



**Exemple de cartographie des sols à l'aide de SIG dans le
cadre des projets
«Préservation des terres noires» des plaines de l'Orbe**

www.terasol.ch



Equipe TeraSol



✓ Cédric Coquelin, CEO

Ing. environment UNIL, soils

SPSC SSP / CAS Cartographie des sols ZHAW

✓ Sara Guil, Ing. de Projet

MSc. FGSE - UNIL

✓ Yannick Poyat, CTO

Ing. agro & soils - ENSAIA

Dr. aménagement & urbanisme

✓ Caroline Coquelin, CMO

Ing. HES-SO

✓ Joëlle Keller, Ing. de Projet

BSc. FGSE - UNIL

✓ Antoine Bottge, Ing. de Projet

MSc. FGSE - UNIL



Contexte général

Mandats et procédures

Problématiques projets de «Préservations des terres noires»

- Erosion et tassement des terrains agricoles (Minéralisation + contraintes mécaniques)
- Diminution de la profondeur utile du sol
- Compaction et stagnation d'eau



| Ex. Gley réduit (G) à anmoor | |
|--------------------------------------|--|
| Matériaux Organiques minéralisés | Aap / ABa(p) 0 à 30 cm Von post 8 à 9 |
| | Tagg 30 à 60 cm Von Post 7 à 8 |
| Matériaux Minéraux (limons argileux) | Cr 60 à 100 cm |

Réaménagement parcellaire

- Remblai superficiel sur sol organique (mélange remblai/tourbe)
- Max. 30 cm de matériaux minéraux foisonnés propres apportés
- Min. 40% sables, max. 15 à 20% argiles

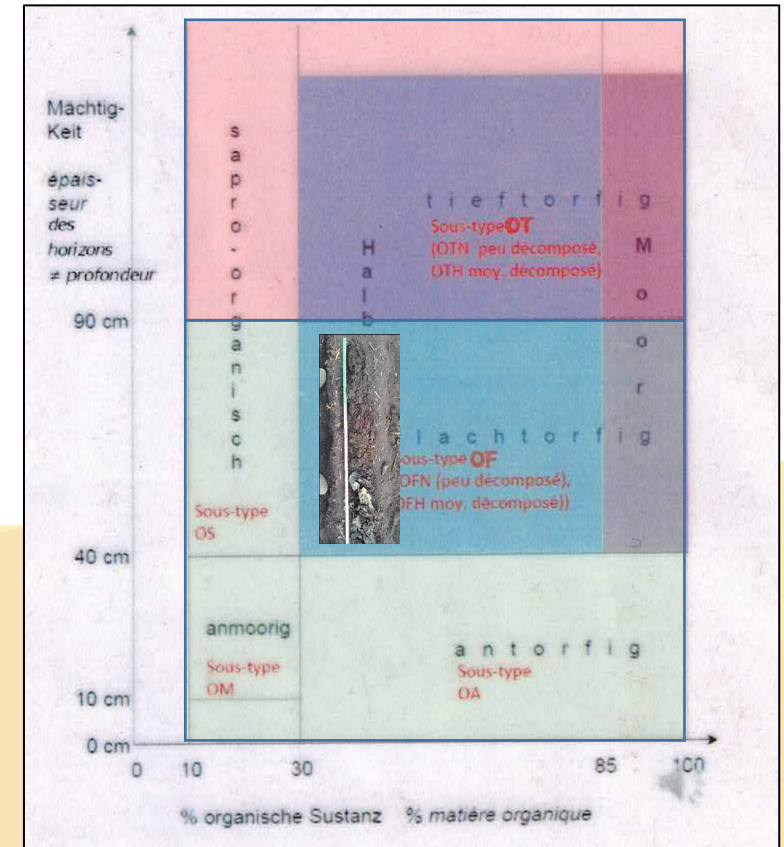


Ex. Parcelle 136 (21.04.2023 , Bavois)

Cadre légal - Réaménagements parcellaires (VD)

Directive DMP861 2022

- Fixe des critères d'aptitudes au remblai (art.8, DMP861 2022) **sur sols dégradés** (art., OSol 1998)
- Conditions pour les sols organiques dont:
(art.8.6.1 à 8.6.4 DMP861 2022)
 - Sols tourbeux dégradés «*peu profonds*»
Max. 90 cm de profondeur.



Source: Cours CAS cartographie des sols 2021/2022, A. Schmidhauser

Contexte général

Mandats et procédures



Comment délimiter les surfaces organiques considérées comme *dégradées* pouvant être sujette à une réhabilitation?



Cartographie des sols et de leurs aptitudes agronomiques

Méthodologie cartographique

Travaux de terrain - Relevés pédologiques

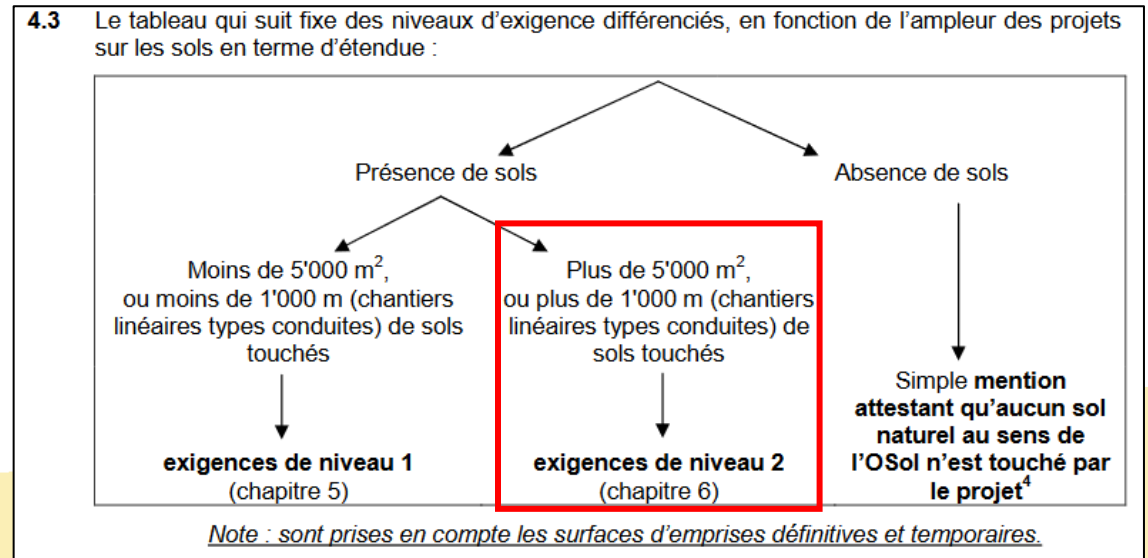
Projets sur sol *DMP864 2014*

(Directive liée aux études pédologiques relatives à la protection contre les atteintes aux sols sur les chantiers)

