HAL open science

Caractérisation des sols et de leur homogénéité dans l'essai (projet MétaMétha)

Catherine Pasquier, Maud Seger, Ghislain Girot, Antoine Savoie

To cite this version:

Catherine Pasquier, Maud Seger, Ghislain Girot, Antoine Savoie. Caractérisation des sols et de leur homogénéité dans l'essai (projet MétaMétha). [Contrat] INRAE. 2020, 12p. hal-03222074

HAL Id: hal-03222074

https://hal.inrae.fr/hal-03222074v1

Submitted on 10 May 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

MétaMétha

B1-L2.1 : Caractérisation des sols et de leur homogénéité dans l'essai

Projet	MétaMétha
Lot	B
Tâche ou sous-tâche	B1
Livrable	L2.1 Caractérisation des sols et de leur homogénéité dans l'essai
Date de remise	02/06/2020
Confidentiel	oui / ~~non~~

Etude réalisée par : INRA Centre Val de Loire, UE PAO

Partenaire responsable : INRA UR SOLS
Partenaire(s) impliqué(s) dans la rédaction du livrable : INRA UR SOLS

Auteurs : Catherine Pasquier, Maud Seger, Ghislain Girot, INRA UR SOLS

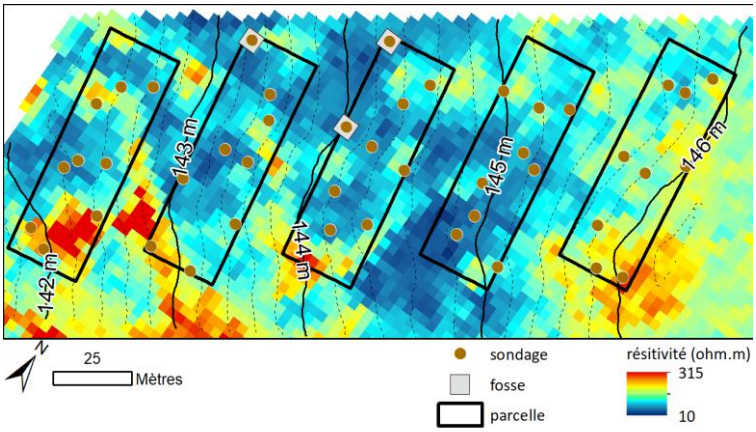
Financée par *: la région Centre Val de Loire*

Dans le cadre des appels à projets *d'intérêt régional*

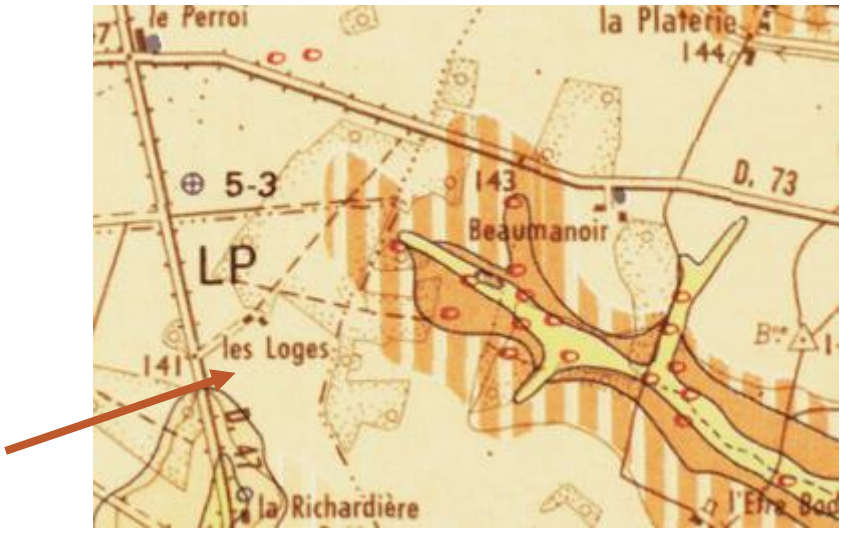
Version 1.1 – septembre 2019

Action B1 : Caractérisation initiale et analyses de sol

Couplées à une (1) caractérisation géophysique des sols de l'ensemble du dispositif expérimental mis en jeu dans cet essai, (2) les analyses classiques de sol des parcelles expérimentales (pH, granulométrie, CEC, teneur en matières organiques) ont été réalisées, auxquelles s'ajoutent des mesures (3) de densité apparente, (4) de caractérisation des propriétés hydriques des sols ainsi que de leur (5) capacité à réduire le N_2O.



Le site est situé sur les limons de plateaux (LP) dont l'épaisseur est comprise entre 50 cm et 1m sur des argiles à silex et sables (sondage 427-5-3, feuille géologique 427).

