4 Description des sols

### 3.4.1 Cartographie des sols

Les résultats des investigations de terrain sont présentés dans les cartes suivantes :

- Typologie des sols et localisation des sondages pédologiques (cf. figure 4 ci-avant)
- Epaisseur indicative de l'horizon A (cf. annexe Sol 1) ;
- Epaisseur indicative de l'horizon B (cf. annexe Sol 2).

### 3.4.2 Typologie des sols

Les sols rencontrés sur le périmètre présentent une certaine variabilité du fait de l'intervention humaine sur certaines emprises, mais également en lien avec la topographie du terrain qui présente une pente de l'ordre de 10% depuis la limite ouest et est en direction d'une cuvette située au sud de la partie centrale.

#### **Sols bruns profonds**

Les sols bruns couvrent une surface d'environ 25'000 m<sup>2</sup>. L'horizon de surface (horizon A) varie entre 30 et 35 cm d'épaisseur. Cet horizon est de couleur brune avec un taux de matière organique évalué à environ 3% et à environ 5 % pour les emprises de vignes. L'horizon A est aéré à structure grumeleuse, la pierrosité est estimée à 10 %. Cet horizon est caractérisé en tant que limon.

Un changement de couleur et de pierrosité sépare l'horizon A de l'horizon B. L'horizon B, d'une épaisseur variant de 25 à 45 cm, est de couleur brun clair, le taux de matière organique est estimé à moins de 2 %. La structure est essentiellement subpolyédrique et la pierrosité est estimée à moins de 10%. Cet horizon est aussi considéré comme un limon.

De manière générale, il s'agit d'un sol alcalin à faiblement alcalin (pH H<sub>2</sub>O = 6.8 à 7.9), non carbonaté avec une pierrosité de surface estimée à 10-15%. La présence significative de vers de terre est signe d'une bonne activité biologique. De très rares traces de débris de briques sont rencontrées (<1%), aucune trace de charbon n'a été décelée, ni de signe d'hydromorphie. Sur la base de la teneur en silts et en argiles (Argiles 22%/ Silts 36% / Sables 42%) (cf. tableau n°1) ces sols sont classés comme normalement sensibles à la compaction (selon la norme VSS 640 582).

#### **Sols bruns modérément profonds**

Les sols bruns couvrent une surface d'environ 12'000 m<sup>2</sup>. L'horizon de surface (horizon A) varie entre 30 et 35 cm d'épaisseur. Cet horizon est de couleur brune avec un taux de matière organique évalué à environ 3% et à environ 5 % pour les emprises de vignes. L'horizon A est aéré à structure grumeleuse, la pierrosité est estimée entre 10 et 30 %. Cet horizon est caractérisé en tant que limon sableux.

Un changement de couleur et de pierrosité sépare l'horizon A de l'horizon B. Ce dernier présente une épaisseur variant de 25 à 55 cm, il est de couleur brun clair, le taux de matière organique est estimé à moins de 2 %, la structure est essentiellement subpolyédrique et la pierrosité est estimée à moins de 10%. Cet horizon est aussi considéré comme un limon à limon sableux.

De manière générale, il s'agit d'un sol faiblement alcalin (pH H<sub>2</sub>O = 6.8 à 7.4), carbonaté à non carbonaté, avec une pierrosité de surface estimée à 10-15%. La présence significative de vers de terre est signe d'une bonne activité biologique. De rares traces de débris de briques (<1%) sont rencontrés, aucune trace de charbon n'a été décelée, ni de signe d'hydromorphie. Sur la base de la teneur en silts et en argiles

(Argiles 19%/ Silts 37% / Sables 44%) (cf. tableau n°1) ces sols sont classés comme normalement sensibles à la compaction (selon la norme VSS 640 582).

### **Sols bruns faiblement pseudogeyfiés**

Les sols bruns faiblement pseudogeyfiés couvrent une surface d'environ 4'800 m<sup>2</sup>. L'horizon de terre végétale (horizon A) varie de 25 cm à 35 cm d'épaisseur. Cet horizon est de couleur brune avec un taux de matière organique évalué à environ 3% et environ 5% pour les emprises de vignes. L'horizon A est assez compact à structure polyédrique, la pierrosité est estimée à moins de 5%. Cet horizon est caractérisé en tant que limon argileux.

Un changement de couleur sépare l'horizon A de l'horizon B. Ce dernier, d'une épaisseur variant de 55 à 60 cm, est de couleur brun clair, le taux de matière organique est estimé à moins de 2 %, la structure est essentiellement polyédrique et la pierrosité est estimée à moins de 3%. Cet horizon est aussi considéré comme un limon argileux.

De manière générale, il s'agit d'un sol faiblement alcalin, non carbonaté, avec une pierrosité de surface estimée à moins de 10%. La présence éparsée de vers de terre est signe d'une activité biologique moyenne. De rares traces de débris de briques (<1%) ont été rencontrées, aucune trace de charbon n'a été décelée. A partir de -50 cm des traces d'hydromorphie sont présentes. Sur la base de la teneur en silts estimé et en argiles (Argiles 35%/ Silts 50% / Sables 15%) (cf. tableau n°1) ces sols sont classés comme très sensibles à la compaction (selon la norme VSS 640 582).

### **Sols brun pseudogeyfié**

Les sols bruns couvrent une surface d'environ 4'600 m<sup>2</sup>. L'horizon de surface (horizon A) présente une épaisseur d'environ 25 cm d'épaisseur. Cet horizon est de couleur brune avec un taux de matière organique évalué à environ 5%. L'horizon A est lourd, compact à structure polyédrique, la pierrosité est estimée à 10 %. Cet horizon est caractérisé en tant qu'argile limoneux.

Un changement de couleur et de pierrosité sépare l'horizon A de l'horizon B. L'horizon B, d'une épaisseur d'environ 60 cm, est de couleur brun clair, le taux de matière organique est évalué à environ 2 %, la structure est essentiellement polyédrique et la pierrosité est considérée comme nulle. Cet horizon est aussi considéré comme un argile limoneux.

De manière générale, il s'agit d'un sol faiblement alcalin, non carbonaté, avec une pierrosité de surface estimée à moins de 3%. La présence éparsée de vers de terre est signe d'une activité biologique moyenne. De rares traces de débris de briques (<1%) ont été rencontrées, aucune trace de charbon n'a été décelée. A partir de -50 cm des traces d'hydromorphie sont présentes et au-delà de 85 cm la couleur est complètement grise. Sur la base de la teneur en silts estimée et en argiles (Argiles 49%/ Silts 40% / Sables 10%) ces sols sont classés comme extrêmement sensibles à la compaction (selon la norme VSS 640 582).

### **Anthroposols**

Ces sols complètement remaniés lors des constructions antérieures (villas, bâtiments d'activités) ont pu être caractérisés uniquement par orthophoto et par une analyse visuelle sur le terrain. Ils n'ont pas fait l'objet de sondages, car la quasi-totalité de cette emprise n'était pas accessible.

Par conséquent, il a été admis dans le cadre de cette étude pédologique générale que ces emprises présentaient une épaisseur moyenne de terre végétale de 20 cm avec l'absence de sous-couche. Au vu de leur localisation par rapport aux autres sols non remaniés, ces sols sont considérés comme normalement sensibles à la compaction.

Ces hypothèses devront être précisées sur la base de sondages supplémentaires dans le cadre de l'étude des projets d'aménagement concernant ces emprises.