Méthodologie pour la cartographie des sols:

(Exigence de niveau 2 - chap. 6, art. 6.2 DMP 864 2014)

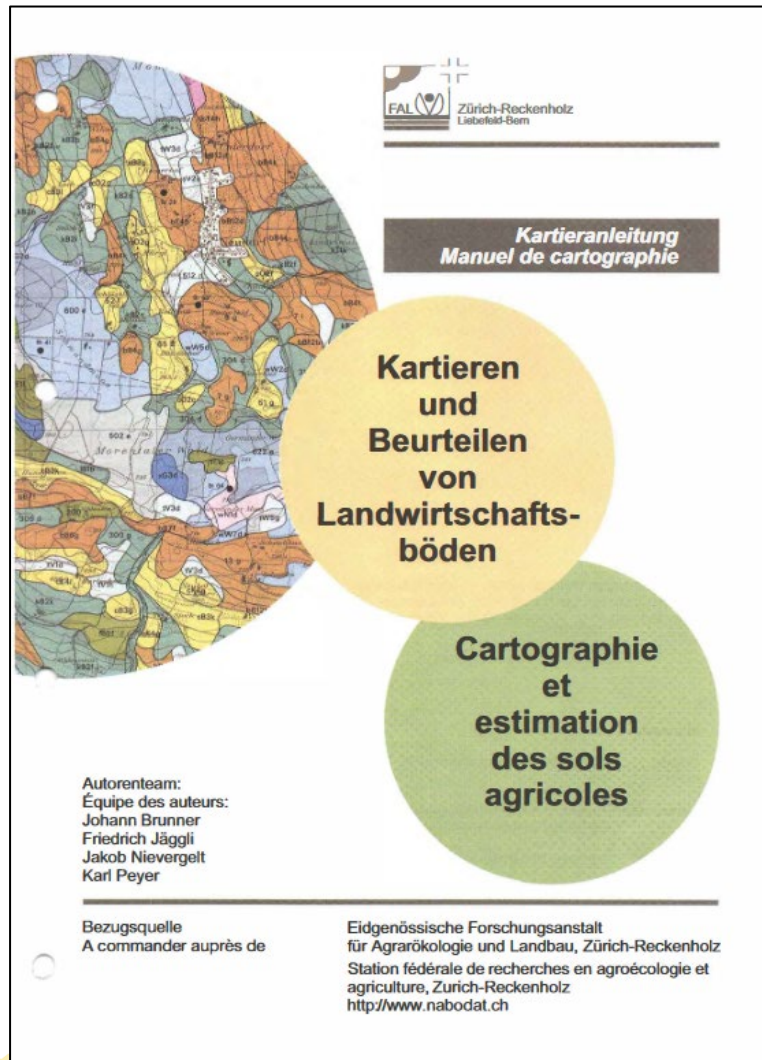
- Echelle de cartographie 1 : 5000
- Densité 4 à 5 sondages/ha ou au moins garantir une caractérisation de l'état initial suffisante
- Un profil de sol par unité géomorphologique



Source : DMP864 2014, chap. 4, art. 4.3

Méthodologie cartographique

Travaux de terrain - Relevés pédologiques



Description des sondages tarières et profils → FAL24+

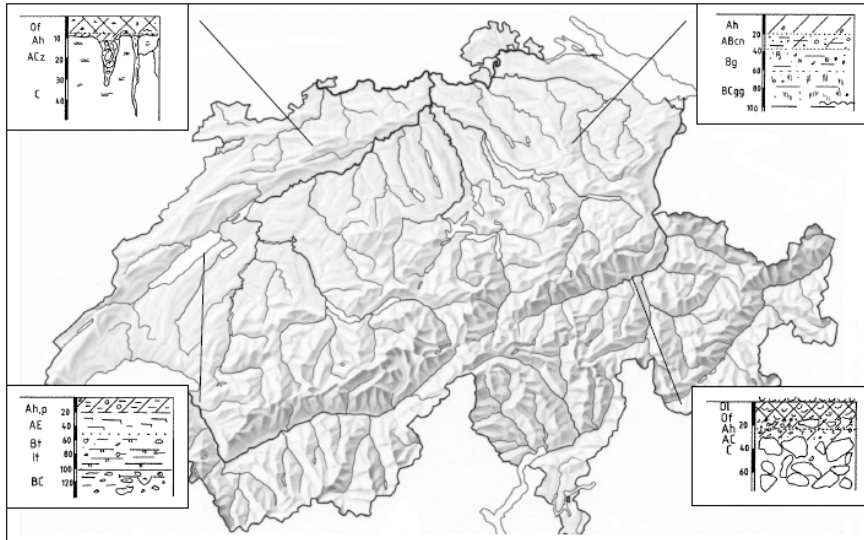
FAL 1997 "Cartographie et estimation des sols agricoles" de la Station fédérale de recherche en agroécologie et agriculture Zurich-Reckenholz

Méthodologie cartographique

Travaux de terrain - Relevés pédologiques

CLASSIFICATION DES SOLS DE SUISSE

Examen du profil, système de classification, définition des termes, exemples d'utilisation



Editeur:

Société Suisse de Pédologie
Bureau de gestion
c/o Umwelt und Energie Kanton Luzern
Libellenrain 15
Postfach 3439
6002 Luzern

Classification des sols

→ Déterminations selon les critères de la KLABS

Principale particularité géographique

→ Hétérogénéité spatiale marquée..