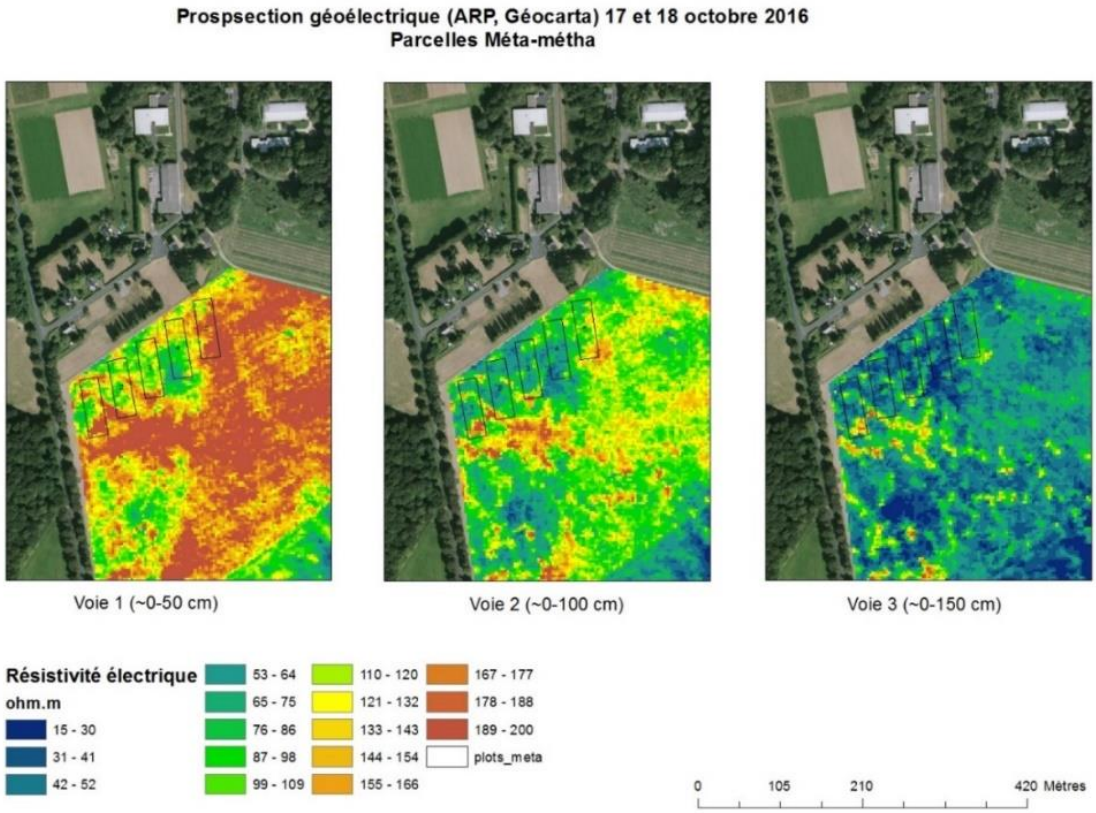


Le site de l'INRA de Nouzilly qui accueille le dispositif est implanté sur d'anciens marécages qui ont été drainés pour être asséchés (Cassini). Il existe très probablement un autre réseau de drainage plus ancien et plus dense que celui dont on a connaissance, on devine ce deuxième réseau sur les photos aériennes de 1946 et 1985 (www.remonterletemps.ign.fr).

B1.1 Campagne de mesures géophysiques

Une campagne de mesures de la résistivité électrique est conduite sur la parcelle les 17 et 18 octobre 2016, par la société Geocarta. Une surface de 30 ha est prospectée comprenant le site d'étude. L'acquisition se fait par une prospection géoélectrique grâce à l'ARP selon des espacements de 6 m. 16 prélèvements d'humidité sont réalisés en même temps que la prospection.