L'analyse physique des échantillons a été effectuée par le laboratoire Sol Conseil. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous et les bordereaux d'analyse complets sont présentés en annexe Sol 3 :

|                          | Matière<br>Organique<br>% | pH<br>(H <sub>2</sub> O) | CaCO <sub>3</sub> tot.<br>% | Argile<br>% | Silt<br>% | Sable<br>% | Estimation<br>visuelle<br>graviers<br>% |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------|-----------|------------|-----------------------------------------|
| Sondage P 4 - Horizon A  | 3.2                       | 6.8                      | 0                           | 21.5        | 34.4      | 44.1       | <10                                     |
| Sondage P 4 - Horizon B  | 1.3                       | 7                        | 0                           | 22.8        | 33.5      | 43.7       | <10                                     |
| Sondage P 10 - Horizon A | 2.5                       | 7.3                      | 1                           | 22.7        | 37.9      | 39.4       | <10                                     |
| Sondage P 10 - Horizon B | 1.1                       | 7.8                      | 0                           | 26.5        | 37.3      | 36.2       | 0                                       |
| Sondage P 16 - Horizon A | 5                         | 7.7                      | 4.4                         | 22.9        | 33        | 44.1       | 10 à 30                                 |
| Sondage P 16 - Horizon B | 2.4                       | 7.9                      | 6.7                         | 24.2        | 36.2      | 39.6       | <10                                     |
| Sondage P 18 - Horizon A | 1.9                       | 6.8                      | 0                           | 18.9        | 36.9      | 44.2       | 0                                       |
| Sondage P 18 - Horizon B | 1.1                       | 7.4                      | 0                           | 22.3        | 36        | 41.7       | <10                                     |
| Sondage P 7 - Horizon A  | 5.3                       | 6.9                      | 1                           | 49.9        | 37.8      | 12.3       | 10                                      |
| Sondage P 7 - Horizon B  | 2.2                       | 7.5                      | 0                           | 48          | 45.5      | 6.5        | 0                                       |

Tableau 1 : Caractéristiques physiques des sols rencontrés selon les résultats d'analyse Sol-Conseil

### 3.5 Sensibilité à la compaction

En fonction des teneurs en limon, matière organique et éléments grossiers, la sensibilité à la compaction peut ainsi être résumée comme suit pour les différents sols rencontrés (selon la norme VSS 640 582):

|                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| Sol brun pseudogleyifié            | Extrêmement sensible au compactage |
| Sol brun faiblement pseudogleyifié | Très sensible au compactage        |
| Sol brun profond                   | Normalement sensible au compactage |
| Sol brun moyennement profond       | Peu sensible au compactage         |
| Anthroposol                        | Peu sensible au compactage         |

Tableau 2 : Sensibilité à la compaction



### 3.6 Volumes des matériaux terreux

Sur la base des cartes d'épaisseurs indicatives de la terre végétale et de la sous-couche arable présentées au point précédent, les volumes indicatifs en place de matériaux terreux concernés par l'extension de la zone industrielle et artisanale « Pallanterie Sud » représentent un total d'environ 15'500 m<sup>3</sup> pour la terre végétale et 21'500 m<sup>3</sup> pour la sous-couche.

Toutefois le projet de PDZIA prévoit de largement maintenir les sols naturels situés au niveau d'un espace vert central (emprise verte indiquée sur la figure 2) qui représente une emprise d'environ 10'500 m<sup>2</sup>. Cette emprise conservera une fonction d'espace vert et de gestion extensive des eaux du surface avec maintien du sol naturel en place. Par conséquent les emprises sur lesquelles les sols sont susceptibles d'être décapés provisoirement ou définitivement totalisent une surface de 39'500 m<sup>2</sup> constituée par 5 aires de localisation des bâtiments et les voies d'accès qui seront aménagées en périphérie de chacun d'eux.

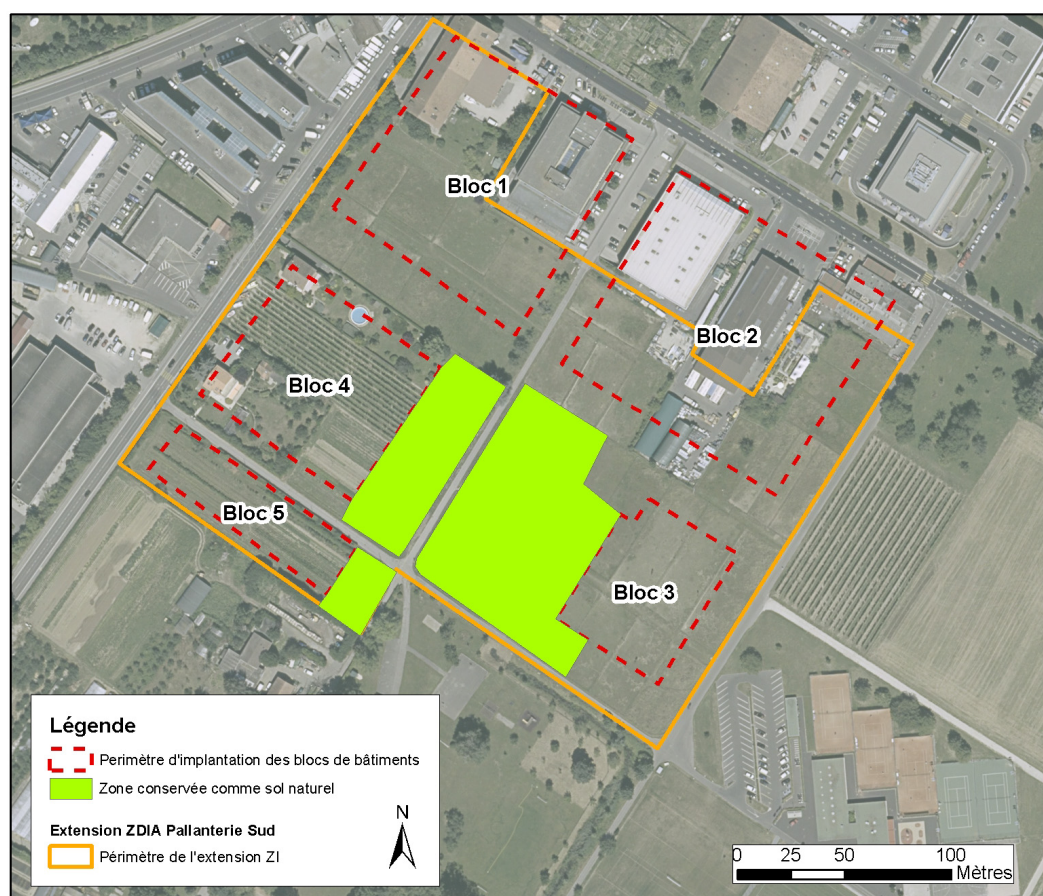


Figure 5 : Plan de situation des blocs de bâtiments industriels

Selon les données que nous avons actuellement à disposition, des volumes de matériaux terreux ont été estimés par aires de localisation des bâtiments en rattachant les emprises de voies d'accès adjacentes selon le découpage représenté à la figure ci-dessous :