Méthodologie cartographique

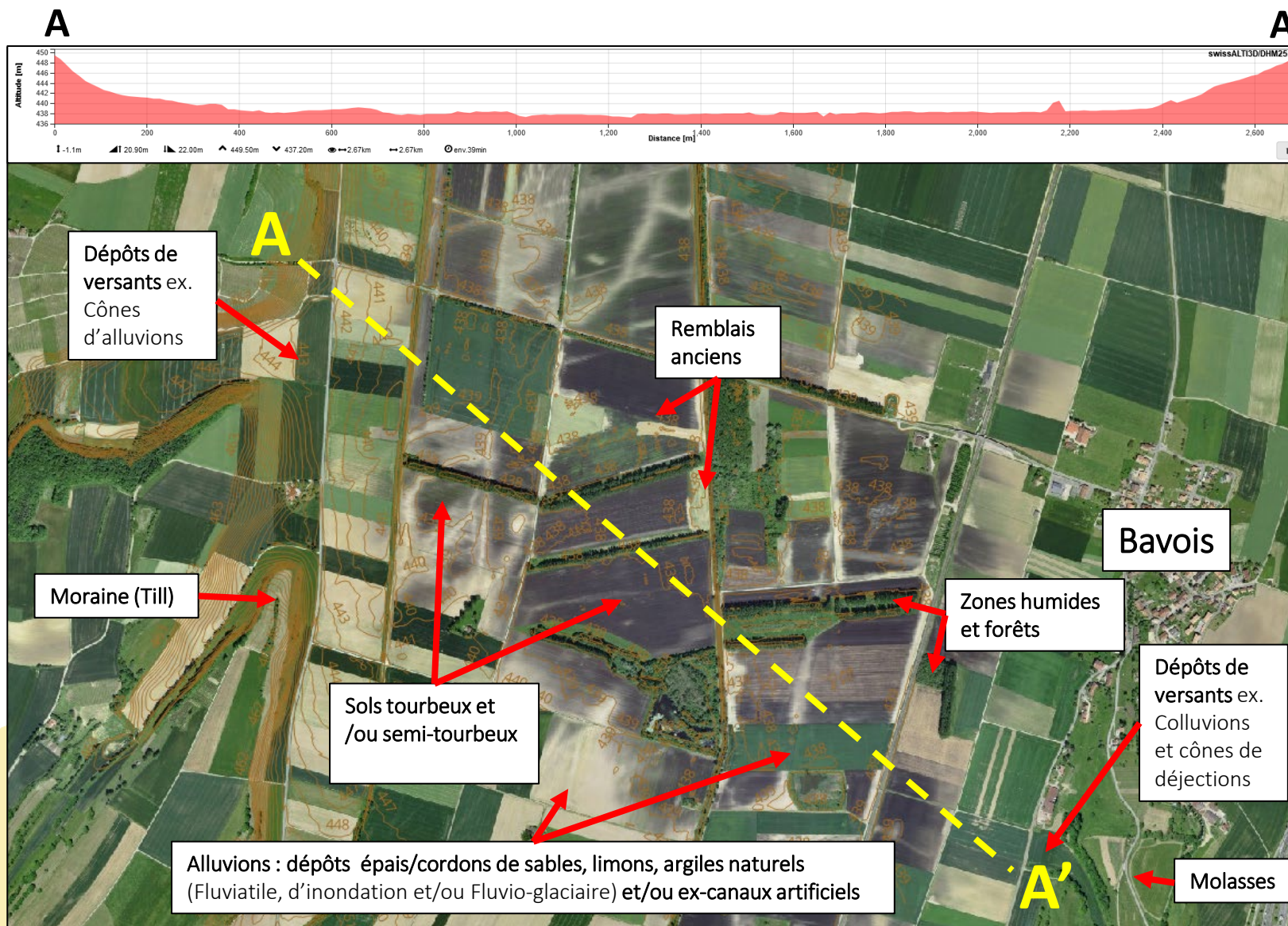
Contexte de la Plaine de l'Orbe



Principale particularité géographique
→ Hétérogénéité spatiale marquée..

Méthodologie cartographique

Contexte de la Plaine de l'Orbe

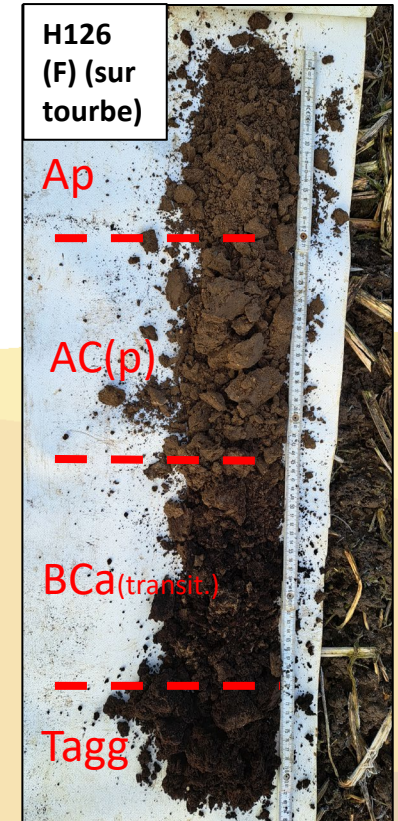
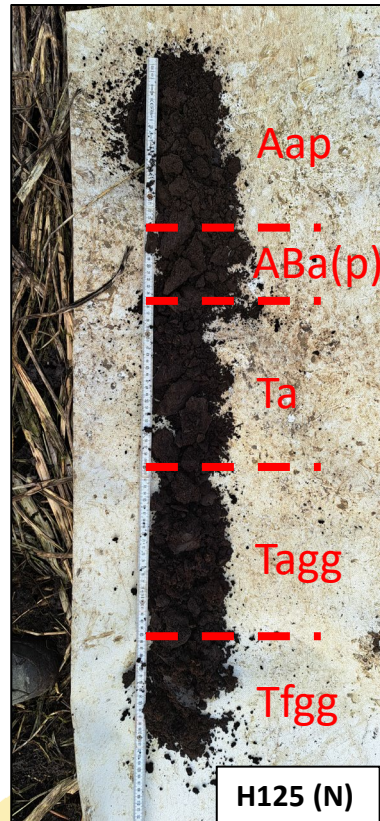


Méthodologie cartographique

Contexte de la Plaine de l'Orbe

Hétérogénéité spatiale

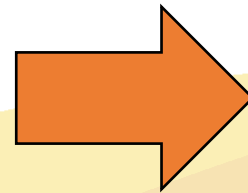
Variations des unités pédologiques → échelle micro-morphologique



Projet SIG

Principe de la «Carte concept sols»

Synthèse de géodonnées



Cartographie préliminaire (hypothétique)

Support de base pour le terrain



Ex. de « Carte concept sols »

Projet Pompaples

Projet - Cartographie des sols Pompaples

Périmètre d'étude (2023)

Bien-fonds

Eaux superficielles

Canaux / Rivières

Altimétrie

Courbes de niveau (1m)

Environnement

Surfaces forestière et haies

Zone Tampon 10m LFo

Zone humide

Infrastructures

Chemin AF / Pistes en terre

Installations diverses

Gazoduc

Gestion des eaux

Digue du Nozon

Relevés pédologiques

Unités pédologiques (Hypothèses)

Moor

Semi-moor

Remblai-Anthroposol

Gley oxydé

Fluvisol

Campagne de sondages (planification)