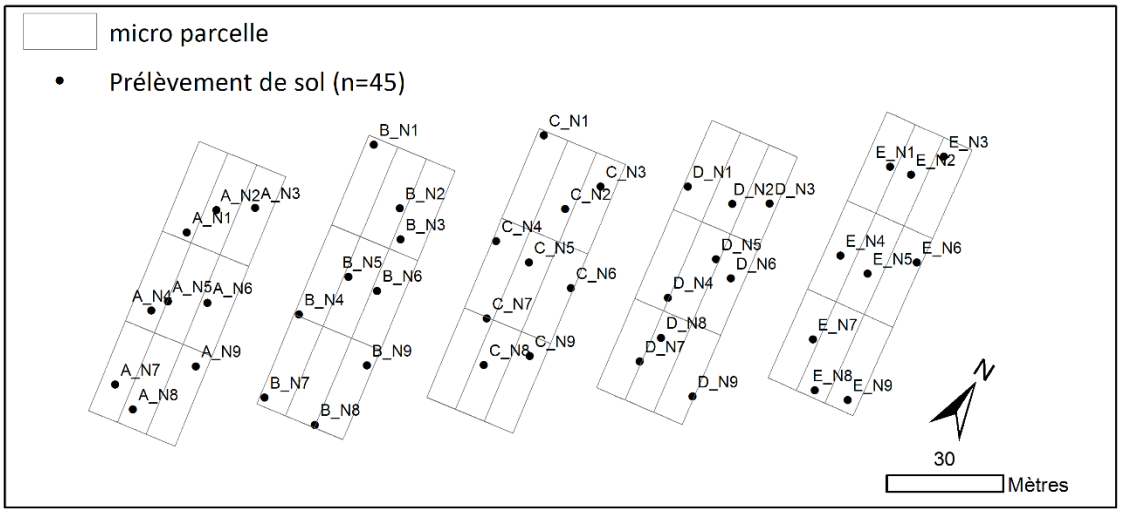
Les données sont ensuite traitées par Maud Séger de l'UR SOLS, qui établit les cartes de résistivités sur 3 épaisseurs : voie 1 de 0 à 50 cm de profondeur, voie 2 de 0 à 100 cm de profondeur et voie 3 de 0 à 170 cm de profondeur. La résistivité électrique varie de 15 à 200 ohm.m. En moyenne la résistivité électrique diminue avec la profondeur, révélateur d'un milieu conducteur en profondeur, en cohérence avec l'existence d'horizons plus argileux en profondeur.



B1.2 Prélèvement et analyse de sols

B1.2.1 Echantillonnage pour caractériser les sols

Afin de caractériser les sols des 5 parcelles, il est réalisé un plan d'échantillonnage aléatoire simple stratifié. Pour cela chaque parcelle est subdivisée en 9 sous-parcelles de surfaces égales dans lesquelles une position est déterminée de façon aléatoire, soit 45 points (sondages pédologiques). Les coordonnées de ces points sont fournies dans la base de données du projet.



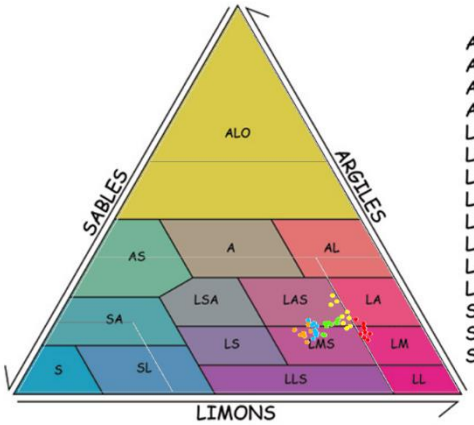
Les prélèvements de sols sont effectués à la tarière par l'UR SOLS sur 4 profondeurs : P1 : 0 à 20 cm, P2 : 20 à 40 cm, P3 : 40 à 70 cm et P4 : 70 à 100 cm, les 17 janvier, 8 et 14 février 2017.

Les échantillons de sols (~180) sont ensuite séchés à l'étuve (105 °C) puis tamisés à 2 mm avant l'envoi au laboratoire d'analyse des sols (LAS) de l'INRA d'Arras pour les analyses chimiques.

Une partie des échantillons a été conservée humide pour réaliser les tests de réduction du N_2O (cf. B.1.5) le reliquat de sol est stocké à l'INRA de Grignon en chambre froide pour d'éventuelles analyses sur les éléments traces.

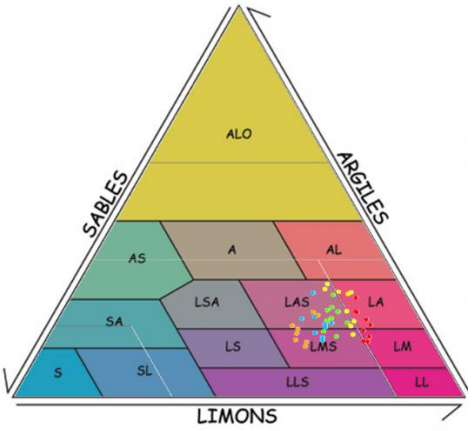
B1.2.2 Résultats d'analyse des sols

Plusieurs paramètres de sols sont mesurés par le LAS à savoir : la granulométrie, la CEC, le pH, le rapport C/N, les teneurs en Azote total, en matières organiques, en CaCO3 et en carbone organique. Les résultats des analyses de sol sont fournis dans la base de données du projet.