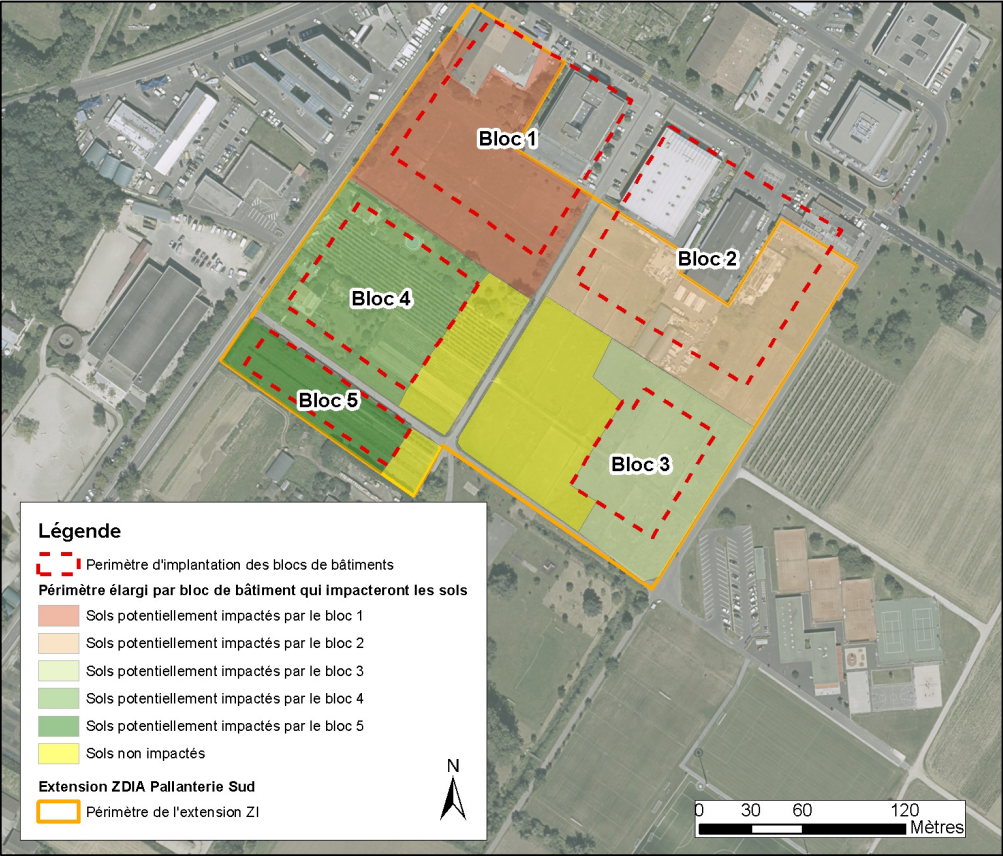


Figure 6 : Plan de situation de la zone élargie qui impactera les sols par blocs de bâtiment

Le tableau ci-dessous présente les volumes de terre végétale et de sous-couche maximaux susceptibles d’être décapés pour chacun des sous-périmètres définis :

| Numéro de bloc | Type de terre | Volume estimé en place (en m³) |
|----------------|---------------|--------------------------------|
| Bloc 1         | Horizon A     | 3'400                          |
|                | Horizon B     | 4'800                          |
| Bloc 2         | Horizon A     | 2'500                          |
|                | Horizon B     | 2'800                          |
| Bloc 3         | Horizon A     | 2'500                          |
|                | Horizon B     | 2'700                          |
| Bloc 4         | Horizon A     | 2'500                          |
|                | Horizon B     | 3'500                          |
| Bloc 5         | Horizon A     | 1'200                          |
|                | Horizon B     | 1'800                          |
| TOTAL          | Horizon A     | 12'100                         |
|                | Horizon B     | 15'600                         |

Tableau 3 : Total de potentiel de décapage par type d'horizons en fonction des blocs d'aménagement de bâtiments prévus.

Ces valeurs constituent des volumes potentiels maximaux correspondant au décapage de l'ensemble de la surface. L'aménagement effectif de chaque aire, à

préciser à un stade ultérieur, comportera néanmoins le maintien ainsi que la reconstitution de surfaces de sols naturels.

### 3.7 Pollution des sols

Selon le préavis du SERMA, une analyse selon l'OSol, de la teneur en polluants du sol a été effectuée au droit des 2 parcelles inscrites au cadastre viticole, soit la parcelle n° 5'184 toujours cultivée en vigne et la parcelle n°333 entre temps réaffectée en pâturage pour chevaux.

La demande relative à la réalisation d'une analyse de la parcelle inscrite au cadastre des sites pollués n'a pu être concrétisée en raison du caractère non accessible de cette parcelle à ce stade. Il faut également relever que cette parcelle n'abrite qu'une surface très limitée de sol naturel, représentant moins de 200 m<sup>2</sup>. Le degré de pollution de cette emprise devra être précisé dans le cadre de la conception du projet d'aménagement relatif à ce secteur.

Le degré de pollution des 2 parcelles inscrites au cadastre viticole a été déterminé sur la base d'un échantillonnage composite de plusieurs sondages sur les premiers 20 cm de sols.

Le résultat des analyses au sens de l'Osol effectuées par le laboratoire Wessling SA sur les 3 métaux lourds significatifs en lien avec l'exploitation viticole est résumé ci-dessous (les bordereaux d'analyse complets sont présentés à l'annexe Sol 4) :

|                                      |                 |                   | Valeurs<br>indicatives<br>au sens de l'Osol | Seuil<br>d'investigations<br>au sens de l'Osol |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Numéro d'analyse                     | P1              | P2                |                                             |                                                |
| Type de sol                          | Parcelle<br>333 | Parcelle<br>5'184 |                                             |                                                |
| Plomb (Pb) (mg/kg MS)                | 23              | 61                | 50                                          | 200                                            |
| Cadmium (Cd) (mg/kg MS)              | 0.3             | 0.2               | 0.8                                         | 2                                              |
| Cuivre (Cu) (mg/kg MS)               | 250             | 180               | 40                                          | 150                                            |
| Degré de pollution au sens de l'Osol | Très pollué     | Très pollué       |                                             |                                                |

|        |                                                             |
|--------|-------------------------------------------------------------|
| valeur | Valeur dépassant la valeur indicative au sens de l'Osol     |
| valeur | Valeur dépassant le seuil d'investigation au sens de l'Osol |

Tableau 4 : Résultats d'analyses des polluants liés à la vigne

Ces résultats montrent que les 2 parcelles présentent une pollution supérieure au seuil d'investigation, mais inférieure à la valeur d'assainissement définie par l'OSol, en lien avec les teneurs en cuivre. Sur cette base, ces sols sont à considérer comme des matériaux très pollués.

L'échantillon composite prélevé sur la parcelle 5'184 présente également une teneur en plomb comprise entre la valeur indicative et le seuil d'investigation.

Cette teneur en plomb mesurée sur l'échantillon composite prélevé sur la parcelle n°5184 pourrait également être liée à la proximité de la route de la Capite. Cet aspect devra être précisé au stade des projets d'aménagement portant sur ces secteurs, avec réalisation d'un échantillonnage à différentes distances de la route. Selon les valeurs d'expérience, la bande de sol susceptible d'être impactée par une route de ce type porte sur une largeur inférieure à 10 m. Cette bande est représentée à titre indicatif sur la figure ci-après ; sa présence effective et sa largeur devront être



confirmées au stade ultérieur des projets d'aménagement des différents secteurs concernés.

Avec la connaissance actuelle, au droit des parcelles définies comme à priori non polluées, il n'y a pas lieu à s'attendre à une pollution. Toutefois, pour valoriser ces matériaux terreux à l'extérieur du chantier il sera nécessaire d'effectuer des analyses en laboratoire au stade de la demande d'autorisation afin de s'assurer de la conformité de cette dernière.



Figure 7: Plan de situation de l'état de pollution des sols au sens de l'OSol



Les volumes de sol des parcelles n°333 et 5'184, représentant 1'510 m<sup>3</sup> au total, inscrits au cadastre viticole, dépassant le seuil d'investigation de l'OSol, sont donc à considérer comme des sols très pollués. Selon l'OSol et la directive « Evaluation et utilisation de matériaux terreux » de l'OFEV, les volumes de sol à décaper dans le cadre des futurs projets d'aménagement devront être traités et éliminés en tant que déchets. Selon les analyses effectuées, ces volumes répondent a priori aux critères d'acceptation en décharge contrôlée pour matériaux inertes (DCMI). Cet aspect devra néanmoins être confirmé à un stade ultérieur sur la base d'analyses complémentaires réalisées selon le protocole de l'ordonnance sur les déchets (OLED).

Le degré de pollution de l'horizon B (sous-couche) devra également être vérifié dans le cadre de l'élaboration des projets concernant ces emprises.

Etant donné que les concentrations en cuivre sont supérieures au seuil d'investigation défini par l'OSol, une valorisation des volumes de sol de ces 2 parcelles dans le cadre des aménagements paysagers prévus par les futurs projets ne peut être envisagée.

Cependant en concertation avec le GESDEC, une demande de dérogation cantonale peut être envisagée permettant de valoriser ces matériaux terreux sur une autre parcelle de vigne présentant un état de pollution similaire à celui des parcelles 333 et 5'184. Cette dérogation ne peut être délivrée qu'à titre exceptionnel et devra faire l'objet d'un suivi extrêmement strict d'un spécialiste pour assurer la conformité environnementale de l'opération.