Sondage tarière

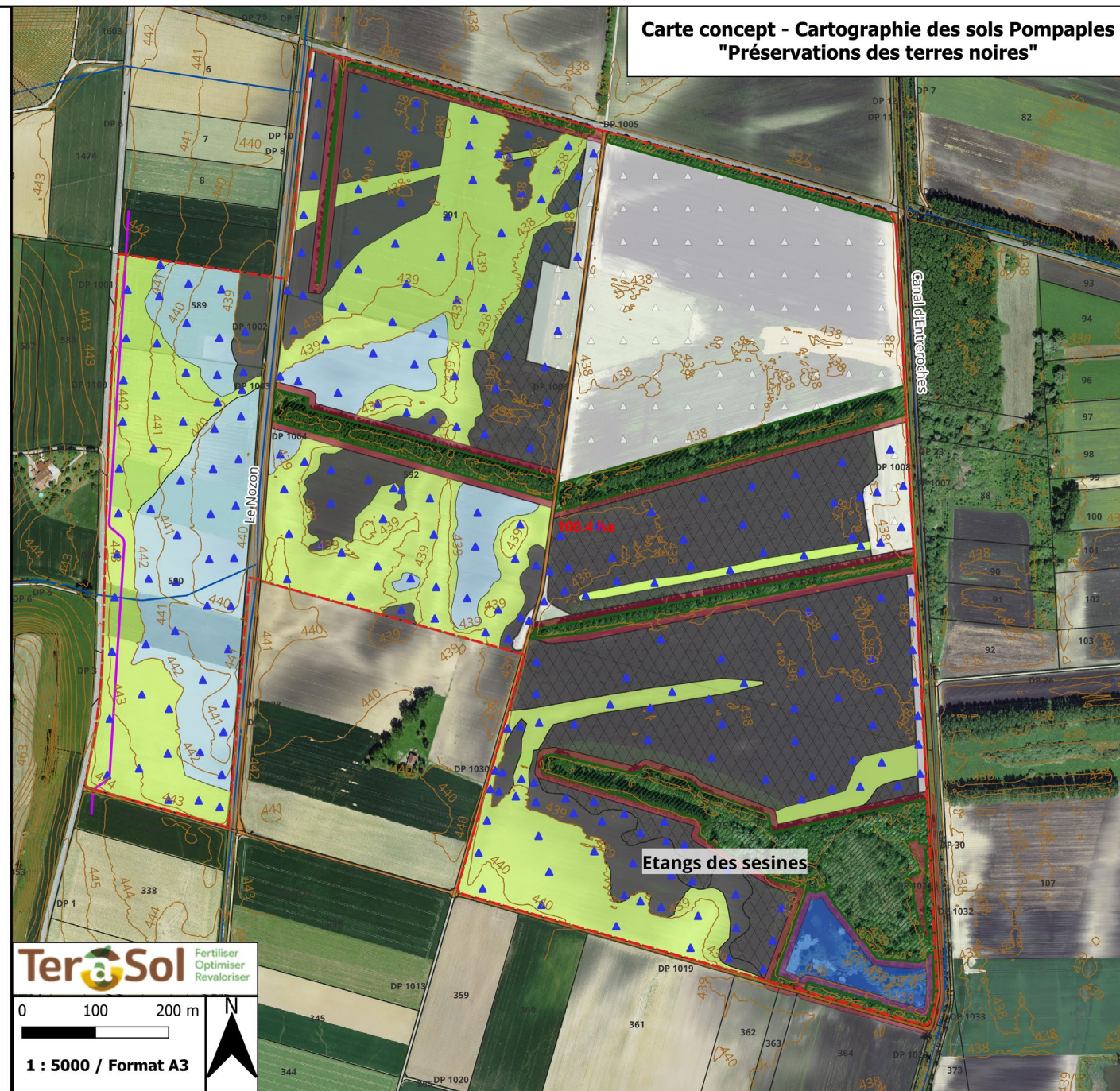
Ter a Sol Fertiliser
Optimiser
Revaloriser

0 100 200 m

1 : 5000 / Format A3



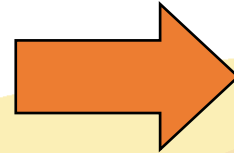
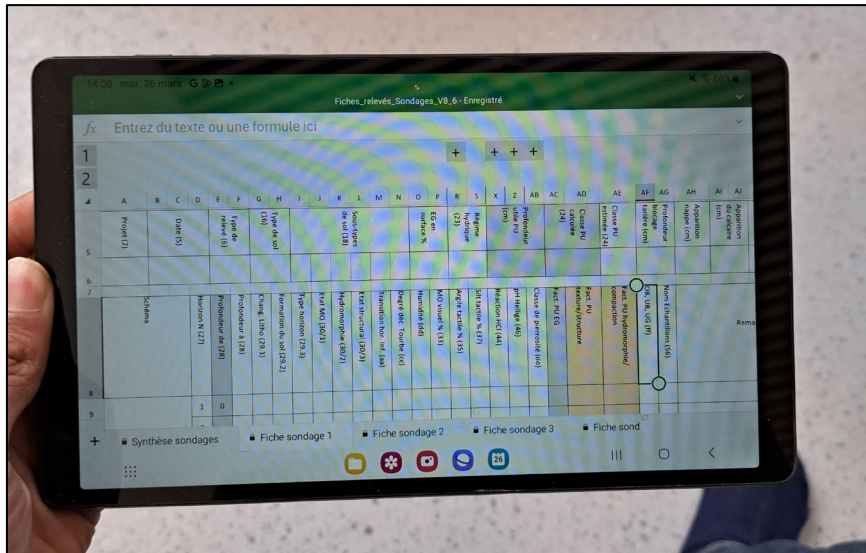
Carte concept - Cartographie des sols Pompaples "Préservations des terres noires"



Méthodologie cartographique

Travaux de terrain - Relevés pédologiques

Saisie des données sur le terrain → Fiches Excel FAL24+
(compatibles avec la base de données NABODATE)