ALO argile lourde
AL argile limoneuse
A argile
AS argile sableuse
LA limon argileux
LM limon moyen
LL limon léger
LAS limon argilo-sableux
LSA limon sablo-argileux
LMS limon moyen sableux
LS limon sableux
LLS limon léger sableux
SA sable argileux
SL sable limoneux
S sable

Texture des prélèvements P1 par parcelle

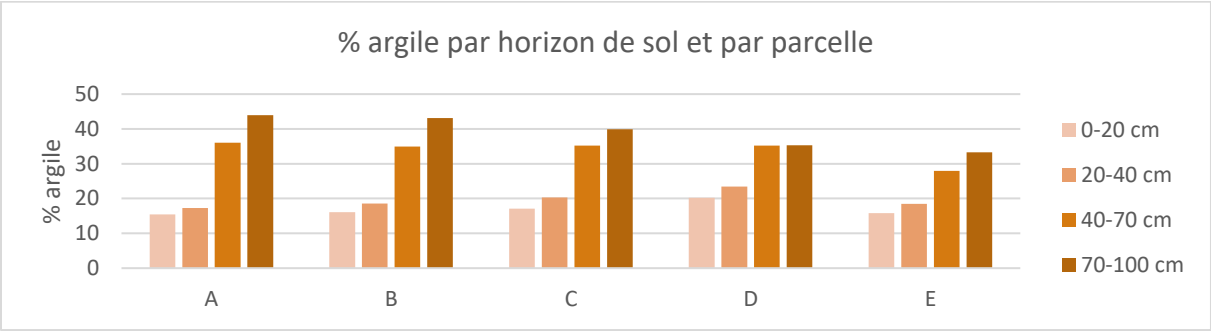


Texture des prélèvements P2 par parcelle

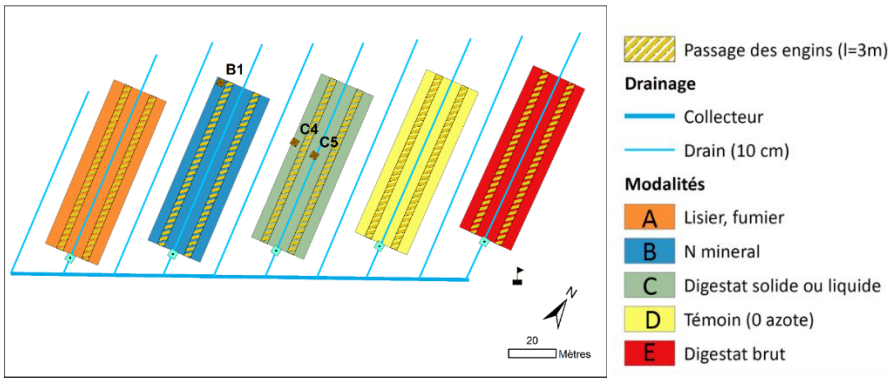
Les analyses de sol montrent que les sols ne sont pas homogènes sur le dispositif et suggère un échantillonnage raisonné à partir des mesures de géophysique sur chaque parcelle pour faciliter la comparaison des mesures entre elles (flux de N_2O, suivi de l'azote en surface).

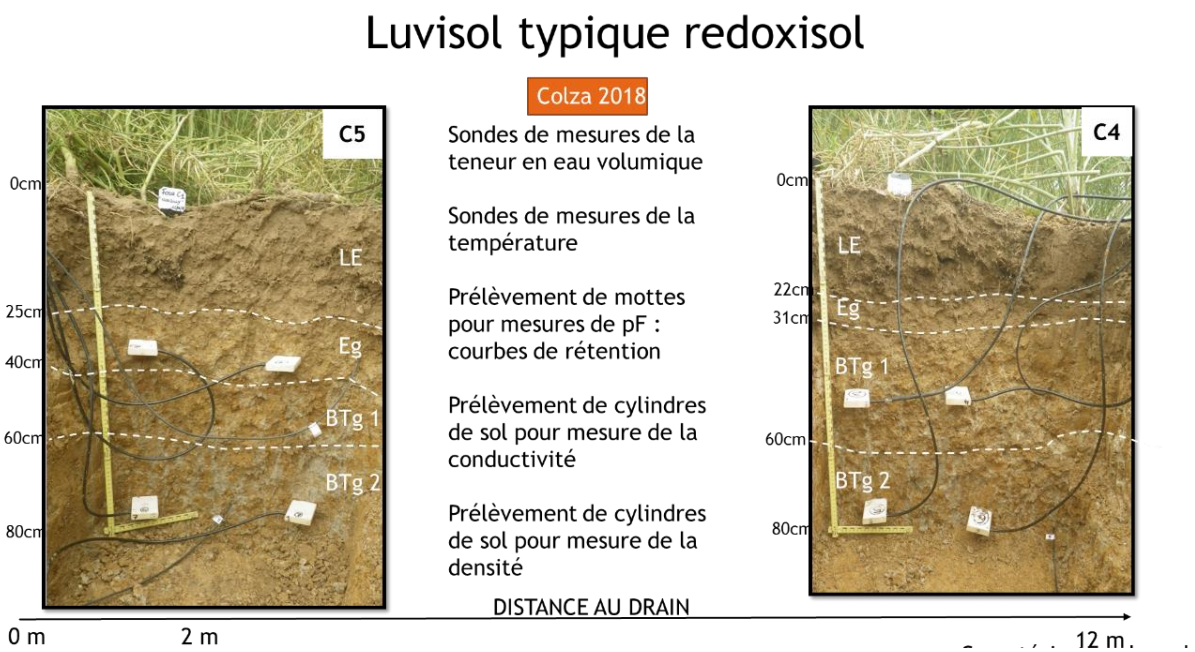
Les pH varient en surface de 5.8 à 7.3, mais les sols sont en moyenne plutôt acides : 6.4.