En ce qui concerne le risque pour l'environnement ou la santé représenté par les concentrations en cuivre mentionnées, la parcelle 5'184 ne présente actuellement pas de menace particulière, car elle est toujours cultivée comme vigne.

En ce qui concerne la parcelle 333 actuellement exploitée comme parc de détente et de pâture pour les chevaux, ce risque est à évaluer sur la base du calcul de l'indice de menace défini par le manuel des sols pollués « Evaluation de la menace et mesures de protection » (OFEV).

Sur la base de la caractérisation et de l'analyse réalisée : concentration de cuivre de 250 mg/kg de MS, pH d'environ 7 et une teneur en matière organique de l'ordre de 3 %, l'indice de menace calculé est de 5.45 ce qui classe la menace pour la production alimentaire dans la catégorie de « concrète potentielle ». Cependant, il faut relativiser cette situation, car les chevaux ne se nourrissent que partiellement de l'herbe de ces parcs de la parcelle 333. En effet, ces boxes sont utilisés principalement pour le délassement et pas comme site de nourrissage préférentiel.

## **4. Plan de gestion des sols**

Les exigences de la protection des sols devront être intégrées aux différentes étapes de concrétisation de l'extension de la zone industrielle « Pallanterie Sud », qui peuvent être définies comme suit :

- ⇒ Planification générale de l'équipement et de l'aménagement de la zone ;
- ⇒ Conception des différents projets (dessertes et aménagement général et bâtiments/aménagements des entreprises ;
- ⇒ Préparation, réalisation et réception des travaux.

Le présent chapitre décrit les exigences et éléments à intégrer aux différentes étapes afin d'assurer une protection adéquate des sols.

Les configurations et emprises des projets d'aménagement qui prendront place à l'intérieur du périmètre d'extension de la ZI Pallanterie Sud n'étant pas encore définies, l'établissement d'un plan de gestion précis, intégrant plans de décapages, d'entreposage temporaire, itinéraires de transport des matériaux terreux, plannings prévisionnels, ne peut être établi à ce stade.

Dans ce contexte, ce chapitre constitue la base pour les plans de gestion des sols détaillés à établir dans le cadre de la conception des différents projets et des requêtes en autorisation des différentes étapes d'aménagement du périmètre qui s'étendront sur une période d'une dizaine d'années au moins et qui ne font pas l'objet d'une planification détaillée à ce stade.

## 4.1 Planification générale de l'équipement et de l'aménagement de la zone

Globalement la réalisation des différents aménagements et constructions de bâtiments planifiés par le PDZIA Pallanterie Sud générera un important volume de sols excédentaires lors des différentes étapes de réalisation, pas encore définies à ce stade.

En admettant qu'un sol naturel puisse être maintenu ou reconstitué sur 20 à 30% des aires de localisation des constructions définies au point 3.6, le volume global de sol excédentaire à valoriser ou à gérer à l'extérieur du périmètre s'établit entre 19'390 et 22'160 m<sup>3</sup> (soit entre 8'470 et 9'680 m<sup>3</sup> de terre végétale et entre 10'920 et 12'480 m<sup>3</sup> de sous-couche arable).

Dans ce contexte, les tâches à prévoir au stade de la planification générale de mise en œuvre de la concrétisation du PDZIA Pallanterie Sud portent principalement sur une coordination anticipée à piloter par la FITIAP avec les services cantonaux (GESDEC et Direction générale de l'agriculture) et d'autres instances concernées (p.ex. AgriGenève) afin d'identifier et de concrétiser les opportunités permettant de valoriser ou de gérer de manière optimale les volumes de sol excédentaires générés.

Concrètement, les options suivantes sont à privilégier :

- Pour les volumes de **sols non pollués**, constitués par des sols présentant une bonne aptitude agricole : valorisation dans le cadre de travaux d'amélioration foncière ou de remise en état de parcelles agricoles, préférentiellement à proximité du site de La Pallanterie ou dans le secteur Arve - Lac.
- Pour les volumes de **sols très pollués**, constitués par des sols présents sur les emprises des 2 parcelles inscrites au cadastre viticole : examen des possibilités de valoriser ces sols sur des parcelles viticoles présentant un taux de pollution au moins équivalent et justification de l'opportunité de cette option afin de déposer une demande de dérogation au GESDEC ; au cas où cette option ne pourrait se concrétiser, une mise en décharge de ces matériaux (a priori DCMI – à confirmer sur la base d'analyses complémentaires selon le protocole OLED) serait à envisager.

## 4.2 Conception des différents projets

La protection des sols devra être prise en compte dans le cadre de la conception des différents projets (infrastructures d'accès ou de gestion des eaux, bâtiments et groupes de bâtiments d'activités) de la manière suivante :

- Définition précise des emprises de sols définitives concernés par l'aménagement des projets en tenant compte également des emprises liés aux talus à mettre en œuvre en cas d'adaptation de la topographie actuelle.
- Définition du concept de réalisation (accès et installations de chantier, zones de stockage) en veillant à limiter les emprises sur les sols naturels et les emprises à décapier.
- Optimiser les possibilités de maintenir ou de reconstituer des surfaces de sol naturel à l'intérieur des périmètres du projet.
- Sur la base des caractéristiques du projet et des résultats de la présente étude pédologique (à compléter en ce qui concerne les teneurs en polluants pour les emprises situées le long de la route de la Capite et à proximité des parcelles inscrites au cadastre viticole) : établissement des bilans de volumes (pour les différentes catégories de sol à distinguer en terme de degré de pollution et de typologie) :
  - o à décapier à titre définitif et à titre provisoire
  - o à valoriser/reconstituer dans le cadre du projet avec définition des volumes à stocker et des emprises nécessaires
  - o à valoriser ou à gérer à l'extérieur

## 4.3 Préparation, réalisation et réception des travaux

### 4.3.1 Organisation et suivi des travaux

Un spécialiste reconnu de la protection des sols sur les chantiers devra être intégré à la phase de réalisation, dès l'établissement des soumissions afin d'intégrer de manière adéquate l'ensemble des exigences à respecter.

Les épaisseurs des horizons A et B à reconstituer pour chaque parcelle en fonction de ses observations de terrain devront être précisées. Le suivi doit notamment : planifier les mesures de protection des sols ; intégrer les exigences de la protection des sols dans les conditions particulières des soumissions et les documents contractuels avec l'entreprise de génie civil ; assurer le suivi des travaux durant les phases de décapage, dépôt temporaire, remise en place et remise en culture des sols.

Le périmètre d'exécution des travaux devra être matérialisé au moyen de barrières solides permettant d'assurer la protection des surfaces de sol maintenues en périphérie.

### 4.3.2 Mesures d'humidité relative du sol

**Une batterie de 5 tensiomètres** sera disposée préalablement à chaque phase de travaux de la manière suivante :

- En phase de décapage : la batterie de 5 tensiomètres sera disposée en périphérie immédiate du secteur décapé.
- En phase de remise en place : la batterie de 5 tensiomètres sera disposée sur les tas de terre végétale afin d'évaluer l'état d'humidité du sol.

Le relevé des valeurs indiquées sur le tensiomètre se fera chaque jour en période de manipulation des sols. Le chef de chantier sera responsable d'effectuer ce relevé et d'en informer le pédologue spécialiste.

Les tensiomètres permettent de donner une tendance sur l'état d'humidité des sols mais cela ne remplace pas l'expertise du pédologue spécialisé qui, en effectuant **un test à la bêche**, s'assurera du bon état de ressuyage du sol en vue de minimiser les impacts liés à la manipulation des sols.

Le pédologue responsable du projet devra être contacté régulièrement par le chef de chantier pour se coordonner sur les possibilités de manipuler les sols.