| Formulaire | | Relevé de terrain | | | | | | | | | | Sondage pédologique | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|---|----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----------------|-----------------------------|--|--|
| N Id (6-7) | Cordonnées GPS X (13) | Cordonnées GPS Y (14) | Commune (8) | Altitude (m) | Zone Agro-climatique (60) | Matériel parental (62) | Éléments du paysage (64) | | Microrelief (65) | Forme terrain (26) | Pente % | Végétation (61) | Cartographe (4) | | | | | | | | | | | |
| H107 | 2 531 064 | 1 171 224 | Arnex sur Orbe | 438 | A2 | AL | T5 | | 2 | d | 0 | AK | AB | | | | | | | | | | | |
| Projet (12) | Date (5) | Type de relevé (6) | Type de sol (18) | Sous-types de sol (33) | Eg en surface % | Rapport hydrique (23) | Profondeur utile PU (cm) | Classe PU estimée (24) | Classe PU estimée (24) | Profondeur de tassement (26) | Appartenance (cm) | Appartenance du calcare (cm) | Remarques (nom du sol, etc.) | | | | | | | | | | | |
| 0012_2023 | 12/04/2023 | H | N | DD G4 OM KR R2 | 0 | t | 51,5 | 3 | 3 | 100 | 100 | - | Sol semi tourbeux peu épais 6582 | | | | | | | | | | | |
| Schéma | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | Remarques (y.c. enrichissement minéral ou alcalin (30/4 et 30/5)) | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 10 | I | yn | Aap | a | - | p | di | 9 | fr | 15 | 5 | 80 | 4 | 7,5 | 0 | 1,00 | 1 | 1 | OB | limono sableux | | |
| 2 | 10 | 35 | I | yn | ABal pl | a | - | (b) | de | 9 | fr | 15 | 5 | 80 | 4 | 7,5 | 0 | 1,00 | 1 | 1 | UB | limono sableux | | |
| 3 | 35 | 50 | I | yn | Ta | a | 88 | - | de | 8 | fr | 30 | 5 | 80 | 3 | 7,5 | 0 | 1,00 | 1 | 0,5 | UG | horizon rougeâtre, tourbeux | | |
| 4 | 50 | 60 | I | yn | C | - | 88 | - | de | fr | 0 | 5 | 80 | 4 | 7,5 | 0 | 1,00 | 1 | 0,5 | UG | limono sableux | | | |
| 5 | 60 | 90 | II | yn | Car | a | r | - | di | fe | 10 | 10 | 90 | 4 | 7,5 | 0 | 1,00 | 1 | 0,1 | UG | limono argileux | | | |
| 6 | 90 | 100 | II | yn | Tar | a | r | - | - | 6 | na | 50 | | | 0 | 7 | 0 | 1,00 | 1 | 0,1 | UG | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(n°): Code FAL; (yy): Champs supplémentaires. Tous les champs doivent être renseignés : chiffre/lettre=caractéristique renseignée; "0" = observation effectuée mais valeur nulle dans l'échelle de quantification; "-" = observation effectuée mais caractéristique absente; case vide= observation non effectuée; * donnée fournie par le mandant

- Champs à remplir avec les résultats des analyses en laboratoire (si disponibles).
- Champs de calcul automatique (ne pas remplir).
- Champs optionnel, à remplir à titre indicatif.

Méthodologie cartographique

Traitements des données

Traitement des données numériques sur un logiciel SIG

Import des Fiches de relevés FAL24+

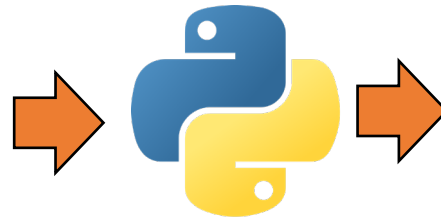
| Formulaire | | | | Relevé de terrain | | | | Sondage pédologique | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------------------------|------------------------|------------------|-------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--|-----|-----|---|----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| N° id (6-7) | Coordonnées GPS X (13) | Coordonnées GPS Y (14) | Commune (8) | Altitude (m) | Zone Agro-climatique (60) | Matériel parental (62) | Éléments du paysage (64) | Microrelief (65) | Forme terrain (26) | Pente % | Végétation (81) | Cartographe (4) | | | | | | | | | | | | | | |
| H107 | 2 531 064 | 1 171 224 | Arnes sur Orbe | 438 | A2 | AL | TS | 2 | d | 0 | AK | AB | | | | | | | | | | | | | | |
| Projet (12) | Date (8) | Type de relevé (8) | Type de sol (10) | Point de vue (11) | Point de vue (11) | Point de vue (11) | Point de vue (11) | Point de vue (11) | Point de vue (11) | Point de vue (11) | Point de vue (11) | Point de vue (11) | Remarques (nom du sol, etc.) | | | | | | | | | | | | | |
| 0012_2023 | 12/04/2023 | H | N | DD | G4 | OM | KR | R2 | 0 | t | 51,5 | 3 | 3 | 100 | 100 | - | Sol semi tourbeux peu épais 65R2 | | | | | | | | | |
| Schéma | | | | | | | | | | | | | Remarques (y.c. enrichissement nitral ou alcalin (30/4 et 30/5)) | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | limono sableux | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | limono sableux | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | horizon rougeâtre, tourbeux | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | limono sableux | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | limono argileux | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(n°): Code FAL; (y): Champs supplémentaires. Tous les champs doivent être renseignés; chiffres/lettres caractéristique renseignée; "0" = observation effectuée mais valeur nulle dans l'échelle de quantification; "-" = observation effectuée mais caractéristique absente; case vide = observation non effectuée; * donnée fournie par le mandant

■ : Champs à remplir avec les résultats des analyses en laboratoire (si disponibles).

□ : Champs de calcul automatique (ne pas remplir).

□ : Champs optionnel, à remplir à titre indicatif.



Plugin QGIS « Cartosol » (Interne)

Cartosol

A soil survey and cartography framework

The Cartosol plugin facilitates soil survey and cartography following the methodology by the canton de Vaud to identify new crop areas (MP-SD plugin includes tools that facilitate to import, export and backup soil surveys and units. Some import and export functionalities require the py-opendata library. This library must be installed manually with (e.g. with pip install opendata).

Category Database

Tags soil, vector, database

More info [homepage](#) [bug tracker](#) [code repository](#)

Author Alain Chaufoureauux

Installed version 1.0

Changelog

- 1.0 Misty Dream
 - Bug fixes
 - Documentation
 - Custom backup and export directories
 - Add project's canton and relax Vaud's constraints
- 0.1 Odd Frost (prerelease)
 - Plugin development and testing

Méthodologie cartographique

Traitements des données

Plugin « Cartosol » V1.0 → A optimiser:

Mise en forme obligatoire pour l'import des Fiches de relevés FAL24+ sur QGIS

| Formulaire | | | Relevé de terrain | | | | | Sondage pédologique | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|---|------|---|-----|----|--|--|
| N id (6-7) | Cordonnées GPS-X (13) | Cordonnées GPS-Y (14) | Commune (8) | Altitude (m) | Zone Agro-climatique (60) | Matériel parent (62) | Éléments du paysage (64) | Microrrelief (65) | Forme terrain (26) | Pente % | Végétation (61) | Cartographe (4) | | | | | | | | | | | |
| H15 | 2 531 108 | 1 170 638 | Orny | 439,5 | A2 | TO | TS | 0 | a | 0 | AK | AB | | | | | | | | | | | |
| Projet (2) | Date (5) | Type de relevé (6) | Type de sol (16) | Sous-types de sol (18) | | | Ég en surface % | Régime hydrique (23) | Profondeur utile PU (cm) | Classe PU calculée (24) | Classe PU estimée (24) | Profondeur biocaxe (cm) | Apparition nappe (cm) | Apparition du calcaire (cm) | Remarques (nom du sol, etc.) | | | | | | | | |
| 0041_2024 | 06/03/2024 | H | N | RS | OTH | KH | DD | 0 | v | 58,2 | 3 | 3 | - | - | 0 | Semi-moor, tourbe profonde | | | | | | | |
| Schéma | | | | | | | | | | | | | Remarques (y.c. enrichissement minéral ou alcalin (30/4 et 30/5)) | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 20 | l | yn | Aap | a | - | p | di | 9 | fr | 30 | 5 | 20 | 4 | 7,5 | 0 | 1,00 | 1 | 1 | OB | Semi tourbeux, tourbe anmoor et alluvions, couleur brune noire | |
| 2 | 20 | 53 | l | yn | Ta | a | - | - | de | 9 | fr | 60 | 5 | 20 | 3 | 7,5 | 0 | 1,00 | 1 | 1 | UB | Tourbe et alluvions, couleur brune noire | |
| 3 | 53 | 105 | l | yn | Tfr | f | r | - | - | 7 | fe | 80 | - | - | 0 | 7 | 0 | 1,00 | 1 | 0,1 | UG | Tourbe noire fibreuse, mouillée | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| Formulaire | | | Relevé de terrain | | | | | Sondage pédologique | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|---|------|---|-----|----|--|--|--|
| N id (6-7) | Cordonnées GPS-X (13) | Cordonnées GPS-Y (14) | Commune (8) | Altitude (m) | Zone Agro-climatique (60) | Matériel parent (62) | Éléments du paysage (64) | Microrrelief (65) | Forme terrain (26) | Pente % | Végétation (61) | Cartographe (4) | | | | | | | | | | | | |
| H15 | 2 531 108 | 1 170 638 | Orny | 439,5 | A2 | TO | TS | 0 | a | 0 | AK | AB | | | | | | | | | | | | |
| Projet (2) | Date (5) | Type de relevé (6) | Type de sol (16) | Sous-types de sol (18) | | | Ég en surface % | Régime hydrique (23) | Profondeur utile PU (cm) | Classe PU calculée (24) | Classe PU estimée (24) | Profondeur biocaxe (cm) | Apparition nappe (cm) | Apparition du calcaire (cm) | Remarques (nom du sol, etc.) | | | | | | | | | |
| 0041_2024 | 06/03/2024 | H | N | RS | OTH | KH | DD | 0 | v | 58,2 | 3 | 3 | - | - | 0 | Semi-moor, tourbe profonde | | | | | | | | |
| Schéma | | | | | | | | | | | | | Remarques (y.c. enrichissement minéral ou alcalin (30/4 et 30/5)) | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 20 | l | yn | Aap | a | - | p | di | 9 | fr | 30 | 5 | 20 | 4 | 7,5 | 0 | 1,00 | 1 | 1 | OB | Semi tourbeux, tourbe anmoor et alluvions, couleur brune noire | | |
| 2 | 20 | 53 | l | yn | Ta | a | - | - | de | 9 | fr | 60 | 5 | 20 | 3 | 7,5 | 0 | 1,00 | 1 | 1 | UB | Tourbe et alluvions, couleur brune noire | | |
| 3 | 53 | 105 | l | yn | Tfr | f | r | - | - | 7 | fe | 80 | - | - | 0 | 7 | 0 | 1,00 | 1 | 0,1 | UG | Tourbe noire fibreuse, mouillée | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Ex. Fichier d'origine

Ex. Fichier mis en forme pour le plugin

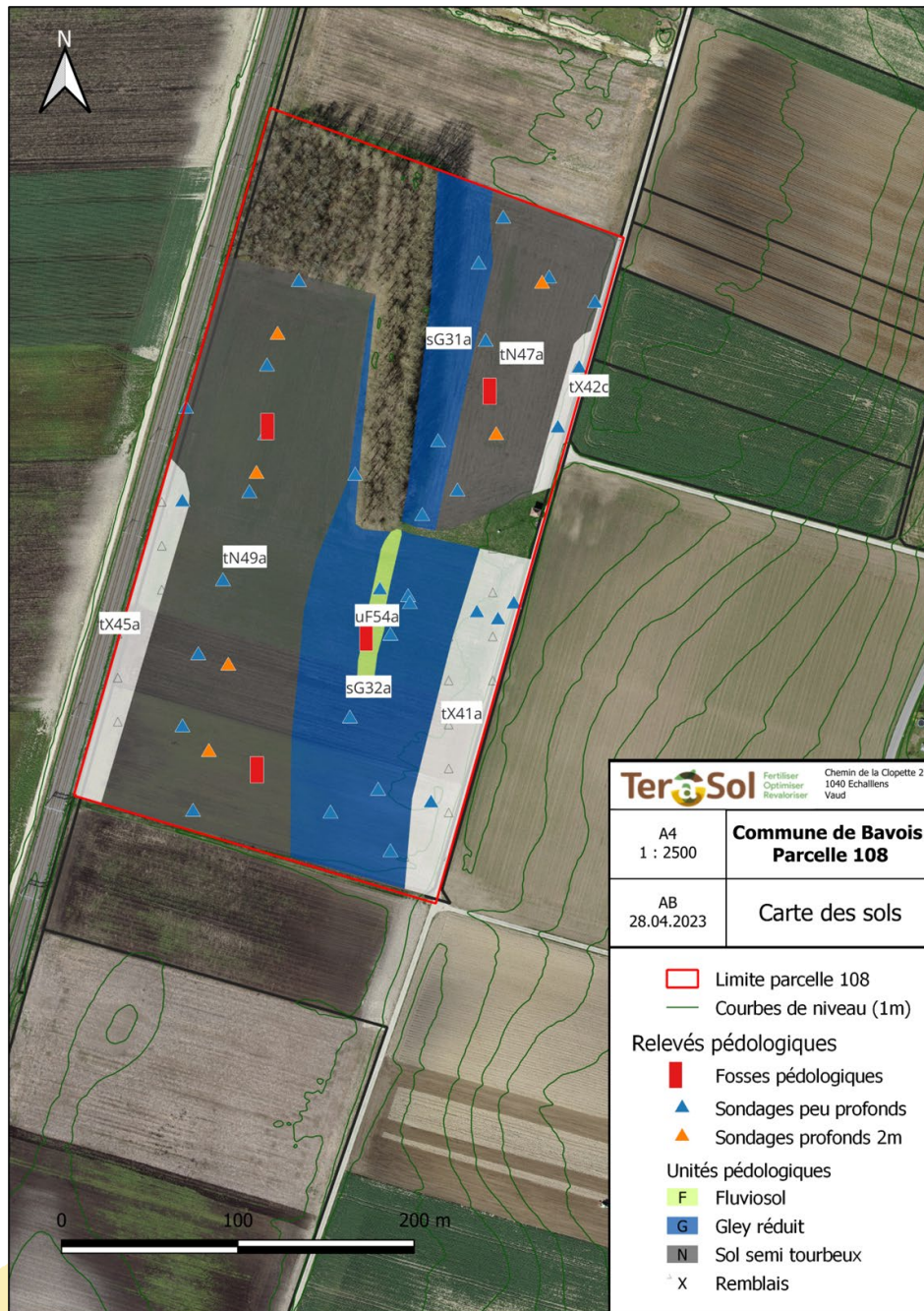


Méthodologie cartographique

Carte finale : Unités de sols

Dessin des unités pédologiques:

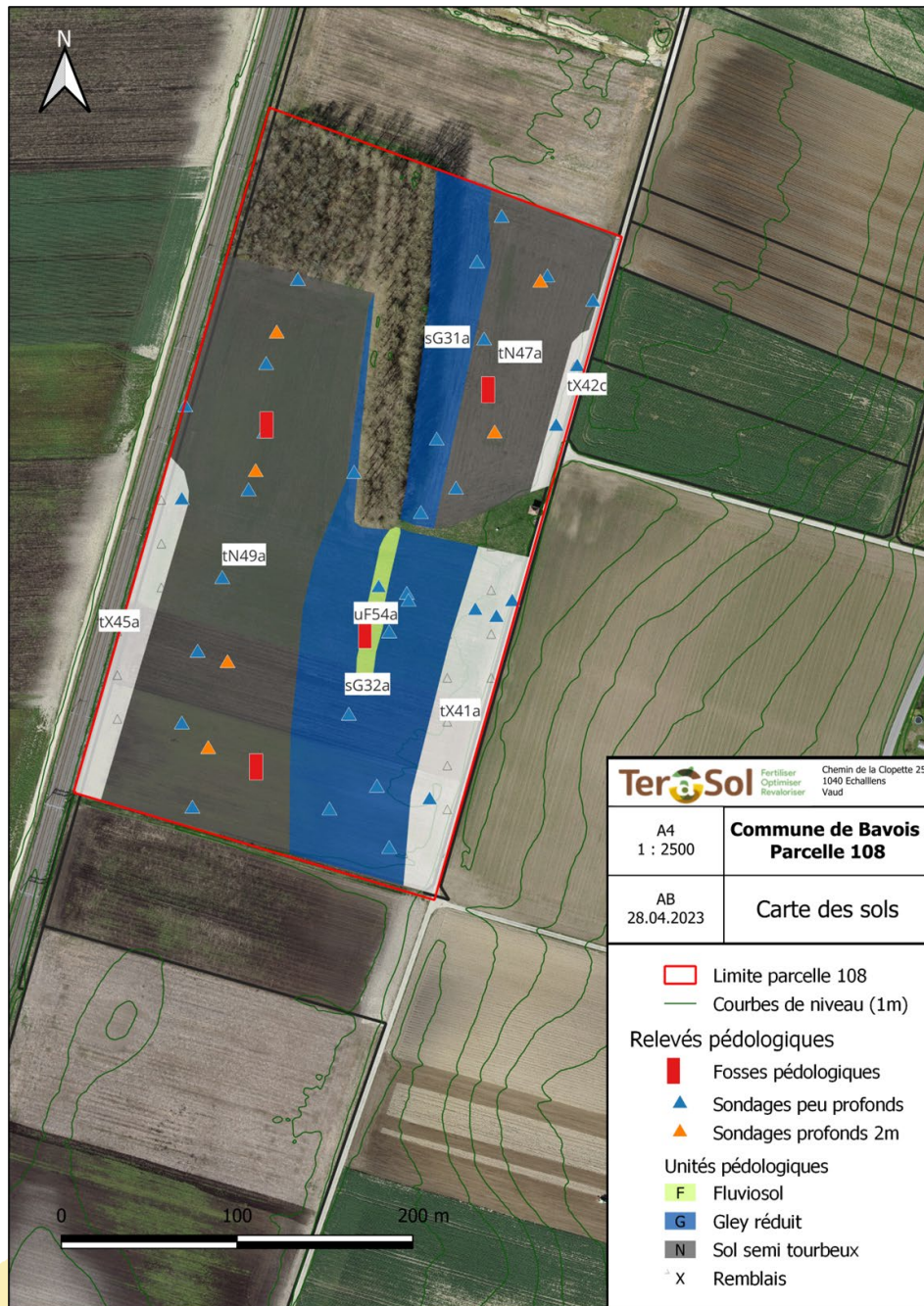
- Code cartographique définitif sur base des relevés (tarière et/ou profil)
- Regroupement des sondages relativement semblables
- Topographie + géomorphologie
- Historique des sols



| N° parcelle | Unité pédologique | Description |
|-------------|-------------------|--|
| 108 | tN47a | SEMI-MOOR sur tourbe: tourbeux superficiel, alcalin, partiellement calcaire, fortement gleyifié, mouillé, faiblement pierreux, modérément profond |
| 108 | tN49a | SEMI-MOOR sur tourbe: tourbeux superficiel, fortement gleyifié, mouillé, faiblement pierreux, modérément profond |
| 108 | uF54a | FLUVIOSOL sur tourbe: alcalin, très fortement gleyifié, partiellement calcaire, tassé, anmoorique, très mouillé, non pierreux, argileux, assez superficiel |
| 108 | tX41a | REMBLAIS sur tourbe: partiellement calcaire, tassé, paratourbeux, anthropique, mouillé, faiblement pierreux, modérément profond |
| 108 | sG31a | GLEY RÉDUIT sur tourbe: paratourbeux, gleyifié, mouillé, faiblement pierreux, profond |
| 108 | sG32a | GLEY RÉDUIT sur tourbe: gleyifié, calcaire, tassé, tourbeux superficiel, faiblement mouillé, faiblement pierreux, profond |
| 108 | tX42c | REMBLAIS sur tourbe: nettement délimité, riche en calcaire, paratourbeux, anthropique, mouillé, faiblement pierreux, modérément profond |
| 108 | tX45a | REMBLAIS sur tourbe: anmoorique, anthropique, faiblement pierreux, modérément profond |