On observe la présence d'une argile de plus en plus forte en profondeur avec un gradient d'apparition Ouest-Est (A vers E) dans les sens de la pente. Le graphique ci-dessous montre la présence d'une gamme de sols allant des luvisols aux planosols avec un toit argileux peu perméable entre 40 et 70 cm de profondeurs sur les parcelles A et B.



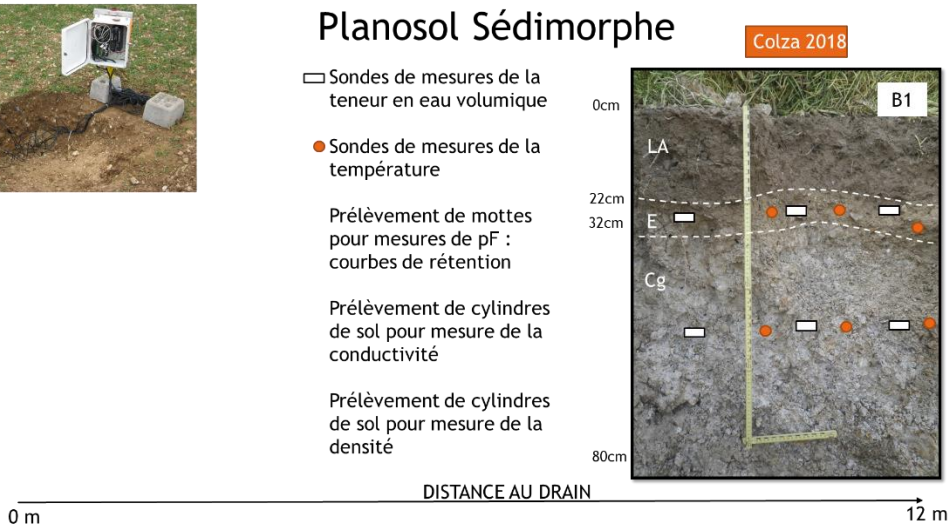
En complément des fosses pédologiques sont ouvertes à l'été 2018, 3 profils de sols sont ainsi décrits par le pédologue de l'UR SOLS, Ghislain Girot. La description de ces profils est incrémentée dans la base de données © DONESOL : étude 33086. Les sols décrits sont deux luvisols typiques redoxisols et un planosol sédimorphe.