Il est à noter qu'aucune machine ne pourra circuler sur les sols si les valeurs des tensiomètres sont inférieures à 10 cb.

### 4.3.3 Engins

Un choix adapté des engins utilisés est très important pour préserver les sols, c'est pourquoi il est nécessaire que tous les engins circulant sur les sols soient équipés de chenilles afin de limiter la pression au sol.

Il est fortement recommandé d'utiliser des machines dont le poids ne dépasse pas les 20 tonnes et une pression au sol de 0.5 bar.

De plus, pour éviter les risques de pollution, l'entrepreneur ne prévoit aucun stockage de carburant sur le site. Les engins et les machines seront alimentés par camions-citernes sur une emprise imperméable.

Avec ces prérequis une description détaillée des machines devra être apportée lors de dépose des de plan de gestion des sols de chaque étape de réalisation.

### 4.3.4 Période de réalisation des travaux

Selon les directives de protection des sols en vigueur, la période d'avril à octobre est la plus favorable pour la manipulation des sols. En effet, cette période est celle où les précipitations sont les moins élevées et où le taux d'humidité des sols est faible. Par conséquent, la planification des décapages et des possibles remises en état devront être prévus dans toute la mesure du possible pendant cette période d'avril à octobre. Toutefois, selon l'analyse des normes climatologiques Genève-Cointrin 1961-1990 et 1981-2010 montre qu'en fonction des précipitations, de la température moyenne et d'une hypothèse de croissance et d'évapotranspiration maximale des plantes en fonction de la température, la période de l'année dite optimale pour le décapage s'étend de mai à septembre, ceci dit il est envisageable d'étendre la période d'avril à octobre.

### 4.3.5 Préparation préalable des terrains avant décapage

Les sols devront être recouverts par un couvert végétal type prairie au moins 6 mois avant le début des travaux de décapage. Ce prérequis sera en grande partie respecté, car la plupart des surfaces sont en prairie permanente. Seules les parcelles 5'180, 5'183 et 5'181 devront prévoir un ensemencement spécifique d'un mélange de graminées/légumineuses au moins 6 mois avant le début des travaux.

### 4.3.6 Conditions de décapage

Le décapage des sols sera effectué sous la responsabilité de l'entreprise de terrassement avec les directives du spécialiste des sols à savoir :

- Travailler sur des sols ressuyés. Pour les sols présents, la force de succion minimale pour décaper et mettre en tas est de 10 centibars pour autant que le rapport entre le poids au sol et total de l'engin et le force de succion soit cohérent. Une valeur plus élevée est évidemment plus favorable. L'évaluation

de l'humidité du sol sera effectuée avant les décapages. Les travaux de décapage seront planifiés lors de périodes favorables. De plus, il faudra prévoir des interruptions partielles ou totales des décapages et des remises en état en cas de précipitations.

- Réduire autant que possible le poids et la pression au sol lors du décapage. À cette fin, utiliser des machines adaptées, présentant une surface de contact au sol importante et une faible pression au sol. Les engins à chenilles engagés seront en adéquation avec les forces de succion du sol lors des travaux de décapages.
- En dessous de 10 centibars, aucun décapage ne sera effectué.
- Les travaux de décapage seront effectués à l'aide d'une pelle mécanique qui se déplacera uniquement sur l'horizon A, si le sol est suffisamment ressuyé. La pelle mécanique décapera l'horizon A par bande puis l'horizon B de manière séparée afin de garantir un déplacement uniquement sur l'horizon A.
- Décaper séparément l'intégralité de la terre végétale et de la sous-couche.
- Les matériaux terreux A et B décapés seront chargés séparément à la pelle mécanique dans un dumper (ou remorque) ou un camion en fonction de leur revalorisation ou évacuation.
- Les engins de transport pour un stockage temporaire devront soit :
  - a) Être à chenilles et pourront rouler sur l'horizon A pour autant qu'il respecte la valeur de succion des sols.
  - b) Être à pneus, et pourront dans ce cas uniquement rouler sur l'horizon C ou sur la des pistes de chantier provisoires aménagées directement sur le sol, avec mise en œuvre d'un matelas protecteur de 50 cm de grave compactée, séparé par un géotextile.
- Les engins de transport pour une évacuation seront des camions à pneus. Ces derniers ne seront pas autorisés à rouler sur les sols en place. Ils seront uniquement autorisés à circuler sur les routes, les pistes de chantiers type et l'horizon C.

#### **4.3.7 Conditions de stockage temporaire**

Les volumes à valoriser sur place devront être précisés afin de définir les volumes et emprises de stockage tampon nécessaires pour chaque étape de concrétisation de l'extension de la ZIA Pallanterie Sud. Ce stockage temporaire devra respecter les préconisations suivantes :

- Les horizons A et B seront stockés de manière séparée.
- La surface nécessaire au stockage devra être calculée afin de respecter les directives de protection des sols en matière de stockage.
- Au vu des caractéristiques des sols, ils sont considérés comme normalement ou peu sensibles à la compaction (en effet, la zone de sol argileuse ne sera pas touchée par les projets) par conséquent les caractéristiques des stockages seront les suivantes :
  - a) Horizon A :
    - Tas en forme trapézoïdale : hauteur maximum de 2.5 m
    - Tas en forme étalée : hauteur maximum de 2.0 m
  - b) Horizon B :
    - Tas en forme trapézoïdale : hauteur maximum de 2.5 m



· Tas en forme étalée : hauteur maximum de 2.5 m

- Les tas ne seront en aucun cas compactés par un engin ou par le godet de la pelle mécanique.
- Si les tas sont stockés plus de 6 mois, il sera nécessaire d'ensemencer (mélange UFA 400 par exemple) ces tas afin de prévenir l'érosion et la venue de néophytes.
- Les tas seront aménagés de manière à éviter toute stagnation d'eau en pied de talus.
- La mise à contribution de l'espace vert central pour les stockages temporaires de sols devra faire l'objet d'une analyse spécifique. En effet, le sol de cette emprise est en partie un sol brun pseudogleyfié, il est très sensible à la compaction. Par conséquent les emprises de stockage de devront pas être effectuée au droit des sols bruns pseudogleyifiés.

#### **4.3.8 Conditions de remise en état des sols**

La remise en état finale des futurs sols reconstitués devra répondre aux exigences suivantes :

- Comme pour les décapages, les travaux de manipulation des sols devront uniquement être effectués en période sèche et lorsque les matériaux terreux sont bien ressuyés. L'évaluation de l'humidité des matériaux sera effectuée avant les remises en état et validée par le pédologue. Des interruptions partielles ou totales des travaux en cas de précipitations seront ordonnées.
- La pelle mécanique sera d'usage préférentiel pour remettre en place les sols. Lors de cette étape elle sera uniquement autorisée à rouler sur l'horizon terminal. Elle mettra la terre en place par bande et ne tassera pas les sols remis en place.
- Les emprises reconstituées avec plantation d'arbres devront intégrer la reconstitution de 50 cm d'horizon B et de 30 cm d'horizon A.
- Reconstituer les sols naturels à deux couches (horizon A et B) pour les surfaces de sols des espaces verts hors surfaces de dalles, en lien avec les 3 objectifs suivants :
  - a) être à même d'assurer leurs fonctions (infiltration des eaux pluviales, bon développement de la végétation)
  - b) valoriser cette ressource qu'est le sol
  - c) réserver les volumes disponibles en décharge pour des matériaux non valorisables.
- Pour un aménagement de type massif, ou jardin il faudra garantir à minima 30 cm d'horizon A.
- La terre végétale et la sous-couche seront remises en état en une seule étape sans ensemencement intermédiaire de la sous-couche ; l'ensemble des sols reconstitués seront ensemencés avec un mélange grainier type graminées/fabacées qui permet de garantir une restructuration naturelle du sol et une reprise de l'activité biologique.
- Les sols reconstitués destinés aux chevaux devront être maintenus inaccessibles pendant au moins deux années après leur remise en état, en lien avec le risque de piétinement et la pression exercée au sol.