Méthodologie cartographique

Carte finale : Evaluation des surfaces aptes/inaptes



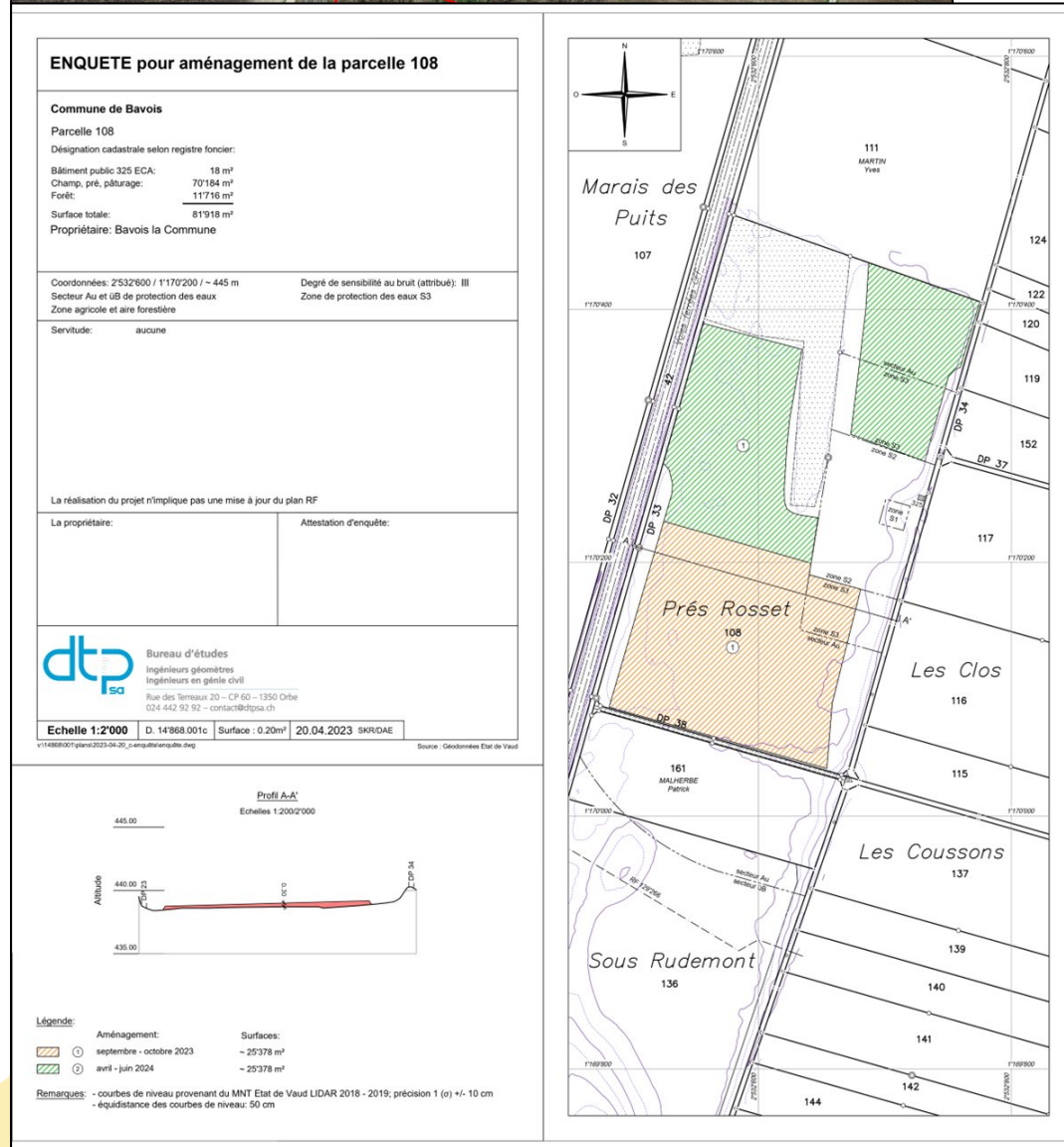
| N° parcelle | Unité pédologique | Description |
|-------------|-------------------|--|
| 108 | tN47a | SEMI-MOOR sur tourbe: tourbeux superficiel, alcalin, partiellement calcaire, fortement gleyifié, mouillé, faiblement pierreux, modérément profond |
| 108 | tN49a | SEMI-MOOR sur tourbe: tourbeux superficiel, fortement gleyifié, mouillé, faiblement pierreux, modérément profond |
| 108 | uF54a | FLUVIOSOL sur tourbe: alcalin, très fortement gleyifié, partiellement calcaire, tassé, anmoorique, très mouillé, non pierreux, argileux, assez superficiel |
| 108 | tX41a | REMBLAIS sur tourbe: partiellement calcaire, tassé, paraturbeux, anthropique, mouillé, faiblement pierreux, modérément profond |
| 108 | sG31a | GLEYS RÉDUITS sur tourbe: paraturbeux, gleyifié, mouillé, faiblement pierreux, profond |
| 108 | sG32a | GLEYS RÉDUITS sur tourbe: gleyifié, calcaire, tassé, tourbeux superficiel, faiblement mouillé, faiblement pierreux, profond |
| 108 | tX42c | REMBLAIS sur tourbe: nettement délimité, riche en calcaire, paraturbeux, anthropique, mouillé, faiblement pierreux, modérément profond |
| 108 | tX45a | REMBLAIS sur tourbe: anmoorique, anthropique, faiblement pierreux, modérément profond |

Classe d'aptitude FAL24+ → varie de 5 à 6 (Région de grande culture):

- Gleyification (F) : G4 à G5
- PU : modérément profonde à assez superficielle

Méthodologie cartographique

Phase de cartographie Chantier - Emprise du projet



Surface de terrain clair et en pente:

- Estimation des volumes de matériaux sur base de la cartographie de supports
- Phasage du chantier

Cartographie des sols

Conclusion

Cartographie des sols assistée par SIG

Avantages du PLUGIN QGIS / CARTOSOL

- ✓ Gain de temps pour l'importation des données et sur le terrain avec l'utilisation tablette
 - ✓ Export sous forme de shapefiles et de fiches Excel
- ✓ Traduction instantanée du code FAL dans la base de donnée du SIG
 - ✓ Base de donnée « sol » dynamique utilisable en interne



Cartographie des sols

Conclusion

Cartographie des sols assistée par SIG

Nos pistes d'améliorations

QGIS / PLUGIN CARTOSOL et méthodologie cartographique

- ✓ Consolidation du code source python du plugin « *CARTOSOL* »
- ✓ Automatisation de la détermination des unités pédologiques sur base de la topographie
 - ✓ Itération par co-krigeage pour définir les unités
- ✓ Intégration de la photo-interprétation LIDAR pour finaliser les emprises des unités pédologiques
 - ✓ Interprétation NDVI



*En vous remerciant de votre
attention!
Des questions?*

Questions



Parcelle 82 (Nord), novembre 2023



TeraSol Fertiliser
Optimiser
Revaloriser



021 882 27 27



info@terasol.ch



TeraSol SA
Rue Elisa-Serment 3
1018 Lausanne