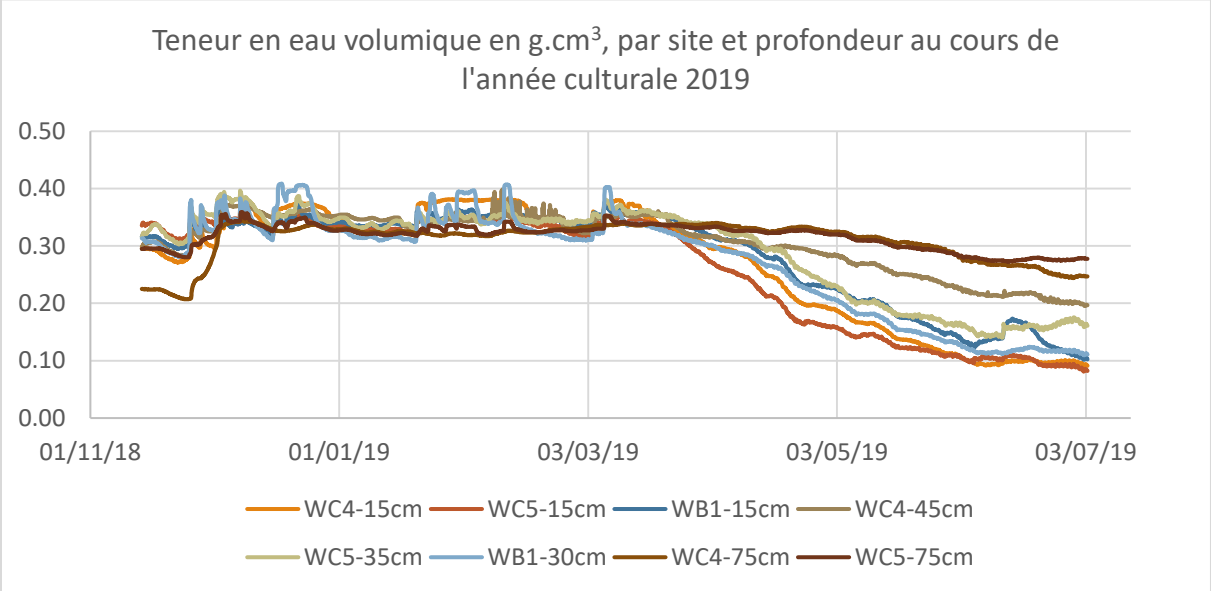
D'un point de vue agronomique, les luvisols sont caractérisés par l'appauvrissement en argile et l'acidification progressifs de l'horizon de surface entraînant une perte de cohésion entre les particules, rendant les sols sensibles au tassement et à la battance. La fermeture de la surface par une croûte, en réduisant l'infiltration, induit le ruissellement superficiel. Outre les dégâts aux cultures (arrachements, recouvrement de semis ou de plants par des atterrissements, apparition de ravines, etc.), ce ruissellement superficiel, tout en redistribuant les particules et les matières organiques, entraîne également des molécules telles que les produits phytosanitaires ou les fertilisants vers des zones de concentration. Différentes préconisations sont mises en œuvre pour limiter l'impact de ces processus qui touchent de vastes surfaces consacrées à l'agriculture intensive : maintien du pH et des teneurs en matières organiques à un niveau suffisant, techniques culturales n'émiettant pas trop le lit de semence, maintien d'un couvert végétal durant l'automne et l'hiver, etc.

En profondeur, le colmatage de l'horizon illuvial (riche en argile) réduit l'infiltration verticale de l'eau et provoque l'installation d'une nappe perchée en périodes humides. Les parcelles deviennent impénétrables et les semis d'automne peuvent être compromis (Référentiel Pédologique 2008, D. BAIZE).



La mise en valeur agricole des planosols pose de nombreux problèmes. Leur fonctionnement hydrique est caractérisé par des engorgements saisonniers, intenses, mais parfois fugaces, par des nappes perchées superficielles temporaires qui circulent rapidement et s'évacuent latéralement au contact du plancher peu perméable (Référentiel pédologique 2008, D. BAIZE).

Ces mêmes fosses pédologiques sont équipées de capteurs de température et de teneur en eau volumique à l'automne 2018, afin de comparer la dynamique de ces propriétés entre les 2 types de sols (planosol et luvisol) et à différentes distances du drain.

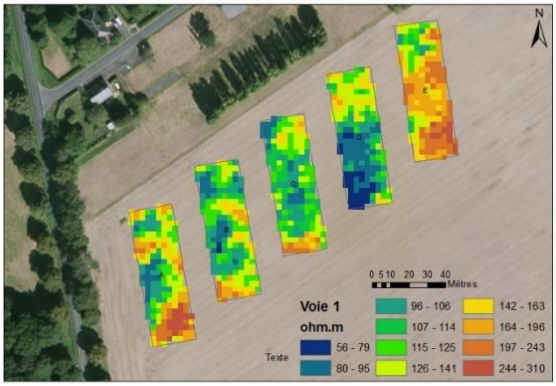


B1.2.3 Choix d'un échantillonnage orienté en fonction de la résistivité

L'échantillonnage spatial pour les mesures de N_2O a été raisonné à partir de la campagne de mesure de la résistivité électrique.

Cinq chambres statiques sont installées dans des classes d'iso-résistivité identiques sur chacune des parcelles. Les classes sont déterminées par la méthode des effectifs égaux, sous SIG. Les chambres sont ensuite positionnées au niveau des centroïdes des 5 classes qui avaient la plus grande superficie sur chacune des parcelles.