## **5. Conclusion**

Le présent document constitue l'étude pédologique et le plan général de gestion des sols établi dans le cadre du Plan directeur de zone industrielle et artisanale (PDZIA) du périmètre Pallanterie Sud.

Il définit les caractéristiques des sols en place et fixe les principes de valorisation et de gestion à mettre en œuvre. Complété par des investigations plus détaillées, notamment en ce qui concerne l'extension des secteurs pollués en périphérie des parcelles inscrites au cadastre viticole et le long de la route de La Capite, ce document permettra d'établir les plans de gestion des sols accompagnant les différents projets d'aménagement concrets, sur la base des caractéristiques de ces derniers.

**CSD INGENIEURS SA**



Eric Säuberli

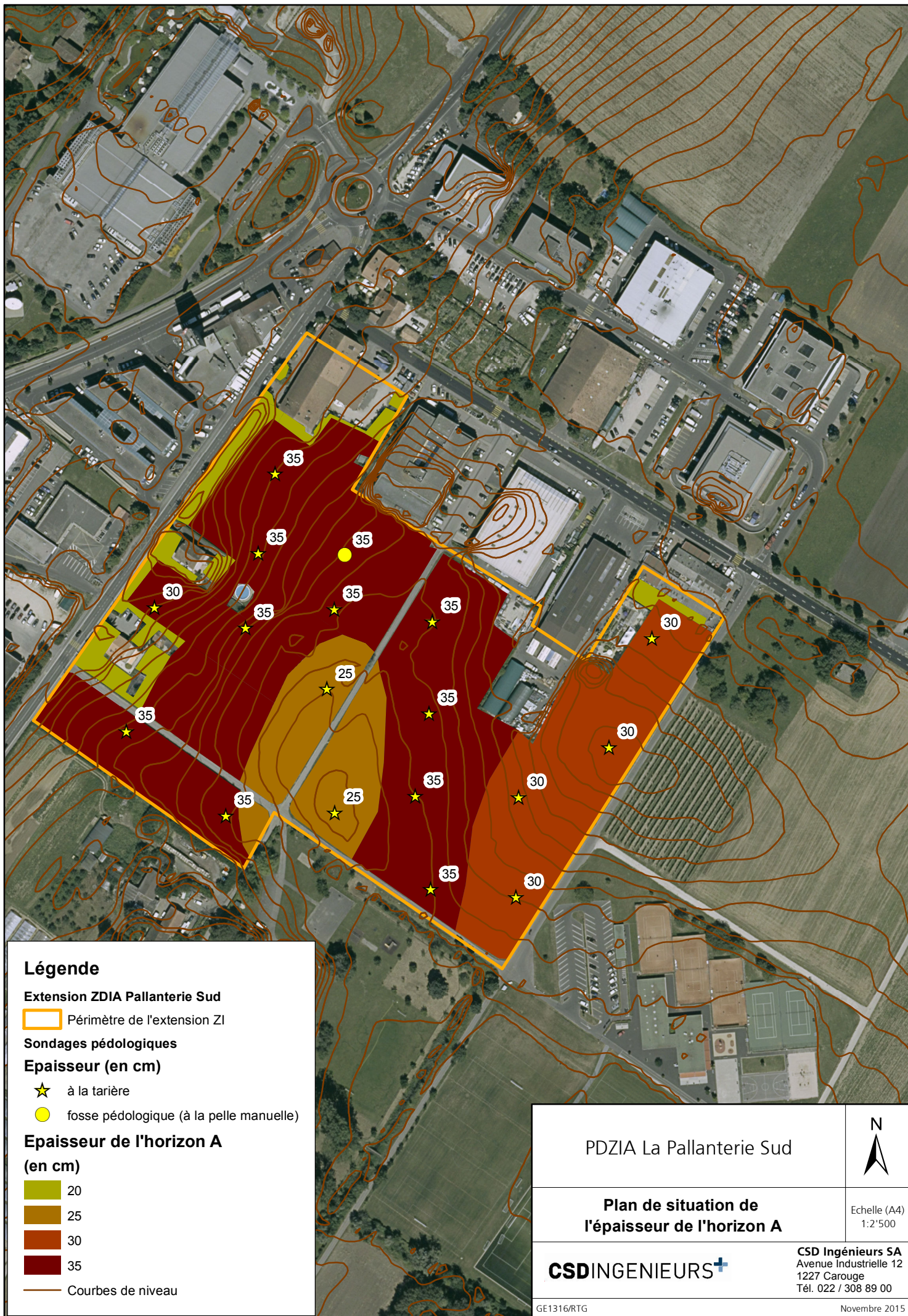


p.o. Romain Tagand

Genève, le 27 janvier 2016

**ANNEXE SOL 1 : EPAISSEUR INDICATIVE DE L'HORIZON A**





## Légende

Extension ZDIA Pallanterie Sud

□ Périmètre de l'extension ZI

Sondages pédologiques

**Epaisseur (en cm)**

★ à la tarière

● fosse pédologique (à la pelle manuelle)

**Epaisseur de l'horizon A**

(en cm)

■ 20

■ 25

■ 30

■ 35

— Courbes de niveau

PDZIA La Pallanterie Sud

**Plan de situation de  
l'épaisseur de l'horizon A**

**CSDINGENIEURS+**

**CSD Ingénieurs SA**  
Avenue Industrielle 12  
1227 Carouge  
Tél. 022 / 308 89 00

GE1316/RTG

Novembre 2015

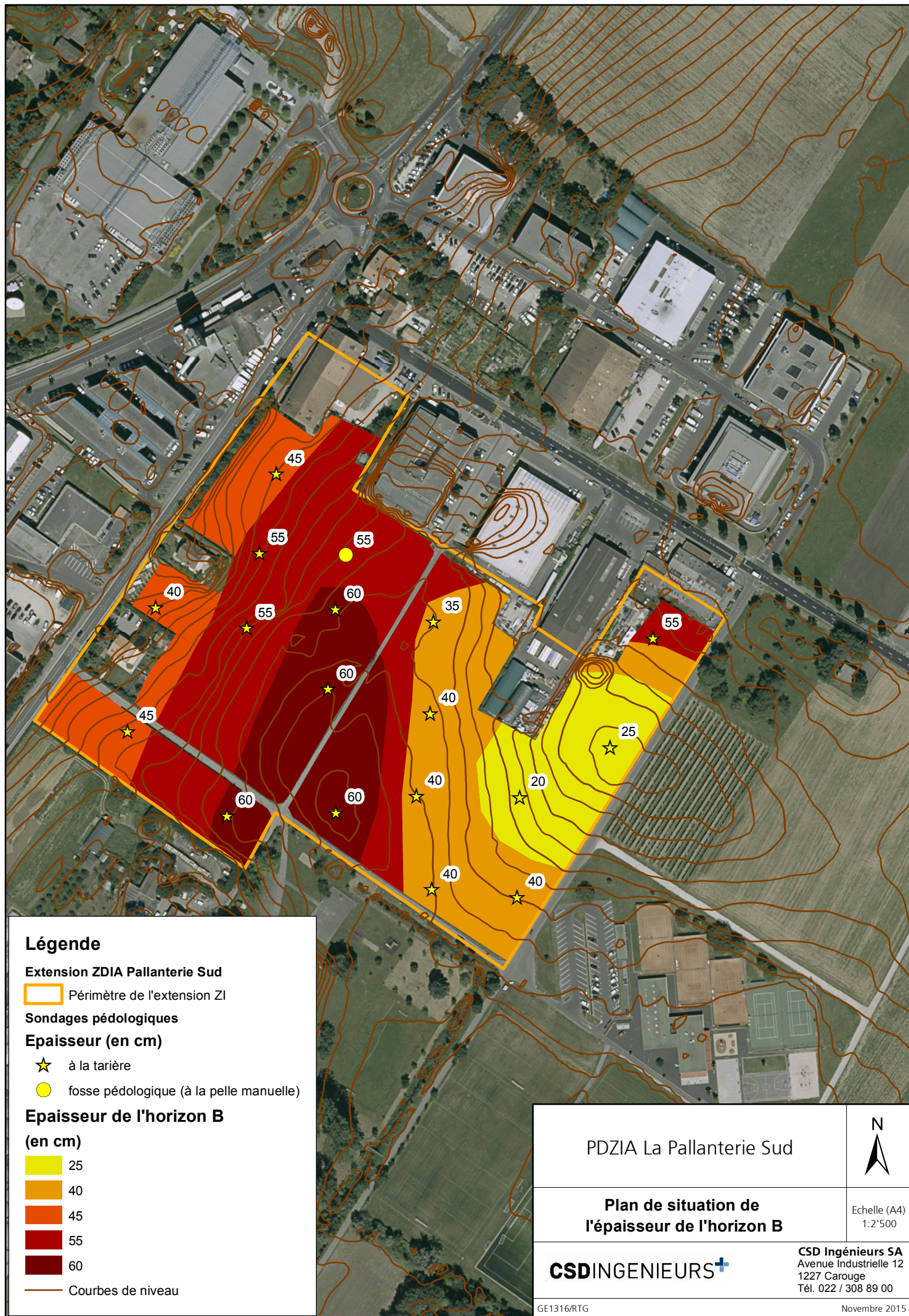


Echelle (A4)  
1:2'500



**ANNEXE SOL 2 : EPAISSEUR INDICATIVE DE L'HORIZON B**







## **ANNEXE SOL 3 : ANALYSES PHYSIQUES SELON SOL CONSEIL**



N° commande: 15-01038  
N° client: 10235  
Date de réception: 04.11.2015

Nyon, le 18.11.2015

CSD INGENIEURS SA  
Romain Tagand  
Avenue Industrielle 12  
1227 CAROUGE

## RAPPORT

N° échantillon: 15-01038-001  
Nom de l'échantillon: P7 A - Pallanterie - GE 1316  
Matériel: TERRES

### CARTE DE VISITE

| Paramètre  | Méthode             | Résultat | Unité | Interprétation     |
|------------|---------------------|----------|-------|--------------------|
| Gravier    | Estimation visuelle | <10%     |       | peu graveleux      |
| Argile     | GRAN                | 49,9     | %     |                    |
| Silt       | GRAN                | 37,8     | %     | sol lourd argileux |
| Sable      | GRAN                | 12,3     | %     |                    |
| MO         | Corg(MO)            | 5,3      | %     | satisfaisant       |
| pH         | pH H2O              | 6,9      |       | neutre             |
| CaCO3 tot. | CaCO3               | 1,0      | %     | traces de calcaire |

Les résultats d'analyses correspondent aux échantillons transmis au laboratoire. La reproduction de ce rapport n'est autorisée que dans sa forme intégrale. Les responsabilités de Sol-Conseil sont limitées aux conditions générales.



## RAPPORT

**N° échantillon:** 15-01038-002  
**Nom de l'échantillon:** P7 B - Pallanterie - GE 1316  
**Matériel:** TERRES

### CARTE DE VISITE

| Paramètre  | Méthode             | Résultat | Unité | Interprétation     |
|------------|---------------------|----------|-------|--------------------|
| Gravier    | Estimation visuelle | 0%       |       | non graveleux      |
| Argile     | GRAN                | 48,0     | %     |                    |
| Silt       | GRAN                | 45,5     | %     | sol lourd argileux |
| Sable      | GRAN                | 6,5      | %     |                    |
| MO         | Corg(MO)            | 2,2      | %     | faible             |
| pH         | pH H2O              | 7,5      |       | faiblement alcalin |
| CaCO3 tot. | CaCO3               | 0,0      | %     | non calcaire       |

**N° échantillon:** 15-01038-003  
**Nom de l'échantillon:** P10 A - Pallanterie - GE 1316  
**Matériel:** TERRES

### CARTE DE VISITE

| Paramètre  | Méthode             | Résultat | Unité | Interprétation     |
|------------|---------------------|----------|-------|--------------------|
| Gravier    | Estimation visuelle | <10%     |       | peu graveleux      |
| Argile     | GRAN                | 22,7     | %     |                    |
| Silt       | GRAN                | 37,9     | %     | sol moyen sableux  |
| Sable      | GRAN                | 39,4     | %     |                    |
| MO         | Corg(MO)            | 2,5      | %     | satisfaisant       |
| pH         | pH H2O              | 7,3      |       | faiblement alcalin |
| CaCO3 tot. | CaCO3               | 1,0      | %     | traces de calcaire |

Les résultats d'analyses correspondent aux échantillons transmis au laboratoire. La reproduction de ce rapport n'est autorisée que dans sa forme intégrale. Les responsabilités de Sol-Conseil sont limitées aux conditions générales.



## RAPPORT

**N° échantillon:** 15-01038-004  
**Nom de l'échantillon:** P10 B - Pallanterie - GE 1316  
**Matériel:** TERRES

### CARTE DE VISITE

| Paramètre  | Méthode             | Résultat | Unité | Interprétation            |
|------------|---------------------|----------|-------|---------------------------|
| Gravier    | Estimation visuelle | 0%       |       | non graveleux             |
| Argile     | GRAN                | 26,5     | %     |                           |
| Silt       | GRAN                | 37,3     | %     | sol moyen à lourd silteux |
| Sable      | GRAN                | 36,2     | %     |                           |
| MO         | Corg(MO)            | 1,1      | %     | faible                    |
| pH         | pH H2O              | 7,8      |       | alcalin                   |
| CaCO3 tot. | CaCO3               | 0,0      | %     | non calcaire              |

**N° échantillon:** 15-01038-005  
**Nom de l'échantillon:** P4 A - Pallanterie - GE 1316  
**Matériel:** TERRES

### CARTE DE VISITE

| Paramètre  | Méthode             | Résultat | Unité | Interprétation    |
|------------|---------------------|----------|-------|-------------------|
| Gravier    | Estimation visuelle | <10%     |       | peu graveleux     |
| Argile     | GRAN                | 21,5     | %     |                   |
| Silt       | GRAN                | 34,4     | %     | sol moyen sableux |
| Sable      | GRAN                | 44,1     | %     |                   |
| MO         | Corg(MO)            | 3,2      | %     | satisfaisant      |
| pH         | pH H2O              | 6,8      |       | neutre            |
| CaCO3 tot. | CaCO3               | 0,0      | %     | non calcaire      |

Les résultats d'analyses correspondent aux échantillons transmis au laboratoire. La reproduction de ce rapport n'est autorisée que dans sa forme intégrale. Les responsabilités de Sol-Conseil sont limitées aux conditions générales.





## RAPPORT

**N° échantillon:** 15-01038-006  
**Nom de l'échantillon:** P4 B - Pallanterie - GE 1316  
**Matériel:** TERRES

### CARTE DE VISITE

| Paramètre  | Méthode             | Résultat | Unité | Interprétation    |
|------------|---------------------|----------|-------|-------------------|
| Gravier    | Estimation visuelle | <10%     |       | peu graveleux     |
| Argile     | GRAN                | 22,8     | %     |                   |
| Silt       | GRAN                | 33,5     | %     | sol moyen sableux |
| Sable      | GRAN                | 43,7     | %     |                   |
| MO         | Corg(MO)            | 1,3      | %     | faible            |
| pH         | pH H2O              | 7,0      |       | neutre            |
| CaCO3 tot. | CaCO3               | 0,0      | %     | non calcaire      |

**N° échantillon:** 15-01038-007  
**Nom de l'échantillon:** P16 A - Pallanterie - GE 1316  
**Matériel:** TERRES

### CARTE DE VISITE

| Paramètre  | Méthode             | Résultat | Unité | Interprétation        |
|------------|---------------------|----------|-------|-----------------------|
| Gravier    | Estimation visuelle | 10-30%   |       | moyennement graveleux |
| Argile     | GRAN                | 22,9     | %     |                       |
| Silt       | GRAN                | 33,0     | %     | sol moyen sableux     |
| Sable      | GRAN                | 44,1     | %     |                       |
| MO         | Corg(MO)            | 5,0      | %     | riche                 |
| pH         | pH H2O              | 7,7      |       | alcalin               |
| CaCO3 tot. | CaCO3               | 4,4      | %     | peu calcaire          |

Les résultats d'analyses correspondent aux échantillons transmis au laboratoire. La reproduction de ce rapport n'est autorisée que dans sa forme intégrale. Les responsabilités de Sol-Conseil sont limitées aux conditions générales.