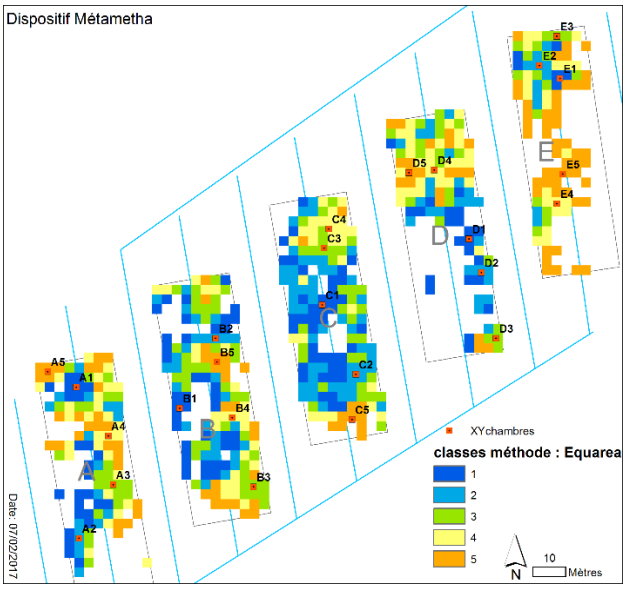
Résistivité de la voie 1 (0-50 cm) dans les blocs



Statistiques sur la voie 1 par bloc

Bloc	*n*	Min	Max	Etendue	Moyenne	Ecart-type
A	*201*	82	310	228	151	52
B	*200*	74	209	135	123	27
C	*198*	81	242	161	121	28
D	*201*	56	174	118	108	27
E	*199*	97	283	185	174	40

Gamme de résistivité commune aux 5 blocs : 97 à 174 ohm.m



B1.3 Densité apparente

La densité apparente du sol est un paramètre important car il entre dans le calcul des différents stocks comme la teneur en eau volumique ou l'azote minéral exprimé en $kg.ha^{-1}$.

Elle est mesurée plusieurs fois sur la durée du projet, notamment pour prendre en compte l'évolution de la porosité du sol en surface suite au travail du sol. Le prélèvement et la mesure sont réalisés par la méthode du cylindre NF X31-501 par l'UR SOLS. Les résultats sont fournis dans la base de données du projet.

B1.3.1 Mesures de 2017

Les mesures sont faites sur 2 niveaux : 5-14 cm et 22-31 cm avec 3 répétitions au niveau des points : A_N4, B_N6, C_N7, D_N9 et E_N1 (cf. partie B.1.2.1).

La proportion d'éléments grossiers (% eg) est mesurée sur chaque échantillon afin de corriger la mesure de la masse volumique de la terre fine. La densité de matière utilisée pour le calcul est celle du silex à 2.25 g.cm^{-3}. Au vu de la faible variabilité de la densité dans les horizons de surface une moyenne des 5 parcelles est utilisée pour caractériser les 2 premiers horizons de sol sur l'ensemble du site, soit une densité de 1.31 g.cm^{-3} pour calculer les stocks en 2017.

Parcelle	Horizon	% eg
A	0-20	15,15
	20-40	13,30
B	0-20	14,98
	20-40	12,12
C	0-20	07,28
	20-40	06,00
D	0-20	03,31
	20-40	03,60
E	0-20	03,17
	20-40	03,39

Prof en cm	Densité corrigée g.cm-^{3}
0-20	1,31
20-40	1,50

On observe un gradient Est-Ouest dans la proportion des éléments grossiers. La parcelle A est plus graveleuse : 15 % en surface, que la parcelle E : 3 % en surface.

B1.3.2 Mesures de 2018

Des mesures de densité sont faites au cours du printemps 2018 (le 23 avril 2018) sur la profondeur 5-15 cm sur chacune des parcelles avec 5 répétitions. Le pourcentage des éléments grossiers n'a pas été mesuré.

Parcelle	date	Densité g.cm^{-3}	erreur standard
A	23/04/2018	1,40	0,02
B	23/04/2018	1,51	0,03
C	23/04/2018	1,46	0,08
D	23/04/2018	1,47	0,05
E	23/04/2018	1,42	0,05

La valeur retenue pour calculer les stocks est 1,45 g.cm^{-3}
Des mesures sur les horizons plus profonds sont également effectuées lors de l'ouverture des 3 fosses pédologiques sur les parcelles B et C au niveau des points B1, C4 et C5. Ces mesures sont des moyennes de 3 répétitions.

Points	Date	Prof_min	Prof_max	Densité (g.cm3)	% eg	erreur standard
SOIL_B1	07/06/2018	2	11	1,39	23,5	0,03
SOIL_C4	07/06/2018	10	19	1,35	6,5	0,02
SOIL_C4	07/06/2018	40	49	1,61	10,1	0,02
SOIL_C4	07/06/2018	75	84	1,57	4,1	0,03
SOIL_C5	07/06/2018	10	19	1,36	6,6	0,09
SOIL_C5	07/06/2018	30	39	1,60	1,8	0,04
SOIL_C5	07/06/2018	70	79	1,62	6,3	0,02

B1.3.2 Mesures de 2019

Parcelle	Date	Profondeur	Densité en g.cm^3	% eg	Ecart-type sur la densité
A	10/04/2019	0-15 cm	1,33	13,20	0,01
B	11/04/2019	0-15 cm	1,39	8,30	0,02
C	12/04/2019	0-15 cm	1,39	7,40	0,06
D	13/04/2019	0-15 cm	1,40	3,30	0,02
E	14/04/2019	0-15 cm	1,34	2,90	0,01

La moyenne corrigée de la terre fine est de 1,33 g.cm^{-3} pour la couche de surface.