## RAPPORT

**N° échantillon:** 15-01038-008  
**Nom de l'échantillon:** P16 B - Pallanterie - GE 1316  
**Matériel:** TERRES

### CARTE DE VISITE

| Paramètre  | Méthode             | Résultat | Unité | Interprétation    |
|------------|---------------------|----------|-------|-------------------|
| Gravier    | Estimation visuelle | <10%     |       | peu graveleux     |
| Argile     | GRAN                | 24,2     | %     |                   |
| Silt       | GRAN                | 36,2     | %     | sol moyen sableux |
| Sable      | GRAN                | 39,6     | %     |                   |
| MO         | Corg(MO)            | 2,4      | %     | satisfaisant      |
| pH         | pH H2O              | 7,9      |       | alcalin           |
| CaCO3 tot. | CaCO3               | 6,7      | %     | peu calcaire      |

**N° échantillon:** 15-01038-009  
**Nom de l'échantillon:** P18 A - Pallanterie - GE 1316  
**Matériel:** TERRES

### CARTE DE VISITE

| Paramètre  | Méthode             | Résultat | Unité | Interprétation    |
|------------|---------------------|----------|-------|-------------------|
| Gravier    | Estimation visuelle | 0%       |       | non graveleux     |
| Argile     | GRAN                | 18,9     | %     |                   |
| Silt       | GRAN                | 36,9     | %     | sol moyen sableux |
| Sable      | GRAN                | 44,2     | %     |                   |
| MO         | Corg(MO)            | 1,9      | %     | satisfaisant      |
| pH         | pH H2O              | 6,8      |       | neutre            |
| CaCO3 tot. | CaCO3               | 0,0      | %     | non calcaire      |

Les résultats d'analyses correspondent aux échantillons transmis au laboratoire. La reproduction de ce rapport n'est autorisée que dans sa forme intégrale. Les responsabilités de Sol-Conseil sont limitées aux conditions générales.



## RAPPORT

N° échantillon: **15-01038-010**  
Nom de l'échantillon: P18 B - Pallanterie - GE 1316  
Matériel: TERRES

### CARTE DE VISITE

| Paramètre  | Méthode             | Résultat | Unité | Interprétation     |
|------------|---------------------|----------|-------|--------------------|
| Gravier    | Estimation visuelle | <10%     |       | peu graveleux      |
| Argile     | GRAN                | 22,3     | %     |                    |
| Silt       | GRAN                | 36,0     | %     | sol moyen sableux  |
| Sable      | GRAN                | 41,7     | %     |                    |
| MO         | Corg(MO)            | 1,1      | %     | faible             |
| pH         | pH H2O              | 7,4      |       | faiblement alcalin |
| CaCO3 tot. | CaCO3               | 0,0      | %     | non calcaire       |

Conseiller: Mélanie Trentini

Les résultats d'analyses correspondent aux échantillons transmis au laboratoire. La reproduction de ce rapport n'est autorisée que dans sa forme intégrale. Les responsabilités de Sol-Conseil sont limitées aux conditions générales.

## **ANNEXE SOL 4 : ANALYSES EN POLLUANT SELON WESSLING**

WESSLING AG, Werkstrasse 27, 3250 Lyss BE  
CSD INGENIEURS SA  
Romain Tagand  
Avenue Industrielle 12  
1227 Carouge

Commande n°.: ULS-03801-15  
Interlocuteur: N. Amstutz  
Ligne directe: +41 32 387 67 41  
E-Mail: Nicolas.Amstutz@wessling.ch

**Lyss, le 02.11.2015**

## Rapport no. ULS15-005081-1

**ZI Pallanterie Meinier  
GE 01316**



**S** SCHWEIZERISCHER PRÜFSTELLENDIENST  
**T** SERVICE SUISSE D'ESSAI  
**S** SERVIZIO DI PROVA IN SVIZZERA  
SWISS TESTING SERVICE

ISO/IEC 17025:2005 - STS Nr. 092

Les résultats d'analyses se fondent uniquement sur les échantillons à notre disposition. Ce rapport ne peut être reproduit partiellement qu'avec l'autorisation préalable de WESSLING AG (DIN EN ISO/IEC 17025).



Rapport no. ULS15-005081-1  
Lyss, le 02.11.2015

| Désignation d'échantillon |       |    | P1-<br>P2/20.10.15/Par<br>celle 333 | P14-P15-<br>P16/20.10.15/Pa<br>rcelle 184 |
|---------------------------|-------|----|-------------------------------------|-------------------------------------------|
| N° d'échantillon          | Unité | LQ | 15-157981-01                        | 15-157981-02                              |

#### Préparation

|                        |            |            |
|------------------------|------------|------------|
| Matières sèches (40°C) | 26.10.2015 | 26.10.2015 |
| Partie fine < 2mm      | 27.10.2015 | 27.10.2015 |

#### *Extraction par HNO3 2 M selon OFEV S-6b*

|                                   |    |            |            |
|-----------------------------------|----|------------|------------|
| Après minéralisation par HNO3 2 M | MS | 28.10.2015 | 30.10.2015 |
|-----------------------------------|----|------------|------------|

#### Métaux, métaux lourds et autres éléments

##### *Métaux et autres éléments selon OFEV S-6a*

|              |          |     |     |     |
|--------------|----------|-----|-----|-----|
| Plomb (Pb)   | mg/kg MS | 1   | 23  | 61  |
| Cadmium (Cd) | mg/kg MS | 0,1 | 0,3 | 0,2 |
| Cuivre (Cu)  | mg/kg MS | 1   | 250 | 180 |

Rapport no. ULS15-005081-1  
Lyss, le 02.11.2015

## Informations sur les échantillons

|                      |                                              |                                                    |
|----------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Echantillon-n°       | 15-157981-01                                 | 15-157981-02                                       |
| Date de réception:   | 26.10.2015                                   | 26.10.2015                                         |
| Désignation          | <b>P1-<br/>P2/20.10.15/Parce<br/>lle 333</b> | <b>P14-P15-<br/>P16/20.10.15/Parc<br/>elle 184</b> |
| Type d'échantillons: | Sol                                          | Sol                                                |
| Prélèvement:         | 20.10.2015                                   | 20.10.2015                                         |
| Prélèvement par:     | CSD SA                                       | CSD SA                                             |
| Préleveur:           | Romain Tagand                                | Romain Tagand                                      |
| Début des analyses:  | 26.10.2015                                   | 26.10.2015                                         |
| Fin des analyses:    | 02.11.2015                                   | 02.11.2015                                         |

## Méthodes

### Paramètres

Matières sèches sur solide (séché à l'air à 40 °C)  
Tamisage de solides  
Minéralisation pour antimoine  
Métaux/Elements (ICP-OES/ICP-MS) sur matière solide

### Norme

EN 12880 mod.<sup>A</sup>  
ISO 11464<sup>A</sup>  
VBBo<sup>A</sup>  
ISO 11885 / ISO 17294-2<sup>A</sup>

### Laboratoire

Laboratoire Lyss / Bern (CH)  
Laboratoire Lyss / Bern (CH)  
Laboratoire Lyss / Bern (CH)  
Laboratoire Lyss / Bern (CH)

MB = matière brute  
MS = matière sèche  
LQ = limite de quantification  
E/L = eau / lixiviat

---

Heinrich Kalt  
Directeur, Dr. rer. nat