B1.4 Mesure de rétention en eau

Les potentiels hydriques sont mesurés au labo de l'UR SOLS, par Hervé Gaillard, à capacité au champ et au point de flétrissement (pF 2 et pF 4,2).

Meas_Id	Prof_min	Prof_max	pF	Humidité %	Masse vol app g.cm^{-3}
B1	0	15	**2**	22,6	1,52
B1	0	15	**4,2**	8,4	1,60
B1	15	25	**2**	20,1	1,63
B1	15	25	**4,2**	8,1	1,66
B1	25	35	**2**	20,6	1,52
B1	25	35	**4,2**	7,7	1,63
C4	10	20	**2**	22,6	1,58
C4	10	20	**4,2**	9,1	1,60
C4	40	50	**2**	19,3	1,68
C4	40	50	**4,2**	11,7	1,76
C4	75	85	**2**	21,7	1,61
C4	75	85	**4,2**	16,1	1,77
C5	10	20	**2**	22,6	1,48
C5	10	20	**4,2**	8,2	1,62
C5	30	40	**2**	20,1	1,62
C5	30	40	**4,2**	9,5	1,70
C5	70	80	**2**	20,3	1,70
C5	70	80	**4,2**	14,3	1,65

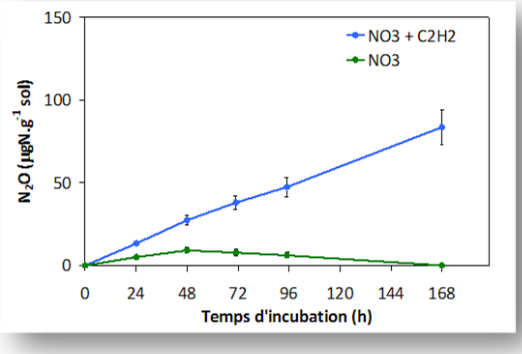
Dans l'horizon labouré on retrouve une valeur unique pour la teneur en eau à capacité au champ (pF 2) qui est de 22,6 %.

B1.5 Test de réduction du N_2O

B1.5.1 Description de la méthode :

- Incubation d'échantillons de sols en conditions contrôlées (anaérobies, N_2), pendant une semaine
- Quantification du N_2O produit à partir de nitrates, en présence ou non d'acétylène (inhibiteur de la réduction du N_2O en N_2)
- Analyses sur microGC-TCD (nano Détecteur à Conductibilité Thermique, gamme de mesure de 0,2 à 1 % N_2O soit 1800 à 10500 ppm)

Le test est réalisé au labo de l'UR SOLS, par Adeline Ayzac, sur un échantillon composite prélevé entre 0 et 20 cm sur chaque parcelle (9 x 200 g de sol humide tamisé à 5 mm), 3 répétitions par échantillon.



- ❑ Calcul du ratio maximum $r_{max} = \frac{N_2O \text{ acc. sans } C_2H_2}{N_2O \text{ acc. en présence de } C_2H_2}$
- ❑ Détermination de la durée d'accumulation du N_2O au cours de la cinétique
- ❑ Calcul de l'index : r_{max} x t

B1.5.2 Résultats du test

MétaMétha : capacité du sol à réduire N_2O

Modalité	Traitement	Date incubations	Rmax	Index
A	Lisier, fumier	10/04/2017	0.4942	23.72
B	N minéral	10/04/2017	0.3006	7.21
C	Digestat solide ou liquide	10/04/2017	0.2911	6.91
D	Témoin	10/04/2017	0.5344	38.44
E	Digestat brut	10/04/2017	0.5318	38.29

Valeur index	Capacité du sol à réduire N_2O	Situation
i < 50	Bonne	Pas de raison d'identifier spécifiquement la situation comme à risque d'émissions fortes de N_2O
i > 50	Faible	Risque d'émissions importantes de N_2O

D'après les résultats du test, les 5 parcelles du site ne présentent pas de risques importants d'émissions de N_2O. Les sols ont la capacité à réduire le N_2O.

B1.6 Conclusion

Les sols du dispositif ne sont pas homogènes à la fois entre parcelles mais aussi au niveau intra parcellaire. L'existence des planosols sur le site met en question les bilans hydriques de chaque modalité (prélèvements dans les bougies poreuses et sur chaque drain). Il est difficile d'envisager de réaliser des bilans sur les lessivages de nitrate sans une cartographie précise des contours des unités cartographiques de sols sur le dispositif.